RADIOLOGIE ORALĂ

Ghid practic de tehnică, anatomie şi semiologie radiologică

Mihaela Hedeşiu

Coordonator

RADIOLOGIE ORALĂ

Ghid practic de tehnică, anatomie şi semiologie radiologică

Prof Dr. Hedeşiu Mihaela

Coordonator

Co-autori:

Prof. Dr. Băciuţ Grigore
Prof. Dr. Băciuţ Mihaela
Conf. Dr. Bran Simion
Conf. Dr. Butnariu Anca
Conf. Dr. Dinu Cristian
Conf. Dr. Muntean Alexandrina
Conf. Dr. Rotar Horaţiu
Dr. Armencea Gabriel
Dr. Ban Alina
Dr. Ciolan Cornelia
Dr. Crăsnean Emil
Dr. Faur Cosmin
Dr. Ionescu Ramona
Dr. Lenghel Manuela
Dr. Roman Raluca
Dr. Şerbănescu Andrea
Dr. Văcăraş Sergiu
Fiz. Bogdan Loredana
Fiz. Cândea Ciprian
Ing. Hodorog Lucian

Editura MEDICALĂ
Bucureşti, 2021

EDITURA MEDICALÃ
SOCIETATE PE ACTIUNI
Reg. Com. J / 40 / 8199 / 1991, C.U.I.: 337783

Cont: RO36RNCB0084010772220001,
Banca: B.C.R. – Calea Mosilor, Tel. 021.252.51.86,

B-dul Pache Protopopescu nr. 93,
sector 2, Bucureºti, ROMÂNIA
Recenzia:

Prof. Dr. Radu Badea

Prof. Dr. Aurel Andercou

Tehnoredactare: Călin D. Câmpean

Grafica şi ilustraţii: Călin D. Câmpean

Ioana Hedeşiu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
Radiologie orală : ghid practic de tehnică, anatomie şi semiologie radiologică / prof. dr. Băciuţ Grigore, dr. Ionescu Ramona, prof. dr. Băciuţ Mihaela, ... ; coord.: prof. dr. Hedeşiu Mihaela. - Bucureşti : Editura Medicală, 2021
Conţine bibliografie
ISBN 978-973-39-0901-9

I. Băciuţ, Grigore
II. Ionescu, Ramona
III. Băciuţ, Mihaela Felicia
IV. Hedeşiu, Mihaela (coord.)

616

Copyright © 2021 Editura Medicala
Reproducerea integrală sau parţială a textului sau ilustraţiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al autorului.
Tiparul executat la Tipografia Cartea Ardeleană S.R.L.

ISBN 978-973-39-0901-9
Bun de tipar: 03.03.2021
Tiraj: 100 exemplare

Dedic această carte Doamnei Profesor Dr. Floarea Fildan

“Nothing in life is to be feared,

it is only to be understood”

(Marie Curie)

Coordonator:

Prof. Dr. Mihaela Hedeşiu
Medic primar radiologie-imagistică medicală
Disciplina Radiologie Dentară
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Co-autori:

Prof. Dr. Grigore Băciuţ
Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facială
Disciplina Chirurgie Maxilo-facială şi Implantologie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Prof. Dr. Mihaela Băciuţ
Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facială
Disciplina Chirurgie Maxilo-facială şi Implantologie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Conf. Dr. Simion Bran
Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facială
Disciplina Chirurgie Maxilo-facială şi Implantologie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Conf. Dr. Cristian Dinu
Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facială
Disciplina Chirurgie Maxilo-facială şi Implantologie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Conf. Dr. Horatiu Rotar
Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facialş
Disciplina Chirurgie Oralş şi Cranio-maxilo-facială
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Conf. Dr. Alexandrina Muntean
Medic primar ortodonţie
Disciplina Pedodonţie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

Conf. Dr. Anca Sanda Butnariu
Medic primar radiologie -imagistică medicală
Disciplina de Radiologie
Facultatea de Medicină Generală
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Şef lucrări. Dr. Gabriel Armencea
Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facială
Disciplina Chirurgie Maxilo-facială şi Implantologie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Şef lucrări Dr. Manuela Lenghel
Medic primar radiologie -imagistică medicală
Disciplina de Radiologie
Facultatea de Medicină Generală
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Şef lucrări Dr. Raluca Roman
Medic specialist radiologie- imagistică medicală
Disciplina de Radiologie Dentară
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Dr. Ramona Ionescu
Doctor în ştiinţe medicale, Medic primar Boli Infecţioase
Spitalul de Boli Infecţioase, Braşov

Dr. Alina Ban
Doctorand, Medic specialist chirurgie orală
Disciplina Radiologie Dentară
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Dr. Emil Crăsnean
Doctorand, Medic specialist chirurgie orală
Disciplina Radiologie Dentară
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Dr. Cosmin Ioan Faur
Doctorand, Medic rezident chirurgie orală
Disciplina Radiologie Dentară
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Dr. Sergiu Văcăraş
Doctorand, Medic primar chirurgie orală şi maxilo-facială
Disciplina Chirurgie Maxilo-facială şi Implantologie
Facultatea de Medicină Dentară
Universitatea de Medicină şi Farmacie “Iuliu Haţieganu” Cluj-Napoca

Dr. Cornelia Ciolan
Medic primar stomatologie generală

Dr. Andrea Şerbănescu
Medic specialist stomatologie generală

Fiz. Loredana Bogdan
Expert în fizică medicală
Laboratorul de Igiena Radiaţiilor
Centrul Regional de Sănătate Publică Cluj-Napoca
Institutul Naţional de Sănătate Publică

Fiz. Ciprian Cândea
Fizician medical
Laboratorul de Igiena Radiaţiilor
Direcţia de Sănătate Publică a judeţului Cluj

Ing. Lucian Hodorog
Expert în protecţia radiologică
ICCO Medical Braşov, România

Prefaţă

Odată cu apariţia cărţii „Tehnici actuale în radiodiagnosticul dentar. Ghid practic de tehnică, anatomie şi semiologie radiologică” asistăm la noi în ţară la publicarea unei monografii de specialitate de înaltă valoare didactică şi ştiinţifică. Adresată deopotrivă specialiştilor din radiologie şi medicina dentară, cartea cuprinde sfera profesională a imagiştilor, fizicienilor şi tehnicienilor imagişti, dar şi a celor interesaţi de protecţia nucleară, radiobiologie şi domenii relaţionate.

Rezultat al inițiativei actualului șef al disciplinei de Radiologie Orală a Facultății de Medicină Dentară din Universitatea de Medicină și Farmacie „Iuliu Haţieganu” din Cluj-Napoca, director al Departamentului de Chirurgie Maxilofacială şi Implantologie, doamna Prof. Dr. Mihaela Hedeşiu, monografia reuneşte şi colectivul departamentului în grupul de autori. Este astfel întregită tradiţia scrierii de carte în universitate; pentru că, precum spunea Nicolae Iorga, “a crea o tradiție este lucrul cel mai înalt, a o servi este întâia datorie, a o părăsi este o crimă”.

Monografia „Tehnici actuale în radiodiagnosticul dentar. Ghid practic de tehnică, anatomie şi semiologie radiologică” se distinge şi prin abordarea clinică şi prezentarea aspectelor interdisciplinare în capitolele de aplicație practică, cu colaborarea clinicienilor din multiple specialități (anatomia secțională, radiografia indicată conform tipului de patologie, prevenirea infecției în cabinetul de radiologie dentară, cone-beam computer tomografia). Radiologia orală reprezintă una dintre specialităţile cu cea mai mare dinamică de progres tehnologic, beneficiind de apariţia unor mijloace complexe de investigaţie, precum şi a unor metode avansate care tind să schimbe abordările diagnostice şi terapeutice. Imagistica este de asemenea unul dintre promotorii cheie a creşterii abilităților diagnostice ale unui medic.

Volumul este uşor de parcurs, sistematizat didactic, ilustrat excepțional, pentru fiecare temă abordată noţiunile teoretice fiind dublate de scheme de algoritm procedural care facilitează urmărirea lor.

Constituită din 14 capitole, cartea cuprinde atât noțiuni tehnice, cât şi clinice, aplicative. Sunt puse în lumină în capitole aprofundate istoria radiologiei, bazele fizicii radiațiilor, caracteristicile radiațiilor X, filmul radiologic, detectorii digitali, tehnica radiografiilor intraorale, radiografia panoramică.

Coordonatoarea grupului de autori reuşeşte să aducă în atenție şi cea mai avansată viziune asupra domeniul mereu în progres al radiobiologiei, surselor de radiații şi dozimetrie, radioprotecție şi optimizarea dozelor medicale, justificarea expunerilor la radiații.

Volumul este documentat ştiinţific exemplar, cu o fundamentare prin referințe bibliografice selectate cu rigoarea ştiinţifică pe care autoarea coordonator a demonstrat-o în toate demersurile sale. Cu lucrarea de faţă adaugă un ajutor nepreţuit pentru diagnosticul şi tratamentul pacienţilor din toate ramurile medicinei dentare.

Cartea expune într-un stil foarte explicit şi cu maximă acurateţe noţiuni actualizate cu cele mai noi date de specialitate, utile atât studenţilor, cât şi specialistilor din toate nivelurile, un adevărat model de „învăţare pe parcursul întregii vieţi".

În domeniul publicațiilor medicale, această lucrare reprezintă mai mult decât un îndrumar pentru studenţi, rezidenţi şi specialişti; prin claritatea sa, reprezintă un îndreptar pentru ştiința stomatologică în general, util şi pentru medicii din alte specialităţi de graniţă, cu multiple valenţe disciplinare, de mare valoare de sinteză şi actualitate.

Colectivul de autori al acestui volum merită felicitări, precum şi recunoştința întregii bresle medicale stomatologice din țara noastră, pentru îmbogăţirea patrimoniului învățământului stomatologic național şi creşterea prestigiului universităţii noastre cu prilejul publicării acestei lucrări, care nădăjduim să devină de referință în medicina românească.

Cluj-Napoca, la 1 iunie 2020

Prof. Dr. Mihaela Băciuț
Departamentul Chirurgie Maxilofacială şi
Implantologie
Facultatea Medicină Dentară
Prorector Ştiințific
UMF „Iuliu Haţieganu" Cluj-Napoca

CUPRINS

1. Scurt istoric al evoluţiei tehnologice în radiologia dentară 1
Alina Ban, Mihaela Hedeşiu

2. Fizica radiaţiilor. Modul de producere al radiaţiilor X 10
Mihaela Hedeşiu, Anca Butnaru

3. Caracteristicile radiaţiilor X 29
Mihaela Hedeşiu, Mihaela Băciuţ, Cosmin Faur

4. Receptorii de imagine utilizaţi în radiografiile intraorale
4.1. Filmul radiologic 41
Mihaela Hedeşiu, Alina Ban

4.2. Sisteme radiologice dentare digitale 59
Mihaela Hedeşiu, Alina Ban, Mihaela Băciuţ

5. Imaginea radiologică 76
Mihaela Hedeşiu , Raluca Roman

6. Radiografiile dentare intra-orale 96
Mihaela Hedeşiu, Cornelia Ciolan, Cosmin Faur

7. Anatomia radiologică a dinţilor şi a ţesuturilor de susţinere 136
Mihaela Hedeşiu, Andrea Şerbănescu

8. Radiografia panoramică 177
Mihaela Hedeşiu, Alina Coclici, Alexandrina Muntean

9. Examinarea CBCT. Noţiuni de tehnică şi aplicaţii 263
Raluca Roman

10. Anatomia secţională CBCT a craniului 293
Mihaela Hedeşiu, Raluca Roman

11. Noţiuni de radiobiologie 361
Mihaela Hedeşiu , Loredana Bogdan, Manuela Lenghel, Cristian Dinu

12. Radiaţia şi noţiuni de dozimetrie 379
Loredana Bogdan, Ciprian Cândea, Lucian Hodorog, Maria Marcu

13. Principiile radioprotecţiei în medicina dentară
13.1. Justificarea expunerilor la radiaţii 390
Lucian Hodorog, Mihaela Hedeşiu, Cosmin Faur, Horaţiu Rotar

13.2. Optimizarea expunerilor radiologice medicale 414
Loredana Bogdan, Ciprian Cândea, Lucian Hodorog, Cosmin Faur, Mihaela Hedeşiu

13.3. Controlul calităţii şi evaluarea dozelor în expunerea medicală radiologică 421
Loredana Bogdan, Ciprian Cândea, Lucian Hodorog, Gabriel Armencea, Mihaela Hedeşiu

13.4. Evaluarea şi limitarea dozelor în expunerile medicale la radiaţiile X 428
Loredana Bogdan, Ciprian Candea, Lucian Hodorog, Simion Bran, Mihaela Hedeşiu

13.5. Radioprotecţia operaţională. Legislaţie naţională 435
Loredana Bogdan, Ciprian Cândea, Hodorog Lucian, Emil Crăsnean, Mihaela Hedeşiu

14. Controlul infecţiilor asociate asistenţei medicale (IAAM) în cabinetul de radiologie orală 451
Ramona Ionescu, Mihaela Hedeşiu, Sergiu Văcăraş

Capitolul 1

Scurt istoric al evoluţiei tehnologice în radiologia dentară

Autor: Alina Ban, Mihaela Hedeşiu

Cuprins

1.1. Radiografia intra-orală
1.2. Radiografia panoramică
1.3. Cone-beam computer tomografia (CBCT)
1.4. Filmul radiologic şi receptorii digitali
1.5. Istoria radiologiei dentare în România

Obiective

1. Cunoaşterea modului în care au fost descoperite radiaţiile X
2. Cunoaşterea iniţiatorilor radiodiagnosticului dentar
3. Cunoaşterea etapelor parcurse de evoluţia tehnologică
4. Înţelegerea modului în care tehnologia radiologică a îmbunătăţit diagnosticul în medicina dentară
5. Cunoaşterea originilor învăţământului de radiologie dentară în România şi în Cluj-Napoca

Termeni cheie

Brown Ayres	Hurmuzescu	PSP
CBCT	Edmund Kells	Radiaţiile X
CCD	Kodak	Radiografia panoramică
CMOS	Albert von Kölliker	Hugo Raţiu
William David Coolidge	Dimitrie Negru	Wilhelm Conrad Röntgen
Floarea Fildan	Timo Nieminen	tubul Crookes-Hittorf
Fritz Giesel	otopantomograf	Otto Walkhof
G.N. Hounsfield	Yrjö Paatero	UMF Cluj-Napoca

Radiologia îşi are începuturile în anul 1895, când Wilhelm Conrad Röntgen face o descoperire remarcabilă (Figura 1.1). În laboratorul său din Würzburg, Germania, acesta studia efectele fluorescente ale razelor catodice generate de tubul Crookes-Hittorf. În timpul experimentelor sale, observa luminescenţa ecranului cu platinocianura de bariu. Noile radiaţii descoperite aveau o mare putere de pătrundere, putând străbate cu uşurinţă cartonul, lemnul sau stofa. Metalele precum fierul, argintul sau plumbul s-au dovedit a fi mai puţin penetrabile. Câteva săptămâni mai târziu, în 28 decembrie 1895, acesta depune la Societatea Fizico-Medicală, prima lucrare despre razele X, "Despre un nou gen de radiaţii".

Figura 1.1. Wilhelm Conrad Röntgen, iniţiatorul radiologiei

Lucrarea sa cuprindea şi o radiografie a mâinii soţiei sale, Anna Bertrand Röntgen, aceasta rămânând în istorie ca fiind prima persoană căreia i s-a făcut o radiografie. (Figura 1.2)

Figura 1.2. Radiografia mâinii stângi a soţiei lui Roentgen, Anna Bertrand Röntgen (1895)

Figura 1.3. Mâna lui Albert von Kölliker, professor de anatomie

A doua radiografie realizată de Wilhelm Conrad Roentgen, surprinde mâna stângă a unui prieten apropiat, Albert von Kölliker, profesor de anatomie. (Figura 1.3) Se pot observa îmbunătăţiri semnificative ale calităţii imaginii, în decurs de numai o lună. Diferenţierea părţilor osoase de cele moi, precum şi evidenţierea "corpului străin" au stârnit imediat interesul comunităţii medicale.

1.1. Radiografia intraorală

La două săptămâni după publicaţia lui Roentgen, Otto Walkhof, medic stomatolog german, realizează prima radiografie dentară, ajutat de Fritz Giesel. (Figura 1.4) Radiografia surprindea dinţii proprii, având un timp de expunere de 25 de minute. În 1896, Walkhof şi Giesel înfiinţează primul laborator de radiologie dentară din lume.

Printre numeroşii cercetători ai radiologiei dentare, se numără şi englezul Frank Harrison. Acesta a evidenţiat aportul radiografiilor dentare în cazul evaluării lucrărilor protetice, a tratamentelor endodontice şi a problemelor de erupţie dentară. De asemenea, a adus informaţii privind tehnica radiografiilor intraorale.

Figura 1.4. Otto Walkhof, medic stomatolog german care realizează prima radiografie dentară

Medicul stomatolog C. Edmund Kells pune bazele radiologiei dentare în SUA. Împreună cu fizicianul Brown Ayres, achiziţionează un aparat radiologic şi realizează prima radiografie asistentului său, în 1896. (Figura 1.5)

Mai târziu, inventează primul film holder, care permitea pacienţilor să înghită în timpul expunerii. El se numără printre pionierii tehnicii paralele, susţinând necesitatea

existenţei unei relaţii de paralelism între film şi dinte, precum şi a unei distanţe minime între obiect şi sursă. Înainte de moartea sa, el publică o lucrare despre efectele iradierii, făcând distincţia între efectele timpurii şi efectele tardive ale iradierii.

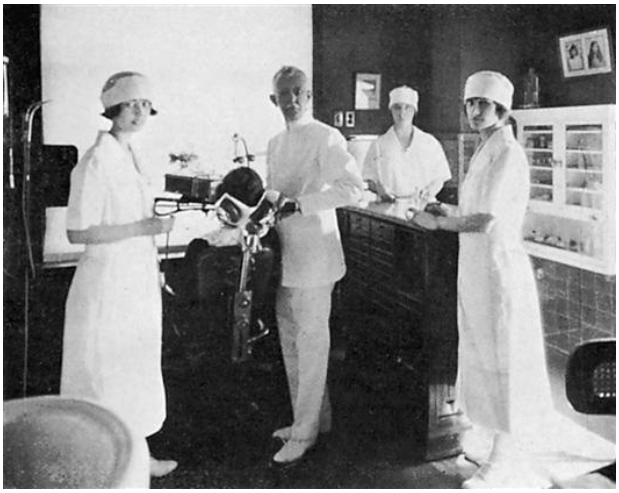


Figura 1.5. Edmund Kells în cabinetul său din New Orleans

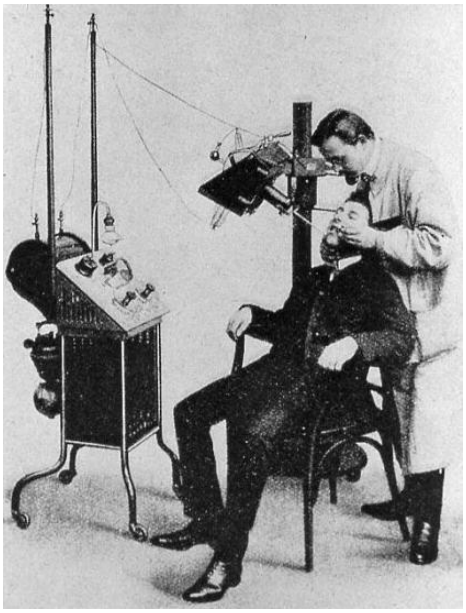


Figura 1.6. Primul aparat Röntgen dentar produs de Siemens

Primul aparat roentgen dentar este fabricat în Germania, în 1905, de către compania Siemens. (Figura 1.6) Cele mai importante modificări ale tubului radiogen au fost aduse de către William David Coolidge, în 1913, când acesta introduce filamentul de tungsten încălzit ca şi sursă de electroni. Noul design a făcut posibil un control mai bun al calităţii şi al cantităţii radiatiilor X. De asemenea, acesta a descoperit rolul băii de ulei în răcirea tubului radiogen, precum şi acela de izolator electric.

Evoluţia design-ului aparatelor roentgen dentare de-a lungul secolelor este impresionantă (Figura 1.7-1.13).

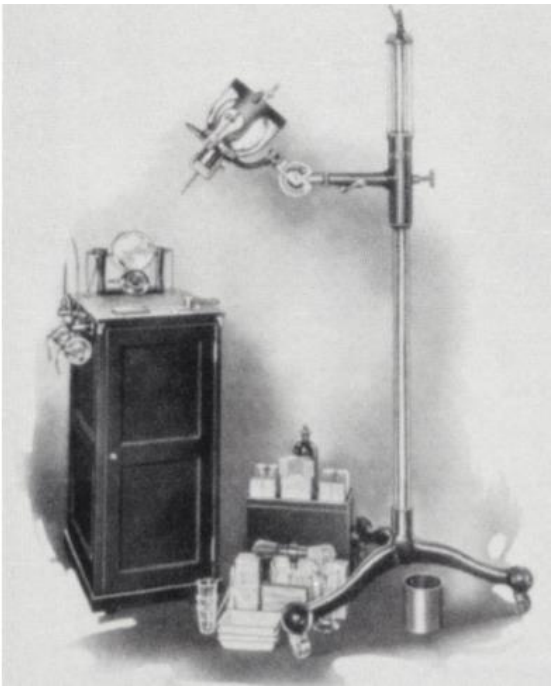


Figura 1.7. Primul aparat Röntgen dentar produs de Siemens

Figura 1.8. Aparat Röntgen dentar cu fire de înaltă tensiune expuse la suprafaţă, o cauză a numeroaselor accidente în trecut

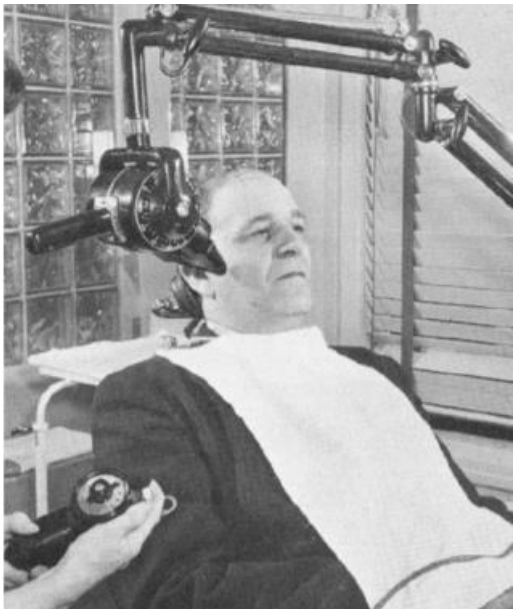


Figura 1.9. Aparat Ritter Mark 75 model H (1966). Noul design a permis reglarea mA şi a kV, timp de expunere electronic, colimare şi filtrare

Figura 1.10. Aparate radiologice dentare cu con localizator (sus) şi cu colimare cilindrică (jos)

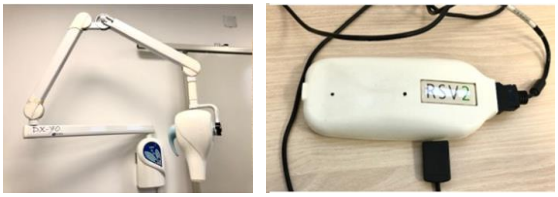


Figura 1.11. Sistem radiolgic dentar cu senzor digital CCD (2010)

Figura 1.12. Aparat radiologic dentar digital, portabil

Figura 1.13. Aparat radiologic dentar intra-oral pentru tehnica "long-cone"

1.2. Radiografia panoramică

Invenţia aparatului panoramic îi este atribuită în cea mai mare parte dentistului finlandez, Yrjö Paatero. Totuşi, tehnica în sine este mai veche, încă din 1922, când Zuluaf (SUA) a propus utilizarea unui fascicul îngust pentru scanarea ambelor maxilare, obţinând un patent. De asemenea, tot acesta a introdus termenul de "radiografie panoramică". În 1933, Numata (Japonia) publica rezultatele clinice ale unui prototip numit aparat pentru "radiografii parabolice".

Cercetările lui Paatero s-au materializat rapid, acesta nefiind la curent cu publicaţiile şi patentele anterioare din domeniu. În 1946, Paatero publică primul raport în "Proceedings of the Finnish Dental Society". Iniţial, acesta

a utilizat un film lung şi curb, poziţionat intraoral, împreună cu o sursă de radiaţii mobilă, care trecea prin faţa pacientului. În acelaşi an, Paatero îşi îmbunătăţeşte tehnica, utilizând un film curb poziţionat extraoral şi o sursă de radiaţii rotativă, în spatele pacientului. Această tehnică a fost intitulată pantomografie ortoradială, ulterior fiind utilizat termenul de ortopantomografie.

Primul pas spre comercializarea acestei tehnici a fost făcut de Paatero, împreună cu colaboratorul sau, inginerul Timo Nieminen. În 1957 aceştia construiesc primul ortopantomograf cu trei centri de rotaţie. Prin intermediul asocierii cu Siemens, comercializarea ortopantomografelor a fost posibilă începând cu anul 1960.

O scurtă evoluţie a ortopantomografelor este prezentată în Figura 1.14-1.19.

Figura 1.14. În 1949, PAATERO – publică pentru prima dată principiile radiografiei panoramice – Finlanda University of Helsinki

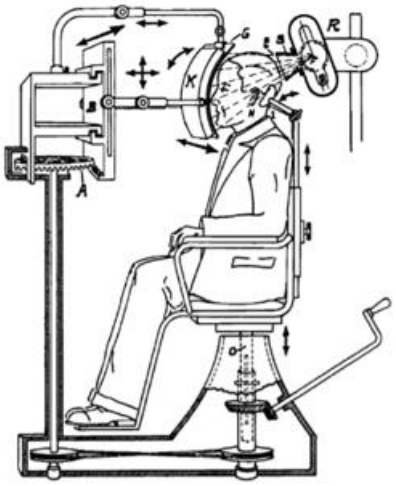
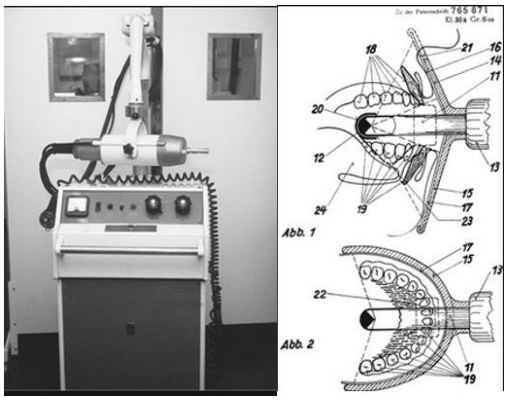


Figura 1.15. Schema unui ortopantomograf din 1949. Sursa: Instrumentarium Oy and J. Mudrak



a. b.

Figura 1.16.a. Aparat panoramic cu anoda intraorală; b. Geometria de expunere a unui aparat panoramic cu anoda intra-orală

Figura 1.17.a. Aparat panoramic cu anoda intra-orala: pozitionarea filmului extraoral pentru arcada mandibulară (sus) si pentru arcada maxilară (jos)

Figura 1.17.b. Radiografie panoramică cu anoda intra-orală (sus-maxilar; jos-mandibular)

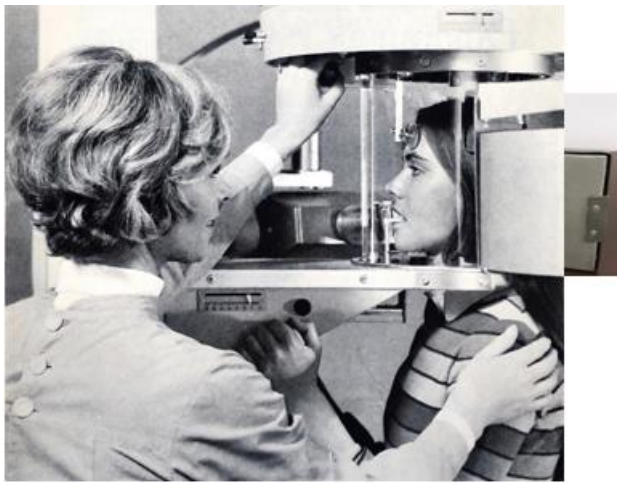


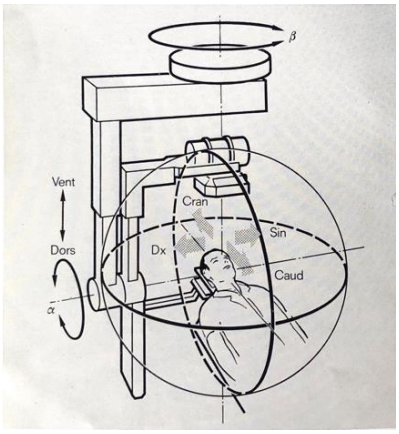
Figura 1.18. Aparat ortopantomograf cu caseta curba

Figura 1.19. Aparat ortopantomograf digital cu cefalostat

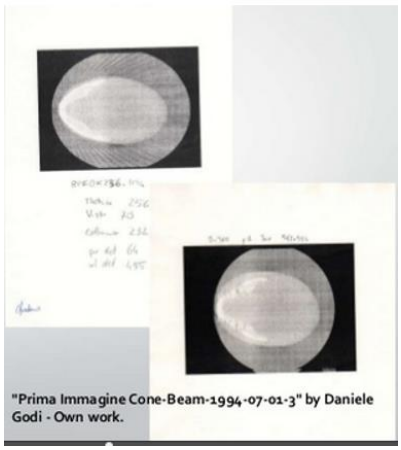
1.3. Cone-beam computer tomografia (CBCT)

În 1972, G.N. Hounsfield a introdus scanarea computerizată transversală, care a dus apoi la introducerea tomografiei computerizate (CT). Cu toate acestea, costul ridicat, accesul limitat și expunerea ridicată la radiații au fost principalele dezavantaje ale utilizării CT în stomatologie.

Tehnologia CBCT își are începuturile înca din anii 90', când Arai (Japonia) și Mozzo (Italia) au publicat primele studii referitoare la tehnologia cone-beam, utilizată în sfera maxilo-facială (Figura 1.20.a și Figura 1.20.b).



a.



b.

Figura 1.20. a.Schema unui aparat tomograf; b. Prima imagine CBCT (1994)

Comercializarea primelor aparate CBCT a avut loc simultan în Europa şi Japonia, în anul 1996 (NewTom 9000), urmată de SUA, în 2001. Numărul modelelor de unităţi CBCT a crescut remarcabil începând cu anul 2008, în prezent, pe piaţă existând peste 280 de modele (Figura 1.23.b).

Figura 1.21.a. Primul aparat CBCT pentru examinarea arcadelor dentare (QR Italy- NewTom 9000)(2000); b. Aparate CBCT compacte cu senzori de tip flat panel

1.4. Filmul radiologic şi receptorii digitali

Pentru obţinerea imaginilor radiografice dentare, sticla fotografică trebuia tăiată, învelită în hârtie neagră şi introdusă într-o folie de cauciuc. Datorită timpului de expunere crescut, această tehnică era inconfortabilă pentru pacienţi. Astfel, în 1913, apare primul film radiologic produs de Kodak. De-a lungul anilor, îmbunătăţirea filmelor radiologice a urmat cursul normal, în 1955 fiind introduse primele filme de tip D-speed, urmate de filmele de tip E-speed în anul 1981.

Trecerea la radiologia digitală s-a făcut treptat. În anul 1987, a fost introdus primul detector CCD (charge-coupled device) dentar (Figura 1.23.a).

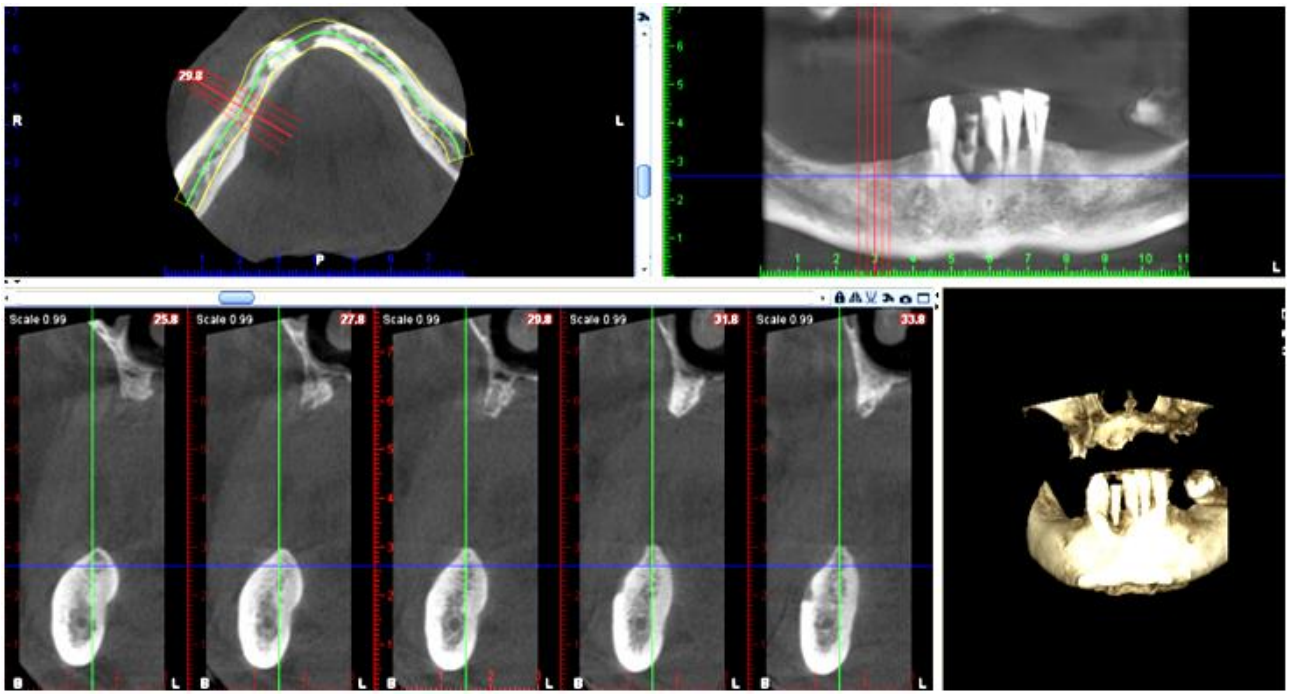
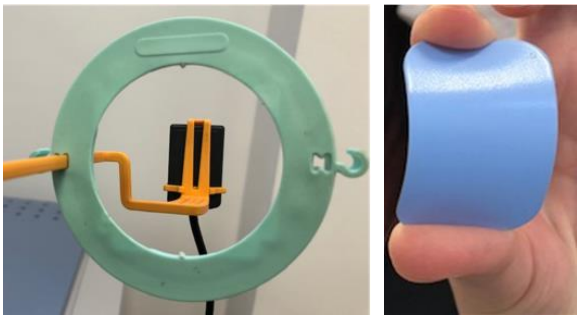


Figura 1.22. Optimizarea imaginilor radiologice CBCT prin reducerea artefactelor şi perfecţionarea modulelor de prelucare a imaginilor



a. b.

Figura 1.23.a. Detector digital de tip charge coupled device (CCD); b. sistem digital cu placute fosforice (PSP)

Deşi rezoluţia imaginii radiologice era mai redusă comparativ cu filmele convenţionale, avantajele unei iradieri reduse şi a obţinerii imediate a imaginii radiologice au stârnit interesul cercetătorilor.

În anul 1994 sunt introduşi detectorii de tip PSP (Photostimulable phosphor), în ciuda faptului că aceştia erau utilizaţi în medicină încă din 1983 (Figura 1.23.b). Deşi rezoluţia acestor detectori era considerată inferioară faţă de cei CCD, noii detectori au demonstrat o rezoluţie îmbunătăţită. Mai târziu, în 1998, sunt comercializaţi detectorii de tip CMOS (complementary metal-oxide semiconductor), luând locul detectorilor CCD, printr-un cost mai redus, o rezoluţie superioară şi lipsa efectului de distorsiune.

1.5. Istoria radiologiei dentare în România

La o lună după publicaţia lui Roentgen, fizicianul roman S.D. Hurmuzescu, împreună cu profesorul Benoit, încep să studieze la Paris proprietăţile razelor X, cu ajutorul unei aparaturi realizate de ei.

În martie, 1896, au loc în România primele demonstraţii cu radiaţii X, în cadrul Şcolii de Poduri şi Şosele din Bucureşti. În acelaşi an se fac primele radiografii la spitalul Colţea, sub conducerea profesorului C. Severeanu.

În 1901, profesorul Hurmuzescu achiziţionează la Iaşi prima instalaţie de radiaţii X. În acelaşi an, învăţământul de radiologie capată anvergură în toată ţara. În Cluj, profesorul Dimitrie Negru, intemeietorul învăţământului radiologic transilvănean, înfiinţează primul Institut Radiologic din România (Figura 1.24). Totodată, aceasta publică primul tratat complet de radiologie, "Radiodiagnostic, radiofizică, radioterapie".

Figura 1.24. Profesor Dr. Dimitrie Negru întemeietorul învăţământului radiologic transilvănean

În Cluj, în anul 1972, la Universitatea de Medicina şi Farmacie "Iuliu Haţieganu" este înfiinţată disciplina de Radiologie Dentară, sub îndrumarea profesorului Hugo Raţiu.

În perioada 1990-2009, disciplina din cadrul Facultăţii de Medicină Dentară este condusă de către profesor Dr. Floarea Fildan care pune şi bazale primului cerc studenţesc de Radiologie Dentară şi publică două volume cu rol de îndrumător de curs, legate de tehnica radiografiilor dentare şi respectiv de aspectele radiologice în patologia dento-parodontală (Figura 1.25).

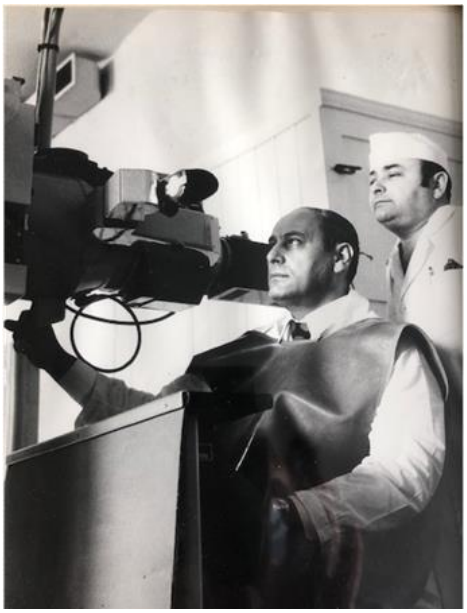


Figura 1.24. Profesor Dr. Hugo Ratiu

Figura 1.25. Profesor Dr. Floarea Fildan, Disciplina Radilogie Dentară, UMF Cluj-Napoca

Din 2010, disciplina de Radiologie Dentară face parte din Departamentul de Chirurgie maxilo-facială şi Radiologie Dentară al Facultăţii de Medicină Dentară, cele două discipline fiind strâns legate prin activitatea lor comună de cercetare şi prin practica clinică dedicată optimizării diagnosticului şi planificării terapeutice în stomatologie.

Referinţe

Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. Dentomaxillofac Radiol. 1999; 28(4):245-8

Fildan F., Hedeşiu Mihaela,- Radiologia stomatologică. Noţiuni de fizică şi tehnică radiologică. Editura Medicală Universitară ”Iuliu Haţieganu”, Cluj- Napoca, 2002

Glenner RA. 80 years of dental radiography. J Am Dent Assoc. 1975; 90:549-563

Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol. 1998; 8(9):1558-64.

Capitolul 2

Fizica radiațiilor. Modul de producere al radiațiilor X

Autori: Mihaela Hedeşiu, Anca Butnaru

Cuprins

2.1. Structura atomului
2.2. Ionizarea şi excitarea atomilor
2.3. Tipuri de radiații
2.4. Părțile componente ale aparatelor radiologice dentare
2.5. Producerea radiațiilor X
2.6. Interacțiunea radiațiilor X cu materia

Obiective

1. Descrierea structurii atomului şi a caracteristicilor particulelor elementare
2. Prezentarea modelelor atomice care explică formarea radiațiilor X şi interacțiunea lor cu materia
3. Definirea fenomenelor de excitare şi de ionizare şi importanta lor în radiologie
4. Stabilirea diferențelor dintre radiațiile corpusculare şi cele electromagnetice, precum şi dintre radiațiile ionizante şi cele non-ionizante
5. Integrarea radiațiilor X în spectrul de radiații electromagnetice
6. Analiza critică a caracteristicilor tehnice şi a performantelor aparatelor radiologice dentare
7. Prezentarea modului de formare a radiațiilor X
8. Descrierea interacțiunilor dintre radiațiile X şi materie şi a consecințelor lor

Termeni cheie

Absorbția fotoelectrică
Colimarea
Electroni
Filtrarea
Forța electrostatică
Forța de legătură
Forțe nucleare
Ioni
Izotopi
Împrăştiere coerentă
Împrăştiere incoerentă
Neutroni
Nivel energetic
Număr atomic (Z)
Număr de masă (A)
Protoni
Radiații corpusculare
Radiații electromagnetice
Radiații ionizante
Radiații neionizante

2.1. Structura atomului

Atomul este unitatea structurală a materiei, fiind alcătuit din particule elementare: electroni, protoni şi neutroni. Aceste particule sunt menținute în atom şi unite între ele prin forțe nucleare şi electrice. Protonii şi neutronii constituie nucleul atomului, acesta fiind înconjurat de un înveliş de *electroni* (Figura 2.1).

- Protonii sunt particule elementare cu sarcina electrică pozitivă.

- Neutronii se găsesc de asemenea în nucleu, dar nu au sarcină electrica şi sunt foarte strâns legaţi de protoni prin forţe nucleare (interacţiuni tari). Electronii sunt particule elementare cu masa neglijabilă ($9.10938291(40)\times10^{-31}$ kg), contribuind cu mai puţin de 0.06% la masa totală a atomului. De aceea, se poate considera că întreaga masă a atomului este concentrată în nucleu. Electronii au sarcina electrică negativă ($e = 1.602x10^{-19}C$) şi se deplasează pe orbite în jurul nucleului, ei fiind dispuşi pe mai multe straturi, cu energie diferită, în funcţie de distanţa la care se găsesc faţă de nucleu.

Straturile electronice sunt denumite dinspre nucleu spre periferie cu literele K, L, M, N, O) si fiecare dintre ele poate conţine un număr maxim de electroni, caracteristic pentru fiecare strat. Numarul maxim de electroni este $2n^2$ e^- , unde n este numarul stratului (ex. nivelul K are $2e^-$, nivelul L cu $8e^-$, M cu 18e- etc.).

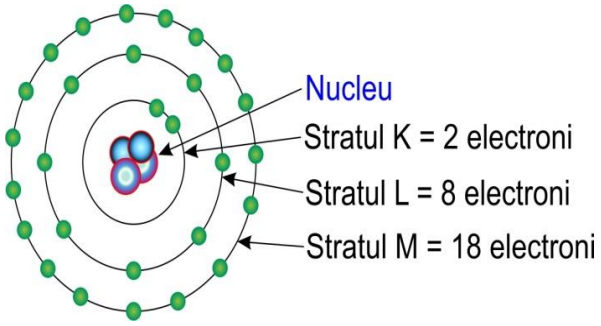


Figura 2.1. Structura atomului. Modelul atomic din fizica clasică si distribuţia particulelor atomice

Atomii sunt caracterizaţi prin numărul atomic (Z) şi masa atomică (A). Numărul atomic Z reprezintă numărul de sarcini electrice ale unui atom. Într-un atom neutru din punct de vedere electric, numărul electronilor care orbitează în jurul nucleului este egal cu numărul protonilor din nucleu.

Masa particulelor dintr-un atom se numeşte număr de masă şi se notează cu A. Doi atomi cu acelaşi număr atomic (Z), dar cu masa atomică (A) diferită, se numesc izotopi (ex. ^{99}Tc, ^{12}C, ^{14}C). Izotopii aceluiaşi element au acelaşi număr de protoni, dar un număr diferit de neutroni.

- Electronii sunt menţinuti pe orbită prin acţiunea a două forte: forţa electrostatică de interacţiune cu nucleul (forţa de interacţiune joasă) şi forţa centrifugă (dată de energia cinetică a electronului). (Figura 2.2). Energia de legătură este energia necesară pentru a învinge forţa electrostatică a electronului şi pentru a scoate electronul de pe orbita sa. Cu cât numărul atomic Z este mai mare, cu atât forţa electrostatică va fi mai mare, iar energia necesară pentru deplasarea electronului de pe orbită va fi mai mare.

Electronii situaţi mai aproape de nucleu (electroni centrali) vor avea o forţă electrostatică mai mare şi o energie cinetică mai redusă. Electronii care sunt mai îndepărtaţi de nucleu (periferici) au o forţă electrostatică mai mică şi o energie cinetică crescută, ei fiind mult mai uşor de deplasat în afara atomului.

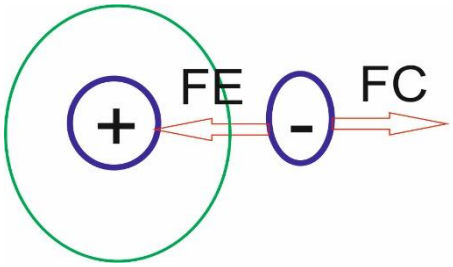


Figura 2.2. Menţinerea electronului în atom pe un anumit nivel energetic este datorată echilibrului dintre forţa electrostatică (FE) de atracţie a nucleului si forţa centrifugă (FC) a electronului pe orbită

De-a lungul timpului, au fost propuse mai multe modele atomice care încearcă să explice structura şi forţele de legătură din interiorul atomului. **Rutherford** a propus un model planetar al atomului, cu nucleul situat central, şi având în jurul său învelişul electronic, asemănător unui nor de electroni, încărcat negativ. Modelul atomic propus de Rutherford avea însă două neajunsuri: (1) Electronii se mişcă în jurul nucleului cu o anumită acceleraţie. Se ştie însă că sarcina electrică în mişcare creează un

câmp magnetic şi îşi pierde astfel o parte din energie. Înseamnă că electronii în mişcare ar pierde treptat o parte din energie, rezultând atomi instabili. (2) Acest model prevede că fiecare atom are un număr specific de electroni, fără a putea explica distribuția lor pe diferite nivele energetice.

Mai târziu, **Bohr** a formulat două postulate: (1) electronii se mişcă pe orbite circulare stabile, numite orbite staționare, fără să primească şi fără să piardă energie; (2) tranziția de pe o orbită pe alta se face prin emisie şi absorbție de energie (Figura 2.3). Cu toate acestea, modelul lui Bohr nu putea explica însă absorbția şi emisia spectrală.

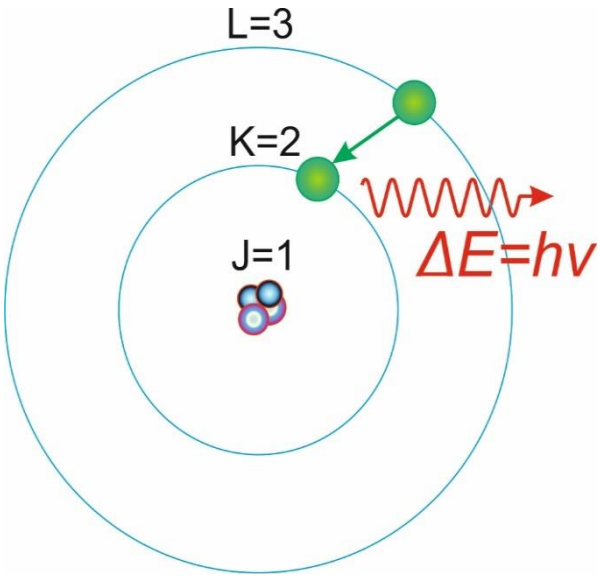


Figura 2.3: Tranziţia unui electron de pe un nivel energetic pe altul este posibil prin captarea sau prin cedarea unei cuante de energie

Louis de Broglie asociază electronilor o undă. Orice sarcină în mişcare generează un câmp magnetic, astfel încât electronilor în mişcare li s-a asociat o undă electromagnetică (Figura 2.4). Deplasarea electronilor de pe o orbită pe alta este acompaniată de absorbția sau de emiterea unei energii electromagnetice.

Teoria cuantică a lui Max Planck şi Albert Einstein a schimbat radical conceptul asupra modelului atomic din fizica clasică. În fizica cuantică, plecând de la observația că energia luminoasă este absorbită şi emisă sub forma unor cuante de energie (cantitate determinată şi finită de energie ce poate fi absorbită sau emisă de un sistem atomic), se consideră că energia necesară trecerii unui electron de pe o orbită pe alta este

$$E=h\upsilon,$$

unde h = constanta Planck şi υ = frecvența radiației emise sau absorbite

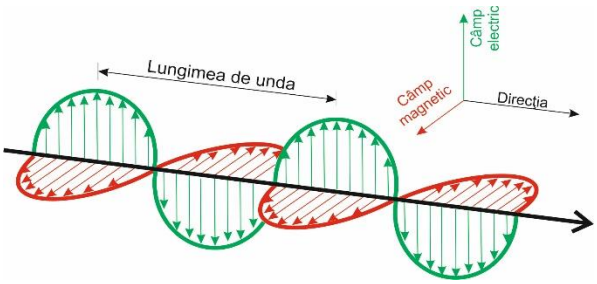


Figura 2.4: Câmpul electromagnetic creat de o sarcina electrică aflată în mişcare

Totodată, s-a constatat că masa nucleului este mai mică decât suma masei particulelor elementare, diferența fiind dată de forța de legătură dintre nucleoni. Energia de legătură este energia necesară pentru a desface nucleul în nucleoni.

Conform mecanicii cuantice, poziția şi viteza unui electron pe orbită nu poate fi cunoscut cu exactitate, iar poziția spațială a electronului poate fi doar aproximată, conform ecuației de incertitudine a lui Heisenberg. Modelul atomic din fizica modernă descrie poziția electronilor în termeni de probabilitate, electronii fiind la o distanță potențială față de nucleu iar orbitele având de fapt forma unor sfere în jurul nucleului. Modelele atomice actuale au permis dezvoltarea unor noi metode de radiodiagnostic, cum ar fi rezonanța magnetică nucleară (RMN) .

2.2. Ionizarea şi excitarea atomilor

Ionizarea este procesul fizic de conversie a unui atom în ion, prin primire sau prin cedare de energie. Dacă un electron este deplasat din atom, numărul sarcinilor electrice pozitive este diferit de cel al sarcinilor negative, iar atomul se transformă într-un ion pozitiv. Procesul prin care un electron este scos înafara atomului se numește **ionizare** (Figura 2.5).

Un ion pozitiv este produs atunci când un electron legat de atom absoarbe suficientă energie din exterior încât el poate învinge forța electrostatică şi este eliberat din atom. Cantitatea de energie necesară pentru învingerea forței de legătură a electronului se numește *potențial de ionizare*.

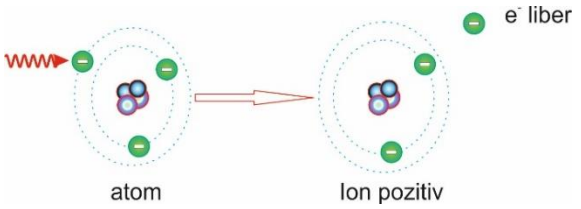


Figura 2.5. Ionizarea – generarea unui ion pozitiv prin pierderea unui electron dupa interactiunea lui cu o cuanta de energie

Un ion negativ este produs atunci când un electron liber intră în coliziune cu un atom, este capturat de către acesta pe una din orbitele sale şi cedează întreaga energie cinetică excedentară sub forma unei cuante de energie.

Uneori, energia primită de atom este insuficientă pentru a învinge energia de legătură, astfel încât electronul nu poate părăsi atomul, dar este deplasat de pe o orbită centrală pe o orbită mai periferică, cu nivel energetic superior, iar atomul rămâne neutru din punct de vedere electric. Energia atomului este însă crescută, fenomenul numindu-se **excitare**. Atomii în stare excitată sunt instabili, iar după un timp, ei revin la starea lor inițială prin cedare de energie.

Emisia fotonilor de către atomii care se găsesc în diferite stări de excitare, generează un spectru electromagnetic al radiaţiilor X caracteristice. Fenomenele de excitare şi de ionizare stau la baza producerii radiaţiilor X şi a interacţiunii radiaţiilor cu materia. În urma interacțiunii radiațiilor X cu materia, se produc fenomene de excitare şi de ionizare a atomilor, în funcție de energia şi respectiv lungimea de undă a radiațiilor. Unitatea de masura pentru energia utilizată este electron-volt (eV), 1eV = 1.6 x 1019 Joule.

2.3. Tipuri de radiaţii

În fizică, radiațiile descriu procesul prin care energia emisă de un corp se deplasează în spațiu pentru ca, în final, să fie absorbită de alte corpuri. Se cunosc în principal două tipuri de radiații: radiații ondulatorii (electromagnetice si acustice) şi radiații corpusculare.

Toate tipurile de radiație apar datorită instabilității atomilor din care acestea provin. Acești atomi au fie un exces de energie, fie un exces de masă, fie ambele. Pentru a reveni la starea lor de echilibru, atomii trebuie să elibereze o parte din energia sau din masa lor, sub formă de radiație.

În cazul **radiațiilor corpusculare**, energia este transportată de către particule materiale foarte rapide: atomi, ioni sau particule ale atomului (neutroni, electroni, alte particule elementare).

Radiațiile catodice sunt produse în tubul catodic, iar energia este transportată de electronii liberi.

Radiațiile alpha (α) sunt particule atomice emise prin dezintegrarea nucleilor de heliu. Particulele alpha (α) interacționează puternic cu materialele şi de aceea au un parcurs extrem de scurt, de doar câțiva centimetri şi pot fi absorbite de grosimea unei foi de hârtie (Figura 2.6). Particulele α sunt foarte ionizante şi, deşi nu sunt capabile să penetreze

tegumentul, ele pot să emită substanțe care, ingerate, vor induce efecte biologice importante.

Radiațiile beta (β-), (β+) sunt radiații corpusculare formate din electronii sau pozitronii emiși prin dezintegrarea atomilor. Datorită masei lor mici, ele pot să traverseze distanțe ceva mai mari în aer decât particulele α, de câțiva centimetri și în consecință pot cauza modificări biologice la suprafața țesuturilor. Totuși, principala lor acțiune biologică se manifestă prin emisia internă și ingestia materialelor radioactive.

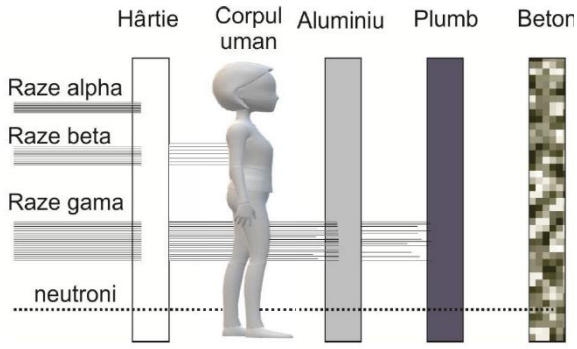


Figura 2.6. Radiatiile corpusculare si gradul lor de penetrabilitate

Radiațiile neutronice constau din neutronii liberi care se emit prin fisiunea nucleară spontană sau indusă. Ele sunt capabile să traverseze sute sau mii de metri în aer și pot fi blocate de materiale cu conținut mare de hidrogen, cum ar fi apa grea. Particulele neutronice nu pot ioniza direct atomii, datorită lipsei lor de încărcare electrică, în schimb, induc ionizări directe dacă acestea sunt absorbite de atomi stabili. Sub acțiunea radiațiilor neutronice, atomii devin instabili și vor emite alte tipuri de radiații. devenind materiale radioactive.

Radiaţiile cosmice sunt astăzi considerate ca radiaţii corpusculare. Ele sunt formate în procent de 90% din protoni care provin din spaţiul cosmic. Radiaţiile cosmice secundare sunt rezultate din interacţiunea radiaţiilor cosmice cu particulele din atmosferă.

Radiaţiile acustice sunt unde elastice ce se propagă prin oscilaţia particulelor staţionare dintr-un mediu elastic. Acestea nu fac obiectul studiului de faţă.

Radiațiile electromagnetice sunt mai larg răspândite în natura, iar energia lor este transportată de unde electromagnetice sinusoidale, cu diferite lungimi de undă (λ). Radiațiile electromagnetice sunt produse de o sarcină electrică aflata în mișcare, care va genera un câmp magnetic (Figura 2.4).

Undele electromagnetice compun un spectru în funcție de frecvența și lungimea lor de undă. Câmpul electromagnetic este gama de spectre a tuturor frecvenţelor posibile pentru radiațiile electromagnetice. Spectrul radiațiilor electro-magnetice include în ordinea descrescătoare a lungimii lor de undă: radiațiile gamma, radiațiile X, radiațiile ultraviolete, lumina vizibilă, radiațiile infraroșii, radiațiile radar, microundele și radiațiile radio (Figura 2.7).

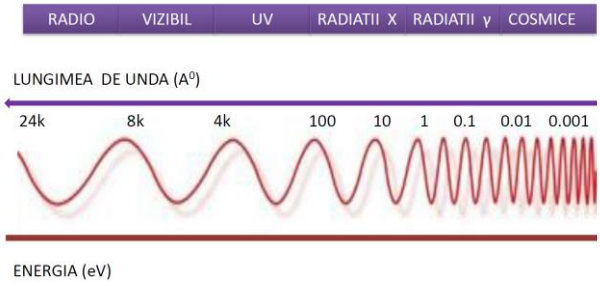


Figura 2.7. Spectrul de energie al radiațiilor electromagnetice: lungimea de unda a radiațiilor X este mai redusă faţă de cea a radiaţiilor UV, ele având în consecintă o energie mai ridicată.

Toate aceste radiații au caracteristici comune: se deplasează cu viteza luminii, în linie dreaptă, nu necesită mediu de propagare, pot să traverseze medii lichide, gazoase, solide şi vor fi absorbite în mod diferit în funcție de lungimea lor de undă și de caracteristicile mediului pe care îl străbat (capitolul 3).

Radiația gamma (γ) nu este o radiație corpusculara deși ea este emisă de nuclee instabile, dar deoarece radiația γ nu are masă, energia este transportată de cuante de energie, fiind considerată radiație electromagnetică. Ea

poate să traverseze distanțe mari în aer şi este absorbită de materiale dense, cum sunt metalele cu număr atomic ridicat (plumbul sau fierul).

Radiațiile X au fost descoperite în 1895 de Wilhelm Conrad Röntgen. Radiațiile X sunt radiații electromagnetice cu un caracter dual, de unda şi corpuscul (foton). În funcție de energia lor, acestea pot fi : (a) radiații X moi - cu lungime de undă cuprinsă între 1 şi 5 Å(ångströmi, 1 Å = 10^{-10} m), cu energie şi penetrabilitate scăzută, (b) dure – care au lungimea de undă cuprinsă între l şi 0,01 Å, energie şi penetrabilitate crescută. Radiațiile X au o lungime de undă mai lungă şi energie mai joasă decât a radiațiilor gamma, dar un potențial ionizant similar cu al radiațiilor gamma.

În funcție de capacitatea de ionizare a țesuturilor, radiațiile electromagnetice pot fi radiații ionizante (ex. radiațiile cosmice, radiațiile gamma şi radiațiile X) şi non-ionizante (ex. radiațiile radio, microundele).

Radiațiile ionizante sunt radiațiile care au suficientă energie pentru ionizarea particulelor cu care interacționează. Ele induc adesea perturbări ale sistemelor biologice şi pot cauza mutații ale moleculelor de ADN, având efecte biologice celulare. Potențialul lor cancerigen este mai mare decât cel al radiațiilor non-ionizante şi depinde de tipul radiației, doza şi timpul cât a acționat iradierea (Capitolul 11). Aceste radiații se produc în general prin dezintegrare radioactivă (radiațiile alpha (α), (β), (β +) sau radiațiile γ) sau sunt radiații electromagnetice precum radiațiile X.

Radiațiile non-ionizante sunt radiații care nu transportă suficientă energie pentru a ioniza atomii sau moleculele cu care interacționează.

Cele mai multe forme de energie electromagnetică întâlnite în natură sunt radiații non-ionizante: undele radio, microundele, radiațiile infraroşii sau lumina vizibilă. Aceste radiații electromagnetice au energie suficientă doar pentru excitarea atomilor, nu produc ionizări şi nu determină mutații ale moleculelor ADN. Totuşi, diferite efecte biologice au putut fi observate si în cazul radiațiilor non-ionizante.

2.4. Părțile componente ale aparatelor radiologice dentare

Radiațiile X se produc în tubul Röntgen care este, de altfel, principala componentă a sistemelor radiologice. În afara cupolei unde se găseşte tubul radiogen şi circuitele electrice, aparatele radiologice dentare mai au în componența lor un tablou de comanda şi sistemul de brațe articulate pentru poziționarea şi expunerea pacientului (Figura 2.8).

Sistemul brațelor articulate face posibilă poziționarea fasciculului de radiații la nivelul regiunii care necesită examinarea radiologică. Sistemul conține şi extensiile firelor electrice care conectează masa de comandă cu tubul radiogen.

Cupola tubului radiologic este formată dintr-o placă metalică de protecție şi găzduieşte la interior tubul Röntgen, circuitele electrice şi uleiul de răcire al tubului (Figura 2.9).

Tubul radiogen este principala componentă a aparatelor radiologice. Acesta este un tub de sticla cu săruri de plumb care în interior este vidat şi conține doi electrozi: catodul şi anodul. Învelişul de sticlă al tubului radiologic prezintă o mică fereastră situată în dreptul anodului (*focar anodic aparent*) care este lipsită de săruri de plumb şi care va permite radiațiilor X care iau naştere la anod, să părăsească tubul Röntgen.

Catodul este electrodul negativ al tubului radiogen şi este alcătuit dintr-un filament de tungsten plasat pe un suport concav din molibden. Anodul este electrodul pozitiv şi este format dintr-o placă de tungsten situată pe un suport de cupru care are rolul de a disipa căldura care rezultă în urma interacțiunilor de la anod, în cursul generării radiațiilor X.

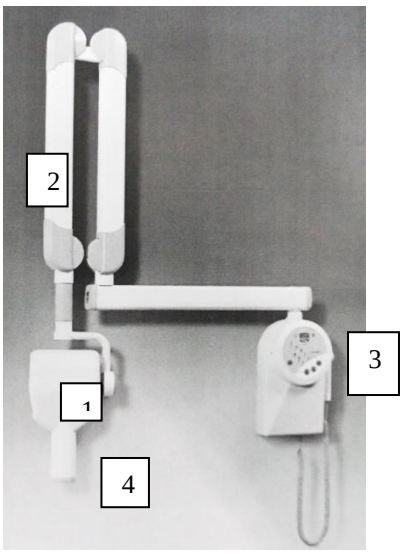


Figura 2.8. Parţile componente ale aparatului radiologic dentar: (1)tubul radiogen; (2)sistemul braţelor articulate; (3)tabloul de comandă; (4)tubul de poziţionare a fasciculului primar de radiaţii

Circuitele electrice ce intră în componenţa aparatelor radiologice dentare au rolul de a induce un flux de electroni în interiorul tubului Röntgen care, ulterior, prin ciocnirile cu atomii de la anod, vor duce la formarea radiațiilor X. Tuburile Röntgen sunt conectate la două circuite electrice principale: circuitul electric de joasă tensiune şi circuitul electric de înaltă tensiune.

Circuitul de joasă tensiune este conectat la bornele catodului şi controlează intensitatea (mA) care trece prin tubul Röntgen. Circuitul de joasa tensiune are rolul de a încălzi filamentul catodic pentru a elibera electroni. (Figura 2.10)

Circuitul de înaltă tensiune are rolul de a crea o diferență de potențial între catod şi anod în timpul acționarii butonului exponometru. Acest circuit controlează tensiunea în tubul Röntgen (kV) de care depinde viteza electronilor ce traversează tubul Röntgen de la catod la anod.

Transformatorul se folosește pentru creșterea sau descreșterea tensiunii în circuitul electric. Echipamentele radiologice dentare utilizează trei transformatoare pentru a controla circuitele electrice: transformatorul de joasă tensiune, transformatorul de înaltă tensiune și autotransformatorul.

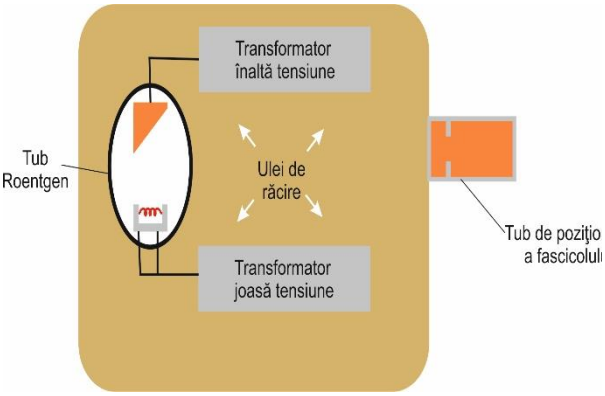
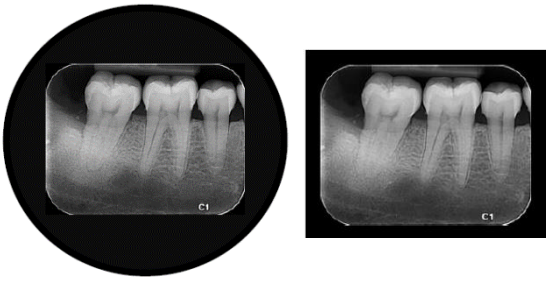


Figura 2.9. Cupola tubului radiogen si componentele sale

Dacă curentul care trece prin filamentul catodic ar fi prea mare, filamentul ar arde. Pentru reducerea curentului în circuitul de joasă tensiune se utilizează un transformator care are rolul de a reduce potențialul electric la bornele catodului. Transformatorul de joasă tensiune se utilizează pentru a scădea tensiunea de intrare de 110 sau 220 volți (V) de la linia de alimentare din rețeaua electrica la 3-5 V. Transformatorul de înaltă tensiune are rolul de a amplifica de câteva sute de ori tensiunea în circuitul electric de înaltă tensiune. Aceasta va ajunge de la un nivel de câteva sute de volți, până la 65-100 kV. Autotransformatorul servește pentru corectarea fluctuațiilor de curent în circuitul de înaltă tensiune şi el se găsește în cupola tubului Röntgen înainte de intrarea în circuitul de înalta tensiune. Autotransformatorul determină cât de mult curent ajunge în transformatorul de înaltă tensiune.

Radiațiile X se produc la anodul tubului Röntgen, într-o anumită regiune a acestuia, numită focar anodic. După generarea lor, radiațiile vor părăsi tubul radiologic prin fereastra din tubul de sticlă, formând fasciculul primar, care este filtrat şi apoi colimat înainte de a ajunge la pacient.

Colimatorul este o placă de plumb prevăzută cu un orificiu central şi are rolul de a diafragma fasciculul de radiaţii, restricţionând astfel zona iradiată de la nivelul tegumentului. Tubul colimator poate avea formă cilindrică sau rectangulară (Figura 2.10).



a. *b.*

Figura 2.10. a. Colimarea circulara; b. colimarea rectangulara

Tabloul de comanda permite alegerea parametrilor de expunere în funcţie de regiunea dentară examinată, arcada dentară şi de talia pacientului. Există trei parametri de expunere: timpul de expunere (s), intensitatea (mA) şi tensiunea (kVp).

Unele aparate radiologice permit ajustarea doar a timpului de expunere, ceilalţi doi parametri fiind fixaţi de catre producator. Aparatele radiologice dentare intraorale utilizează de obicei 6-8 mA şi 60-70 kV, iar timpul de expunere este de 0,2 - 3,2 s. Expunerea în radiografia panoramică este mai lungă, timpul de expunere variază între 12-16 s, iar 6-10 mA şi 70-90 Kv sunt intervalele de variaţie pentru intensitatea şi tensiunea curentului din tubul Röntgen.

Alegerea corectă a protocolului de expunere are o importanţă deosebită pentru reducerea şi optimizarea dozelor la pacienţi, fiind unul dintre principiile de bază ale radioprotecţiei. Totodată, medicii dentişti care utilizează aparatele radiologice dentare trebuie să cunoască influenţa parametrilor de expunere asupra calităţii şi a cantităţii fasciculului de radiaţii X, precum şi asupra caracteristicilor imaginii radiologice obţinute în finalul expunerii (Capitolul 5).

Butonul exponometru. Aparatele Röntgen dentare sunt prevăzute şi cu un buton care declanşează expunerea la radiaţiile X. Deoarece operatorul trebuie să se găsească la o distanţă de siguranţă faţă de fasciculul primar de radiaţii, butonul exponometru se găseşte de obicei într-o încăpere alăturată celei în care este instalaţia radiologică. Expunerea la radiaţiile X este declanşată de apăsarea butonului exponometru, dar ea se desfăşoară doar pe durata timpului de expunere.

Cunoaşterea calităţilor tehnice ale unui aparat radiologic trebuie să fie prima etapă atunci când se doreşte achiziţionarea unui astfel de echipament pentru cabinetul stomatologic. Specificaţiile tehnice ale aparatelor pot fi găsite în broşura de prezentare a echipamentului, iar informaţii suplimentare legate de doze şi alte aplicaţii software opţionale pot fi cerute direct de la distribuitorul sistemului radiologic.

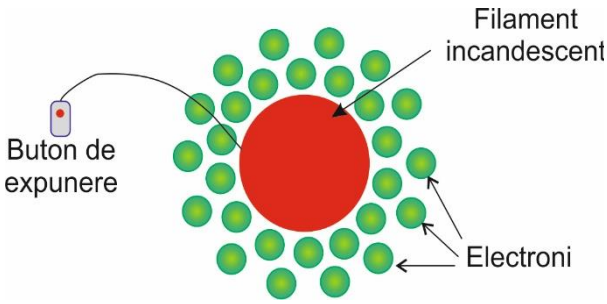


Figura 2.11. Producerea electronilor la catod prin actionarea butonului de expunere

În tabelul 2.1. sunt prezentate principalele caracteristici tehnice care merită a fi analizate pentru a stabili performaţa echipamentului radiologic.

2.5. Producerea radiaţiilor X

Producerea radiaţiilor X are loc în tubul Röntgen. Iniţial, la activarea butonului exponometru, curentul electric care va trece prin circuitul de joasă tensiune va determina încălzirea filamentului de tungsten de la catod. Prin aducerea

la incandescenţă a filamentului catodic, se vor elibera electroni, sub forma unui nor de electroni (Figura 2.11). Suportul de molibden de la catod va focaliza fasciculul de electroni şi acesta va fi orientat pe direcția anodului.

Prin aplicarea unei diferențe de potențial între catod şi anod, electronii de la catod vor fi atraşi spre anodul pozitiv cu o viteză direct proporțională cu valoarea kilovoltajului din circuitul de înaltă tensiune. Fluxul de electroni va interacționa cu atomii de la anod şi vor da naştere radiațiilor X. (Figura 2.12).

Cantitatea şi calitatea radiațiilor X care sunt generate în timpul expunerii depind de valorile parametrilor de expunere.

Tabelul 2.1: Caracteristicile tehnice ale echipamentelor radiologice intra-orale

Componenta	Caracteristici tehnice	Importanta
Genaratorul de radiatii X	Cu potential constat	Creste randamentul tubului
Dimensiunea spotului focal	Cat mai mica (0.4mm)	Imbunatateste netitatea imaginii radiologice
Colimarea	Rectangulara < 70mm	Reduce iradierea
Suprafata iradiata la tegument	Suprafata iradiata la tegument ~60mm la o distanta de 200mm fata de tub	Colimarea va reduce iradierea la poarta de intrare
Filtrarea totala	Min. 2.5 mm echivalent de Al pentru 70kV	Inlaturarea radiatiilor cu lungime de unda mare si penetrabilitate scazuta si scaderea dozei la tegument a pacientului.
Modul de lucru	Digital	Reducerea iradierii pacientului prin utilizarea senzorului digital.
Tensiunea in tubul rontgen	60-70 kV De preferinta reglabila	Tensiunea influenteaza lungimea de unda a radiatiilor: <50 kV creste iradierea la tegument si sacde penetrabilitatea radiatiilor >70kV creste doza in profunzime si radaiatia imprastiata

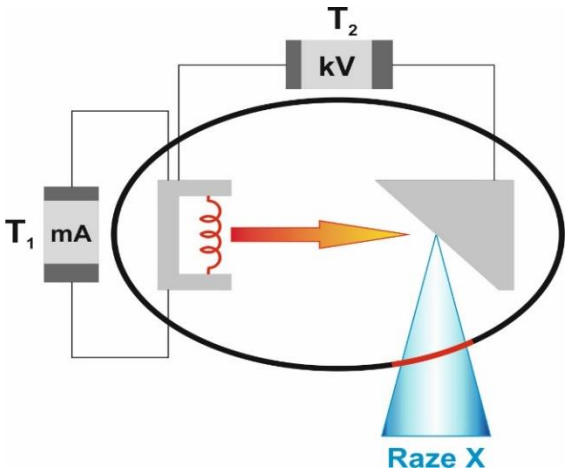
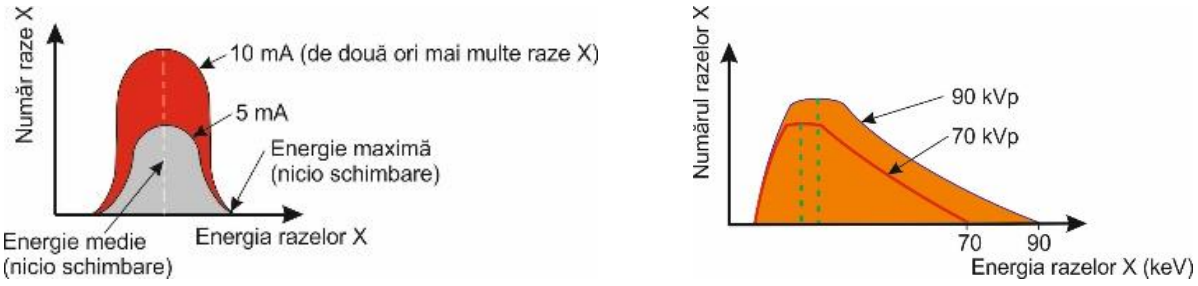


Figura 2.12. Schema unui tub radiogen. electrozii (anodul si catodul), focarul anodic unde se formeaza radiatiile X si circuitele electrice – circuitul de joasa tensiune (T1) care regleaza mA si circuitul de inalta tensiune (T2) care regleaza kV in tubul roentgen.

Dacă se menține un nivel constant al kilovoltajului şi al timpului de expunere, dar se mărește miliamperajul, curentul din circuitul de joasa tensiune va încălzi mai mult filamentul catodic şi se va elibera o cantitate mai mare de electroni. În final, mai mulți electroni vor ciocni anodul, rezultând o cantitate mai mare de radiații ionizante.

Circuitul de înalta tensiune reglează kilovoltajul şi implicit viteza fasciculului de electroni care se deplasează de la catod la anod. Mărind valoarea kVp în circuitul de înaltă tensiune, electronii vor fi accelerați mai puternic spre anod, iar ciocnirile electronilor de mare viteză vor genera radiații X mai penetrante, cu

energie crescută. Prin modificarea kVp cu menținerea neschimbată a mA şi a timpului de expunere, se modifică aşadar calitatea radiațiilor X, respectiv energia medie a fasciculului (Figura 2.13 b).



a. b.

Figura 2.13 a. Prin cresterea mAs va creste cantitatea de radiatii X; b. prin cresterea kVp se va mari energia radiatiilor si penetrabilitatea acestora

Timpul de expunere reglează perioada în care este activat circuitul de joasă tensiune şi respectiv eliberarea de electroni, astfel încât el influențează cantitatea de radiații X generate în final. Dacă se întrerupe acționarea butonului de expunere înainte de terminarea timpului de expunere, atunci producerea radiațiilor X este întreruptă, iar expunerea va fi incompletă. Acest lucru ar fi posibil în cazul examinărilor panoramice sau CBCT în care timpul de expunere durează câteva secunde. Dacă butonul de expunere este acționat un timp mai prelungit, radiațiile X nu se mai formează după încheierea timpului de expunere, deoarece circuitul de joasă tensiune şi formarea de electroni are loc doar în perioada stabilită.

Zona unde electronii intră în coliziune cu atomii anodului se numește **focar anodic**.

Focarul anodic ar trebui să aibă o suprafață suficient de largă pentru a asigura cât mai multe interacțiuni dintre electroni și anod. Totodată, dacă suprafața de interacțiune a anodului este foarte mică, rezultatul va fi o încălzire excesivă a anodului și distrugerea acestuia în timp. Pe de altă parte, pentru o imagine radiologică cu netitate corespunzătoare, cu contururi bine definite, clare, este necesar să avem un focar anodic cât mai mic. De aceea, un compromis se poate obține dacă suprafața anodului este inclinată față de axul fluxului de electroni care se deplasează dinspre catod (focar anodic real) pentru a asigura o suprafață mare de contact, dar proiecția focarului anodic la ieșirea din tubul Röntgen este mică (focarul anodic aparent) pentru a asigura netitatea imaginii radiologice (Figura 2.14).

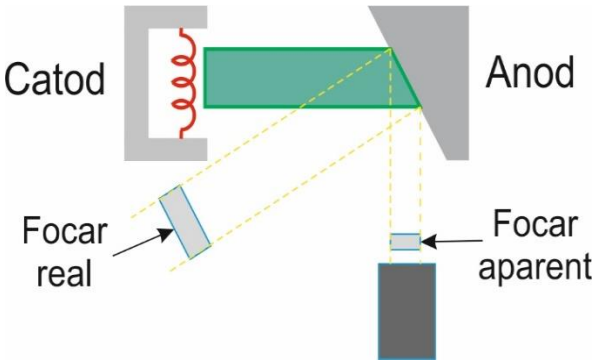


Figura 2.14. Focarul anodic real cu dimensiuni mai mari pentru a asigura o suprafata de interactiune mare a electronilor accelerați de la catod şi focarul anodic aparaent cu suprafata redusa, care asigura o imbunatatirea a calitatii imaginii radiologice.

La anod au loc două tipuri de interacțiuni în urma cărora se produc radiațiile X caracteristice şi radiațiile de frânare.

Electronii cu viteză redusă care provin de la catod, vor fi frânați în vecinătatea nucleului atomilor de la anod, pierzând o parte din energia lor inițială sub formă de **radiații de frânare**. În urma coliziunii cu atomii anodului, electronii vor fi deviați de la direcția lor inițială de

deplasare şi vor continua să ciocnească alţi atomi până la pierderea totală a energiei lor. Energia maximă a radiaţiei de frânare se obţine atunci când întreaga energie a electronului este cedată în urma coliziunii şi electronul este frânat în totalitate de nucleii atomilor de la anod (Figura 2.15).

Dacă electronii proveniţi de la catod au viteza crescută, aceasta le permite ca în urma ciocnirii cu atomii de la anod să dislocuiască un electron din atom, iar în acest caz vor fi generate radiaţii X caracteristice (Figura 2.16).

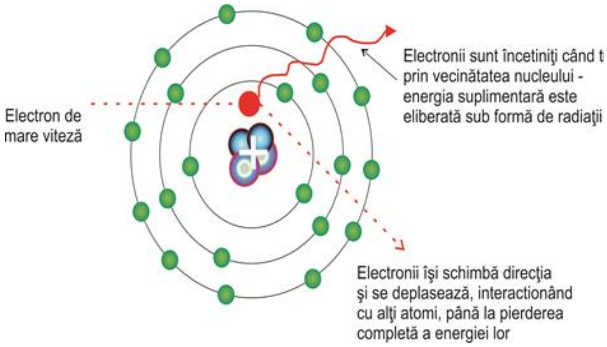


Figura 2.15. Modul de generare al radiatiilor de franare la anod: electronii accelerati de la catod, vor fi franati in vecinatatea nucleilor atomilor de la anod, rezultand radiatiile de franare

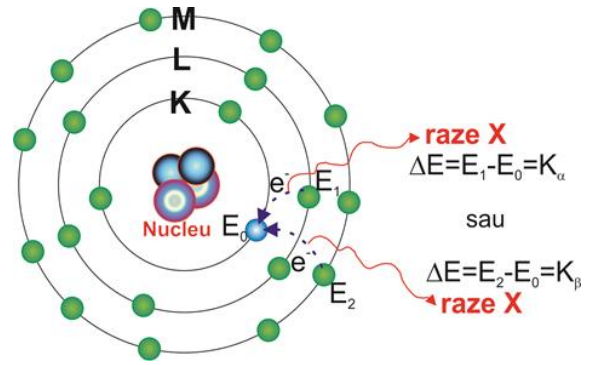


Figura 2.16 Modul de generare al radiatiilor caracteristice: electronii de mare viteza proveniti de la catod, vor ciocni atomii anodului si vor dislocui un electron din atom; locul ramas vacant va fi ocupat de catre un alt electron de pe o orbita periferica; transferul de electroni de pe o orbita periferica pe una situata mai central se va face cu cedare de energie sub forma radiatiilor caracteristice. Radiatiile caracteristice vor avea lungimea de unda egala cu diferenta de potential dintre cele doua nivele energetic intre care se face transferul de electroni.

În urma eliberării unui electron din atom, locul rămas liber pe orbită va fi ocupat de către un alt electron situat iniţial pe o orbită periferică. Deplasarea electronului de pe o orbită periferică, cu un nivel energetic superior, pe una situată mai central (pe nivel K sau L) se va face cu cedare de energie sub formă de radiaţii caracteristice. Energia radiaţiilor caracteristice este dată de diferenţa nivelelor energetice între care s-a realizat schimbul de electroni. Aşadar, aceste interacţiuni explica modul în care energia radiaţiilor X este influenţată de fapt de viteza cu care electronii ciocnesc anodul şi implicit de nivelul kilovoltajului din tubul Röntgen.

Producerea radiaţiilor X este totuşi un proces ineficient. Doar 1% din interacţiunile electronilor de înaltă viteză şi ţinta anodică au ca rezultat formarea radiaţiilor X, în timp ce 99% dintre interacţiuni vor produce căldură şi lumină, având ca rezultat preîncălzirea anodului. Focarul anodic este construit dintr-un material cu un număr atomic mare (tungsten), pentru a creşte eficienţa de producere a radiaţiilor X în urma coliziunilor cu electronii. Totodată, anodul trebuie să aibă o temperatură de topire înaltă pentru a preveni deteriorarea lui prin încălzirea ce are loc în momentul formării radiaţiilor X.

Curentul electric este definit ca un flux de electroni care se deplasează printr-un conductor. Curentul care traversează circuitul de înaltă tensiune este un curent alternativ. Curentul alternativ descrie un curent electric în care electronii se pot deplasa în două direcţii. Electronii încărcaţi negativ, vor traversa tubul de la catod la anod doar în timpul fazei pozitive a curentului electric, radiaţiile X fiind produse doar în timpul acestei faze (Figura 2.17).

Pentru a creşte randamentul tubului, aparatele radiologice moderne convertesc curentul alternativ în curent cu potenţial constant şi creează astfel o eficienţă crescută a producerii de radiaţii X. Utilizarea echipamentelor radiologice cu potenţial constant permit scurtarea

timpului de expunere și reducerea dozelor de iradiere a pacienților cu cca 20%. Fasciculul de radiații X care ia naștere la anod conține de fapt un spectru de fotoni cu energie diferită. Energia maximă a radiațiilor X generate este dată de kilovoltajul (kVp) cu care se face expunerea. Spectrul radiațiilor X depinde de următorii factori: (1) distanța dintre electronii de înaltă viteză și nucleul atomilor țintă; (2) interacțiunile ulterioare ale electronilor de înaltă viteză care vor continua să interacționeze cu alți atomi din anodul țintă până la pierderea totala a energiei lor; (3) amplitudinea kilovoltajului cu care se face expunerea.

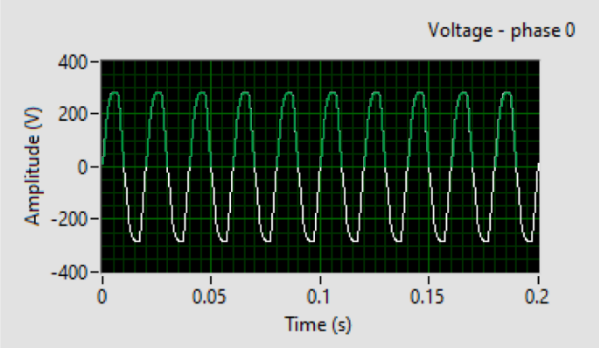


Figura 2.17. Diferenta intre aparatele cu curent alternativ si cele cu potential constant, ultimele avand un randament mai crescut

O parte din fotonii rezultați vor avea energie joasă astfel încât ei vor fi absorbiți în totalitate de țesuturile pe care le traversează și nu au capacitatea să penetreze țesuturile pentru a ajunge la filmul radiologic. Aceste radiații vor crește doar iradierea pacientului, dar fără să ofere o informație diagnostică și de aceea ele trebuie eliminate. **Filtrarea** este procedeul prin care radiațiile X cu energie joasă, care sunt generate în tubul Röntgen, sunt absorbite prin aplicarea unui filtru de aluminiu la ieșirea din tub. Procesul de filtrare va crește calitatea fasciculului de radiații X prin creșterea mediei energiilor radiațiilor care compun spectrul de radiații X. În România, pentru aparatele radiologice dentare care utilizează 70 kV, este recomandată aplicarea unui filtru de 2,5 mm echivalent aluminiu.

După formarea lor, radiațiile X se împrăștie sferic în interiorul tubului Röntgen, dar ele vor părăsi tubul doar prin fereastra anodică (focarul anodic aparent), astfel că la ieșirea din tub, fasciculul de radiații X va avea o direcție divergentă. **Colimarea** are rolul de a reduce dimensiunea fasciculului de radiații X și suprafața iradiată. Există două tipuri de colimare: rectangulară și rotunda. (Figura 2.18)

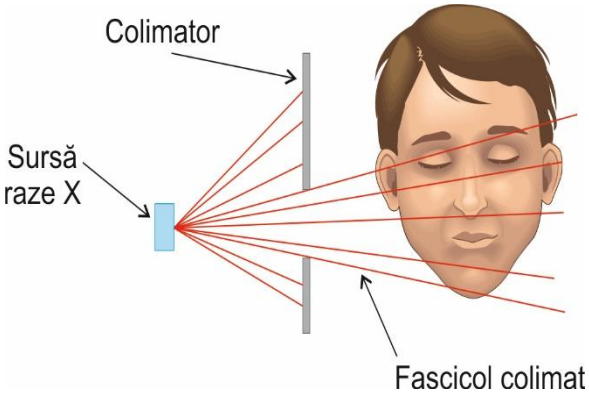


Figura 2.18. Colimarea fasciculului de radiatii cu reducerea suprafetei de intrare a fasciculului primar

Colimarea rectangulară asigură o reducere mai mare a dozei la tegument în comparație cu colimarea cilindrică. Ea reduce totodata și zona vizibilă și necesită așadar o poziționare foarte exactă a tubului pentru a nu omite părți importante pentru diagnostic. Colimarea cilindrică este mai des folosită în practică și deși poarta de intrare a radiațiilor este mai largă, ea oferă o mai mare flexibilitate operatorului și un risc mai mic de apariție a erorilor pe radiografie.

Colimarea are și un efect de reducere a conicității fasciculului de radiații, paralelizându-l. Deși fasciculul de radiații are o direcție divergentă la ieșirea din tubul Röntgen, dacă se va utiliza un cilindru colimator suficient de lung (~20 cm), conicitatea radiațiilor va fi foarte redusă, radiațiile devenind aproape paralele. Reducerea conicității radiațiilor X va avea un efect de ameliorare a netității imaginii

radiologice prin scăderea efectului de penumbra (capitolul) şi scade de asemenea distorsiunea imaginii radiologice. Utilizarea tuburilor colimatoare lungi este importantă mai ales atunci când se efectuează radiografiile periapicale prin tehnica paralelă. În plus, tubul colimator are repere pentru poziționarea fasciculului primar de radiații, acestea fiind utile şi pentru efectuarea radiografiilor (capitolul 6).

2.6. Interacțiunea radiațiilor X cu materia

Radiația primară reprezintă radiațiile X care sunt produse la nivelul focarului anodic și care părăsesc cupola tubului Röntgen prin tubul colimator. Aproximativ 9% din radiațiile X primare care traversează țesuturile nu vor avea interacțiuni cu acestea. În rest, au fost descrise trei forme de interacțiuni ale radiațiilor X cu materia: împrăștierea coerentă, efectul Compton și absorbția fotoelectrică. Toate aceste interacţini au loc între fotonii incidenţi şi electronii atomilor din ţesuturi.

Împrăștierea coerenta (efectul Thomson). Fotonii incidenți cu energie joasă care interacționează cu atomii din țesuturi nu au energie suficientă pentru a învinge energia de legătură a electronilor şi pentru a-i scoate de pe orbită. În acest caz, fotonul incident va interacţiona elastic cu un electron, rezultând oscilaţii ale electronului (excitaţia electronului). Electronul emite un foton cu aceeaşi energie şi frecvenţă cu a electronului incident, dar cu direcîie diferită faţă de acesta, fenomen numit împrăştierea coerentă.

Fotonul rezultat nu creşte doza pacientului şi nu produce ionizarea ţesutului. Împrăștierea coerentă reprezintă cca 5% din interacțiunile radiațiilor X cu materia (Figura 2.19).

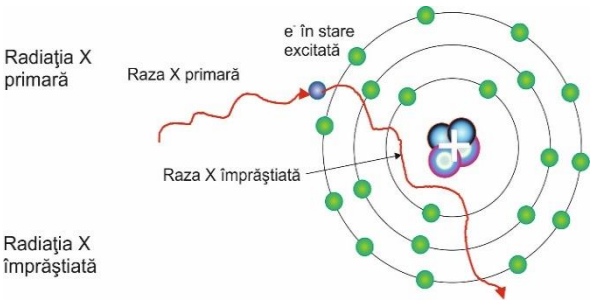


Figura 2.19. Imprastierea coerenta Thomson: in urma interactiunilor dintre radiatiile X cu energie joasa si materie, se produce excitarea atomilor si franarea radiatiilor primare. Vor rezulta radiatii imprastiate, cu o directie deviata fata de cea a radiatiei primare.

Radiațiile secundare sunt mai puțin penetrante decât radiația primară. Ele își vor continua interacțiunile cu atomii din țesuturi, până când își vor pierde întreaga lor energie. Radiația împrăștiată este o formă de radiație secundară care rezultă din împrăștierea fasciculului primar de radiații după interacțiunea lui cu materia. Radiația împrăștiată poate să traverseze orice regiune care nu a fost inițial expusă la fasciculul primar de radiații. Aşadar, datorită radiației împrăștiate zona de iradiere internă este mai mare decât aria de intrare a fasciculului primar de radiații. Împrăștierea coerenta reprezintă cca 8% din interacțiunile radiațiilor X cu materia.

Efectul Compton (împrăștierea necoerenta). Fasciculul primar de radiații X (radiaţii dure) interacţionează cu atomii din ţesuturi, având o energie suficientă pentru a învinge energia de legătură a electronilor situați pe orbite. Electronii vor fi mobilizați și eliberați din atom. Aceştia sunt numiţi electroni acceleraţi sau electroni de recul, efectul fiind cel de ionizare a țesuturilor. O parte din energia fotonilor incidenţi se va pierde în urma coliziunii (ciocnire necoerentă cu electronii). Vor rezulta fotoni cu energie şi frecvenţă mai mică decât a fotonilor incidenţi, aceştia formând radiaţii moi, numite radiaţii secundare. Radiațiile secundare și electronii de recul diverg sub unghiuri diferite faţă de direcţia fotonilor incidenti. (Figura 2.20) Efectul Compton

reprezintă 62% din interacțiunile radiațiilor X cu materia. Radiaţiile secundare sunt izotropice, cresc doza pacientului, difuzează în încăperea de examinare şi modifică calitatea imaginii (reduc contrastul în radiologie şi intensitatea în Computer Tomografie).

Absorbția fotoelectrică se produce atunci când, după interacțiunea radiațiilor X cu materia, un electron de pe o orbită centrală este eliberat din atomul țintă, producându-se ionizări. Radiația X incidentă își pierde întreaga energie în urma coliziunii, fără să rezulte radiații împrăștiate (Figura 2.21).

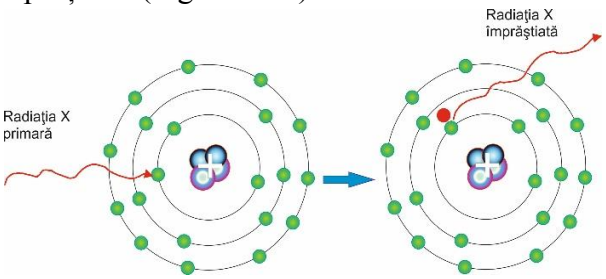


Figura 2.20. Efectul Compton: în urma interacţiunilor radiaţiilor X cu materia, se produce ionizarea ţesuturilor şi apariţia radiaţiilor împrăştiate, cu energie mai mică şi cu direcţie diferită faţă de cea a radiaţiei primare.

Locul liber al electronului expulzat este ocupat de un electron din periferie cu emisia de energie sub formă de radiații caracteristice (pe straturile L şi K) sau în domeniul luminos pe straturile mai periferice (în mod secundar se produc două fenomene: fluorescenţa care durează numai in timpul acţiunii razelor X şi fosforescenţa care durează şi după încetarea acţiunii razelor X). Absorbția fotoelectrică a fost estimată ca fiind prezentă la cca 30% dintre interacțiunile radiațiilor X cu materia.

În ţesuturile moi sau cele cu grăsime expuse iradierii, precum şi la examinările radiologice cu substanţă de contrast iodată predomină efectul fotoelectric.

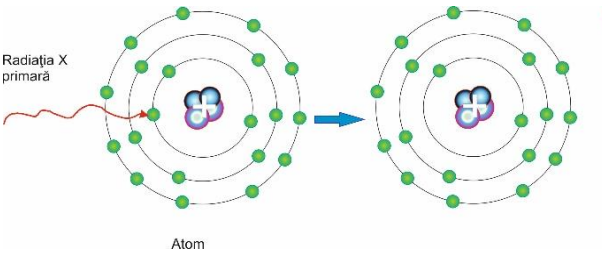


Figura 2.21. Absorbţia fotoelectrică: în urma interacţiunilor radiaţiilor X cu materia, radiaţia primară este absorbită în totalitate şi se produce ionizarea atomilor, dar fără să rezulte radiaţii împrăştiate.

În concluzie, interacțiunile radiațiilor X cu materia produc în final ionizări ale atomilor țesuturilor traversate de radiații (rezultate din efectul Compton şi absorbția fotoelectrică), iar pe de altă parte vor produce radiații secundare şi împrăștiate (prin efectul Compton şi Thomson), Radiaţiile secundare au o direcție diferită față de direcția de deplasare a radiațiilor X din fasciculul primar (Tabelul 2.2).

Ionizările produse de radiația X sunt răspunzătoare pentru apariția efectelor biologice (capitolul) prin mecanism indirect de acțiune asupra AND-ului celular. Pe de altă parte, existenţa radiațiilor împrăștiate ne arată că iradierea internă a țesuturilor este mult mai extinsă comparativ cu suprafața de intrare a radiațiilor primare.

Mijloacele convenționale de radioprotecție pot să limiteze doar iradierea directă creată de fasciculul primar, dar sunt ineficiente pentru prevenirea iradierii interne. De aceea, medicii dentişti care utilizează aparatele radiologice trebuie să cunoască şi să aplice constant în practică protocoalele de optimizare a dozelor (capitolul 13) şi criteriile de referință şi justificare a expunerilor medicale, pentru evitarea iradierii interne excesive a pacientului.

Tabelul 2.2. Efectele interacţiunii radiaţiilor X cu materia

Imprastierea coerenta	Efectul Compton	Absorbtia fotoelectrica
Radiatii X de joasă energie interactionează cu electronii de pe orbitele periferice şi determină vibraţia electronilor.	Un electron de pe o orbita periferica este scos de pe orbita un électron rezultand un ion (ionizare)	Un electron central este ciocnit de radiatiile X si este scos de pe orbita, rezultand un ion pozitiv si un electron liber
Atomul nu pierde electroni	Electronul este eliberat din atom	Electronul este eliberat din atom
Fara ionizare	Ionizare	Ionizare
Fotonul este deviat pe o noua directie , fara pierdere de energie	Radiatiile X primare pierd o parte din energie si continua deplasarea dar pe o directie diferita (sunt deviate)	Radiatiile X primare pierd intreaga lor energie- nu rezulta radiatii difuzate
8% dintre interactiuni.	62% dintre inetractiuni	30% dintre inetractiuni

Sumar

- particulele elementare ale atomului sunt: electronii (sarcină negativă) şi particulele nucleare - neutroni (fără sarcină) şi protoni (sarcină pozitivă)
- intre particulele nucleului există forţe nucleare (foarte tari), iar electronii sunt menținuți pe orbite prin echilibrul dintre forța electrostatică şi forța centrifugă
- forța necesară pentru eliberarea unui electron din atom se numește energie de legătură şi ea descreşte dinspre orbitele centrale (mai apropiate de nucleu) spre cele periferice
- ionizarea este fenomenul prin care un atom pierde sau primește un electron, devenind astfel ion pozitiv sau negativ
- radiațiile pot fi corpusculare sau radiații electromagnetice
- radiațiile X sunt radiații electromagnetice. Ele pot produce ionizări în țesuturi şi sunt responsabile de apariția efectelor biologice
- radiațiile X se formează în tubul Röntgen. La anod se produc radiații de frânare şi radiații X caracteristice care sunt generate de ciocnirile dintre electronii acceleraţi în interiorul tubului Röntgen şi atomii anodului.
- interacțiunile radiațiilor X cu materia produc efecte de ionizare (efectul Compton şi absorbția fotoelectrica) şi radiații împrăştiate.
- filtrarea radiațiilor X are rolul de a îndepărta radiațiile care nu au suficientă energie pentru a impresiona filmul radiologic
- colimarea este fenomenul de îngustare a diametrului fasciculului primar de radiații X în scopul reducerii zonei de intrare a radiațiilor şi a diminuării efectului de distorsiune a imaginii radiologice.

Referinţe

Fildan F., Hedesiu Mihaela,- Radiologia stomatologică. Noțiuni de fizică şi tehnică radiologică / coautor, Editura Medicală Universitară ”Iuliu Haţieganu”, Cluj-Napoca, 2002

Iannucci J. M, Jansen Howerton J.L. Radiation Basics in: Dental Radiography: Principles and Techniques, 4th ed. , Missouri, 2012, Elsevier, pp:2-45

Johnson R.L., Atomic Structure, Twenty-First Century Books, Minneapolis, 2008, Learner Publishing group, pp:43-45

Sherer, M.A., Visconi P., Ritenour R., Radiation protection in medical radiology, 2011,Mosby, pp:30-51, 206-243

Thayalan K, Physics of X-rays in The Physics of Radiology and Imaging, New Delhi, 2014,Jeypee Brothers Medical Publisher, pp::50- 107

Thomson. E.M., Johnson O.N., Chapter 5. The dental X –ray machine in Essentials of Dental radiography for dental assistants and hygienists., 9th ed. New Jersey, Pearson education, 2012, pp 47-56

White SC, Pharoah MJ: Radiation physics. In Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, St Louis, 2009, Mosby, pp 1-21.

Whaites E., Radiation physics and equipment in Essential of dental radiography and radiology, 4th ed. Edinburg, Churchill Livingston, Elsevier science, 2003, pp 15-33.

Teste recapitulative

1. Pentru fiecare element din prima coloană găsiți răspunsurile corecte din a doua coloană (alegeți una sau mai multe posibilități).

a. electronul	1. face parte din nucleu
b. protonul	2. orbitează în jurul nucleului
c. neutronul	3. oferă masa atomului
	4. se găsește în număr diferit la izotopii aceluiași atom
	5. are masa neglijabilă

2. Forțele care mențin electronul pe orbită sunt:
   a. forța electrostatică
   b. forța centrifugă
   c. interacțiuni tari
   d. energia electrostatică
   e. forțele nucleare

3. Marcați răspunsurile corecte:
   a. energia de legătură este energia necesară pentru a scoate protonul din nucleu
   b. electronii situați mai aproape de nucleu au o forță electrostatică mai mare şi o energie mai redusă
   c. cu cât Z este mai mare, cu atât forța electrostatică va fi mai mare
   d. electronii periferici sunt mai ușor de deplasat de pe orbite
   e. electronii apropiați de nucleu se numesc electroni periferici

4. Care sunt răspunsurile corecte cu privire la ionizare?

a. atomii nu se pot ioniza

b. ionizarea este procesul fizic de conversie a unui atom în ion prin primire sau prin cedare de energie

c. chiar dacă energia primită de atom este insuficientă,electronul părăsește atomul, iar atomul intră în stare de excitație

d. excitarea apare când energia primită de atom este insuficientă, iar electronul trece de pe o orbită mai centrală spre una mai periferică

e. ionii sunt instabili

5. Care sunt răspunsurile corecte cu privire la ionizare?

a. cantitatea de energie necesară pentru învingerea forței de legătură a electronului se numește potențial de ionizare

b. un ion încărcat negativ este produs atunci când un electron liber intră în coliziune cu un atom, fiind capturat de către acesta

c. un ion încărcat pozitiv este produs atunci când un electron legat de atom absoarbe suficientă energie din exterior încât poate învinge forța electrostatică şi este eliberat din atom

d. atomii în stare excitată sunt instabili şi după un timp, ei revin la starea lor inițială prin cedare de energie

e. emisia fotonilor nu influențează spectrul electromagnetic

6. Care sunt caracteristicile undelor electromagnetice?

a. se deplasează cu viteza luminii, în linie dreaptă

b. vor fi absorbite în mod diferit în funcție de lungimea lor de undă și de caracteristicile mediului pe care îl străbat

c. nu necesită mediu de propagare

d. energia lor este transportată de electroni

e. toate răspunsurile sunt corecte

7. Radiațiile corpusculare:

a. sunt radiații electromagnetice

b. sunt reprezentate de radiațiile catodice, alfa, beta şi gamma

c. energia este transportată de către particule materiale foarte rapide

d. energia este transportată prin unde electromagnetice

e. sunt produse de o sarcina electrică aflata în mișcare, care va genera un câmp magnetic

8. Tubul Röntgen:

a. este principalul component al aparatului radiologic
b. prezintă catodul pozitiv
c. catodul este alcătuit dintr-un filament de tungsten plasat pe un suport concav din molibden
d. razele X iau naștere la anod
e. anodul este negativ

9. Atribuiți fiecărui element din prima coloană, caracteristica specifică din a doua coloană

a. circuitul de înalta tensiune	1. controlează intensitatea (mA)
b. circuitul de joasa tensiune	2. Influențează viteza electronilor
c. colimatorul	3. amplifica de câteva sute de ori tensiunea în tubul Röntgen
d. Transformatorul de înalta tensiune	4. reduce zona iradiata la nivelul tegumentului

10. Parametrii de expunere au următoarele roluri:
    a. mA controlează cantitatea RX
    b. mA controlează viteza electronilor în tubul Röntgen
    c. kV controlează calitatea RX
    d. timpul de expunere controlează atât cantitatea cât şi calitatea fasciculului de radiații X.
    e. timpul de expunere controlează numărul de electroni produşi la anod.

11. Următoarele răspunsuri privind modificarea parametrilor de expunere sunt adevărate:
    a. Dacă creşte mA, creşte numărul de RX
    b. Dacă creşte kV, creşte energia RX
    c. Dacă creşte kV, RX vor avea o lungime de undă mai mică
    d. Scăderea timpului de expunere oferă o cantitate redusă de Rx
    e. Scăderea timpului de expunere nu modifică cu nimic calitatea radiografiei

12. Producerea radiațiilor X se realizează prin:
    a. coliziunea dintre electroni şi atomii anodului
    b. coliziunea electronilor generate la anod cu atomii catodului
    c. supraîncălzirea focarului catodic produce radiații X la catod
    d. producerea radiațiilor X este un proces eficient, 99% din interacțiuni formează radiații X
    e. coliziunea dintre electroni şi atomii anodului care are un număr atomic mare (tungsten)

13. Asociați corect tipurile de radiații X:

a. radiații X de frânare	1. electronii sunt frânați în vecinătatea nucleului atomilor de la anod şi pierd energie
b. radiații X caracteristice	2. au o energie crescută şi dislocuiesc un electron din atomul anodului
	3. un electron de pe o orbită periferică pierde energie şi înlocuiește un electron situat central
	4. electronii continuă să se ciocnească până pierd toată energia

14: Spectrul radiațiilor X depinde de următorii factori:
a. distanța dintre electronii de înaltă viteză și nucleul atomilor țintă
b. interacțiunile ulterioare ale electronilor de înaltă viteză cu atomii anodului
c. tipul de expunere
d. amplitudinea kilovoltajului cu care se face expunerea
e. spectrul radiațiilor X nu este influențabil

15. Alegeți răspunsurile corecte:
a. Fotonii de joasă tensiune sunt filtrați la ieșirea din tub
b. fotonii de înalta tensiune sunt absorbiți în totalitate de țesuturi şi nu produc imagine radiologică
c. filtrarea crește calitatea radiațiilor X
d. colimarea reduce dimensiunea fasciculului de radiații X
e. colimarea rectangularş reduce mai puțin fasciculul de radiații X

16. Asociați corespunzător efectele RX cu materia:

A. Efectul Thompson	1. RX au o energie suficientă pentru a mobiliza electronii de pe orbite şi a produce ionizare
B. Efectul Compton	2. împrăștierea coerentă reprezintă 8% din interacțiuni, RX având o energie redusă, suficientă doar pentru ionizare
C. Absorbția fotoelectrică	3. Rx au o energie atât de mare încât produc deplasarea unui electron central cu absorbția în totalitate a fotonului, fără a rezulta radiații împrăștiate

Capitolul 3
Caracteristicile radiaţiilor X

Autori: Hedeşiu Mihaela, Mihaela Băciuţ, Faur Cosmin

Cuprins

3.1.Caracteristicile generale ale radiaţiilor X
3.2.Factorii care influenţează calitatea fasciculului de radiaţii X
3.3.Factorii care influenţează cantitatea fasciculului de radiaţii X
3.4.Factorii care influenţează intensitatea fasciculului de radiaţii X
3.5.Factorii care influenţează absorbţia fasciculului de radiaţii X

Obiective

1. Cunoaşterea efectelor kV, mA şi a timpului de expunere asupra fasciculului de radiaţii X
2. Descrierea influenţei parametrilor de expunere asupra densităţii şi a contrastului imaginii radiologice
3. Descrierea modului în care parametrii de expunere şi distanţa sursă-receptor influenţează intensitatea fasciculului de radiaţii X
4. Identificarea intervalului optim pentru kV-ul şi mA-ul utilizat în radiologia dentară
5. Inţelegerea caracteristicilor radiaţiilor X şi a consecinţelor lor asupra tehnicii de efectuare a radiografiilor dentare

Termeni cheie

Absorbţie
Calitatea radiaţiilor X
Cantitatea radiaţiilor X
Contrast
Densitate
Efect fotoelectric
Energia radiaţiilor X
Intensitate
Kilovoltaj (kV)
Miliamper-secunda (mAs)
Miliamperaj (mA)
Radiaţii electromagnetice
Timp de expunere (s)

3.1 Caracteristicile radiaţiilor X

Fiind radiaţii electromagnetice, radiaţiile X respectă proprietăţile acestora. Principalele mărimi fizice care caracterizează radiaţiile electromagnetice sunt frecvenţa (γ) şi lungimea de undă (λ) . Radiaţiile Röntgen fac parte din categoria radiaţiilor electromagnetice de mare energie, a căror lungime de undă nu depăşeşte 100 nanometri, fiind capabile să producă efecte de ionizare asupra atomilor cu care interacţinoneză (Capitolul 2).

În cadrul spectrului radiaţiilor electromagnetice, lungimile de undă ale razelor X sunt mai scurte decât cele ale radiaţiilor UV şi mai lungi decât cele ale radiaţiilor gamma (Figura 3.1).

Figura 3.1. Spectrul radiaţiilor electromagnetice. Radiaţiile X au lungimea de undă apropiată radiaţiilor ultraviolete (UV)

Radiaţiile Röntgen au frecvenţe de ordinul a 1020 Hz, ceea ce corespunde unei lungimi de undă de ordinul a 10^{-12} m. Energia acestor radiaţii este foarte ridicată, atingând valori de până la 10 MeV.

Cunoaşterea proprietăţilor radiaţiilor X este necesară pentru înţelegerea modului în care calitatea fasciculului radiogen influenţează imaginea radiologică şi efectele biologice posibile induse de acţiunea radiaţiilor X asupra organismelor vii. O prezentare sintetică a caracteristicilor fundamentale ale radiaţiilor X şi a importanţei lor din punct de vedere a practicii medicale este redată în **Tabelul 3.1**

Radiaţiile electromagnetice

- nu au masă
- nu au sarcină electrică
- se deplasează în vid cu viteza luminii
- au un caracter dual de undă şi corpuscul
- propagarea lor în spaţiu generează un câmp electric perpendicular pe direcţia lor de deplasare
- propagarea lor genereaza un câmp magnetic perpendicular pe direcţia câmpului electric creat
- au energii diferite detereminate de frecvenţa şi lungimea lor de undă

Tabelul 3.1. Proprietăţile radiaţiilor X şi importanţa lor din punct de vedere al practicii în cabinetul de radiologie dentară

Proprietăţile Radiaţiilor X	
Caracteristica fundamentală a radiaţiilor X	**Importanţa practică**
1. Radiaţiile X se propagă în vid cu viteza luminii	Radioprotecţie
2. Radiaţiile X se propagă în linie dreaptă	Expunerea pacientului Radioprotecţie
3. Radiaţiile X se răspândesc sferic	Focarul anodic Colimarea
4. Radiaţiile X nu necesită un mediu de propagare	Penetrabilitatea şi absorbţia radiaţiilor X
5. Radiaţiile X se emit şi se absorb sub formă de cuante de energie	Interacţiunea radiaţiilor X cu materia
6. Absorbţia radiaţiilor X depinde de caracteristicile fizice ale obiectelor traversate de radiaţii (dimensiune, compoziţie şi densitate) şi de lungimea de undă a radiaţiilor	Formarea imaginii radiologice Radioprotecţie
7. Radiaţiile X produc ionizări ale atomilor în ţesuturile traversate	Radiobiologie Radioprotecţie
8. Radiaţiile X produc efecte biologice	Radiobiologie Radioprotecţie
9. Radiaţiile X au efecte fotochimice	Formarea imaginii radiologice convenţionale
10. Radiaţiile X au efecte de luminiscenţă	Formarea imaginii radiologice digitale
11. Radiaţiile X nu pot fi detectate prin simţurile umane	Radioprotecţie

1. Radiaţiile X se propagă în vid cu viteza luminii.

Radiaţiile X se produc în tubul radiogen, prin acţionarea butonului de expunere, pe toata durata timpului de expunere. După formarea lor, radiaţiile X se deplasează cu viteza luminii, pacientul fiind iradiat practic instantaneu şi simultan cu producerea lor în tubul Röntgen. După întreruperea expunerii, radiaţiile X sunt absorbite de corpurile pe care le traversează.

Aşadar, putem spune că radiațiile X se produc și sunt prezente în încăperea în care s-a efectuat expunerea, doar pe timpul acționării butonului de comandă al aparatului Röntgen.

Prin conectarea echipamentelor radiologice la o lumina de avertizare (un bec roşu), care va fi situată la intrarea în camera de expunere, producerea radiaţiilor X este semnalizată persoanelor care se găsesc în încăperile din incinta sălilor de expunere prin aprinderea automată a semnalului luminos în momentul acționării butonului exponometru. Lumina roşie va semnaliza producerea radiațiilor X și riscul de iradiere pe toată lungimea timpului de expunere.

2. Radiaţiile X se propagă în linie dreaptă.

Direcția fasciculului de radiații X este lineară. Această proprietate de propagare a radiaţiilor ajută la poziționarea fasciculului primar radiogen și la estimarea suprafeței de intrare a radiaţiilor (Figura 3.2).

Figura 3.2. Direcția liniara a fasciculului de radiații X permite poziţionarea razei centrale pentru efectuarea radiografiilor şi cunoaşterea proiecţiei fascicului de radiaţii la nivelul porţii de intrare a radiaţiilor

3. După producerea lor, radiațiile X se răspândesc sferic.

În interiorul tubului Röntgen, radiaţiile X se produc și se răspândesc sferic. Tubul Röntgen este protejat la exterior de un înveliș de sticlă cu săruri de plumb, cu excepţia unei mici ferestre, numită şi focar anodic aparent, care este lipsită de săruri de plumb și care permite propagarea radiațiilor X înafara tubului radiogen.

La ieșirea din tubul radiogen, fasciculul de radiaţii X va avea o formă conică, iar distribuția radiațiilor va fi divergentă. Radiatia emisa de tub se numeste radiatie primara. Cu cât distanța față de sursa de radiații este mai mică, cu atât suprafața de intrare a radiatiei primare la nivelul tegumentului va fi mai largă (Figura 3.3).

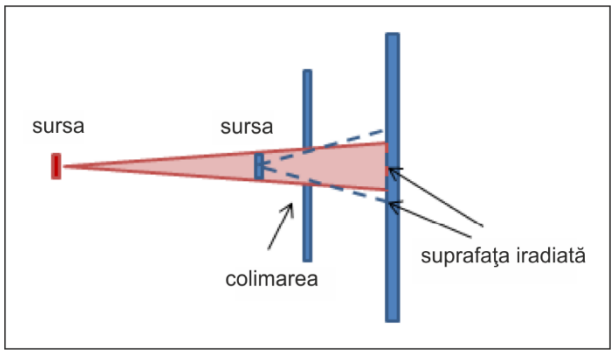
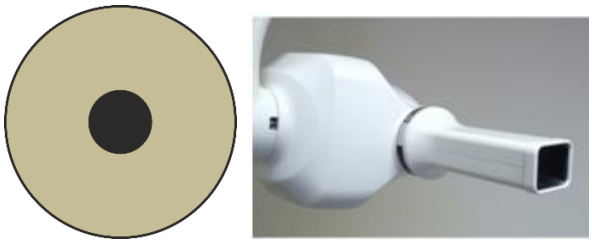


Figura 3.3. Distribuţia divergentă a radiaţiilor X la ieşirea din tubul Röntgen şi reducerea suprafeţei iradiate la poarta de intrare a fasciculului radiogen prin mărirea distanţei dintre sursă şi filmul radiologic

Pentru reducerea conicității fasciculului de radiații și respectiv a suprafeței cutanate iradiate la poarta de intrare, se utilizează colimarea (capitolul 2) (Figura 3.4).



a. b.

Figura 3.4. Colimarea fascicului de radiaţii: a. colimarea circulara; b. colimarea rectangulara care reduce divergenţa fasciculului de radiaţii X

Totodata, creşterea distanţei dintre sursă şi obiect prin utilizarea unor tuburi colimatoare lungi (25-30 cm), va reduce divergența radiațiilor X și îmbunătățește calitatea imaginii radiologice prin ameliorarea distorsiunii și a netității acesteia (Capitolul 5).

4. Radiațiile X nu necesită un mediu de propagare.

Radiaţiile X pot traversa orice structură (aer, lichide, obiecte solide etc), fiind absorbite în mod diferit de către aceste medii. Propagarea în

mediu a radiaţiilor X se face sub formă dual, de undă şi corpuscul, energia fiind transportata de particule fara masa (cuante de energie).

Fiind radiaţii electromagnetice, ele generează un câmp electric perpendicular pe direcţia lor de propagare şi un câmp magnetic care este perpendicular pe direcţia câmpului electric creat.

5. Radiaţiile X se emit şi se absorb sub formă de cuante de energie.

Radiaţiile X nu au masă şi nu sunt încărcate cu sarcină electrică.

Energia radiaţiilor X este transportată în spaţiu sub formă de unde. Prin interacţiunea radiaţiilor X cu materia, o parte din această energie va fi transferată sub formă de cuante de energie.

6. Absorbția radiaţiilor X

Absorbţia radiaţiilor X depinde de caracteristicile fizice ale obiectelor traversate de radiații (dimensiune, compoziție și densitate) și de lungimea de undă a radiaţiilor (Capitolul 3.5).

7. Radiațiile X produc ionizări ale atomilor în ţesuturile traversate.

Ionizările se datorează interacțiunii radiațiilor X cu materia. Împrăștierea coerentă (efectul Compton) și de absorbția fotoelectrică a radiațiile X (Capitolul 2) produc dislocuiri ale electronilor din atomii pe care îi traversează, producând ionizări. Ionizările sunt responsabile de inducerea, prin mecanisme indirecte, a unor modificări celulare sau moleculare cu apariția consecutivă a efectelor biologice.

8. Radiațiile X produc efecte biologice

Radiațiile Röntgen pot produce efecte biologice prin acțiunea lor directă sau indirectă (prin intermediul ionizărilor sau al radicalilor liberi) asupra ADN-ului celular sau asupra altor componente celulare. Tipul efectelor biologice și modul lor de producere este discutat pe larg în capitolul 12.

9. Efectul fotochimic al radiațiilor X.

Efectul fotochimic este capacitatea radiațiilor Röntgen de a impresiona filmul radiologic. Radiaţiile X care nu au fost absorbite în totalitate de ţesuturi, ajung pe filmul radiologic și vor interacţiona cu cristalele de halogenură de argint, activându-le prin mecanism fotochimic. În cursul developării, cristalele activate vor fi reduse la argint metalic, iar cristalele neexpuse la radiații vor fi înlăturate de pe filmul radiologic în cursul etapei de fixare (Capitolul 4a). Rezultatul final este formarea imaginii radiologice care va reflecta gradul de absorbție a radiațiilor X de către ţesuturi.

10. Radiațiile X au un efect de luminiscență.

Efectul de fluorescență se definește ca fiind proprietatea radiațiilor X de a produce lumină la interacțiunea lor cu ecranele fluorescente. Efectul de fluorescență se utilizează în efectuarea radiografiilor panoramice sau de craniu prin metoda convențională, filmul radiologic fiind expus luminii produse sub acţiunea radiaţiilor X de către ecranele intensificatoare (capitolul 8).

Un alt exemplu al efectului de luminiscenţă este cel din radiologia digitala, unde materialul de scintilație al detectorului digital va transforma energia radiațiilor X în energie luminoasă. Semnalul luminos va fi ulterior transformat în semnal digital care va fi redat ulterior pe ecranul unui computer sub forma imaginii radiologice digitale (capitolul 4.2).

11. Radiațiile X nu pot fi detectate prin simțurile umane.

Faptul că radiațiile X nu pot fi detectate prin simţurile umane influenţează foarte mult comportamentul operatorului și regulile de radioprotecție care guvernează expunerile medicale. Zona în care se realizează examinările radiologice trebuie să fie considerată o zonă cu risc radiogen și, în consecință, ea trebuie să fie semnalizată prin mijloace de avertizare (afișe

indicatoare cu zona de risc, lumină roşie la intrare în sala de expunere etc.) pentru personalul medical și pentru pacienți. Aparatele radiologice vor fi conectate direct cu o lumină de avertizare situată în zona de acces a pacienților pentru a se evita iradierea nejustificată prin intrarea pacienților în cursul expunerii.

3.2. Factorii care influențează calitatea fasciculului de radiații X

Tabloul de comandă al aparatelor radiologice permite alegerea a trei parametri de expunere care influenţează calitatea și cantitatea fasciculului de radiații X: miliamperajul (mA), kilovoltajul (kV) și timpul de expunere (s). Valorile acestor parametri de expunere sunt presetate pe tabloul de comandă al aparatului Röntgen în funcție de regiunea dentară examinată, arcada dentară (maxilar sau mandibular), talia pacientului sau tipul radiografiei (radiografie periapicală, bite-wing sau ocluzală) (Figura 3.5).

a. b.

Figura 3.5. a. Tabloul de comandă al aparatului Rx dentar cu mA şi kV fix; b. al ortopantomografului, cu butoane de control pentru kV, mA şi timp de expunere

Este posibilă și ajustarea manuală a regimului de expunere, acest lucru fiind de dorit pentru reducerea cât mai mult posibil a iradierii pacientului. Prin alegerea adecvată a parametrilor de expunere, operatorul care efectuează radiografia dentară contribuie în mod esenţial la obținerea unei imagini radiologice de calitate corespunzătoare și, totodată, la optimizarea dozei la pacient. Adaptarea manuală a parametrilor de expunere permite reducerea dozei de iradiere până la limita la care se obține o imagine radiologică acceptabilă, care să permită un diagnostic adecvat. De aceea, medicul dentist trebuie să înțeleagă deopotrivă influența factorilor de expunere asupra caracteristicilor radiațiilor X, precum și intervalul optim de expunere în funcție de examinare, tipul de pacient sau patologia investigată.

Trebuie menționat însă că nu toate aparatele radiologice permit modificarea manuală a parametrilor de expunere. În cazul multor aparate pentru radiografii intraorale, mA şi kV sunt fixe și doar timpul de expunere este reglabil.

Calitatea fasciculului de radiații X este descrisă ca fiind media energiei radiațiilor X produse în tubul Röntgen și este echivalentă cu capacitatea de penetrare a radiațiilor X în țesuturi. Energia radiațiilor X este controlată prin **kilovoltaj (kV)** și ea variază invers proporțional cu lungimea lor de undă. Cu cât energia radiațiilor X este mai mare, cu atât penetrabilitatea acestora este mai crescută, iar absorbția lor de către țesuturile traversate este mai redusă. Mărind kilovoltajul, vor rezulta radiații X cu lungime de undă mică și frecvență înaltă, care vor avea o penetrabilitate crescută.

Tensiunea în interiorul tubului Röntgen este definită ca diferența de potential electric dintre catod și anod. Prin creșterea tensiunii, electronii vor fi accelerați între catodul și anodul tubului, ciocnind anodul cu o forță şi o energie mai mare, generând astfel un fascicul de radiații X cu penetrabilitate crescută.

Unitatea de măsură pentru tensiune este Voltul (V). Aparatele radiologice dentare utilizează de obicei tensiuni înalte, de ordinul kilovolților (kV). Kilovoltajul poate fi reglat de către operator de la tabloul de comandă al

aparatului Röntgen, în funcție de cerințele diagnostice. Valoarea kilovoltajului stabilită din tabloul de comandă reprezintă de fapt **amplitudinea kilovoltajului** (kilovoltage peak – **kVp**), adică valoarea maximă a tensiunii în tubul Röntgen în timpul unei expuneri.

Utilizarea kilovoltajelor cuprinse în intervalul 65-75 kV vor produce radiații X cu lungime de undă mai mare și penetrabilitate mai redusă, având o doză la suprafață mai mare și o doză în profunzime mai redusă. Dacă se utilizează un kilovoltaj foarte scăzut (<50kV), penetrabilitatea radiațiilor X este redusă, iar acestea vor fi absorbite de țesuturi fără a avea capacitatea de a penetra țesuturile și de a impresiona filmul radiologic. Așadar, pentru tensiuni foarte scăzute în tubul Röntgen se va obține doar o iradiere importantă a țesuturilor de suprafață, dar fără o informație corespunzătoare pentru diagnosticul radiologic.

În general, pentru radiografiile dentare se recomandă utilizarea unor tensiuni cuprinse între 65 și 85 kV. Pentru tensiuni sub 65 kV nu există o penetrabilitate corespunzătoare, iar peste 90 Kv va rezulta o penetrabilitate prea mare cu o iradiere importantă a țesuturilor din profunzime. În practică, kilovoltajele înalte se utilizează pentru radiografierea unor țesuturi mai dense sau a unor suprafețe cu grosime mare. Pentru kilovoltaje cuprinse între 75 și 85kV, lungimea de undă a radiațiilor este mai mică. Crescând penetrabilitatea acestora, doza la suprafață se micșorează, dar va crește doza de iradiere în profunzime.

Kilovoltajul este unul dintre factorii care influențează densitatea și contrastul imaginii radiologice. Densitatea imaginii radiologice reprezintă gradul de înnegrire a imaginii în ansamblu (capitolul 5). Expunerea radiologică cu un nivel crescut al tensiunii (kVp), dar cu menținerea constantă a miliamperajului și a timpului de expunere (mAs) va conduce la creșterea densității imaginii radiologice și la o înnegrire mai accentuată a structurilor prezente pe radiografie. Scăderea valorilor kVp va avea un efect contrar, rezultând o diminuare a densității imaginii, aceasta devenind mai albă, cu tonuri de gri mai deschise.

Contrastul imaginii radiologice reprezintă nivelele de gri prin care se realizează tranziția dintre structurile radioopace (alb) și cele radiotransparente (negru) prezente pe radiografie. Cu cât tranziția este mai bruscă, fără tonuri de gri evidente pe radiografie, cu atât contrastul imaginii este considerat mai crescut.

Creșterea kilovoltajului (kVp) înseamnă o energie și o penetrabilitate mai crescută a fasciculului de radiații X , rezultând un număr mai mare de nivele de gri pe radiografie (Figura 3.6) și un contrast scăzut al imaginii radiologice. Contrastul scăzut este util pentru creșterea capacității de diferențiere pe radiografie a structurilor cu nivele de absorbție apropiată a radiațiilor X (ex. evidențierea morfologiei osoase și creșterea diferențierii dintre corticala osoasă și structura alveolară a osului spongios) (capitolul 5).

Figura 3.6. Radiografie periapicală efectuată cu un kV crescut: sunt vizibile multiple tonuri de gri, dar diferențierea spațiului pulpar față de țesuturile dure dentare este mai puțin evidentă pe radiografie

Dacă se utilizează un kV scăzut, absorbția radiațiilor X va crește, radiațiile fiind mai puțin penetrante, iar pe imaginea radiologică vor exista puține nivele de gri. Pe o radiografie cu contrast crescut, vor fi mult mai evidente diferențele dintre structurile cu densitate crescută (ex osul, structurile dentare) și structurile cu densitate redusă (ex. pulpa dentară) (Figura 3.7).

Figura 3.7. Radiografie periapicală efectuata cu un kV scăzut: se pot observa puţine tonuri de gri în imaginea radiologică, fiind mai aparente structurile foarte radioopace (ex. obturaţiile), sau cele foarte radiotrasparente (spaţiul pulpar)

În practică, scăderea kilovoltajului, cu menținerea constantă a celorlalți parametri ai expunerii, se poate utiliza pentru detectarea cariilor sau a parodontitelor apicale. De obicei pentru evidențierea mai multor leziuni pe radiografie, este de dorit un compromis între contrastul prea crescut și cel prea scăzut. În tabelul 3.2 este reprezentat efectul parametrilor de expunere asupra densității și a contrastului imaginii radiologice.

Tabelul 3.2. Efectul protocolului de expunere asupra densităţii şi a contrastului imaginii radiologice.

Expunerea	Densitatea	Contrastul
↓kVp	↓ densitatea (imagine mai albă)	↑ contrastul (scară de gri îngustă)
↑kVp	↑ densitatea (imagine mai neagră)	↓ contrastul (scară de gri largă)
↓mAs	↓ densitatea (imagine mai albă)	
↑mAs	↑ densitatea (imagine mai neagră)	

3.3. Factorii care influenţează cantitatea fasciculului de radiaţii X

Din punct de vedere cantitativ, fasciculul de radiații X se apreciază ca fiind numărul de radiații generate de tubul Röntgen. Cantitatea de radiații X produsă este controlată de miliamperaj (mA) și de timpul de expunere (s).

Miliamperajul (mA) determină numărul de electroni eliberați de catod în timpul expunerii. Mărindu-se miliamperajul, va crește temperatura filamentului catodic din tubul Röntgen și se va elibera un număr mai mare de electroni. Așadar, numărul de interacțiuni care vor avea loc la nivelul anodului va crește, rezultând o cantitate mai mare de radiații X. De exemplu, prin creșterea miliamperajului de la 5 mA la 10 mA, se va dubla cantitatea de radiații X produsă de tubul Röntgen.

Timpul de expunere (s) este intervalul de timp în care se produc radiații X la anod. În tuburile Röntgen fără potențial constant, radiațiile X sunt produse în mod pulsat, 1 puls = 1/60 secunde. Timpul de expunere se măsoară în impulsuri, în decurs de 1 secundă producându-se 60 de pulsuri (Figura 2.17). Cu cât timpul de expunere este mai mare, cu atât se va produce o cantitate mai mare de electroni și, în consecință, o cantitate mai mare de radiații X emise de aparatul radiologic dentar.

Miliamperajul și timpul de expunere influențează așadar, împreună, cantitatea de radiații X formată în tubul Röntgen. Pentru menținerea unei densități adecvate a imaginii radiologice, creșterea miliamperajului trebuie să ducă la scăderea timpului de expunere. De aceea, parametrul care cuantifică cel mai bine din punct de vedere cantitativ fasciculul de radiatii X este produsul **miliamper-secundă (mAs).** La pacienții care nu pot să își păstreze prea mult timp poziţia fixă în timpul expunerii, se poate scădea timpul de expunere dacă se crește corespunzător miliamperajul, astfel încât produsul milamper-secundă (mAs) să rămână constant. De exemplu, dacă pentru o expunere

se folosesc 10 mA și 1,5 secunde, rezultă 15 mAs (10 mA x 1.5 sec = 15 mAs) se poate reduce timpul de expunere la 1 secundă dacă se va crește miliamprajul la 15 mA, obținându-se același număr de mAs (1 sec x 15 mA = 15 mAs) și aceeași densitate a imaginii radiologice.

3.4. Factorii care influențează intensitatea fasciculului de radiații X

Intensitatea poate caracteriza radiația X atât din punct de vedere calitativ, cât și cantitativ. Ea se definește ca fiind produsul dintre numărul de fotoni emiși (cantitatea) și energia fotonilor (calitatea) exprimată pe unitatea de arie și rata de expunere.

$$I = \frac{nr\ fotoni\ x\ energia\ fotonului}{aria\ \ x\ rata\ expunerii}$$

Intensitatea radiațiilor X va fi influențată de următorii factori: mA, kVp, timpul de expunere și distanță. Creșterea mA și a timpului de expunere vor determina creșterea numărului de fotoni și implicit, creșterea intensității radiațiilor X. Totodată, creșterea amplitudinii kilovoltajului (kVp) va avea același efect de creștere a intensității radiațiilor emise prin mărirea energiei și a penetrabilității lor.

Pe lângă acești parametri de expunere, **distanța** dintre sursă și receptor, parcursă de radiațiile X, va influența în mod semnificativ intensitatea radiațiilor.

Intensitatea radiațiilor X scade cu pătratul distanței față de sursa de radiații (regula pătratului invers), astfel,

$$\frac{I}{I'} = \frac{d^2}{d'^2}$$

unde I și I' reprezintă intensitatea radiațiilor X în punctul A și respectiv B, iar d reprezintă distanța dintre sursă și obiect (respectiv punctul B) (Figura 3.8).

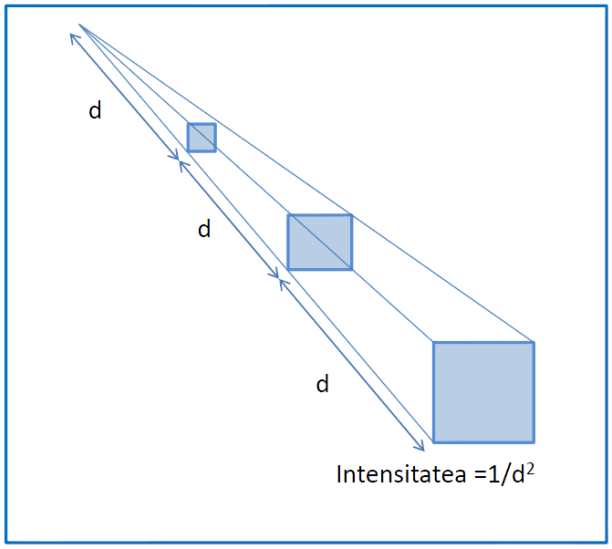


Figura 3.8.

Acest principiu ne demonstrează faptul că, de exemplu, dacă distanța dintre punctul A și sursă este de 1 m, iar în punctul B ea se dublează, fiind de 2 m, intensitatea în punctul B va fi de patru ori mai mică față de cea din punctul A.

Scăderea intensității radiațiilor cu pătratul distanței este o regulă cu aplicații în radioprotecție. Așa se explică de ce ar fi posibil ca operatorul care efectuează radiografia să rămână în aceeași încăpere cu pacientul în timpul expunerii, dacă suprafața sălii de expunere permite îndepărtarea lui față de sursa de radiații la o distanță la care intensitatea radiațiilor să fie neglijabilă. Totuși, pentru siguranța operatorului, legislația actuală din România nu permite expunerea din aceeași cameră cu pacientul, ci prevede necesitatea unei încăperi alăturate pentru personalul care efectuează radiografiile dentare.

3.5. Factorii care influențează absorbția fasciculului de radiaţii X

Factorii care influenţează absorbţia radiaţiilor X sunt:
- dimensiunea obiectului
- densitatea obiectului
- compoziţia obiectului
- lungimea de undă a radiaţiilor X

Absorbția radiațiilor X este direct proporțională cu dimensiunea obiectului traversat de radiații. Așa se explică faptul că, pentru expunerea diferitelor regiuni dentare, timpul de expunere este diferit. De exemplu, dacă menținem kilovoltajul constant (ex. 70 kV), pentru expunerea unui incisiv maxilar se va utiliza un timp de expunere de 0,12 s, iar pentru molarii superiori, un timp de 0,19 s, deoarece absorbția radiaţiilor la nivelul molarilor este mai mare. Dacă radiațiile X traversează obiecte cu grosimi mai mari, absorbția radiațiilor este și ea mai crescută, fiind necesară creșterea cantității de radiații pentru a obține o densitate corespunzătoare a imaginii radiologice. Pe același principiu se bazează și scăderea timpului de expunere la copil sau la un pacient cu talie mai mică, în comparaţie cu expunerea unui adult.

Un alt factor care influențează absorbția radiațiilor X este densitatea obiectului. Cu cât densitatea este mai mare, cu atât și absorția radiațiilor va fi mai mai crescută. De exemplu, structurile dure dentare (smalțul, dentina sau cementul radicular) vor avea o absorbție mai mare decât pulpa dentară. În consecință, un număr mai mic de radiații pot penetra structurile dure dentare pentru a ajunge pe filmul radiologic și pentru a impresiona cristalele de halogenură de argint, rezultând o imagine mai albă (radioopacă) pe radiografie. În cazul pulpei dentare, imaginea radiologică este neagră (radiotransparentă), deoarece absorbția la nivelul țesutului moale pulpar este redusă și un număr mai crescut de cristale de halogenură de argint sunt impresionate de către radiațiile X. Structura osului mandibular este mai densă decât cea a osului maxilar, timpul de expunere fiind mai ridicat la dinții mandibulari față de cei maxilari deoarece absorbția radiațiilor la nivelul crestei alveolare mandibulare este și ea mai crescută.

O altă caracteristică a obiectului care influențează absorbția radiațiilor este compoziția acestuia, adică numarul atomic Z. Obiectele care au în compoziția lor atomi cu număr atomic Z ridicat, vor avea o absorbție mai crescută a radiațiilor, iar imaginea lor radiologică va fi mai intens radiopacă. În special materialele de obturație utilizate în tratamentele endodontice au încorporate substanțe cu număr atomic Z ridicat pentru a avea o radioopacitate mai mare față de cea a structurilor dure dentare și pentru a putea fi diferențiate față de acestea pe radiografie (gutaperca este îmbunătățită cu sulfat de bariu cu număr atomic crescut (Z=56) pentru a fi radioopacă, iar ceramicile din sealerii moderni au de asemenea un număr atomic mare (Z=39).

Absorbția radiațiilor X variază proporțional cu lungimea de undă a radiaţiilor. Cu cât lungimea de undă a radiațiilor X este mai mică, cu atât mai mult absorbția este mai redusă, iar penetrabilitatea lor mai mare. Radiațiile X cu lungime de undă mare vor avea o energie mai joasă și o absorbţie crescută în țesuturi, doza absorbită fiind și ea mai crescută.

Sumar

- Radiaţiile X sunt radiaţii electromagnetice cu lungimi de undă cuprinse între 0,01 și 100 Å
- Radiaţiile X se propagă în vid cu viteza luminii
- Radiaţiile X se propagă în linie dreaptă
- Radiaţiile X se răspândesc sferic
- Radiaţiile X nu necesită un mediu de propagare

- Radiaţiile X se emit şi se absorb sub formă de cuante de energie
- Absorbția radiaţiilor X depinde de caracteristicile fizice ale obiectelor traversate de radiaţii (dimensiune, compoziţie şi densitate) şi de lungimea de undă a radiaţiilor
- Radiaţiile X produc ionizări ale atomilor în ţesuturile traversate
- Radiaţiile X produc efecte biologice
- Radiaţiile X au efecte fotochimice
- Radiaţiile X au efecte de luminiscenţă
- Radiațiile X nu pot fi detectate prin simțurile umane.

Referințe

European Commision . Radiation Protection No 136. European guidelines on radiation protection in dental radiology. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ea20b522-883e-11e5-b8b7-01aa75ed71a1

Fildan F., Hedeşiu M., Radiologia stomatologică. Noţiuni de fizică şi tehnică radiologică. Editura Medicală Universitară ”Iuliu Haţieganu”, Cluj-Napoca, 2002

Goren AD, Lundeen RC, Deahl ST, Hashimoto K, Kapa SF, Katz JO, et al. Updated quality assurance self-assessment exercise in intraoral and panoramic radiography. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, Radiology Practice Committee. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89(3):369–74

Melo DP De, Cruz AD, Melo SLS, Farias JFG De, Haiter-Neto F, Almeida SM De. Effect of Different Tube Potential Settings on Caries Detection using PSP Plate and Conventional Film. J Clin Diagnostic Res. 2015;9(4):ZC58.

Okano T, Sur J. Radiation dose and protection in dentistry. Vol. 46, Japanese Dental Science Review. Elsevier; 2010. p. 112–21.

Sogur E, Baksi BG, Orhan K, Paksoy SC, Dogan S, Erdal YS, et al. Effect of tube potential and image receptor on the detection of natural proximal caries in primary teeth. Clin Oral Investig. 2011 Dec;15(6):901–7.

White SC, Pharoah MJ: Radiation physics. In Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, St Louis, 2009, Mosby.

Whaites E., Radiation physics and equipment in Essential of dental radiography and radiology, 4th ed. Edinburg, Churchill Livingston, Elsevier science, 2003, pp 15-33.

Teste recapitulative

1. **Stabiliți corespondența dintre următorii parametri**:

a. kV crescut	1. penetrabilitate crescută a radiaţiilor
b. dentina	2. Absorbţie scăzută a radiaţiilor
c. Scăderea mAs	3. Contrast scăzut al imaginii radiologice
d. Radiatii X cu lungime de undă mare	4. Imagine cu densitate crescută
e. Pulpa dentară	5. Reducerea dozei de intrare
f. Colimarea	6. Scăderea densităţii imaginii radiologice
g. Radiaţii X cu lungime de undă mica	7. Intensitatea radiaţiilor
h. Distanţa dintre sursă şi obiect	8. Reducerea dozei absorbite

2. O imagine radiologică cu densitate scazută se obține dacă:
    a. pkV a fost prea mic
    b. Timpul de expunere a fost prea redus
    c. mA a fost prea ridicat
    d. mAs a fost prea mică
    e. densitatea obiectului este scăzută.
3. Lipsa de diferențiere dintre dentină și cementul radicular se explică prin faptul că:
    a. Intensitatea radiaţiilor a fost prea scăzută
    b. Cantitatea de radiaţii a fost prea crescută
    c. Lungimea de undă a radiaţiilor a fost prea mică
    d. Există o mare diferenţă de densitate între dentină şi cementul radicular
    e. Absorbţia radiaţiilor a fost similară.
4. Mărimile fizice care caracterizează radiațiile X sunt:
    a. Frecvența
    b. Lungimea de undă
    c. Intensitatea
    d. Timpul
    e. pkV
5. Următoarele răspunsuri legate de radiațiile X sunt adevărate:
    a. Sunt radiații electromagnetice cu lungime de undă mai mică de 100 nm
    b. Sunt radiații electromagnetice care nu ocupă același spectru cu radiațiile gama
    c. Sunt radiații electromagnetice cu lungime de unda mai mare de 100 nm
    d. Produc efecte de ionizare
    e. Produc doar efecte termice
6. Stabiliți corespondența dintre următorii parametri:

i. Radiaţiile X se propagă în linie dreaptă	1. Penetrabilitatea radiaţiilor x
j. Radiațiile X produc efecte biologice	2. Formarea imaginii radiologice
k. Radiaţiile X au efecte de luminiscenţă	3. Radioprotecție
l. Radiațiile X nu pot fi detectate prin simțurile umane	4. Radiobiologie
m. Radiatiile X nu necesită un mediu de propagare	5. Expunerea pacientului

7. Expunerea subiecților la radiații X:
    a. Este semnalizată de becul roșu de la intrarea în încapere
    b. Se prelungește dacă butonul de expunere este apăsat mai mult decât timpul de expunere
    c. Se realizează atâta timp cât este setat timpul de expunere
    d. Se realizează instantaneu
    e. Durează un timp de 20 secunde până la absorbția lor de către organism

8. Pentru protecția pacientului:
    a. Se utilizează tuburi colimatoare lungi
    b. Se utilizează tuburi colimatoare scurte
    c. Se utilizează colimarea
    d. Distanța între sursă și pacient trebuie să fie redusă
    e. Tubul Röntgen este protejat la exterior de un înveliș de sticlă cu săruri de plumb
9. Setarea unui kilovoltaj scăzut (<50 kV), va duce la generarea unor radiații X:
    a. Cu penetrabilitate redusă
    b. Care nu vor impresiona filmul radiologic
    c. Care vor innegri filmul radiologic
    d. Care vor iradia țesuturile fără a aduce informații pentru diagnostic
    e. Care vor oferi un contrast corespunzător diagnosticului
10. Următoarele afirmații sunt adevărate:
    a. Cantitatea de Radiații X depinde doar de miliamperaj
    b. Cantitatea de Radiații X depinde doar de timpul de expunere
    c. Cantitatea de Radiații X depinde doar de kilovoltaj
    d. Cantitatea de Radiații X depinde de miliamperaj și kilovoltaj
    e. Cantitatea de Radiații X depinde de miliamperaj și timpul de expunere
11. Principiul distanței dintre sursă și receptor a radiațiilor X:
    a. Permite tehnicianului să rămână în încăpere dacă aceasta este suficient de mare pentru ca intensitatea radiațiilor să fie neglijabilă
    b. Este reprezentată prin principiul pătratului invers
    c. Oricare ar fi distanța între sursă și receptor, intensitatea radiațiilor e aceeași
    d. Este o regulă cu aplicații în radioprotecție
    e. Nu prezintă nicio aplicație

Capitolul 4
Receptorii de imagine utilizaţi în radiografiile intraorale

4.1. Filmul radiologic

Autori: Mihaela Hedeşiu, Alina Ban, Grigore Băciuţ

Cuprins

4.1.1. Structura filmului radiologic
4.1.2. Filmele radiologice directe (intra-orale)
4.1.3. Filmele radiologice indirecte (extra-orale)
4.1.4. Latitudinea filmelor radiologice
4.1.5. Developarea
4.1.6. Erori de developare

Obiective

1. Recunoaşterea elementelor care intră în compoziţia filmelor radiologice şi înţelegerea rolului lor
2. Alegerea filmelor radiologice în funcţie de tipul examinării
3. Analiza critică a calităţii filmelor radiologice intra şi extra-orale
4. Cunoaşterea modului în care trebuie amenajată o cameră obscura şi a condiţiilor de calitate pe care aceasta trebuie să le îndeplinească
5. Înţelegerea fenomenelor chimice care au loc în timpul developării şi a modului în care apare contrastul pe imaginea radiologică (formarea imaginilor radioopace şi radiotransparente)
6. Evaluarea imaginilor radiologice şi identificarea erorilor de developare

Termeni cheie

cameră obscură	F - speed	granulaţie
contrast	film bite-wing	halogenura de argint
D - speed	film dentar periapical	netitate
developare	film ocluzal	radioopac
E - speed	film radiologic	radiotransparent
ecrane intensificatoare	filtru	revelator
Ektavision	fixator	T- Mat

În radiologia convențională, se utilizează ca detector de imagine, filmul radiologic. În medicina dentară, radiologia convențională este înlocuită treptat de radiologia digitală datorită numeroaselor ei avantaje (Capitolul 4.2). Totuşi, medicii dentişti trebuie sa fie familiarizati cu utilizarea filmelor radiologice convenţionale, pentru a înţelege principiile de bază ale formării imaginilor radiologice. În acest capitol vor fi descrise succinct structura filmului radiologic şi principiile fizice care stau la baza formării imaginii radiologice. Deşi după anul 2000 radiologia digitală a cunoscut o extindere accelerată, totuşi mai există multe cabinete care utilizează în continuare filmul radiologic ca detector de imagine.

4.1.1. Structura filmului radiologic

Filmul radiologic este format dintr-un suport de material plastic care are impregnat pe ambele fețe o emulsie activă cu cristale de halogenură de argint. La suprafața emulsiei active se găsește un strat protector pentru menținerea şi utilizarea filmului în bune condiții (Figura 4.1.1).

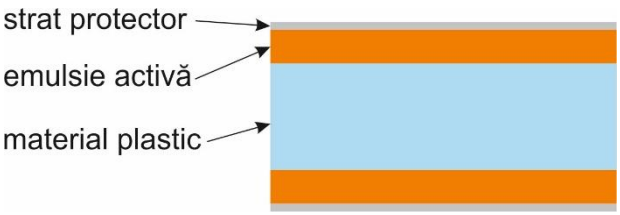


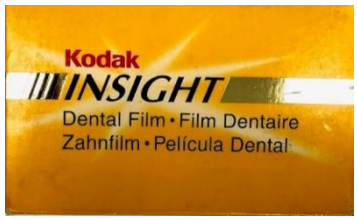
Figura 4.1.1. Structura filmului radiologic: suportul de material plastic, impregnat pe ambele fețe cu emulsie activă, iar la suprafaţa emulsiei active se găseşte un strat protector

Emulsia activă a filmului radiologic este o mixtură formată din cristale de halogenură de argint (bromură de argint - AgBr sau iodură de argint - AgI) dispersate în gelatină. Ea aderă printr-un strat de material adeziv de suportul central de plastic al filmului.

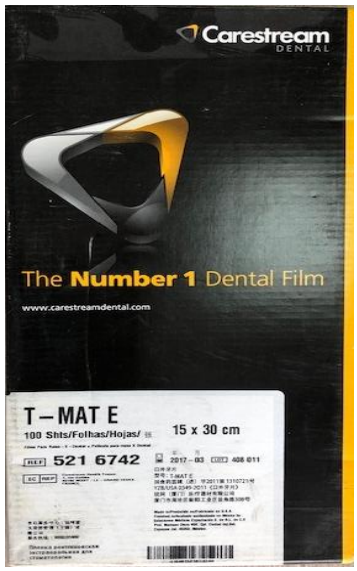
Sub acțiunea radiațiilor X, cristalele de bromură de argint se ionizează şi apare separația dintre atomii de argint și de brom. Ionizarea induce formarea de agregate de atomi de argint. Centrii activaţi ai filmului expus la radiaţii sunt centrii în care s-a produs agregarea atomilor de argint. Ei generează o imagine latentă pe filmul radiologic, care apare imediat după expunerea lui la radiaţii.

Radiaţiile luminoase sunt radiaţii electromagnetice, dar cu o lungime de undă diferită faţă de cea a radiaţiilor X. De aceea, expunerea filmelor la lumină poate produce impresionarea emulsiei active de halogenură de argint. Este necesar ca filmele radiologice să se păstreze în bune condiţii, în cutii închise ermetic, izolate de lumină şi prevăzute în interior cu folii de plastic de culoare neagră (Figura 4.1.2).

a.



b.



c.

Figura 4.1.2. Pachetele de filme radiologice. a. filme radiologice periapicale; b. filme radiologice ocluzale; c. filme radiologice panoramice

În plus, filmele radiologice convenţionale trebuie să fie ferite de căldură şi de umezeală. Temperatura optimă de păstrare este între 10^0 C și 32^0 C şi se recomandă o umiditate de 30%- 50%. Păstrarea lor trebuie să se facă separat de camera în care se face expunerea la radiaţii. Pe cutiile de filme este inscripționat termenul de expirare. Utilizarea filmelor radiologice după termenul de expirare trebuie evitata deoarece ea necesită expuneri cu doze mai mari pentru pacient.

Filmele radiologice se pot clasifica în filme directe (intra-orale) și filme indirecte (extra-orale). În timpul expunerii, filmele indirecte se plasează într-o casetă radiologică şi nu sunt impresionate în mod direct de radiaţiile X, ci ele interacţionează cu radiaţia luminoasă produsă de ecranele intensificatoare din caseta radiologică, sub acţiunea radiaţiilor X.

4.1.2. Filmele radiologice directe (intra-orale)

Filmele directe sunt utilizate pentru efectuarea radiografiilor intra-orale. În timpul expunerii, filmele intra-orale sunt poziţionate retro-alveolar, pentru efectuarea radiografiilor bite-wing şi periapicale.

Pachetele de filme dentare intra-orale conţin 100 sau 150 de bucăţi de filme radiologice. Pe cutie se găsesc informaţii legate de dimensiunea filmului, viteza filmului, tipul filmului, numărul de filme existent în cutie și data lor de expirare (Figura 4.1.3).

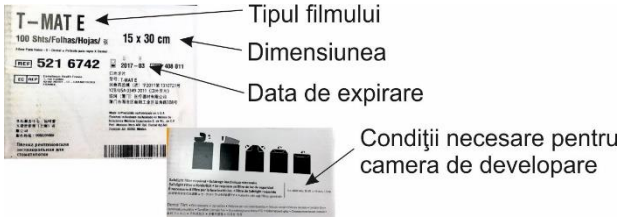


Figura 4.1.3. Pachete de filme dentare intra-orale. Pe ambalajul pachetelor se găsesc informaţii cu privire la dimensiunea filmului, viteza filmului, tipul filmului, numărul de filme existent în cutie și data lor de expirare

Totodată, există informaţii referitoare la condiţiile de stocare a filmelor (temperatură, umiditate) şi la filtrele care sunt recomandate în camera obscură pentru developare.

Filmul radiologic propriu-zis se găseşte într-un înveliș de plastic, cu închidere etanșă, care mai conţine în interior o folie de hârtie neagră cerată și o folie subţire de plumb (Figura 4.1.4).

Figura 4.1.4. Plicul de plastic ce conţine filmul radiologic, o folie de hârtie neagră cerată pentru împiedicarea pătrunderii luminii și o folie subţire de plumb pentru absorbţia radiaţiilor secundare

Uneori, pliculeţul de plastic poate conţine două filme radiologice (filme cu dublă expunere) pentru cazurile în care se dorește duplicarea imaginii radiologice printr-o singură expunere a pacientului. La unul dintre colţurile plicului se poate observa o proeminență care este utilă pentru orientarea filmului și identificarea arcadei radiografiate. Învelişul de hârtie de culoare neagră conţine în interiorul său, filmul radiologic propriu-zis și are rolul de a-l proteja de radiaţiile luminoase care ar putea pătrunde prin plicul de plastic.

Folia de plumb din interiorul plicului de plastic are rolul de a absorbi radiaţiile secundare provenite de la ţesuturile profunde ale cavităţii orale. În urma interacţiunilor dintre radiaţiile X și materie (capitolul 1), fasciculul primar va fi împrăștiat, iar o parte din radiația rezultată va fi deviată, sub formă de radiaţii secundare. Radiaţiile secundare, provenite de la structurile profunde ale cavității orale, ar putea impresiona emulsia activă a filmului radiologic şi pot deteriora calitatea imaginii radiologice (Figura 4.1.5).

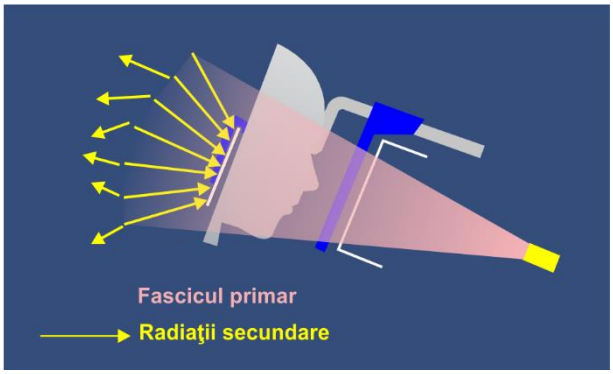


Figura 4.1.5. Absorţia radiaţiilor secundare de către foiţa de plumb

Pentru a păstra doar informația provenită din fasciculului primar de radiații, se plasează pe dosul filmului radiologic o folie de plumb pentru absorția radiațiilor secundare. Astfel, deși filmul radiologic este activ pe ambele fețe, datorită foliei, filmul radiologic dentar va avea o față anterioară şi una posterioară, pe spatele filmului fiind inscripționat “opposite side”. În timpul efectuării radiografiei, partea posterioară

a filmului este orientată către cavitatea orală şi cea anterioară vine în contact cu arcada dentară.

În funcţie de tehnica de radiografiere, filmele directe intra-orale se clasifică în filme dentare periapicale, bite-wing şi ocluzale.

Filmele radiologice dentare periapicale sunt cel mai des utilizate în practică. Ele redau morfologia şi leziunile patologice ale dinţilor şi ale structurilor parodontale cu evidenţierea coroanei şi a rădăcinilor dinţilor de o singură arcadă dentară (Figura 4.1.6).

Figura 4.1.6. Radiografie dentară periapicală realizată cu un film dentar #2

Filmele radiologice periapicale pot avea dimensiuni variate (Figura 4.1.7). Dimensiunea standard (#2) este de cca 3/4 cm şi este cel mai des utilizată în practică pentru radiografierea dinţilor anteriori şi posteriori la adult. La copii se utilizează filme radiologice mai mici (#0) cu dimensiuni de cca 2/3 cm. Dimensiunea #1 se utilizează pentru radiografierea dinților anteriori la adult.

Emulsia activă a filmelor radiologice conține cristale de bromură de argint distribuite pe suprafața filmului. Aceste cristale pot avea dimensiuni şi forma diferite în funcție de tipul filmului. Granulația filmelor radiologice influențează viteza de expunere a filmului radiologic, sensibilitatea lui la radiații şi în consecință, doza de expunere a pacientului. Totodată, mărimea granulaţiilor de halogenură de argint determină şi calitatea imaginii radiologice, influenţând contrastul şi netitatea imaginii radiologice.

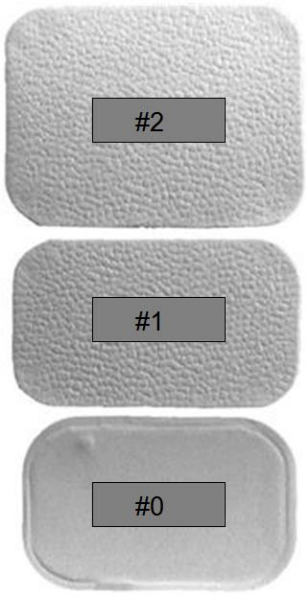
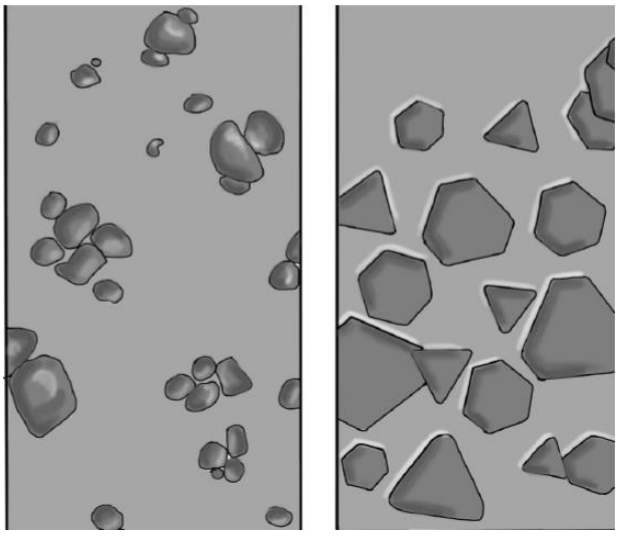


Figura 4.1.7. Dimensiunile filmelor radiologice periapicale: #2 utilizat pentru radiografierea dinţilor anteriori şi posteriori la adult, #1 utilizat pentru radiografierea dinților anteriori la adult şi #0 utilizat pentru copii

Filmele de clasă D-speed au granule de bromură de argint mici, sferice, distribuite în număr mare pe suprafața filmului (Figura 4.1.8).



a. b.

Figura 4.1.8. a: Filme clasa D-speed: aspectul granulelor de bromură de argint mici, sferice; b – Filme clasa E-speed: aspectul tabular al granulelor de bromură de argint, cu suprafaţa mare de expunere şi viteză crescută

Ele necesită un timp de expunere mai mare, fiind mai puțin sensibile la radiațiile

ionizante. Aceste filme se mai numesc şi filme cu viteză redusă.

Din punct de vedere al imaginii radiologice, aceste filme au netitate crescută deoarece granulaţiile cu diametru mic asigură o claritate mai bună a contururilor pe radiografie.

Contrastul imaginii radiologice reprezintă tonurile de gri care fac tranziția între alb și negru (Capitolul 5). Filmele din clasa D, cu viteză redusă, asigură o scară largă a tonurilor de gri, au o rezoluție de contrast crescută și imaginea radiologică obținută permite o bună diferențiere a structurilor cu o absorbţie diferită a radiaţiilor X.

Filmele din clasa E sau clasa F - speed sunt filme cu viteză crescută şi au granulații tabulare, policiclice, cu suprafață mare, și cu un aspect plat (Figura 4.1.8.b). Atunci când filmul radiologic interacționează cu radiațiile X, granulele de bromură de argint vor fi rapid activate şi o suprafață mare a filmului va fi expusă. De aceea, aceste filme se numesc şi filme rapide. Ele sunt mult mai sensibile la radiațiile X comparativ cu filmele din clasa D-speed și necesită un timp de expunere cu 60% mai redus faţă de acestea.

Filmele din clasa E sau F – speed, având granulație mare, vor genera o imagine radiologică cu netitate mai scăzută față de filmele din clasa D–speed, cu granulație mica. Totuşi, American Dental Association recomandă utilizarea filmelor F-speed pentru orice tip de expunere pentru a reduce doza pacienților, netitatea fiind îmbunătăţită prin alte mijloace tehnice (Capitolul 5).

Contrastul imaginii radiologice rezultate prin expunerea filmelor din clasa E sau F - speed este crescut, cu o tranziţie bruscă de la alb la negru şi un număr redus al tonurilor de gri (Capitolul 5).

Filmele bite-wing se folosesc pentru a reda structurile dentare de pe ambele arcade dentare şi pentru evidenţierea leziunilor dentare sau a țesuturilor de suport ale dinților situate la nivel coronar sau în treimea cervicală a rădăcinilor. Filmele radiologice bite-wing sunt asemănătoare filmelor dentare periapicale, doar că pe fața filmului există o bandeletă de hârtie care ajută la poziționarea și menținerea filmului radiologic în cavitatea orală. în timpul expunerii, pacientul muşcă pe această bandeletă, filmul fiind plasat retroalveolar, iar bandeleta este menţinută între planurile de ocluzie ale celor două arcade dentare (Figura 4.1.9).

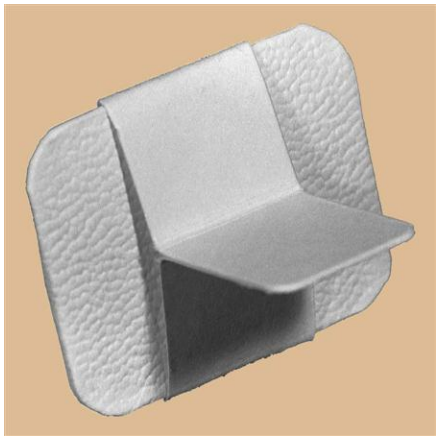


Figura 4.1.9. Filmul radiologic bite-wing prevăzut cu o bandeletă care este poziționată în planul ocluzal al celor două arcade dentare

Filmele bite-wing sunt disponibile în trei dimensiuni: #0, #2 şi #3. Filmele bite-wing #0 au dimensiunea cea mai mică şi sunt utilizate pentru radiografierea dinţilor posteriori la copii, cele #2 sunt considerate ca dimensiune standard şi sunt utilizate la adulţi. Filmele #3 sunt mai largi şi pot include toți dinții laterali de pe o hemiarcadă.

Filmele radiologice ocluzale se folosesc pentru examinarea în intregime a arcadelor dentare maxilară şi mandibulară. În timpul expunerii, filmul este plasat între cele două arcade dentare. Filmele ocluzale au dimensiuni mai mari decât cele periapicale, de cca 7/8 cm (Figura 4.1.10). Radiografiile ocluzale se folosesc în principal pentru localizarea structurilor dentare în plan sagital (Capitolul 6).

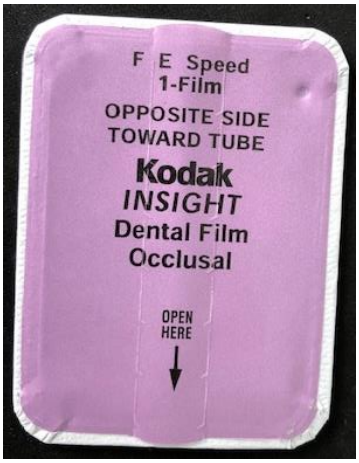


Figura 4.1.10. Filmul radiologic ocluzal

4.1.3. Filmele indirecte (extra – orale)

Filmele radiologice extra-orale se mai numesc și filme indirecte deoarece ele sunt expuse indirect la radiațiile X, fiind plasate într-o caseta radiologică care are în interior două ecrane intensificatoare. Filmul radiologic este aşezat între cele două ecrane intensificatoare (Figura 4.1.11).

Figura 4.1.11. Filmele radiologice extraorale. Filmul este plasat într-o casetă radiologică care are în interior două ecrane intensificatoare

În cursul expunerii, radiațiile X interacționează cu ecranele intensificatoare producând un efect de luminiscenţă. Caseta radiologică este constituită din două părţi metalice rigide. Partea posterioară a casetei prezintă sistemul de închidere şi este construită din metale grele care servesc pentru reducerea radiației împrăștiate. Faţa netedă a casetei se va orienta întotdeauna către tubul Röntgen şi către regiunea de examinat. Caseta trebuie să fie remarcată pentru orientare cu literele L (left) sau R (right).

Ecranele intensificatoare sunt dispozitive care transformă energia radiațiilor X în lumină vizibilă. Utilizarea lor reduce cantitatea de radiații necesară pentru expunerea pacientului. Ecranele intensificatoare sunt formate din cristale fluorescente de fosfor care în urma expunerii directe la radiațiile X, produc un fenomen de fluorescenţă şi emit lumină cu lungime de undă în spectrul albastru sau verde. Ecranele intensificatoare care conțin tungstate de calciu, emit lumina în spectru albastru. În prezent, cel mai des utilizate sunt ecranele intensificatoare care au în structura lor pământuri rare de tipul lantanidelor, care emit lumină în spectrul verde. Ele sunt mult mai eficiente din punct de vedere al conversiei radiațiilor X în lumină decât ecranele intensificatoare în spectru albastru, reducând timpul de expunere şi doza de iradiere a pacientului.

Filmul radiologic trebuie să fie compatibil cu ecranele intensificatoare, astfel încât cristalele de halogenură de argint ale filmului radiologic să fie activate de spectrul luminos corespunzător.

Filmele extra-orale pot fi utilizate pentru obţinerea radiografiilor panoramice, cefalo-metrice sau a radiografiilor de craniu, în incidenţe variate. Ele sunt disponibile în mai multe dimensiuni, în funcție de tipul radiografiei şi de mărimea casetei radiologice. De exemplu, în radiografia panoramică se folosesc dimensiuni care variază între 12/25 cm şi 15/30 cm. Pentru radiografiile cefalometrice sau alte incidenţe ale radiografiilor de craniu efectuate la cefalostat, dimensiunea standard a filmului este de 18/24 cm.

În radiografia panoramică, se utilizează două tipuri de filme radiologice: T-MAT şi EKTAVISION. Filmele T-MAT sunt filme

ultrarapide utilizate cu ecrane intesificatoare care emit lumina în spectrul verde. Filmele EXTAVISION sunt destinate radiografiilor panoramice, dar şi radiografiilor cefalometrice, radiografiilor de craniu şi pentru articulaţiile temporo-mandibulare. Ele sunt utilizate cu ecrane intensificatoare cu spectru verde. Calitatea imaginii radiologice pe filmele EKTAVISION este îmbunătăţită prin adăugarea unui strat de emulsie suplimentar (anti-crossover) care impiedică impresionarea ambelor feţe ale filmului radiologic, crescând netitatea imaginilor (Figura 4.1.12).

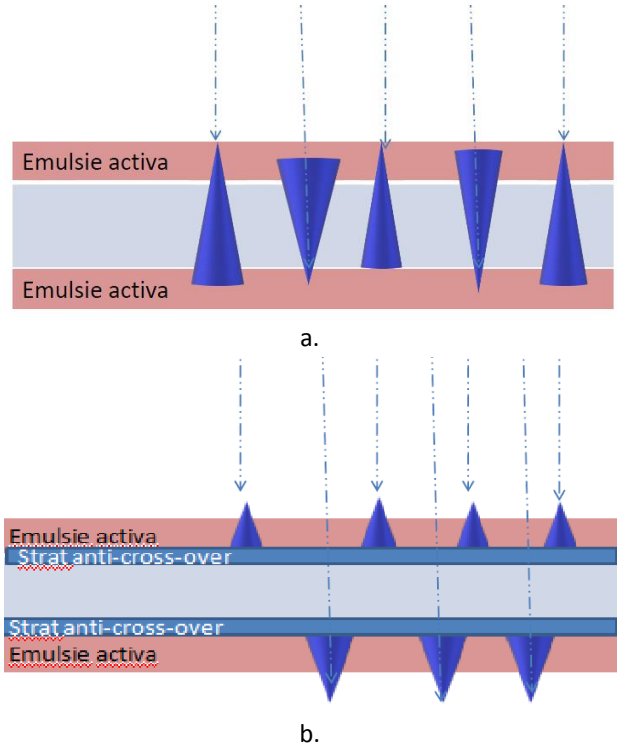


Figura 4.1.12. a. filmele extraorale T-MAT. Se observă impresionarea ambelor feţe ale filmului radiologic; b. Filmele extraorale EKTAVISION. Se observă stratul de emulsie suplimentar (anti-crossover) care impiedică impresionarea ambelor feţe ale filmului radiologic

Filmele radiologice extraorale duplicate se folosesc atunci când este necesară duplicarea imaginii radiologice în scop didactic, ştiinţific, pentru evaluarea imaginilor de către specialişti sau dacă filmul constituie o probă medico-legală. Plasarea a două filme în caseta radiologică generează două imagini radiologice identice la o singură expunere. Astăzi, filmele duplicat sunt cerute mai rar datorită utilizării radiologiei digitale şi a posibilităţii de transfer la distanţă a imaginilor.

4.1.4. Latitudinea filmelor radiologice

Este definită ca intervalul de expunere pentru care imaginea radiologică obţinută are un contrast corespunzător efectuării diagnosticului. În figura 4.1.13 este redată curba latitudinii filmelor radiologice. Se poate observa că pentru valori mici ale timpului de expunere, densitatea imaginii radiologice este mică, filmul fiind alb, cu puţine detalii vizibile.

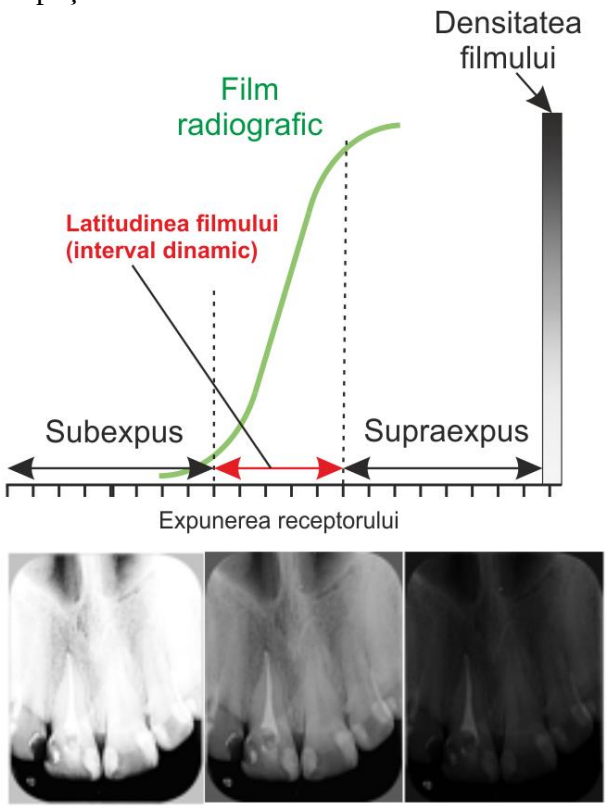


Figura 4.1.13. Latitudinea filmelor radiologice definită ca intervalul de expunere pentru care se obţine un contrast corespunzător pentru diagnostic. Figura din mijloc reprezintă o radiografie cu o expunere corespunzătoare, cea din dreapta fiind subexpusă, iar cea din stânga supraexpusă

Prin mărirea treptată a timpului de expunere, pe radiografie apar nuanţe de gri care permit diferenţierea structurilor radiografiate şi surprinderea de detalii, care permit efectuarea diagosticului. Pentru o anumită valoare a timpului de expunere, innegrirea filmului radiologic nu permite diferenţierea structurilor,

filmul rămânând negru, chiar dacă timpul de expunere va creşte în continuare. Se constată că pentru un anumit interval de variaţie a timpului de expunere, nivelele de gri obţinute pe imaginea radiologică şi densitatea imaginii sunt optime, permiţând interpretarea adecvată a radiografiei. Acest interval de variaţie poartă numele de latitudine a filmului radiologic.

Filmele radiologice cu latitudine mică nu permit o variaţie prea mare a parametrilor de expunere, pentru modificări mici ale timpului de expunere, innegrirea filmului se produce rapid. În schimb, filmele radiologice cu latitudine largă permit modificări şi variaţii mai largi ale parametrilor de expunere, cu posibilitatea obţinerii unei variaţii mai mari a scării nuanţelor de gri şi a contrastului pe imaginea radiologică.

4.4. Developarea filmelor radiologice

După expunere, pe filmul radiologic există doar o imagine latentă care nu poate fi vizualizată direct. Pentru ca aceasta să devină o imagine radiologică stabilă în timp, trebuie ca filmul să fie developat. Developarea filmelor cuprinde o serie de etape de prelucrare chimică, care are ca rezultat final, convertirea imaginii latente generate de activarea emulsiei de halogenură de argint, într-o imagine vizibilă, interpretabilă şi durabilă în timp.

4.1.5. Developarea

Developarea include următoarele etape: revelarea, fixarea, spălarea şi uscarea (Figura 4.1.14).

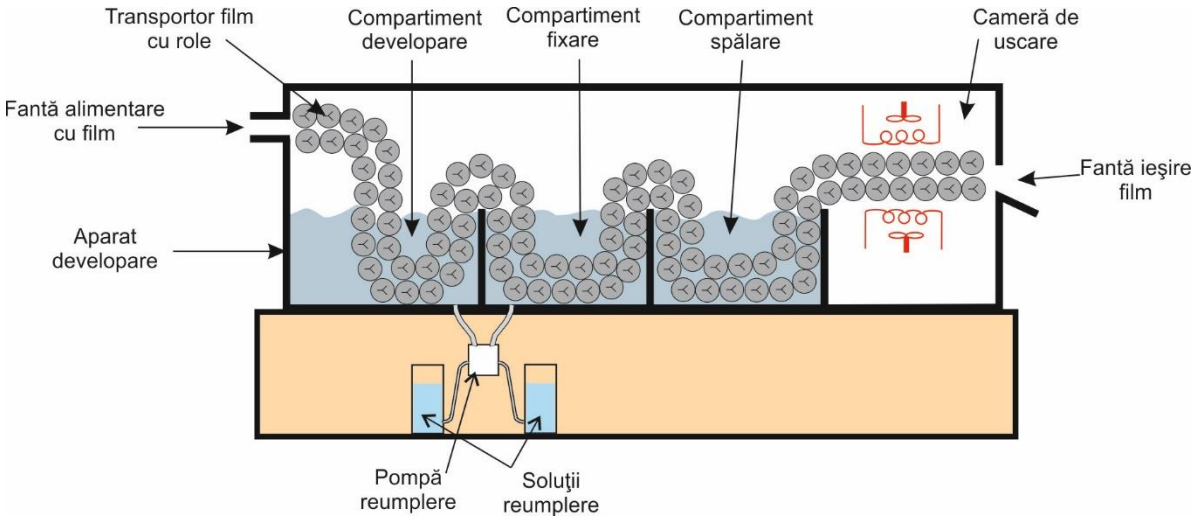


Figura 4.1.14. Fazele developării: revelarea, fixarea, spălarea, uscarea

1. Revelarea. Revelarea este procesul chimic prin care cristalele de halogenură de argint activate de radiaţiile X, vor fi reduse la un precipitat de argint metalic, de culoare neagră. În urma procesului de revelare, imaginea latentă formată iniţial după expunerea la radiaţii, devine aparentă pe filmul radiologic.

În urma interacţiunii cu materia, radiațiile X sunt absorbite în mod diferit de către țesuturi. Dacă fasciculul primar de radiații traversează o structură cu densitate crescută, cum ar fi țesuturile dure dentare, ele vor fi absorbite aproape în totalitate şi doar o mică parte din radiație va impresiona cristalele de bromură de argint (AgBr) ale filmului radiologic. Numărul centrilor activaţi ai emulsiei active de pe suprafaţa filmului radiologic este redus în cazul ţesuturilor cu absorbţie crescută a radiaţiilor şi în consecinţă, în cursul revelării, va rezulta o cantitate mai mică de argint metalic (de culoare neagră). Astfel, o structură cu densitate crescută care absoarbe o cantitate mare de radiații va avea în final, pe imaginea radiologică o culoare albă, numită **radioopacă**. Din contră, dacă structurile prezintă

o densitate scăzută (de exemplu pulpa dentară), absorția radiațiilor X va fi mai scăzută şi o cantitate mai mare de radiații va ajunge la filmul radiologic. Se vor forma astfel mai mulţi centri activaţi pe filmul radiologic, care în timpul revelării vor forma o cantitate mai mare de argint metalic. Imaginea radiologică rezultată va fi mai neagră şi se va numi imagine **radiotransparentă** (Figura 4.1.15).

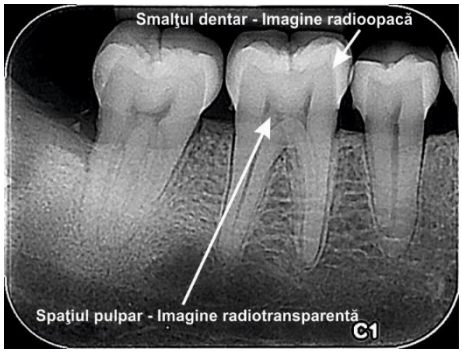


Figura 4.1.15. Radioopacitate – o imagine corespunzătoare unui obiect cu absorbţie crescută a radiaţiilor X (ex. smalţul dentar); Radiotransparenţa - imagine radiologică corespunzătoare unei absorbţii scăzute a radiaţiilor X (pulpa dentară)

Dacă filmul radiologic este menținut un timp prea îndelungat în revelator, cristalele care nu au fost expuse la radiații, vor fi şi ele reduse la argint metalic, iar filmul va deveni în totalitate negru. Cu cât menținem un timp mai îndelungat filmul în revelator, cu atât imaginea se va înnegri mai mult. Un film radiologic expus, care este ținut un timp insuficient în revelator, va genera după developare o imagine radiologică prea albă (Figura 4.1.16).

2. Fixarea. În etapa de fixare, cristalele de bromură de argint care nu au fost expuse la radiațiile ionizante vor fi îndepărtate de pe filmul radiologic, asigurându-se astfel stabilitatea în timp a imaginii radiologice. Etapa de fixare este necesară pentru menținerea neschimbată a calității imaginilor radiologice, un timp îndelungat.

3. Spălarea. Spălarea filmului este necesară pentru îndepărtarea soluțiilor chimice de pe suprafața filmului, pregătind astfel faza finală de uscare.

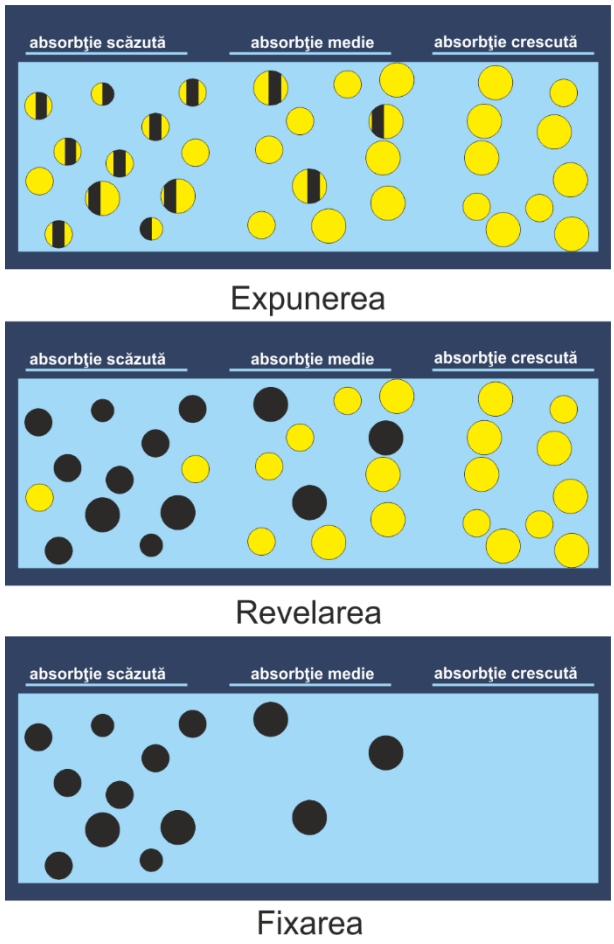


Figura 4.1.16. Fazele developării:
a. expunerea - cristale de halogenură de Ag sunt sensibilizate sub acţiunea radiaţiilor X; b. revelarea – în etapa de revelare are loc reducerea cristalelor expuse la radiaţiile X şi transformarea lor în argint metalic de culoare neagră; c. fixarea – îndepărtarea de pe film a cristalelor neexpuse la radiaţii şi asigurarea stabilităţii în timp a imaginii radiologice

4. Uscarea. Uscarea filmului se efectuează prin expunerea filmului la un jet de aer cald.

Developarea manuală

Developarea manuală este mai puţin utilizată astăzi compartiv cu developarea automată. Developarea manuală include o etapă de spălare intermediară care are loc între etapa de revelare și cea de fixare a filmului. Dacă developarea se realizează manual, în camera obscură există tancuri separate pentru soluţiile de developare: câte un tanc separat pentru revelator, fixator, apă pentru spălare şi un dispozitiv pentru uscarea filmelor. Revelatorul

trebuie să fie menținut la o temperatură constantă de cca 65°-70° C. Cu cât temperatura revelatorului este mai mare, cu atât revelarea are loc într-un timp mai scurt, iar înnegrirea filmului se produce mai rapid. Pentru menținerea temperaturii, recipientul cu revelator poate fi inserat într-un alt tanc cu apă a cărei temperatură se menţine constantă, la valoarea de 68 °C. La temperaturi mai mici de 60° C, soluțiile și developarea este foarte lentă, iar peste 80^0 C este foarte rapidă.

Cronometrul este necesar pentru a măsura intervalul de timp necesar developării. Soluțiile de developare trebuie amestecate periodic deoarece substanţa activă sedimentează uşor. De asemenea, dacă soluțiile au fost lăsate nefolosite timp îndelungat, ele trebuie reînnoite atunci când se reîncepe activitatea deoarece ele se deteriorează în timp, chiar dacă nu au fost utilizate.

Developarea automată

Developarea automată necesită aparate de developare speciale care prezintă la intrare o mică boxă, prevăzută cu un filtru pentru radiațiile luminoase, cu rol de camera obscura, şi un sistem de role transportoare care antrenează filmul radiologic prin soluțiile de developare.

Sistemul rolelor transportoare asigură deplasarea rapidă a filmului prin soluţia de revelator şi respectiv, de fixator, asigurând înlăturarea excesului de soluții de pe filmul radiologic. De aceea, spălarea intermediară nu mai este necesară în cazul developării automate. Este recomandabil ca temperatura revelatorului să fie menținută constantă în intervalul de 27^0 și 32^0 C, reglarea temperaturii find automată.

Aparatul de developare trebuie să fie menținut în condiții adecvate, rolele transportoare trebuie schimbate periodic şi curățate săptămânal sau chiar mai frecvent, în funcție de numărul de radiografii efectuate.

Avantajele developarii automate:

- timpul de procesare a filmului este redus (4-6 minute), iar imaginea radiologică este disponibilă mai rapid
- temperaturile soluţiilor de developare sunt controlate automat
- tehnica este mai ușoară
- reduce riscul apariţiei erorilor de developare
- echipamentul necesar este mai compact şi ocupă loc mai puţin
- nu necesită un spaţiu special amenajat pentru developare.

Dezavantajele developarii automate:

- soluțiile se consumă mai rapid şi trebuie înlocuite mai frecvent decât în developarea manuală
- calitatea imaginii radiologice nu poate fi îmbunătăţită în cazul în care expunerea filmului a fost necorespunzătoare (de ex. un film subexpus nu poate fi menţinut mai mult în revelator pentru a-l corecta)
- rolele transportoare şi recipientele trebuie menţinute curate
- investiţia iniţială în aparatură este mai mare compartiv cu costurile developării manuale
- intreţinerea funcţionalităţii aparatului necesită costuri de mentenţă suplimentare.

Exista şi **filme cu auto-developare** (self developing film). Ele sunt filme rapide, din clasa E-speed, se găsesc închise ermetic într-un înveliş de plastic care conţine filmul radiologic şi soluţiile de developare (revelatorul şi fixatorul). Învelişul de plastic al filmului asigură

protecţia faţă de radiaţiile luminoase, iar procesarea filmelor are loc prin presarea manuală a filmului prin care se asigură contactul acestuia cu soluţiile de developare. Utilizarea filmelor cu auto-developare elimină necesitatea unui aparat de developare sau a camerei obscure.

Cu toate că tehnica de developare este mai rapidă, datorita toxicitatii mediului, utilizarea acestui tip de film trebuie să fie rezervată doar unor situaţii speciale, cum ar fi: urgenţele stomatologice, asistenţa pacientului la domiciliu, în unităţile mobile de medicină dentară sau medicina dentară militară.

Camera obscură

Pentru developarea filmelor radiologice este necesară, de obicei, o cameră obscură. Aceasta poate fi o încăpere propriu-zisă sau doar o mică boxă ataşată aparatului de developare automată (Figura 4.1.17).

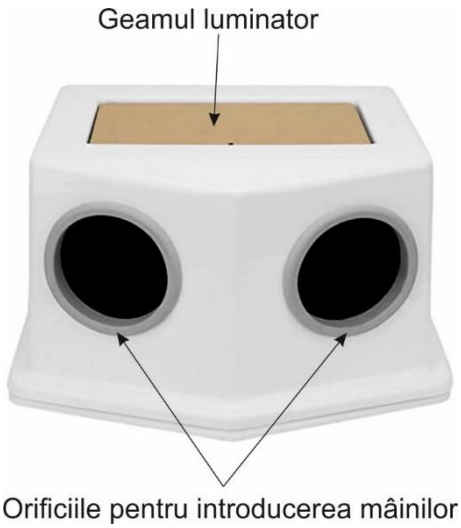


Figura 4.1.17. Camera obscură ataşată aparatului de developare automată

Camera obscură trebuie să aibă o suprafață adecvată, condiții de iluminare corectă și mijloace adecvate de control a temperaturii și umidității. Suprafaţa camerei obscure trebuie să fie adaptată numărului de persoane care o utilizează precum şi volumului de radiografii procesate.

Indiferent de tipul şi mărimea camerei, aceasta trebuie să fie ermetic închisă și izolată de radiațiile luminoase. Lumina naturală este îndepărtată prin camuflarea cu materiale opace a geamurilor şi închiderea etanşă a uşilor. Orice pătrundere de radiații luminoase în camera obscură va afecta filmul radiologic, determinând voalarea acestuia. Pentru asigurarea iluminării camerei obscure se foloseşte un bec cu intensitate scăzută și un filtru pentru radiațiile vizibile al spectrului luminos. Filtrul va asigura îndepărtarea radiaţiilor luminoase cu lungimea de undă din spectru vizibil și va lăsa să treacă doar radiațiile luminoase din spectrul roșu sau orange. Tipul filtrului (roşu sau orange) care este necesar pentru developare, este inscripţionat pe cutia filmelor radiologice. Distanța minimă între bec și masa de lucru unde se găseşte filmul radiologic, trebuie să fie minim 1,3 m pentru o sursă de lumină cu puterea de 15 watt (Figura 4.1.18).

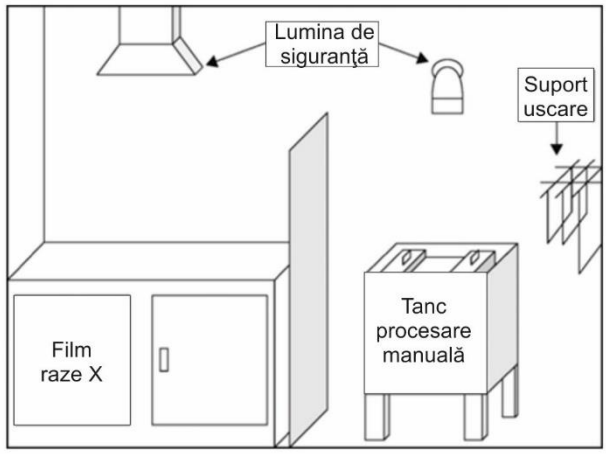


Figura 4.1.18. Schema unei camera obscure şi a modului de amplasare a luminii. Distanţa de la sursa de lumină la masa de lucru trebuie să fie de 1.3 m

Pentru a verifica dacă iluminarea în camera obscură este corespunzătoare, se poate aplica **testul monedei**. Filmul radiologic neexpus este extras din învelişul său de plastic, în interiorul camerei obscure, iar deasupra lui se vor aşează câteva monede metalice care vor fi lasate nemişcate pentru câteva minute. Apoi, filmul va fi developat. Dacă pe imaginea radiologică obţinută după developarea filmului

există conturul monedelor înseamnă că în camera obscură pătrund radiaţii luminoase. Lumina impresionează suprafaţa filmului din jurul monedelor, iar după developare, filmul va avea o nunţă gri. Monedele metalice absorb radiaţia luminoasă, iar zona respectivă va rămâne transparentă. Dacă din contra, filmul radiologic obţinut este complet transparent se va considera că şi calitatea iluminării din camera obscură este corespunzătoare, neexistând un risc de voalare sau de alterare a filmelor prin depozitarea şi manipularea lor în interioriul camerei obscure (Figura 4.1.19).

Figura 4.1.19. Testul monedei

Prelucrarea filmelor în camera obscură trebuie să se facă rapid. Un film ţinut neacoperit în camera obscură timp de peste 3 minute se poate voala. Pe cutia filmelor dentare sunt specificate condiţiile optime care trebuie asigurate pentru developare (Figura 4.1.3): tipul filtrelor, înălţimea la care trebuie poziţionată sursa de lumină în camera obscură, condiţiile de umiditate şi de temperatură pentru păstrarea filmelor.

Totodată, suprafeţele de lucru din camera obscură trebuie să fie menţinute curate, uscate, fără pete de soluţii chimice. În camera obscură trebuie să existe un spaţiu special amenajat pentru păstrarea filmelor radiologice neexpuse, de obicei acesta fiind un dulap închis şi menţinut în condiţii de umiditate cuprinse între 50% şi 70%.

Soluţiile de developare

Soluțiile de developare se pot găsi sub trei forme: (1) în stare lichidă, gata preparate, ele nu necesită diluare; (2) sub formă de concentrate de revelator şi fixator care trebuie să fie diluate înainte de utilizare şi (3) sub formă de pulbere care trebuie amestecată cu apă în proporţiile indicate de producător pentru obținerea soluțiilor (Figura 4.1.20).

Manipularea soluțiilor de developare trebuie să urmeze strict instrucțiunile producătorului referitoare la păstrarea, prepararea și utilizarea acestora. Trebuie cunoscut faptul că soluțiile de developare se deteriorează în contact cu aerul, de aceea ele trebuie înlocuite la cca 3-4 săptămâni, sau chiar mai frecvent, dacă numărul radiografiilor este mai mare. Revelatorul și fixatorul se vor reînnoi deodată, în aceeaşi zi, chiar dacă gradul lor de alterare este diferit.

Figura 4.1.20. Soluţiile de developare: revelator şi fixator

Nivelul soluțiilor trebuie verificat zilnic şi se va completa până la limita superioară, astfel încât în cursul developării, filmul să fie imersat complet în soluţii. Revelatorul se poate evapora, se poate consuma sau se poate învechi. Când revelatorul este deteriorat, imaginea radiologică devine vizibilă după un timp mai lung, iar filmul are în final o tentă mai albă (densitate scăzută a imaginii radiologice). Deteriorarea fixatorului duce la apariția în timp a unei culori galben-maronii a filmului radiologic şi la deteriorarea calității imaginii radiologice.

Recipientele în care sunt păstrate soluțiile trebuie să fie spălate cu atenţie, iar depozitele de pe pereți vor fi îndepărtate cu materiale abrazive. De asemenea, se va spăla tancul master în care este plasat revelatorul și fixatorul, iar depozitele de minerale de sare și carbonat vor fi îndepărtate.

După utilizare, soluțiile de developare trebuie colectate, nefiind permisă deversarea acestora în rețeaua de canalizare comună. Revelatorul este caustic și va fi manipulat cu atenţie, utilizând mănuşi de protecţie. Fixatorul conține de regulă particule de argint și va fi colectat în mod separat, iar după îndepărtarea argintului, soluțiile pot fi deversate în sistemul comun de canalizare.

Filmele developate pot fi aruncate în recipientul cu deșeuri normale. În schimb, filmele nedevelopate, care conțin plumb și argint vor fi colectate într-un container separat şi trimise unei firme specializate care dispune de mijloacele necesare extragerii substanţelor chimice toxice.

4.1.5. Erori de developare

În cursul developării, sunt posibile următoarele tipuri de erori de developare:

1. erori legate de timpul și temperatura necorespunzătoare
2. erori determinate de contaminarea chimică a filmului
3. erori determinate de manipularea necores-punzătoare a filmelor
4. erori cauzate de iluminarea necores-punzătoare din camera obscură.

Tehnicianul radiolog trebuie să recunoască pe imaginea radiologică erorile de developare și să înlăture cauza care le-a produs.

Erori legate de timpul și temperatura de developare

Subdeveloparea apare în următoarele situaţii:

- filmul este menținut mai puțin timp în revelator
- revelatorul a fost prea rece
- revelatorul este învechit stau contaminat.

Aspectul filmului: Imaginea radiologică obţinută este prea albă, detaliile de structură nu sunt bine vizibile pe film (Figura 4.1.21.a).

Mijloace de prevenire: Pentru a preveni subdeveloparea filmelor radiologice, trebuie să fie verificată temperatura revelatorului și instrumentele cu care se măsoară temperatura respectivă.

Mijloace de corectare: Pentru corectarea acestor defecte, filmul poate fi menținut mai mult timp în revelator, se vor schimba soluțiile, se vor completa cu altele noi.

Figura 4.1.21.a. Subdeveloparea filmului radiologic

Supradeveloparea filmelor este cauzată de următorii factori:

- menținerea filmului un timp prea îndelungat în revelator
- temperatura revelatorului este prea mare
- soluția de revelator este prea concentrată.

Aspectul filmului: filmele apar prea negre, detaliile nu sunt bine vizibile, nu se disting suficiente tonuri de gri pe radiografie (Figura 4.1.21.b).

Mijloace de prevenire: se vor verifica temperatura revelatorului şi instrumentele de măsurare.

Mijloace de corectare: Pentru corectarea filmelor supradevelopate se va reduce timpul în care stă în revelator sau soluțiile pot fi diluate.

Figura 4.1.21.b. Supradeveloparea filmului radiologic

Contaminarea chimică a filmelor radiologice

Aspectul filmului şi cauze: Filmul radiologic apare pătat.

- petele închise la culoare sunt cauzate de contaminarea filmului cu revelator (Figura 4.1.22)

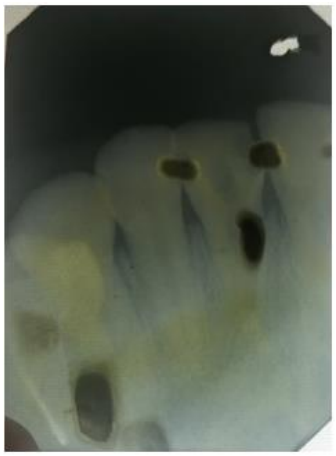


Figura 4.1.22. Contaminarea filmului radiologic cu revelator

- petele albe sunt cauzate de contaminarea cu fixator (Figura 4.1.23)
- pete galbene - maronii semnifică o (1) spălare insuficientă sau (2) timp de fixare prea scurt sau (3) soluţii de developare învechite (Figura 4.1.24).

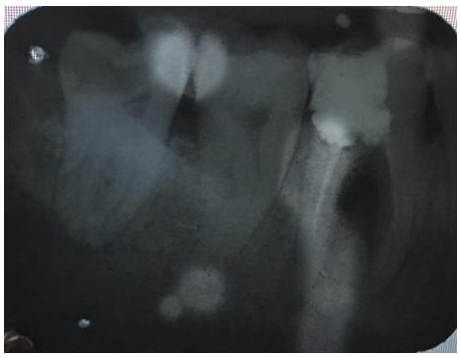


Figura 4.1.23. Contaminarea filmului radiologic cu fixator

Figura 4.1.24. Marginea din dreapta a filmului rămâne la suprafaţa revelatorului şi imaginea radiologica este transparentă. Se pot observa şi pete maronii datorate spălarii insuficeiente a filmului

Mijloace de prevenire: Pentru a preveni contaminarea chimică a filmelor se pot lua următoarele măsuri:

- zona de lucru va fi curăţată după fiecare developare şi se va păstra în permanenţă curată
- ecranele intensificatoare trebuie verificate să nu prezinte pete de soluţii
- soluţiile de developare vor fi schimbate în mod regulat, iar timpul de fixare va fi verificat, eventual prelungit.

Manipularea necorespunzătoare a filmelor

1. dacă nivelul revelatorului din recipient este scăzut, o parte a filmului rămâne la suprafaţa revelatorului şi nu pătrunde în interiorul soluţiei de revelator. Această parte a

imaginii radiologice va rămâne mai albă (Figura 4.1.24).

2. dacă nivelul de fixator este scăzut, partea care a fost la suprafaţă în fixator este mai neagră pe imaginea radiologică.
3. dacă în cursul developării automate filmele se introduc prea rapid, unul după altul prin fanta aparatului de developare, ele pot să se suprapună în revelator. Partea suprapusă din film este mai albă, iar cea nesuprapusă mai neagră.
4. apariţia unor spoturi mici, rotunde, albe, arată existenţa unor bule de aer pe suprafaţa filmului. Acest efect se poate preveni prin agitarea uşoară, cu un băţ, a soluţiilor de developare, înainte de introducerea filmelor.
5. amprentele digitale pe film pot să apară prin manipularea inadecvata de către operator a filmului radiologic. Operatorul trebuie să ţină filmul cu o clemă sau cu un instrument, şi să-l atingă cât mai puţin. Tehnicianul radiolog trebuie să-şi păstreze întotdeauna mâinile și suprafaţa de lucru curate, necontaminate cu soluţii chimice.
6. efectul electrostatic apare datorită interacţiunii electrostatice dintre suportul de plastic al filmului radiologic și pachetul care le conține. Extragerea rapidă a filmului din pachet poate să creeze un efect de descărcare electrostatică în momentul expunerii. Pe imaginea radiologică, efectul electrostatic se vede sub forma unor linii radiooapce, neregulate, ca un fulger. Pentru a preveni efectul electrostatic, filmele trebuie scoase din pachet încet. Efectul electrostatic apare mai ales în condiţii de umiditate scăzută.
7. zgârierea filmelor determină apariția de linii albe pe imaginea radiologica (Figura 4.1.25). Filmele trebuie manipulate cu grijă și să se evite contactul cu alte obiecte abrazive sau dure în timpul developării.

Figura 4.1.25. Urme albe de zgârieturi pe filmul radiologic care deteriorează calitatea imaginii

Voalarea filmelor radiologice

Aspectul filmului: Filmul voalat are o tentă mai neagră cu detalii puține. Cauzele volării filmelor sunt:

- pătrunderea luminii în camera obscură
- filme expirate
- lipsa de stocare adecvată a filmelor.

Mijloace de prevenire: Pentru a preveni voalarea filmelor se vor lua următoarele măsuri:

- teste de verificare periodică a calităţii camerei obscure (testul monedei)
- verificarea modului de stocare a filmelor şi a casetelor radiologice
- verificarea periodică a datei de expirare a filmelor radiologice.

Sumar

- în prezent, radiografiile convenţionale sunt aproape complet înlocuite de radiologia digitală
- în funcţie de sensibilitatea lor la radiaţii, filmele radiologice clasice pot fi: rapide (filme clasa E sau F) şi lente (clasa D)
- filmele din clasa E şi F au netitate scăzută, dar necesită o doză de expunere mai mică şi sunt preferate în practica radiologică
- după tipul examinării, filmele radiologice pot fi: filme periapicale, filme bite-wing, filme ocluzale, filme panoramice, filme pentru efectuarea radiografiilor de craniu

- pentru fiecare tip de film pot exista mai multe dimensiuni disponibile
- filmele panoramice utilizate în practică sunt de tip T-Mat şi Ektavision, ultimele dintre ele având o netitate superioară a imaginii radiologice
- fazele developării sunt: revelarea, fixarea, spălarea şi uscarea
- developarea filmelor se realizează în locuri special amenajate (camera obscură) sau în aparate automate de developare, filmul fiind complet ferit de lumina naturală pe parcursul întregului proces de developare.
- cu cât o structură absoarbe o cantitate mai crescută de radiaţii, ea generează pe radiografie o imagine mai albă, numită radioopacă
- cu cât o structură absoarbe o cantitate mai redusă de radiaţii X, ea generează pe radiografie o imagine mai neagră, numită radiotransparentă
- în cursul developării pot să apară erori de prelucrare a filmelor care pot avea ca şi consecinţe degradarea calităţii imaginii radiologice, uneori cu consecinţe asupra diagnosticului radiologic.

Referinţe

Bernhardt H, Matick HG. Systematic examination of the dark room and the x-ray chair as to hygiene status. Zahnarztl Prax. 1981 Oct;32(10):468-71, 474-86.

de Carvalho A, Jørgensen J. Rare-earth and calcium tungstate intensifying screens, a comparative study of relative speed, radiation doses and resolving power. Rofo. 1978 Mar;128(3):358-63.

Fildan F., Hedeşiu M.,- Radiologia stomatologică. Noţiuni de fizică şi tehnica radiologică/coautor, Editura Medicală Universitară ”Iuliu Hatieganu”, Cluj-Napoca, 2002

Iannucci J. M, Jansen Howerton J.L. Radiation Basics in: Dental Radiography: Principles and Techniques, 4th ed. , Missouri, 2012, Elsevier, pp:2-45

J. Chris Sheaffer, Paul D. Eleazer, James P. Scheetz, Stephen J. Clark, Allan G. Farman. A comparison of D-, E-, and F-speed conventional intraoral radiographic films în endodontic measurement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002;93:337-40

Whaites E., Radiation physics and equipment în Essential of dental radiography and radiology, 4th ed. Edinburg, Churchill Livingston, Elsevier science, 2003, pp 15-33.

White SC, Pharoah MJ: Radiation physics. în Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, St Louis, 2009, Mosby.

Teste recapitulative

1. Pentru fiecare element din prima coloană găsiți răspunsurile corecte din a doua coloană (alegeți una sau mai multe posibilități)

1. Filme clasa E	a. se utilizează pentru radiografiile bite-wing
2. Filme clasa D	b. se utilizează pentru radiografia panoramică
3. Filme clasa F	c. se utilizează pentru radiografiile periapicale
4. Filme T-Mat	d. sunt filme cu netitate crescută
5. Filme Ektavision	e. sunt filme rapide
	f. sunt filme cu cu granulaţii mari, tabulare

2. Proeminenţa situată în unul dintre colţurile filmului radiologic este importantă pentru?
   a. indică partea dreaptă sau stângă a pacientului
   b. indică orientarea filmului
   c. este importantă pentru mucatura filmului
   d. se poziţionează întotdeauna spre coroana dentară
   e. se poziţionează întotdeauna spre dinte

3. Prezentaţi elementele componente ale filmului radiologic dentar intra-oral

4. Precizaţi care dintre următoarele nu sunt înscrise pe cutia filmelor radiologice:
   a. viteza filmului
   b. tipul filmului
   c. compania producătoare a filmului radiologic
   d. inscripţia "opposite side" sau "back"
   e. data expirării filmelor

5. Viteza filmului radiologic este determinată de către:
   a. dimensiunea cristalelor de halogenură de argint
   b. numărul cristalelor de halogenură de argint
   c. filmele care au o structură cu cristale tabulare sunt filme rapide
   d. filmele care au o structură sferică sunt filme din clasa D
   e. Filmele care au o structură cu cristale sferice sunt filme rapide

6. Completaţi următoarele afirmaţii
   a. ecranele intensificatoare au rolul _____
   b. ecranele intensificatoare se utilizeaza în _____
   c. folia de aluminiu din pachetul de filme dentare este utilă pentru _____
   d. filmele bite-wing sunt indicate pentru _____
   e. filmele ocluzale sunt indicate pentru _____

7. Care dintre următoarele afirmaţii sunt adevărate?
   a. casetele radiologice sunt de dimensiuni variabile, care corespund dimensiunii filmelor radiologice şi a ecranelor intensificatoare
   b. casetele radiologice în radiografia panoramică sunt curbe
   c. filmele radiologice panoramice TMat au netitatea cea mai bună
   d. casetele radiologice conţin în interior un ecran intensificator pe dosul filmului
   e. filmele EKtavision impiedică efectul de cross-over al radiaţiilor

8. Dispozitivul care transferă energia radiaţiilor X în energie luminoasă sunt
   a. filmul radiologic prin efectul de luminiscenţă
   b. caseta radiologică
   c. ecranele intensificatoare
   d. tubul colimator
   e. toate cele enumerate mai sus

9. Care dintre următoarele etape nu face parte din procesul de developare
    a. revelarea
    b. spălarea
    c. fixarea
    d. uscarea
    e. încălzirea

10. Completaţi următoarele propoziţii:
    a. Testul monedei este util pentru _____
    b. Dacă apare imaginea monedei testul este _____, iar camera obscură _____
    c. Timpii efectuării testului monedei sunt următorii_____

4.2. Sisteme radiologice dentare digitale

Autor: Mihaela Hedeşiu, Alina Ban, Mihaela Băciuţ

Cuprins

4.2.1 Componentele sistemelor radiologice dentare digitale
- 4.2.1.1. Generatorul de radiaţii X
- 4.2.1.2. Senzorii digitali
- 4.2.1.3. Computerul şi ecranele de vizualizare
- 4.2.1.4. Componentele periferice

4.2.2 Imaginea digitală. Rezoluţia imaginii radiologice digitale
- 4.2.2.1 Rezoluţia de contrast
- 4.2.2.2 Rezoluţia spaţială

4.2.3 Avantajele radiologiei digitale

4.2.4 Dezavantajele radiologiei digitale

Obiective

1. Identificarea părţilor componente ale unui sistem radiologic digital
2. Cunoaşterea tipurilor de detectori digitali
3. Diferenţierea detectorilor digitali intraorali pe baza caracteristicilor specifice
4. Înţelegerea semnificaţiei parametrilor care definesc performanţa detectorilor digitali
5. Diferenţierea noţiunilor de rezoluţie de contrast şi rezoluţie spaţială
6. Cunoaşterea factorilor care influenţează rezoluţia spaţială şi rezoluţia de contrast a imaginii digitale
7. Explicaţia semnificaţiei formatului standard DICOM
8. Integrarea sistemelor radiologice digitale în conceptul de digital dentistry
9. Cunoaşterea caracteristicilor imaginii radiologice digitale şi a posibilităţilor de procesare
10. Argumentarea critică a avantajelor şi dezavantajelor sistemelor radiologice digitale

Termeni cheie

Charge coupled device (CCD)	Imagine convenţională	Pixel
Detector digital	Imagine digitală	Rezoluţie spaţială
DICOM	PACS	Rezoluţie de contrast
Dynamic range	Perechi de linii/milimetru (pl/mm)	RIS
Film radiologic	Phosphor storage plates (PSP)	SNR

Radiologia digitală este o metodă de achiziţie a imaginilor radiologice prin intermediul unui detector digital și vizualizarea lor pe un computer cu ajutorul unui software dedicat. Radiologia digitală a cunoscut în ultimul deceniu o profundă dezvoltare și extindere, fiind larg acceptata și preluată în practica medicală stomatologică. În medicina dentară, sistemele radiologice digitale se regăsesc implementate ca echipamente radiologice pentru efectuarea radiografiilor intra-orale, panoramice sau a radiografiilor cefalometrice, precum şi a altor radiografii de craniu. Evoluţia ei rapidă şi complianţa medicilor dentişti la radiologia digitală se datorează în principal celor două avantaje majore pe care le prezintă faţă de utilizarea filmului radiologic clasic: reducerea timpului de expunere cu cca 20%-50% şi

scăderea timpului de lucru prin lipsa etapei de developare a filmului. Totodată, scăderea costurilor detectorilor digitali, perfecţionarea tehnologiei digitale şi a sistemelor de comunicaţii în medicina modernă a făcut ca astăzi, majoritatea centrelor de radiologie dentară sau a cabinetelor dentare să prefere utilizarea imaginilor digitale în locul filmului convenţional.

În era internetului şi a sistemelor de inteligenţă artificială, devine evidentă necesitatea convertirii radiologiei clasice bazată pe imagini radiologice statice, fixe, redate pe un negatoscop, la o radiologie digitală în care imaginea este dinamică şi poate fi procesată cu ajutorul computerului. Radiologia digitală a fost de altfel promotorul iniţierii conceptului de medicină dentară digitală (Digital dentistry) şi a condus la schimbarea fundamentală a modului de lucru în cabinetul stomatologic. Integrarea radiologiei digitale cu scanarea intraorală a arcadelor dentare îşi găseşte azi noi aplicaţii în printarea 3D bazată pe modele virtuale de planning.

4.2.1. Componentele sistemelor radiologice dentare digitale

Sistemele radiologice dentare digitale includ întotdeauna un generator de radiații X (tubul Röntgen) și un detector digital conectat la un computer (Figura 4.2.1).

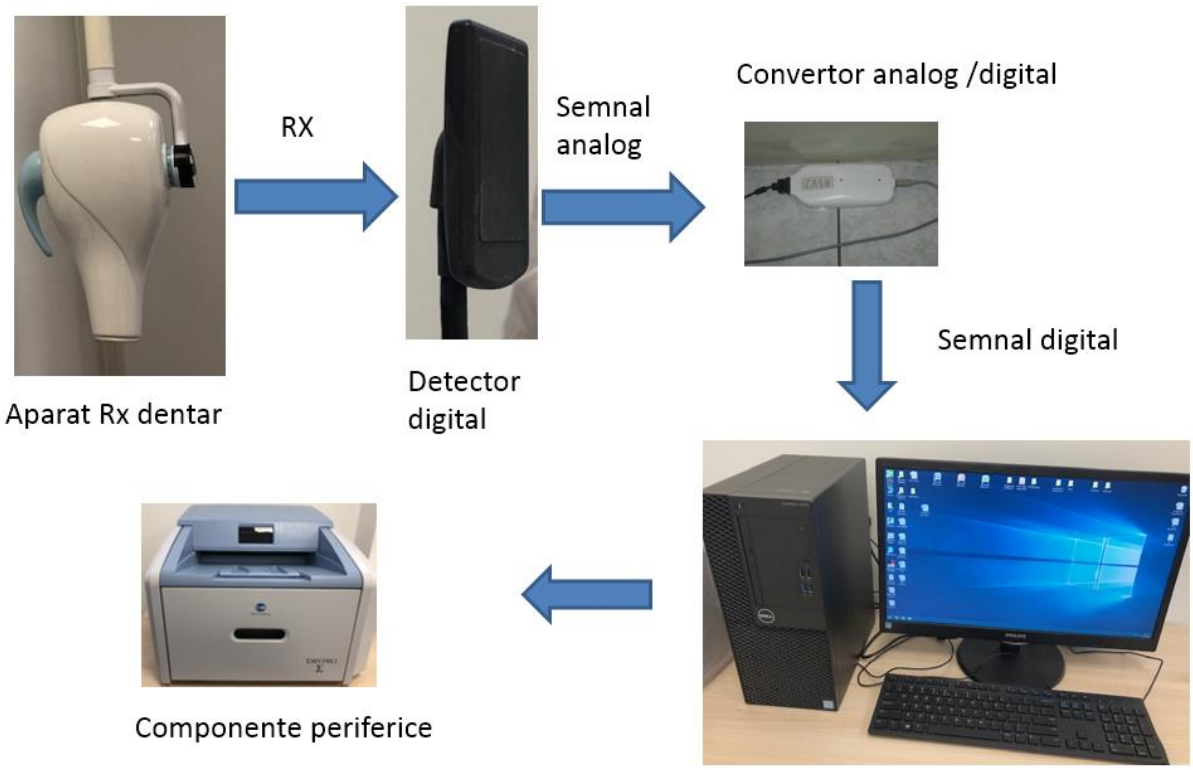


Figura 4.2.1. Părţile componente ale sistemelor radiologice digitale intra-orale

În plus, sistemul radiologic digital poate conţine opţional și alte componente periferice necesare pentru stocarea sau transmiterea la distanță a imaginilor (imprimanta pe film termic, server pentru sistemele PACS, display-uri periferice pentru imagini şi staţii de lucru).

4.2.1.1. Generatorul de radiaţii X

Majoritatea aparatelor radiologice dentare intra-orale pot functiona în modul convenţional sau digital. Detectorul digital poate fi achiziţionat împreună cu aparatul radiologic dentar intraoral, sau ulterior, ca o nouă investiţie, dacă se doreşte trecerea de la radiologia

convenţională la radiologia digitală. Pentru trecerea de la modul de lucru convenţional la cel digital, aparatul radiologic dispune de un buton de comandă care permite reducerea automată a timpului de expunere. Spre deosebire de echipamentele radiologice dentare intra-orale, aparatele panoramice digitale funcţionează de obicei cu un singur tip de expunere: convenţional sau digital. Totuşi, mai există încă pe piaţă sisteme radiologice hibride care oferă radiografii panoramice digitale, dar radiografiile de craniu sunt disponibile doar pe filme radiologice convenţionale.

Sistemele digitale portabile utilizate în special pentru radiografia intra-orală, sunt compuse dintr-un aparat radiologic mobil și un senzor digital direct (Figura 4.2.2).

Figura. 4.2.2. Sisteme digitale mobile pentru radiografia intraorală. Sursa de radiaţii şi detectorul CCD sunt încorporate într-un sistem compact

Aceste sisteme utilizează valori mici ale miliamperajului. Ele au dezavantajul că sunt susţinute şi manipulate direct de către operator în timpul expunerii medicale, acesta aflându-se în aceeași încăpere cu pacientul şi la mică distanță față de fasciculul primar de radiaţii.

4.2.1.2. Senzorii digitali

Pentru radiografia intraorală, senzorii (detectorii) digitali pot fi direcți (CCD, CMOS şi CMOS/APS) și indirecți (PSP). Unii detectori digitali sunt mai sensibili la acțiunea radiațiilor X comparativ cu filmul radiologic, micşorând timpul de expunere cu 50% față de cel din radiologia convențională. Prin reducerea timpului de expunere, doza de expunere a pacientului va fi şi ea semnificativ mai redusă.

a. Detectorii direcți

Detectorii direcți sunt formați din cristale de siliciu sensibile la acțiunea radiațiilor X. La suprafaţa detectorului există un material de scintilaţie care converteşte radiația X în energie luminoasă.

Charge coupled device (CCD) este un detector de tip *solide state detector* care conține un cip de siliciu sensibil la radiațiile X şi un circuit electronic. Detectorii CCD convertesc radiaţia X în energie luminoasă, prin utilizarea unui ecran de scintilaţie.

Fasciculul primar de radiații, provenit din tubul roentgen, interacționează cu țesuturile, o parte din el fiind absorbit de către structurile anatomice traversate (radiaţia absorbită). Radiația rezultată este captată de senzorul digital şi va produce pe suprafața de siliciu a detectorului, electroni liberi. Cantitatea de electroni liberi produsă, este proporţională cu cantitatea de radiaţii care ajunge la detector (radiaţia reziduală).

Materialul de scintilaţie al detectorului transformă energia radiațiilor X în energie luminoasă. Tiparul de lumină este detectat şi transformat în semnal electric (semnal analog) care este apoi trecut printr-un sistem electronic de conversie digitală (convertorul analog-digital), interpus între senzorul digital şi calculator.

În final, semnalul analog luminos este convertit în semnal digital, generând imaginea radiologică digitală corespunzătoare țesuturilor traversate de radiațiile X (Figura 4.2.1).

Imaginea radiologică digitală este reprezentarea spaţială a structurilor anatomice radiografiate. Ea respectă geometria de distribuţie a semnalului luminos generat de detector şi va avea tonuri de gri ce corespund încărcării cu electroni de pe suprafața

detectorului. Cantitatea de radiaţii absorbită de ţesuturi este redată pe imaginea radiologică pe o scară a tonurilor de gri, cuprinse între alb şi negru. (Figura 4.2.3)

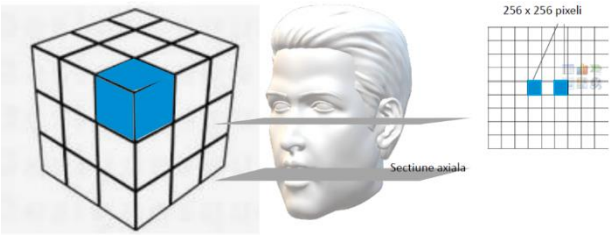


Figura 4.2.3. Structura imaginii radiologice digitale cu aspect de matrice. Fiecărui punct din imaginea digitală îi este atribuit un volum de ţesut străbatut de radiaţiile X (voxel)

Detectorul digital CCD a fost printre primele tipuri de detectori digitali utilizaţi în stomatologie şi este destul de răspândit încă şi astăzi. Primul sistem de radiografie orală digitală cu sensor direct a fost introdus în 1989, iar de atunci şi până în prezent, numărul şi variantele sistemelor CCD disponibile pentru radiologia orală a crescut rapid.

Detectorii CCD nu sunt utilizaţi doar în radiodiagnostic ci au multiple alte aplicaţii cum ar fi: camerele video intra-orale, fax-uri, microscoape sau telescoape. În ultimii ani, producătorii au optimizat imaginea digitală obţinută cu ajutorul detectorilor de tip CCD prin micşorarea dimensiunii pixel-ului, creşterea rezoluţiei spaţiale şi reducerea zgomotului pe imaginea radiologică.

Complementary metal oxide semiconductor (CMOS) şi **complimentary metal oxide semiconductor active (CMOS-APS)** sunt detectori direcţi rigizi, de tip semiconductor, care prezintă la suprafaţă cristale de siliciu aranjate într-o matrice de pixeli sensibili la radiaţiile X sau la lumină.

Complimentary metal oxide (CMOS) – sunt detectori similari cu cei CCD, dar au o dimensiune mai mică a pixelilor şi necesită tensiuni mai reduse pentru expunere. Complimentary metal oxide sensor active pixel (CMOS-APS) – sunt senzori similari cu cei CMOS, dar au încorporaţi tranzistori de amplificare a semnalului corespunzător fiecărui pixel, îmbunătăţind astfel semnalul rezultat şi diminuând zgomotul imaginii.

Rezoluţia CMOS-APS poate depăşi rezoluţia ce poate fi obţinută cu tehnologia CCD. În plus, durabilitatea lor în timp este mai mare. Scăderea costurilor de achiziţie pentru detectorii CMOS şi CMOS-APS au contribuit la extinderea lor în practica radiologică curentă, înlocuind azi tot mai mult tehnologia digitală care utilizează detectorii directi de tip CCD.

Imaginea radiologică digitală este de formă matriceală, asemănătoare unei foi cu pătrăţele, unde fiecare careu reprezintă un punct numit pixel. Fiecărui pixel îi corespunde un volum de ţesut expus la radiaţiile X (Figura 4.2.3).

Imaginea digitală are în general 512x512 pixeli. Dimensiunea pixelilor variază între 20µ - 40µ, şi este influenţată de mărimea ariei active a sezorului digital. Rezoluţia imaginii este cu atât mai bună cu cât numărul de pixeli este mai mare şi cu cât dimensiunea unui pixel este mai mică.

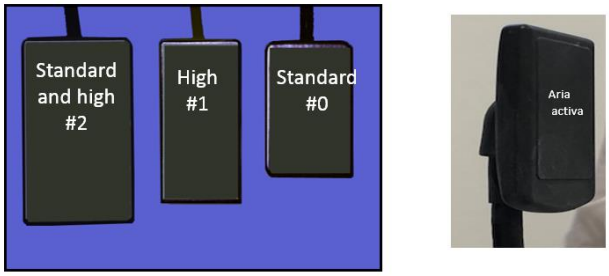


Figura 4.2.4. Detectorii digitali direcţi (CCD). Materialul de scintilaţie de pe suprafaţa detectorilor va transforma energia radiaţiilor X în energie luminoasă. a. Dimensiunea senzorilor CCD; b. Aria activă a detectorilor CCD este mai mică decât suprafaţa totală a detectorului

Caracteristicile generale ale detectorilor direcţi

Medicul dentist care doreşte să investească într-un sistem de radiologie digitală, trebuie să fie bine informat asupra caracteristicilor tehnice generale ale detectorilor pentru a alege sistemul digital cel mai potrivit, în funcţie de necesităţile specifice ale cabinetului.

Caracteristicile generale ale detectorilor direcţi sunt prezentate sintetic în tabelul 4.2.1.

Tabelul 4.2.1. Caracteristicile generale ale detectorilor digitali pentru radiografiile intra-orale

Caracateristici	Detector direcţi (CCD, CMOS)	Detectori indirecţi (PSP)
Dimensiunea detectorului	Fixă	Variabilă
Confortul pacientului	Redus datorită grosimii detectorului	Accepatbil
Confortul operatorului	Manipulare dificilă datorită firului	Facilitate de operare
Rezoluţia		
Timpul de lucru	Redus	Crescut datorită etapei de scanare
Mentenanţa	Durată de viaţă nelimitată	Durată de viaţă~50 expuneri
Costuri	Reduse (până la 4000 EU)	Mai crescute (poate depăşi 10.000 EU)
Posibilităţi de sterilizare	Nu se poate steriliza	Nu se sterilizează

Dimensiunea detectorului: - există doar câteva dimensiuni disponibile pentru detectorii direcţi (Figura 4.2.4). Aria activă a detectorului este mai mică decât aria lui reală. De obicei se achiziționează un singur tip de detector, având o dimensiune şi o rezoluţie specifică activităţii din cabinet;

Confortul pacientului: - detectorii digitali direcți au o grosime mai mare decât filmul radiologic dentar şi sunt mult mai rigizi, ei fiind în general inconfortabili pentru pacienţi. În plus, sunt prevăzuți cu un fir care face conexiunea între detector, convertorul A/D şi computer. Poziţionarea intra-orală a detectorului cu fir este destul de dificilă (Figura 4.2.5). Există şi senzori digitali directi fără fir (wireless), mult mai confortabili pentru pacient şi mai uşor de poziţionat în cavitatea orală decât detectorii cu fir. Grosimea însă şi preţul lor de achiziţie este mai mare decât al senzorilor cu fir, fără însă să aducă o îmbunătățire substanţială a calităţii imaginii radiologice.

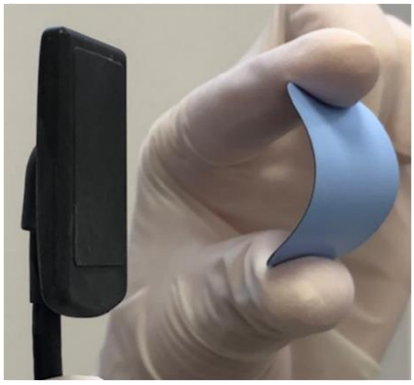


Figura 4.2.5. Grosimea senzorului CCD comparativ cu cea a unnui senzor PSP

Confortul operatorului: - datorită cablului de conexiune şi rigidităţii sale, senzorul digital direct este dificil de poziționat în suportul de film (film-holder). Ei sunt greu de plasat intra-oral, în special la pacienţii cu reflex de vomă sau în caul radiografiilor efectuate la dinţii posteriori. Utilizarea lor în tehnica paralelă necesită achiziționarea unui set special de suporturi de menţinere a senzorului în cavitatea bucală (film-holder) (Figura 4.2.6).

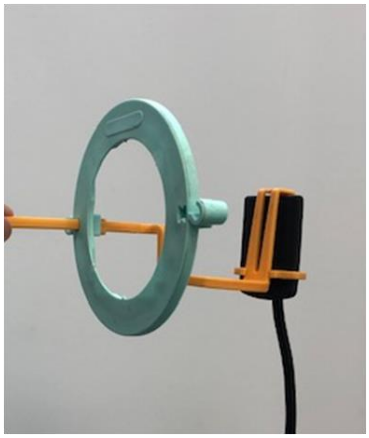


Figura 4.2.6. Detectorul digital direct cu fir, plasat într-un suport adaptat grosimii detectorului

Rezoluţia de achiziţie: - un detector digital trebuie să prezinte o rezoluţie spaţială optimă, dar şi un bun contrast al imaginii. Rezoluţia imaginii digitale este rezultatul procesării semnalului într-un lung lanţ tehnologic care începe cu producerea radiaţiilor X şi se încheie cu redarea imaginii radiologice pe ecranul computerului.

Pentru o achiziţie cu rezoluţie spaţială înaltă, detectorul digital trebuie să prezinte o sensibilitate crescută la doze mici de expunere (latitudinea expunerii să fie îngustă) (Capitolul 5). Rezoluţia detectorilor digitali direcţi (solid state detector CCD/CMOS) depinde de dimensiunea pixelilor, de tipul şi configuraţia materialului de scintilaţie, precum şi de rezoluţia convertorului analog-digital. Rezoluţia spaţială şi de contrast a receptorilor de imagine este prezentată în Tabelul 4.2.2.

Tabelul 4.2.2. Rezoluţia spaţială şi de contrast a detectorilor digitali intra-orali (Farman A.G. et al, 2005)

Tipul detectorilor	Tehnologia	Pixel (µm)	Rezoluţia spaţială (pl/mm)	Latitudinea
CDR	CMOS	40x40	9	>4.5:1
CDR wireless	CMOS	40x40	9	>3.3:1
Dexis	CCD	40x40	11	>4:1
DSX 730	CCD	21x21	13	2.4:1
Sigma	CCD	39x39	11	>3.6:1
Sidexis	CCD	39x39	<10	>3.6:1
RVG 6000	CMOS	18.5x18.5	>20	>20.7:1
Visualix HDI	CCD	22x22	11	>5.2:1
Visiodent RSV	CCD	22x22	6	2.1:1
denOptix 600 dpi	PSP	Scan pitch	11	5.3:1
InSight film	Film	NA	>20	1.5:1

Timpul de lucru: - imaginea generată de detectorii digitali direcți apare pe calculator, imediat după încetarea expunerii. Timpul de lucru este mai scurt decât atunci când se utilizează filmul radiologic convenţional, nefiind necesară developarea filmelor;

Mentenanţa detectorului: - după utilizare, imaginea radiologică este ştearsă şi senzorul poate fi reutilizat. Teoretic, detectorii digitali direcți au un timp nelimitat de utilizare, dacă există condiții de păstrare și de manipulare adecvate din partea operatorului și a pacientului. Este necesară o maximă atenţie din partea operatorului la manipularea firului, la fixarea detectorului pe perete sau la atingerea suprafeţei active a detectorului pentru a evita deteriorarea acestuia.

Posibilităţi de sterilizare: - detectorii digitali direcţi nu pot fi sterilizați prin imersie în soluţiile dezinfectante. Se recomandă ştergerea lor uşoară cu agenţi dezinfectanţi şi izolarea lor cu o folie protectoare care să împiedice contaminarea din mediul bacterian al cavității orale în timpul expunerii.

Costuri de achiziţie: - costul investiţiei iniţiale în sistemul radiologic digital cu detector direct

este în general mai redus faţă de cel cu senzori indirecţi, dar mai mare comparativ cu radiologia convenţională.

b. Detectorii digitali indirecți

Detectorii digitali indirecți sunt plăcuţele fosforice cunoscute şi sub denumirea *photostimulable phosphor plates* sau *storage phosphor plates* (PSP). Senzorii indirecti conțin o placă fosforică asemănătoare ecranelor intensificatoare utilizate în radiografia panoramică, care convertește energia radiațiilor X în energie luminoasă. Plăcuţele fosforice sunt compuse dintr-o bază de poliester acoperită de o emulsie activă de halogenură de europium activată de halogenura de bariu fluor.

După expunere, senzorul indirect înmagazinează o imagine latentă de tip analog. Pentru obținerea imaginii digitale, plăcuța va fi introdusă într-un laser scanner. Intensitatea luminii rezultată prin scanare este direct proporțională cu cantitatea de energie produsă de radiațiile X pe suprafaţa plăcii. În cursul scanării, semnalul luminos este capturat şi intensificat printr-un tub fotomultiplicator, care transformă lumina într-un semnal electric. Un convertor analog-numeric (A/D) va digitaliza datele şi va reda imaginea radiologică pe monitorul calculatorului. În timpul scanării, placuta fosforica este expusa unui fascicul de lumina puternica care reseteaza detectorul, acesta devenind reutilizabil la un nou pacient.

Caracteristicile generale ale detectorilor indirecţi sunt prezentate sintetic în tabelul 4.2.1.

- **Dimensiunea detectorului**: - detectorii indirecţi PSP se găsesc în mai multe variante de dimensiuni (#0, #1, #2, #3 şi #4) şi întreaga lor suprafaţă este activă. Plăcuţele fosforice sunt flexibile și au grosimea similară cu cea a filmului radiologic convențional.
- **Confortul pacientului**: - plăcuţele fosforice sunt mult mai confortabile pentru pacienți. Ele nu au fir şi pot fi utilizate în cursul tratamentelor endodontice, fiind uşor de poziţionat în cavitatea orală.
- **Confortul operatorului**: - pentru tehnicianul radiolog, manipularea senzorilor PSP este mai uşoară decât expunerea cu senzorii CCD. Plăcuţele PSP sunt flexibile, nu au fir şi sunt subţiri, şi pot fi utilizate aceleaşi film-holdere ca şi la filmele radiologice convenţionale.
- **Rezoluţia detectorilor indirecţi**: - rezoluţia spaţială a sistemelor digitale PSP este mai mică decât cea a detectorilor CCD. Pentru detectorii indirecţi, imaginea latentă este sensibilă la lumină. Manipularea acestor senzori şi scanarea lor departe de lumina naturală, poate îmbunătăţii calitatea imaginii radiologice. Calitatea imaginii radiologice nu depinde doar de rezoluţia detectorului digital, ci este influenţată şi de mecanismul de scanare, de modul de achiziţie al imaginii şi de software-ul utilizat pentru vizualizarea imaginii.
- **Timpul de expunere şi doza**: - Plăcuţele sunt mai puțin sensibile la radiații decât senzorii CCD, doza de expunere a pacientului fiind de 2-3 ori mai mare.
- **Timpul de lucru**: - sistemul PSP este mai puțin rapid decât sistemul direct şi depinde de timpul de scanare.
- **Mentenanţa detectorului**: - Senzorii PSP sunt reutilizabili. După scanare, imaginea anterior formată este ștearsă, iar plăcuța poate fi utilizată pentru examinarea unui nou pacient. Durata de viață a detectorilor indirecţi este totuși limitată. Este recomandată schimbarea plăcuţei după un număr de aproximativ 50 de expuneri. Prin utilizarea lor excesivă pot să apară zgârieturi pe suprafaţa activă a senzorului, cu prezenţa de artefacte pe imaginea radiologică.
- **Posibilităţi de sterilizare**: - pentru controlul infecţiilor, plăcuţele cu fosfor vor fi plasate şi menţinute în folii de protecţie pe toată perioada expunerii. Foliile vor fi apoi atent îndepărtate înainte de scanare, având permanent grijă să nu se contamineze şi componentele scannerului.
- **Costul**: - Costul plăcuţelor PSP este relativ redus și se recomandă cumpărarea mai multor

detectori cu dimensiuni diferite. Investiţia iniţială este mai mare decât pentru detectorii digitali CCD costul echipamentului crescând o dată cu performanţa scanner-ului.

Evaluarea performanţei detectorilor digitali

Evaluarea performanţei detectorilor digitali se poate analiza în mod obiectiv pe baza următorilor parametri: intervalul dinamic (dynamic range), raportul semnal-zgomot (signal-to-noise ratio, SNR) şi sensibilitatea la lumină redusă (low-light sensitivity). Pentru detectorii din aceeaşi clasă, SNR şi dynamic range creşte odată cu dimensiunea detectorului.

- **Intervalul dinamic (dynamic range)**

Acesta este o măsură a abilităţii unui sistem digital de a realiza imagini acceptabile din punct de vedere al diagnosticului radiologic, pentru un interval larg de variaţie al parametrilor de expunere la radiaţiile X. Detectorii digitali care au un interval dinamic larg (high dynamic range) permit mai multe opţiuni pentru alegerea protocolului de expunere, contribuind la optimizarea imaginii radiologice şi la scăderea dozei de iradiere.

Plăcuţele fosforice (PSP) permit un interval de expunere mai larg decât cel al detectorilor direcţi de tip CCD, dar totuşi mai mic faţă de cel al filmelor convenţionale. Senzorii CCD nu tolerează nivele ridicate ale factorilor de expunere. Din punct de vedere practic, putem spune că riscul de supraexpunere este mai redus în cazul folosirii plăcuţelor fosforice decât dacă se utilizează senzorii direcţi CCD.

- **Raportul semnal-zgomot (SNR)**

Acest parametru descrie capacitatea unui detector digital de a diferenţia semnalul util pentru diagnostic, de fluctuaţiile cauzate de sistemul digital (zgomot). Raportul SNR are un impact major asupra calităţii imaginii digitale. Un SNR crescut arată că nivelul semnalului informaţional este superior faţă de un semnal nedorit care apare pe imaginea radiologică.

Semnalele suprapuse, nedorite, de tip zgomot, pot fi generate prin:

- fluctuaţiile de intensitate din sistemul electronic digital (Random Noise),
- răspunsul disproporţionat obţinut la nivelul pixelilor pentru variaţiile de expunere (Fixed Pattern Noise)
- construcţia detectorului digital şi modul în care vor fi citite coloanele şi liniile de pixeli (Banding Noise).

4.2.1.3. Computerul şi ecranele de vizualizare

Imaginea digitală este redată pe ecranul unui computer. Fiecare detector digital are încorporat la instalare şi un sistem software propriu care permite procesarea şi analiza imaginilor radiologice, în funcţie de cerinţele examinatorului.

Ecranul calculatorului

Rezoluţia ecranului pe care sunt examinate radiografiile digitale este importantă pentru ca imaginea radiologică să nu piardă din rezoluţia de achiziţie a detectorului.. Monitoarele computerelor obişnuite au între 0 şi 256 nivele de gri pentru un pixel. Numărul de combinaţii posibile pe scara de gri pentru un pixel se numește bit-depth image și depinde de software-ul computerului. Pentru un sistem digital cu 8 bit-depth image există 28 combinaţii de gri, adică 256 nivele de gri. Ochiul uman poate recepționa doar 32 de nivele de gri, dar procesarea imaginilor digitale cu ajutorul software-ului, mărește scara tonurilor de gri percepute și implicit, acurateţea diagnosticului.

Sistemul digital de achiziţie şi procesare a imaginilor radiologice

Un avantaj important al radiologiei digitale este posibilitatea de procesare digitală a imaginilor în scopul evidenţierii cât mai multor detalii utile diagnosticului. În radiologia convenţională realizată pe film radiologic, imaginea obţinută este statică şi definitivă. Imaginea digitală este o imagine dinamică din care pot fi desprinse detalii care nu sunt accesibile în mod obişnuit ochiului uman.

Unele procedee de prelucrare de imagine sunt comune tuturor sistemelor software medicale:

- Modificarea contrastului sau a luminozităţii imaginilor radiologice este utilă în primul rând pentru corectarea imaginilor supraexpuse sau subexpuse (Figura 4.2.7).

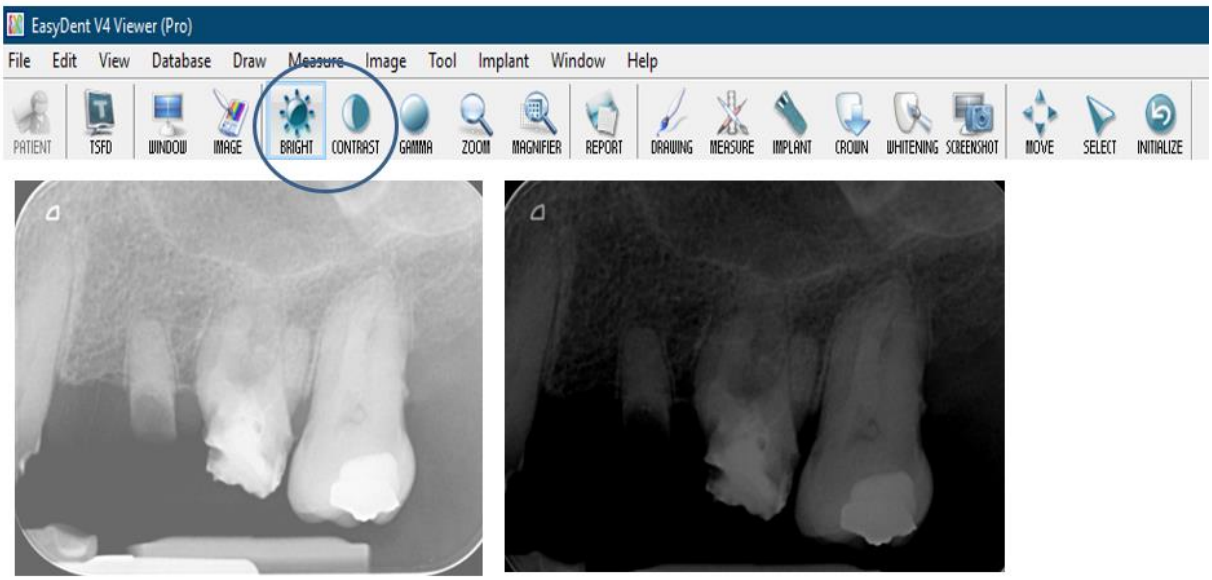
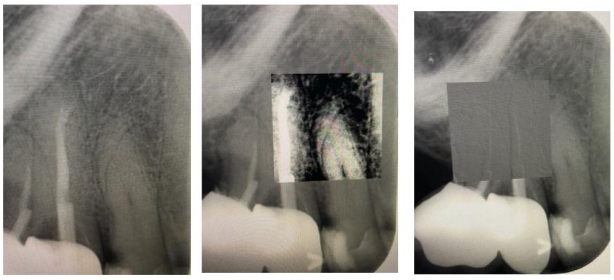


Figura 4.2.7. Modificarea luminozităţii şi a contrastului imaginilor digitale din bara de instrumente de pe ecranul computerului; a. Creşterea luminozităţii imaginii; b. Mărirea contrastului imaginii radiologice

Contrastul imaginii digitale poate fi reglat prin alterarea distribuţiei nivelelor de gri pe imaginea radiologică. Histograma imaginii radiologice este o reprezentare grafică a distribuţiei nivelelor de gri şi a frecvenţei acestora pe imaginea radiologică. Îngustarea histogramei presupune reducerea nivelelor de gri şi redistribuirea lor pe imaginea originală, cu obţinerea unui contrast crescut al structurilor radiografiate. Deschiderea histogramei înseamnă, din contra, o lărgire a tonurilor de gri detectabile pe imaginea radiologică. Contrastul crescut este necesar pentru identificarea cariilor dentare şi a parodontitelor apicale în timp ce contrastul scăzut este util pentru evaluarea resorbţiilor ososе din parodontita cronică.

- operaţii de întărire a imagini (image enhancement software), facilitează diferenţierea obiectelor cu absorbţie diferită pe imaginea radiologică.

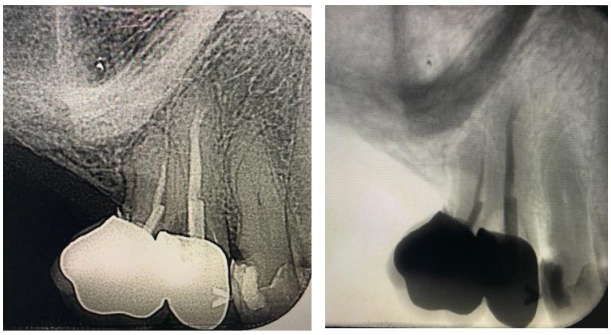
- inversarea alb/negru: (black/white reversal) poate fi utilizată pentru analiza morfologiei trabelulelor osoase şi a spaţiului pulpar (Figura 4.2.8).



a. b. c.

Figura 4.2.8. Filtre de procesare a imaginii radiologice: a. Imaginea originală; b. Aplicarea unui filtru de întărire a contururilor; c. Aplicarea unor filtre de întărire a imaginii

- segmentarea şi colorarea anumitor structuri (pseudocolour application) - reprezintă convertirea nuanţelor de gri în imagini colorate. Această operaţie se foloseşte pentru segmentarea unor structuri cu densităţi apropiate şi ajută la a scoate în evidenţă anumite obiecte pe imaginea radiologică (Figura 4.2.9).



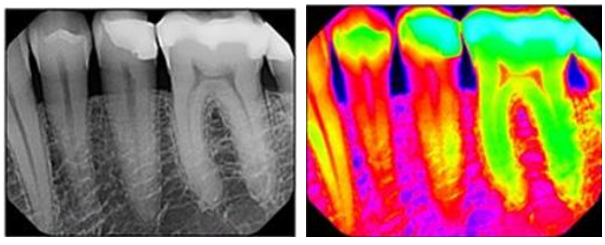
a. b.

Figura 4.2.9: a. Imaginea digitală originală; b. Inversiunea alb/negru pe imaginea radiologică

- întărirea contururilor (sharpening) se realizează prin aplicarea unor filtre care întăresc netitatea imaginii şi o vor face mai plăcută sau mai uşor de interpretat.

- mărirea imaginii (zoom) sau micşorarea imaginii ajută la identificarea detaliilor necesare diagnosticului radiologic.

- Metoda substracţiei digitale (digital substraction) este o tehnică de îmbunătățire a diagnosticului unor leziuni, prin suprapunerea și compararea a două imagini care redau aceleași structuri morfologice. Aceste radiografii se utilizează pentru aprecierea evoluţiei unei afecţiuni sau a rezultatelor unei terapii. Radiografia luată la timpul iniţial va fi comparată cu o imagine, substracţia valorii pixelilor din prima radiografie indicând modificările apărute în cursul evoluţiei leziunilor. Prin substracţia elementelor comune din cele două radiografii, vor fi mai evidente diferenţele dintre ele (Figura 4.2.10).



a. b.

***Figura 4.2.10**: a. Imaginea digitală originală; b. Segmentarea şi convertirea nuanţelor de gri în imagini colorate*

Pentru ca două imagini radiologice să poată fi operate prin metoda substracţiei este necesar ca cele două imagini să fie identice şi să respecte aceeaşi geometrie de expunere.

- aplicarea unor instrumente virtuale de măsurare este utilizată în special în endodonţie şi implantologie. Operaţiile de măsurare pot include măsurători liniare sau măsurători de unghiuri, arii, sau volume şi sunt precedate de operaţii de calibrare.

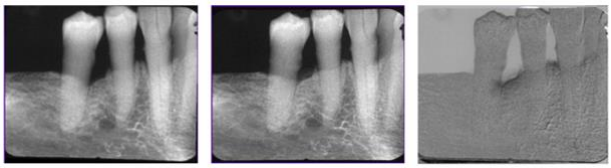
Imaginea digitală obţinută pe computer poate fi salvată în baza de date proprie a sitemului digital, poate fi imprimată pe un film radiologic, sau poate fi transmisă la distanţă, prin intermediul unor medii digitale portabile (CD, DVD, memorii portabile) sau a sistemelor PACS.

4.2.1.4. Componentele periferice

Componentele periferice ale sistemului radiologic digital servesc managementului imaginilor digitale. Utilizarea şi achiziţionarea lor este opţională şi depinde de profilul cabinetului, de numărul de pacienţi investigaţi şi de investiţia care se doreşte a fi făcută.

Imaginile digitale pot fi analizate în mod direct pe computer sau informaţia poate fi transmisă la distanţă pentru un diagnostic de specialitate. Transmiterea la distanţă a imaginilor radiologice se poate face în format digital sau prin imprimare pe film.

Imprimantele utilizate în radiologie. Calitatea imaginilor digitale imprimate pe filmul radiologic depinde de calitatea imprimantei şi de suportul de imagine ales. Există o multitudine de imprimante şi de medii de printare utilizate în radiologie care diferă în principal prin costul lor de achiziţie, preţul consumabilelor şi prin rezoluţia sistemelor de printare. În radiologia dentară, este recomandabil ca imprimarea pe film să se facă cu o rezoluţie de cel puţin 600 dpi, care ar corespunde unor imagini cu rezoluţie de cel puţin 12l p/mm şi cu minim 256 nivele de gri redate pe imagine (Figura 4.2.11).



a. b. c.

Figura 4.2.11. Metoda substracţiei digitale. a. imaginea iniţială; b. imaginea în evoluţie; c. suprapunerea imaginilor şi substracţia cu evidenţierea leziunilor

Sisteme de management ale imaginilor digitale. Transmiterea la distanţă a imaginilor radiologice digitale facilitează accesul pacienţilor la servicii medicale înalt specializate şi reduce timpul necesar pentru realizarea unui plan terapeutic. Totodată, ea înlesneşte crearea de reţele profesionale multidisciplinare în care cazurile clinice sunt analizate şi discutate din perspective clinice variate în vederea unui tratament complex şi integrat.

În imagistica medicală, există o mare diversitate de imagini care provin de la multiple tipuri de echipamente radiologice (sensor digital intra-oral, aparat panoramic, CBCT, CT sau IRM). Datorită diversității echipamentelor medicale şi a multiplelor modalități de examinare radiologică, a fost necesară introducerea unui standard în imagistica medicală, care să facă posibilă pe de o parte comunicarea între aceste echipamente precum şi transmiterea la distanţă a imaginilor radiologice digitale. **D**igital **I**maging and **C**ommunications în **M**edicine (**DICOM** standard) este un protocol care descrie formatul de schimb al imaginilor digitale şi informaţiile aferente acestor imagini (date despre pacienţi, parametrii de expunere, doza de expunere, data examinării, formatul şi rezoluţia inmaginii). Acest standard asigură menținerea tuturor informațiilor achiziționate de detector, fără afectarea informaţiei primare şi fără o compresie a imaginilor, care să afecteze diagnosticul radiologic. În prezent, Digital Information and Communication (DICOM) este standardul de comunicare unanim acceptat pe plan internaţional în imagistica medicală. În medicina dentară, încorporarea standardului DICOM în sistemele imagistice digitale a întâmpinat câteva dificultăţi datorită multiplelor companii care produc sisteme de radiologie dentară.

Imagistica modernă presupune în primul rând flexibilitatea sistemelor digitale şi comunicarea rapidă între utilizatori. Accesul rapid la imaginile digitale se face prin intermediul tehnologiei PACS (Picure Archiving and Communication System). Formatul universal acceptat al sistemelor PACS este formatul DICOM.

Fişierele de tip pdf care conţin informaţii medicale sau rapoarte radiologice ale pacienţilor pot fi încorporate în sistemele PACS prin încapsularea lor în fişierele DICOM. Sistemele PACS pot păstra şi gestiona imagini radiologice provenite de la diferite tipuri de aparate radiologice, incluzând imagini computer tomografice CT, cone beam computed tomography (CBCT), rezonanţă magnetică nucleară (MRI), ecografice (US), Positron emission tomography (PET), digital radiography (DR), endoscopie (ES), mamografie (MG) sau imagini furnizate de echipamente de explorare clinică digitale din domeniul oftalmologiei (ex. Optical Choerence Tomography), cardiologiei, endoscopieie etc.

Utilizarea sistemelor PACS are următoarele avantaje:

- înlocuirea suporturilor fizice cu cele digitale şi eliminarea consumului de materiale;
- facilitarea accesului la imagini pentru un diagnostic la distanţă;
- posibilitatea integrării imagisticii medicale în sistemele digitale de management ale spitalelor şi a diverselor instituţii de sănătate publică.

Arhitectura sistemelor PACS include următoarele componente:

- tehnologia computerizată - asigură suportul fizic al imaginilor;
- sistemele software care asigură funcţionalitatea şi un management coerent

în cadrul reţelelor digitale în care acestea sunt implementate (Figura 4.2.12);
- componente periferice pentru imprimarea imaginilor pe film sau înregistrarea lor pe medii portabile CD/DVD.

Figura 4.2.12. Imprimanta laser pe film pentru radiografii dentare intraorale şi panoramice

Operaţiunea de input a imaginilor digitale se realizează întotdeuna pe un computer (QA workstation) pe care operatorul poate verifica corectitudinea achiziţiei, poate îmbunătăţi calitatea imaginii şi se asigură că fişierele DICOM poartă informaţiile necesare integrării imaginilor în sistemul de gestiune PACS. Următorul pas este transmiterea imaginilor de la QA workstation pe un server central de stocare a cazurilor (central storage device). La extremitatea de output a reţelei se găsesc staţiile de interpretare a imaginilor (workstations). În mod normal, unele staţii de lucru oferă şi facilităţi de dictare şi înregistrare automată a rezultatului radiologic în sistemele PACS.

În prezent, tot mai multe sisteme PACS includ şi o interfaţă web de comunicare şi transmitere la distanţă a imaginilor via VPN (Virtual Private Network). Totodată, a apărut necesitatea unor platforme specializate care să creeze accesul la paginile DICOM via internet (Web Access to DICOM Objects – WADO) de pe diferite medii portabile. Sistemele PACS şi standarul de comunicare HIPPA utilizat pentru informaţiile medicale digitale au ca cerinţă principală crearea de informaţii backup pentru păstrarea unor copii ale imaginilor pe computer separate, cu posibilitate de recuperare a datelor pacienţilor în cazul pierderii informaţiei de pe staţia centrală a sistemului PACS.

4.2.2. Imaginea digitală. Rezoluţia imaginii radiologice digitale

Cu cât numărul de pixeli ai imaginii radiologice este mai mare, şi dimensiunea unui pixel este mai mică, cu atât mai mult va creşte rezoluţia imaginii. Fiecare pixel are atribuită o anumită nuanţă pe scara tonurilor de gri, cuprinsă între alb şi negru, în funcţie de absorţia radiaţiilor X de către ţesuturi. Cu cât scala de gri este mai largă, adică tranziţia dintre alb şi negru include mai multe tonuri de gri, cu atât mai mare va fi rezoluţia de contrast a imaginii radiologice.

4.2.2.1. Rezoluţia de contrast

Pentru ca două obiecte să poată fi diferenţiate pe radiografie, este necesar ca ele să aibă tonuri de gri diferite. Capacitatea de diferenţiere a structurilor pe o scală a nuanţelor de gri se numeşte rezoluţie de contrast. Dacă detectorii digitali au o scală largă de tonuri de gri, vor avea o rezoluţie de contrast mai bună şi o capacitate mai mare de a distinge ţesuturile care absorb diferit radiaţiile X.

Rezoluţia de contrast este o caracteristică importantă a imaginii radiologice. Ea depinde de rezoluţia de contrast a detectorilor digitali, de rezoluţia monitoarelor pe care este interpretată radiografia, dar şi de acurateţea ochiului uman de a percepe diferenţele între tonurile de gri de pe imagine. Sistemele digitale cu o rezoluţie de contrast de 16-bit pot produce imagini digitale cu 65.536 nivele de gri. Cu toate acestea, majoritatea monitoarelor standard ale computerelor au doar o rezolutie de 8-bit, care corespunde la doar 256 nivele de gri. Prin selectarea diferitelor ferestre de densitate, şi reglajul corespunzător al luminozităţii şi a contrastului imaginii radiologice, pot fi evidenţiate mai multe detalii pe imaginea radiologică.

4.2.2.2. Rezoluţia spaţială

Rezoluţia spaţială este capacitatea de a diferenţia două structuri învecinate pe o imagine radiologică. În imagistica medicalăa, ea este o rezultantă a rezoluţiei de achiziţie a sistemului radiologic digital şi a rezoluţiei la care se face vizualizarea imaginilor radiologice. Aşadar, rezoluţia finală a imaginii radiologice digitale poate fi mai mică decât rezoluţia de achiziţie a detectorului digital, deoarece după achiziţie, imaginea digitală este influenţată de rezoluţia convertorului analog/digital precum şi de rezoluţia computerului şi a monitorului pe care se examinează imaginea.

Rezoluţia spaţială a detectorului digital se referă în primul rând la capacitatea detectorului de a captura şi apoi de a reda detalii pe imaginea radiologică. Rezoluţia detectorilor digitali se măsoară în perechi de linii pe milimetru (pl/mm) şi este specificată în cartea tehnică a sistemului digital.

- pentru plăcuţele PSP, rezoluţia digitală variaza intre 12 şi 40 pl/mm
- pentru senzorii direcţi (CCD sau CMOS) rezoluţia variaza între 22 şi 26 pl/mm
- filmul radiologic convenţional are aproximativ 20 pl/mm.

Pentru detectori digitali este superioară faţă de cea a filmului convenţional.

În final, când vorbim de rezoluţia imaginii digitale trebuie să ţinem cont şi de algoritmii de salvare ai fişierelor de imagine. Salvarea imaginilor în formate standard *.jpg* sau *.png*, are loc prin comprimarea imaginii şi pierderea rezoluţiei. Formatele *.bmp* şi *.tif* sunt necomprimate şi păstrează cel mai bine rezoluţia primară a imaginii digitale.

În general, pentru transmiterea la distanţă a imaginilor, se preferă comprimarea fişierelor de imagine, pentru mărirea vitezei de transmitere şi reducerea capacităţii de stocare. Algoritmii de compresie ai fişierelor de imagine cu rate de compresie scăzută 1:2 sau 1:3 (lossless) îşi reţin întreaga informaţie cuprinsă într-un pixel a imaginii originale, dar necesită o capacitate de memorie mai mare şi un timp mai lung de transmitere la distanţă. Fişierele cu rată de compresie crescută se obţin prin aplicarea unor algoritmi de compresie care creează blocuri mici de informaţie, care vor fi apoi comprimate şi pot avea ca rezultat pierderea unor informaţii faţă de imaginea primară.

Studiile efectuate arată că imaginile obţinute cu o rată de compresie de 1:32 nu afectează informaţia diagnostică şi nu modifică acurateţea diagnosticului parodontitelor apicale. Grupul de experţi JFIF (Joint Photographic Experts group File Interchange Format) au demonstrat că o rată de compresie de 1:16 poate fi utilizată fără scăderea semnificativă a acurateţei detectării cariilor dentare pe radiografiile digitale intra-orale.

În cazul în care imaginile digitale vor fi imprimate pe un film radiologic, rezoluţia lor finală depinde de rezoluţia imprimantei termice care se foloseşte.

Acurateţea diagnosticului radiologic depinde şi de condiţiile în care se face citirea radiografiilor:

- distanţa dintre observator şi monitor,
- luminozitatea încăperii,
- acuitatea ochiului uman,
- cunoştinţele şi experienţa celui care interpretează radiografia (Figura 4.2.13).

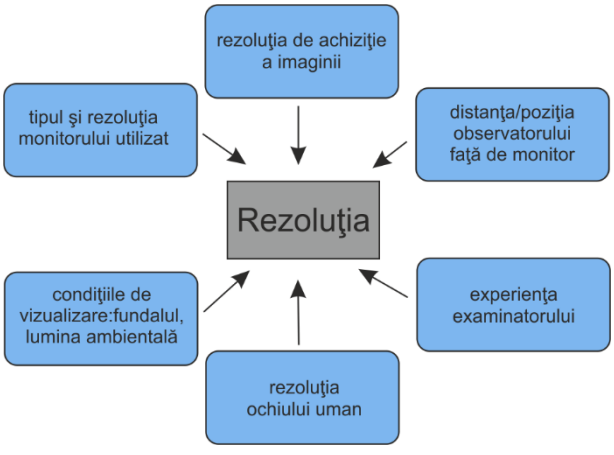


Figura 4.2.13. Facorii care influenţează rezoluţia imaginilor digitale dentare intraorale

Până în prezent, există multe studii care au comparat acurateţea diagnosticului diferitelor leziuni dento-parodontale pe filmul radiologic cu cea de pe imaginile digitale. Deşi nu există încă o părere unanimă, majoritatea rezultatelor nu au putut demonstra o superioritate a radiografiilor digitale din punct de vedere a acurateţii diagnosticului cariilor, a leziunilor periapicale şi a bolii parodontale.

Radiologia digitală ofera posibilităţi nelimitate de analiză, de stocare, transfer şi accesare la distanţă a imaginilor radiologice, operaţii care sunt absolut necesare pentru menţinerea unui proces tehnologic coerent în medicina dentară digitală.

4.2.3. Avantajele radiologiei digitale

Radiologia digitală are avantaje faţă de radiologia cu film convenţional:

- Rezoluția de contrast este superioară celei obținute pe filmul convențional: - imaginea digitală utilizează peste 256 de tonuri de gri comparativ cu doar 16 - 25 de tonuri care pot să fie diferențiate pe filmul convențional. Cu ajutorul detectorilor digitali se pot diferenţia mai bine structurile care absorb diferit radiaţia ionizantă. Prin modificarea luminozităţii şi a contrastului imaginii, aceste variaţii ale tonurilor de gri devin mai evidente, fără să fie necesară o altă expunere a pacientului la radiațiile X.
- Doza de iradiere a pacientului poate fi mai mică decât în radiologia convențională. Timpul de expunere la utilizarea unui detector digital direct (CCD sau CMOS) poate reduce timpul de expunere între 50 % şi 90% faţă de expunerea cu filme rapide din clasa E speed.
- Timpul de lucru este mult mai scurt faţă de cel din radiologia clasică fiind eliminată developarea.
- Reduce costurile legate de developare şi de amenajarea camerei obscure, costul consumabilelor din radiologia clasică.
- Crește eficiența laboratorului prin stocare, gestionare şi transmitere la distanţă a imaginilor radiologice.
- Posibilităţi noi de procesare a imaginii: substracţia, modificarea contrastului, a densităţii, reducerea distorsiunii imaginilor.
- Oferă posibilitatea integrării radiologiei în reţele informaţionale cu scop didactic şi de cercetare.

4.2.4. Dezavantajele tehnicii digitale

- Investiția inițială în sistemul digital este mai mare decât în radiologia convențională, dar în ultimul timp costurile sistemelor dentare digitale sunt în scădere.
- Rezoluția spațială a imaginii digitale depinde de rezoluţia detectorului digital, uneori ea este chiar mai slabă decât a filmului radiologic.
- Detectorii direcţi sunt inconfortabili pentru pacienţi şi sunt greu de poziționat, cauzând frecvent erori de tehnică.
- Controlul infecțiilor este dificil, detectorii digitali nu pot fi sterilizați, ci pot fi doar izolaţi cu folii de protecţie.
- Durabilitatea detectorilor digitali este limitată prin deteriorarea, îndoirea, casarea sau zgârierea lor.
- Imaginea digitală are valoare legală contestabilă, existând riscul modificării sau a deteriorarii ei.

Sumar

- Sistemele radiologice dentare digitale includ întotdeauna un generator de radiații X (tubul Röntgen) și un detector digital conectat la un computer.
- Senzorii digitali pot fi de tip direct (CCD, CMOS-APS, CMOS) sau indirect (PSP).
- Detectorii digitali de tip CCD au o grosime mai mare, sunt inconfortabili pentru pacienţi şi greu de manipulat de către operator. Au totuşi avantajul afişării în mod instantaneu a

imaginii radiologice, au o doză mai mică pentru pacienţi şi costuri mai reduse decât senzorii indirecţi.

- Detectorii indirecţi PSP sunt flexibili, subţiri, confortabili şi usor de manipulat. Doza de iradiere a pacientului este mai mare faţă de cea din expunerile cu senzori CCD.
- Rezoluţia spaţială defineşte capacitatea de a diferenţia două structuri învecinate pe o imagine radiologică. În imagistica medicală, ea este o rezultantă rezoluţiei de achiziţie a sistemului radiologic digital şi a rezoluţiei la care se face vizualizarea imaginilor radiologice.
- Pentru ca două obiecte să poată fi diferenţiate pe radiografie, este necesar ca ele să aibă tonuri de gri diferite. Capacitatea de diferenţiere a structurilor pe o scală a nuanţelor de gri se numeşte rezoluţie de contrast. Dacă detectorii digitali au o scală largă de tonuri de gri, vor avea o rezoluţie de contrast mai bună şi o capacitate mai mare de a distinge ţesuturile care absorb diferit radiaţiile X.
- Pentru plăcuțele PSP, rezoluția digitală variază între 12 şi 40 pl/mm şi poate ajunge la 40 pl/mm. Pentru senzorii direcți rezoluția variază între 22 şi 26 pl/mm. În comparaţie cu senzorii digitali, filmul radiologic convențional are aproximativ 20 pl/mm.
- Salvarea imaginilor în formate standard *.jpg* sau *.png*, are loc prin comprimarea imaginii și pierderea informației diagnostice.
- **DICOM** este un protocol care descrie formatul de schimb al imaginilor digitale în radiologia medicală şi informaţiile aferente acestor imagini (date despre pacienţi, parametrii de expunere, doza de expunere, data examinării, formatul şi rezoluţia imaginii).

Referinţe

Anas A , Asaad JM , Tarboush KA . A Comparison of intra-oral digital imaging modalities: Charged Coupled Device versus Storage Phosphor Plate. Int J Health Sci (Qassim). 2010 Nov; 4(2): 156–167.

Aziman C, Hellén-Halme K, Shi XQ. A comparative study on image quality of two digital intraoral sensors.Dentomaxillofac Radiol. 2019 Oct;48(7):20190063.

Butt A, Mahoney M, Savage NW. The impact of computer display performance on the quality of digital radiographs: a review. Aust Dent J. 2012 Mar; 1:16-23

Farman AG., Taeko T. Farman. A comparison of 18 different x-ray detectors currently used în dentistry Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005;99:485-9

Hoogeveen RC, Meertens BR, Berkhout WER.Precision of aiming with a portable X-ray device (Nomad Pro 2) compared to a wall-mounted device in intraoral radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2019 Jul;48(5):20180221.

Iannucci J. M, Jansen Howerton J.L. Digital Imaging in: Dental Radiography: Principles and Techniques, 4th ed. , Missouri, 2012, Elsevier, pp:301-312

Sadaksharam Jayachandran. Digital Imaging în Dentistry: A Review. Contemp Clin Dent. 2017 Apr-Jun; 8(2): 193–194.

Snel R, Van De Maele E, Politis C, Jacobs R.Digital dental radiology in Belgium: a nationwide survey. Dentomaxillofac Radiol. 2018 Dec;47(8):20180045.

Tsuchida R, Araki K, Endo A, Funahashi I, Okano T. Physical properties and ease of operation of a wireless intraoral x-ray sensor.Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005 Nov;100(5):603-8.

Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. Acta Odontol Scand. 2010 Mar;68(2):106-14.

White SC, Pharoah MJ: Digital Imaging In Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, , Mosby. St Louis, 2009; pp: 78-99

Teste recapitulative

1. Ce intelegeţi prin DICOM?_____
   _____

2. Explicaţi caracteristicile detectorilor indirecţi, aratând avanatajele şi dezavantajele lor? _____

3. Dacă ar fi să achizitionaţi un detector digital pentru radiografii intra-orale, ce tip aţi alege? Justificaţi.
   _____
   _____

4. Comparaţi cei doi senzori digitali cu caracteristicile tehnice de mai jos, evidenţiind avantajele şi dezavantajele fiecărui detector:

Warranty	2 years	2 years
DICOM Compatible	Yes	Not Available
Chip Type	CMOS	CMOS
Connection	USB	USB
Wireless	No	No
Capture Card Required	No	No
Line Pairs (mm)	20 LP/mm	18 LP/mm
Megapixels	Size 1 - 1.5 Megapixels Size 2 - 2.04 Megapixels	Not Available
Positioner Type	Rinn	Not Available
Relative Film Size	1 2	1 2
Image Storage Format	Not Available	Not Available
Software Included	Yes	Yes
Training	Not Available	Inquire
Bridging to Practice Management Software	Yes	Yes
Selected Products	Not Available	Not Available

5. Analizaţi următoarele caracteristici tehnice ale detectorului PSP

Imaging plate sizes
Size 0 - 35 x 22 mm (1.38 x 0.87 in.)
Size 1 - 40 x 24 mm (1.57 x 0.94 in.)
Size 2 - 41 x 31 mm (1.61 x 1.22 in.)
Pixel size: 30 µm
True resolution: 12 lp/mm
Theoretical resolution: 16.7 lp/mm
Bits per pixel / Gray scale :16 bit / 65538
Weight: 4 kg (8.8 lbs);
Dimensions (H x W x D)231 x 167 x 216 mm (9.1 x 6.6 x 8.5 in.)
Connection: Ethernet RJ45
Operating voltage: 100-240 VAC, 50/60 Hz

Capitolul 5
Imaginea radiologică

Autori: Mihaela Hedeşiu, Raluca Roman

Cuprins

5.1. Caracteristicile generale ale imaginilor radiologice
5.1.1. Densitatea imaginii radiologice
5.1.2. Contrastul imaginii radiologice
5.1.3. Netitatea imaginii radiologice
5.1.4. Distorsiunea imaginii radiologice
5.1.5. Zgomotul imaginii radiologice
5.1.6. Localizarea spațială a obiectelor pe radiografia bidimensională
5.2. Limitele imaginii radiologice bidimensionale

Obiective

1. Caracterizarea unei radiografii din punct de vedere al densităţii, contrastului, netităţii şi distorsiunii
2. Enumerarea factorilor care influeţează densitatea, contrastul şi netitatea imaginii radiologice
3. Explicarea influenţei latitudinii filmului asupra contrastului imaginii radiologice
4. Alegerea tipului de contrast necesar în diferite patologii
5. Descrierea modului în care geometria de expunere poate influenţa forma, dimensiunea şi relaţia obiectelor pe radiografie
6. Prezentarea cauzelor şi a soluţiilor pentru reducerea zgomotului imaginii radiologice convenţionale şi digitale
7. Prezentarea modului în care se formează o imagine radioopacă şi una radiotransparentă
8. Capacitatea de a localiza spaţial două obiecte pe radiografia bidimensională
9. Recunoaşterea limitărilor pe care le are imaginea radiologică bidimensională

Termeni cheie

contrast	imagine bidimensională	netitate
densitate	imagine radiologică	scara de contrast
distorsiune	imagine tri-dimensională	SNR
geometrie de expunere	latitudine	zgomot

Imaginea radiologică medicală este o reprezentare vizuală a unor structuri anatomice din interiorul organismului uman, expuse la radiaţiile ionizante. Analiza imaginilor radiologice permite identificarea morfologiei normale, a variaţiilor anatomice precum şi a leziunilor patologice dintr-o anumită regiune anatomică. Unele imagini radiologice au capacitatea de a reda funcţionalitatea unor structuri sau organe (ex. sialografia poate să arate modificările funcţiei secretorii salivare).

5.1. Caracteristicile generale ale imaginilor radiologice

Calitatea imaginilor radiologice poate fi apreciată pe baza următoarelor caracteristici generale:

- densitatea
- contrastul
- netitatea
- distorsiunea geometrică.

5.1.1. Densitatea imaginii radiologice

Densitatea imaginilor radiologice reprezintă gradul de înnegrire a radiografiei. Spunem că o imagine radiologică are densitate scăzută atunci când este prea albă, și că are o densitate crescută, atunci când este prea neagră.

Factorii care influențează densitatea imaginii radiologice sunt:

- densitatea obiectului
- grosimea obiectului
- compoziția obiectului
- calitatea şi cantitatea fasciculului de radiații X
- condițiile în care se face examinarea radiografiei.

Densitatea obiectului. Obiectele care absorb în totalitate radiațiile X (de ex. metale cu număr atomic Z crescut) vor avea pe film o culoare albă și se numesc structuri radioopace, în timp ce structurile care nu absorb radiația X (ex. aerul) vor genera pe radiografie o imagine neagră. Între aceste două extreme, există diferite nuanţe de gri, care corespund diferitelor densităţi ale elementelor morfologice radiografiate.

Dacă densitatea obiectului traversat de radiațiile X este crescută, absorbția radiațiilor va crește şi ca urmare, pe filmul radiologic va ajunge o cantitate redusă de radiații, rezultând o imagine cu densitate scazută (radioopacă). În mod similar, obiectele cu densitate scăzută, vor absorbi mai puțină radiație şi imaginea obținută va avea o densitate crescută (radiotransparentă) (Figura 5.1).

Figura 5.1. Materialul de obturație la 2.6 apare radioopac (săgeata), sinusul maxilar apare radiotransparent (asterix)

Grosimea obiectului. Absorbţia radiaţiilor creşte proporţional cu grosimea obiectului. Pentru a obţine o densitate corespunzătoare a imaginii radiologice, structurile anatomice cu grosime crescută vor necesita o cantitate mai mare de radiaţii.

Compensarea efectului de scădere a densității imaginii radiologice, în cazul obiectelor cu grosime mai mare, se face prin creşterea parametrilor de expunere, în funcție de talia pacientului. De exemplu, dacă se expune aceeași regiune dentară, este nevoie de un timp de expunere mai ridicat la adult faţă de un copil.

Compoziţia obiectului. Densitatea imaginii radiologice este invers proporțională cu densitatea obiectului şi cu numărul atomic Z al elementelor care intră în compoziția acestuia.

Structurile cu număr atomic (Z) crescut vor absorbi o cantitate mai mare de radiații, iar imaginea radiologică va avea o densitate scăzută, fiind mai albă. De exemplu, materialele folosite în tratamentele endodontice, au încorporate în compoziţia lor oxid de zinc, sulfat de bariu, elemente cu număr atomic Z crescut (^{30}Zn, ^{56}Ba), care generează pe imaginea radiologică o imagine albă, cu densitate scăzută.

Calitatea şi cantitatea fasciculului de radiații X. Factorii de expunere (kV, mA, timp

de expunere) pot controla densitatea imaginilor radiologice.

Prin creşterea kV-ului, se vor obţine radiaţii X cu lungime de undă scăzută şi cu penetrabilitate crescută. Densitatea imaginii radiologice variază direct proporţional cu valoarea kV-ului şi invers proporţional cu lungimea de undă a radiaţiilor. Prin mărirea valorilor kV-ului se obţine o înnegrire a imaginii radiologice.

Densitatea imaginii radiologice este direct proporţională cu cantitatea de radiaţii X generată de tubul Röntgen (mAs). O imagine radiologică prea neagră, cu densitate crescută, se obţine dacă timpul de expunere a fost prea mare sau din contră, o imagine este prea albă dacă timpul de expunere a fost prea redus.

Aparatele radiologice dentare care permit modificarea miliamperajului oferă posibilitatea controlului densității imaginilor radiologice. Totuşi, astăzi, majoritatea aparatelor radiologice dentare moderne nu permit modificarea mA și kV, fiind posibilă doar alegerea timpului de expunere.

Condiţiile de examinare ale radiografiei. Densitatea imaginii radiologice depinde și de condițiile în care se face examinarea radiografiei. Pe o imagine radiologică cu înnegrire accentuată, detaliile vor fi mai bine vizibile, dacă radiografia este examinată la o sursă de lumină cu intensitate mare, cu o luminiscenţă de peste 1500-3000 candela/m^2.

O imagine prea albă, sau prea neagră, este lipsită de detalii, calitatea acesteia putând afecta acuratețea diagnosticului. O radiografie cu densitate acceptabilă permite medicului să distingă și să delimiteze clar pe imagine structurile examinate, în funcție de densitatea lor.

Cauzele unei radiografii prea albe, cu densitate redusă, sunt următoarele:

- subexpunerea (mAs prea redus)
- temperatura prea redusă a revelatorului
- timpul prea scurt al menținerii filmului în revelator
- revelatorul învechit.

Cauzele unei radiografii convenţionale prea negre, cu densitate crescută, sunt:

- supraexpunerea filmului radiologic (mAs prea ridicat)
- temperatura prea crescută a revelatorului
- filmul a fost menținut un timp prea îndelungat în revelator
- revelatorul este prea concentrat
- voalarea filmului.

5.1.2. Contrastul imaginii radiologice

Contrastul poate fi definit ca valoarea diferenței între tonurile de gri prin care se face tranziția între alb și negru, pe imaginea radiologică.

Cu cât se pot distinge mai multe nivele de gri pe imaginea radiologică, contrastul va fi mai scăzut. Dacă, pe o imagine radiologică, se observă bine structurile intens radiopace (albe), precum și cele intens radiotransparente (negre), dar există o tranziție bruscă de la alb la negru, cu puține tonuri de gri, se consideră că imaginea radiologică are un contrast crescut.

Avem nevoie de imagini radiologice cu contrast crescut atunci când dorim să observăm mai bine structuri între care există diferențe mari de densitate. De exemplu, leziunile carioase vor fi mai bine vizibile pe o radiografie cu contrast crescut, unde radiotransparența cariei dentare se proiectează pe fondul radioopac al structurilor dure dentare (Figura 5.2).

Figura 5.2. Radiografie periapicală 2.7, 2.8. Evidenţierea mai bună a profunzimii cariilor proximale pe o imagine cu contrast crescut

Imaginile radiologice cu contrast scăzut permit evidențierea mai multor detalii şi de aceea sunt utile pentru aprecierea morfologiei şi a modificărilor structurii osoase a crestei alveolare. Ele sunt recomandate în diagnosticul resorbţiilor alveolare din parodontitele cronice sau pentru evidenţierea demineralizărilor incipiente în parodontita apicală (Figura 5.3).

Figura 5.3. Radiografie periapicală 4.5-4.8. Evidenţirea mai bună a crestei alveolare pe o imagine cu contrast scăzut

Contrastul imaginii radiologice depinde de densitatea structurilor radiografiate, de calitatea filmului radiologic sau a detectorului digital şi de calitatea fasciculului de radiaţii X.

Diferența de densitate dintre obiectele radiografiate. Pentru a diferenția două structuri pe o radiografie, ele trebuie să aibă o absorbţie diferită a radiaţiilor X. De exemplu, dentina și cementul radicular au aceeaşi absorbţie a radiaţiilor X şi ele nu pot fi diferențiate pe radiografia dentară.

Factorii care influențează contrastul imaginii sunt următorii:

- Diferența de densitate dintre obiectele radiografiate
- Tipul filmului radiologic sau rezoluţia de contrast a detectorului digital
- Kilovoltajul
- Latitudinea filmului radiologic
- Voalarea filmului radiologic.

Pentru a exista un contrast între două obiecte radiografiate, este necesar ca între ele să existe o diferență de grosime, de densitate sau de compoziție. În figura 5.4 se poate observa diferenţa de contrast dintre dentină şi smalţul dentar, determinată de radioopacitatea crescută a cristalelor de hidroxiapatită, din compoziţia smalţului dentar.

Figura 5.4. Radiografie periapicală 4.5-4.7 - se poate observa diferenţa de densitate între smalţul dentar şi dentina coronară şi lipsa de contrast dintre cementul radicular şi dentina de la nivel radicular

Tipul filmului sau al senzorului digital

Granulaţia filmului poate influenţa contrastul imaginii radiologice. Filmele radiologice, rapide, cu viteză E sau F, prezintă granulații mari, iar radiografiile obținute vor avea mai puține tonuri de gri, comparativ cu filmele din clasa D, care prezintă granulații mici și numeroase.

Scala de contrast a filmului radiologic reprezintă lărgimea intervalului tonurilor de gri,

care pot fi identificate pe radiografie. Pe filmele radiologice sau detectorii digitali cu scară de contrast redusă, vor fi bine vizibile doar elementele morfologice cu densități extreme, care generează pe radiografie imagini cu radioopacitate sau radiotransparență crescută, fără a se putea face o distincţie clară între elemente cu densităţi intermediare.

Scala de contrast largă a filmului radiologic va genera un interval larg al tonurilor de gri şi va permite diferenţierea mai multor densităţi pe radiografie. Filmele radiologice cu scară largă de contrast pot fi expuse cu intervale mai largi de kV-ului în comparaţie cu filmele care au o scară redusă de contrast fiind posibilă obţinerea mai multor tonuri de gri pe radiografie.

Pentru a determina scala de contrast a unui film radiologic sau a unui detector digital se poate folosi o scară din aluminiu, cu mai multe trepte, fiecare treaptă având o creștere uniformă a grosimii cu 2 mm (Figura 5.5). Această scară este utilizată şi pentru monitorizarea calității filmului radiologic sau a senzorilor digitali.

Rezoluţia de contrast a detectorilor digitali a fost prezentată în capitolul 4.

Parametri de expunere - Kilovoltajul (kV). Radiațiile X cu energie crescută au o penetrabilitate crescută, rezultând o imagine radiologică în care se pot distinge mai multe variații ale tonurilor de gri.

Cu cât kV-ul este mai mare, cu atât imaginea radiologică va avea un contrast mai scăzut şi vor exista mai multe tonuri de gri pe radiografie (Figura 5.6). În schimb, reducerea kV–ului, va creşte contrastul imaginii radiologice, iar pe radiografie vor fi mai evidente structurile intens radioopace sau intens radiotransparente, cu puține tonuri de gri între aceste extreme (Figura 5.7).

Latitudinea filmului radiologic. Latitudinea filmului radiologic este definită ca lărgimea intervalului de expunere (s) pentru care se obțin densități acceptabile ale imaginii radiologice. Cu cât latitudinea filmului este mai largă, pe imaginea radiologică obţinută se vor putea diferenția mai multe structuri anatomice şi variate tonuri de gri. Un film cu latitudine largă are, în consecinţă, un contrast scăzut al imaginii radiologice.

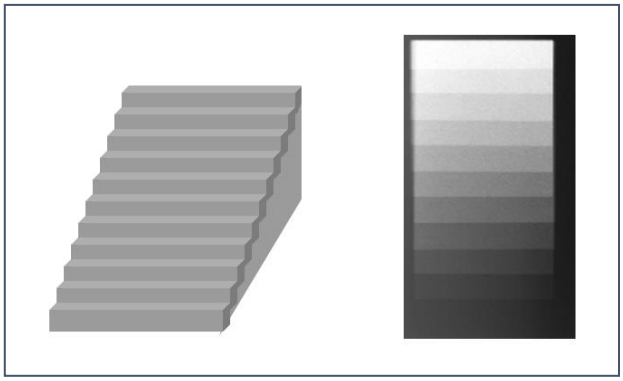


Figura 5.5. Scala de Aluminiu și imaginea tonurilor de gri datorate absorbției diferitelor trepte de grosime

Figura 5.6. Radiografie periapicală 1.5-1.6, contrast optim, efectuată cu valoare de kV ridicată

Figura 5.7. Radiografie periapicală 1.4-1.7, efectuată cu un kV scăzut, puține tonuri de gri

Modul de variaţie al densităţii optice a imaginii radiologice (axa Y), în funcţie de timpul de expunere (axa X), este reprezentată în figura

5.8. Dacă timpul de expunere este foarte mic, imaginea radiologică pe care o vom obține în final va fi aproape albă, adică densitatea imaginii va fi scăzută. Pe măsură ce va crește timpul de expunere (s), pe imaginea radiologică vor apărea tonuri de gri, care permit diferențierea structurilor radiografiate în funcţie de gradul lor de absorbţie a radiaţiilor. La un moment dat însă, dacă timpul de expunere este prea mare, radiografia obţinută va fi în totalitate neagră. Oricât s-ar mai creşte timpul de expunere, imaginea obţinută se va menține neagră. Intervalul de expunere pentru care pe radiografie se obține un contrast optim, iar imaginea radiologică are suficiente nivele de gri, pentru diferențierea structurilor radiografiate şi pentru efectuarea unui diagnostic corect, defineşte latitudinea filmului radiologic.

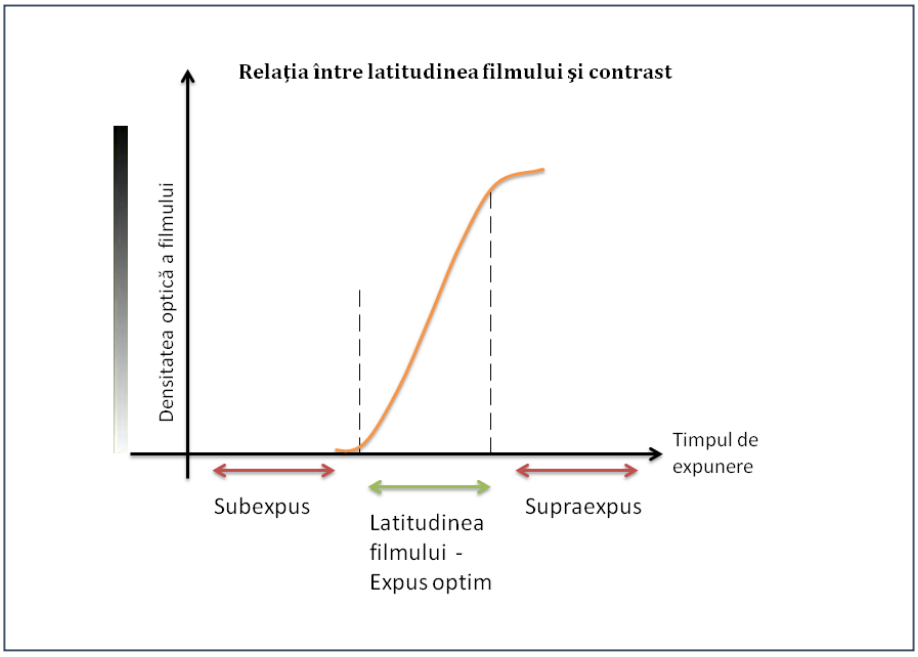


Figura 5.8. Relaţia între latitudinea filmului şi timpul de expunere, cu influenţă directă asupra densităţii optice a imaginii şi a contrastului acesteia

O imagine radiologică prea albă se numeşte **subexpusă** şi nu permite identificarea elementelor radiografiate. O imagine radiologică prea neagră se numeşte **supraexpusă**, şi pe langă faptul că nu oferă detaliile necesare pentru diagnostic, iradierea pacientului este mai crescută.

Cu cât latitudinea filmului este mai mare, imaginea radiologică va avea o scală de gri mai largă, şi se va putea obține un contrast mai scăzut, cu evidențierea mai multor detalii pe radiografie. Dacă latitudinea filmului este redusă, vor exista puține tonuri de gri pe radiografie şi un contrast crescut al imaginii.

Latitudinea este o caracteristică valabilă şi pentru detectorii digitali, cu aceleaşi relaţii prezentate ca şi pentru filmul analog.

Voalarea filmului. Voalarea filmului radiologic produce înnegrirea crescută a imaginii, prin expunerea la lumină a cristalelor de halogenură de argint. Contrastul imaginii radiologice obţinute cu film voalat, va fi crescut, datorită reducerii numărului de tonuri de gri pe imagine.

Asupra detectorilor digitali de tip PSP, există o influenţă a diferitelor tipuri de lumină ambientală, dacă se întârzie cu mai mult de 10 minute scanarea plăcuţei. Expunerea senzorilor PSP la lumină galbenă produce scăderea densităţii optice a imaginii şi reducerea contrastului. Acelaşi efect apare şi dacă imaginea latentă captată de detector este expusă la lumina solară intensă, în momentul introducerii în aparatul de scanare.

5.1.3. Netitatea imaginii radiologice

Netitatea imaginii radiologice este definită de claritatea cu care sunt conturate structurile de pe radiografie. Pentru ca o imagine radiologică să aibă o netitate bună, este necesar ca penumbra creată de proiecţia fasciculului de radiaţii la marginea obiectelor radiografiate să fie cât mai redusă (Figura 5.9).

Structurile radiografiate trebuie să prezinte contururi clare pentru a putea fi bine delimitate pe film și pentru a permite evaluarea raporturilor cu structurile adiacente.

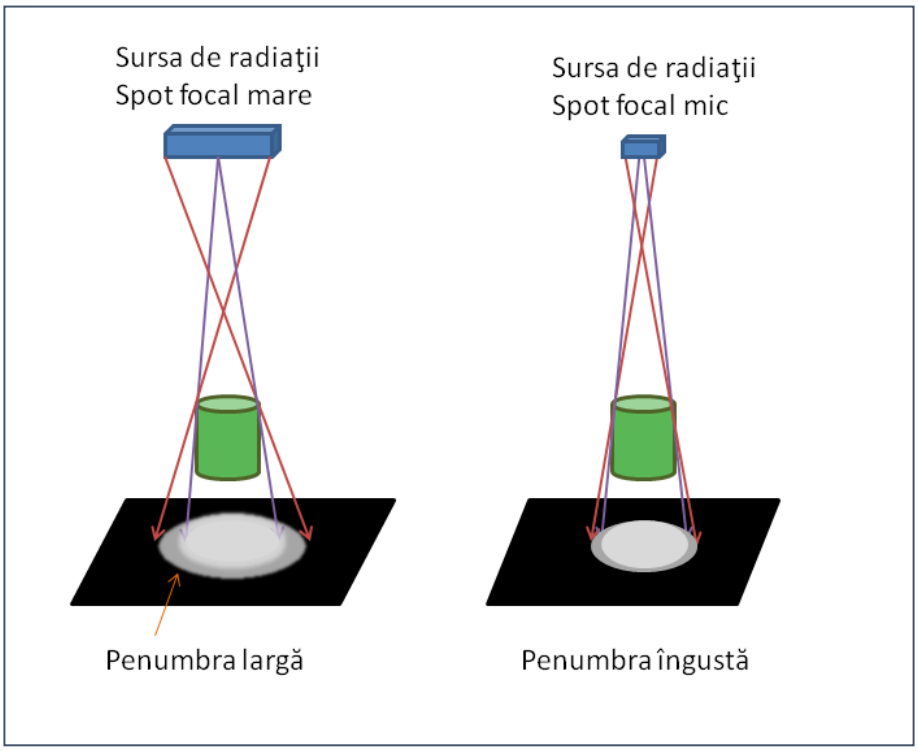


Figura 5.9. Efectul de formare al penumbrei la trecerea razelor X în mod tangenţial la marginea obiectului. Relația între mărimea spotului focar și lărgimea penumbrei

Netitatea imaginii este influențată de o serie de factori care depind de construcția echipamentului radiologic, de geometria de expunere și de calitatea detectorului de imagine.

Factorii care influențează netitatea imaginii radiologice sunt:

- Mărimea spotului focal
- Distanța sursă - obiect
- Distanța obiect – film (detector)
- Tipul filmului sau rezoluţia de achiziţie a detectorului
- Calitatea ecranelor intensificatoare
- Mișcarea pacientului.

Mărimea spotului focal. Dimensiunea spotului focal trebuie să fie cât mai mică pentru a îngusta efectul de penumbră, creat la marginile obiectului radiografiat (Figura 5.9). Construcția aparatelor radiologice prevede înclinarea focarului anodic față de fereastra situată la ieșirea radiațiilor din tubul Röntgen, astfel încât focarul anodic aparent să fie cât mai mic (Capitolul 2). La aparatele radiologice dentare, dimensiunea spotului focal variază între 0,6 şi 1 mm^2. Cu cât dimensiunea spotului focal este mai mică, cu atât crește și cantitatea de căldură generată la anod. Cele mai multe companii de aparatură radiologică folosesc cel mai mic spot focal posibil, pentru a îmbunătăți calitatea imaginii radiologice, precum și sisteme performante de restricție a producerii de căldură la anod.

Calitatea detectorului de imagine. Compoziția filmului radiologic, forma și dimensiunea cristalelor emulsiei active a acestuia, pot influența netitatea imaginii radiologice. Filmele rapide, din clasa E sau F-speed, au cristale mari, tabulare și, în consecință, vor produce imagini radiologice cu netitate mai redusă față de filmele din clasa D-speed, care au o granulație fină. Totuși, în practică se preferă utilizarea filmelor rapide, deoarece doza de iradiere cu aceste filme este mult mai mică, iar netitatea poate fi compensată prin corectarea geometriei de expunere.

Pentru radiografiile extraorale, netitatea imaginii radiologice este afectată de utilizarea ecranelor intensificatoare. Sub acţiunea radiaţiilor X, acestea produc lumină și vor impresiona indirect cristalele de bromură de argint ale filmului radiologic. Filmele extraorale EKTAVISION prezintă o netitate crescută față de cele T-MAT, datorită stratului antireflexie, care împiedică impresionarea ambelor fețe ale filmului radiologic în cursul expunerii (Capitolul 7).

Netitatea imaginii radiologice digitale depinde în primul rând de calitatea detectorilor digitali. Ea poate fi caracterizată, din punct de vedere cantitativ, prin două mărimi fizice măsurabile: MTF (modulation transfer function) și NPS (noise power spectrum). Rezoluția este o măsură a capacității sistemului digital de a reda detaliile unui obiect radiografiat.

Rezoluția detectorilor digitali se exprimă în perechi de linii pe milimetru (lp/mm). MTF este o măsură a abilității detectorului digital de a transfera contrastul obiectului către imaginea lui radiologică, pentru o anumită rezoluție spațială dată. Cu alte cuvinte, MTF este o mărime care încorporează atât rezoluția spațială cât și rezoluția de contrast a imaginii într-o singură specificație fizică. Dacă rezoluția detectorului este mică, adică numărul de perechi de linii pe milimetru (pl/mm) este redus, transferul eficient al contrastului obiectului către imaginea radiologică este de asemenea mai redus, detectorul având un MTF diminuat (Figura 5.10).

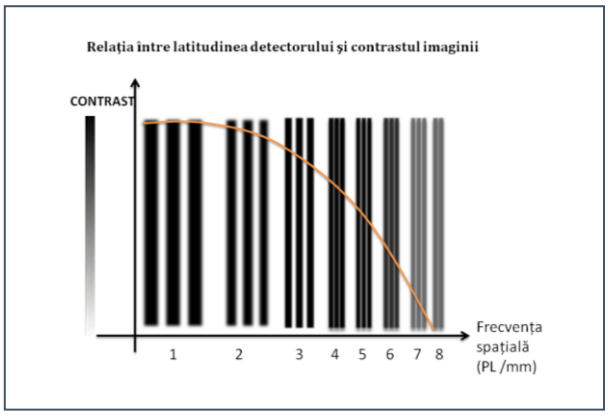
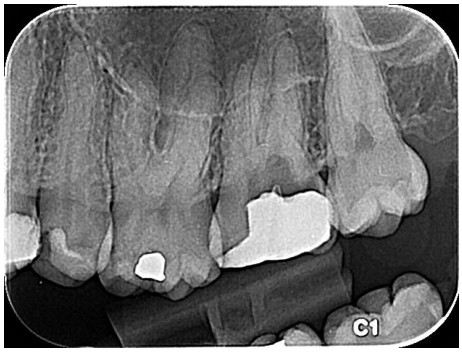


Figura 5.10. Efectul rezoluției detectorului asupra contrastului imaginii radiologice

În practică, netitatea imaginii radiologice digitale se apreciază prin aplicarea testelor de calitate a imaginii (test objects). Imaginile cu rezoluție înaltă sunt acele imagini care redau multe detalii, cu un minim zgomot al imaginii (Figura 5.11. a, b).



a.

b.

Figura 5.11. a, b. Diferența de zgomot detectabil pe imagine în cazul a doi detectori de tip PSP

Geometria de expunere. Netitatea imaginii este influenţată de distanța dintre obiect și filmul radiologic și de distanța dintre sursa de radiații și obiectul radiografiat.

Distanța sursă-obiect. Cu cât distanța dintre sursa de radiații X și regiunea radiografiată este mai mare, cu atât efectul de penumbră se va reduce, iar imaginea va avea o netitate mai bună. Folosirea tehnicilor de radiografiere long-cone și a tuburilor colimatoare cu lungime de 15-20 cm, îngustează divergenţa fasciculului de radiații și îmbunătățesc netitatea imaginii, prin reducerea efectului de penumbră (Figura 5.12).

Distanța dintre obiect și film. Cu cât distanța dintre dinte și film este mai mică, cu atât netitatea este mai bună, prin micșorarea efectului de penumbră. În tehnica paralelă, filmul radiologic are o poziție profundă în cavitatea orală, și se găsește la o distanță crescută față de dinte (Capitolul 6). Acest lucru deteriorează netitatea imaginii radiologice, prin apariția unei penumbre mai mari (Figura 5.13). Totuși, netitatea poate fi ameliorată prin creșterea distanței dintre sursă și obiect, prin utilizarea tuburilor colimatoare lungi și a sistemelor film-holder.

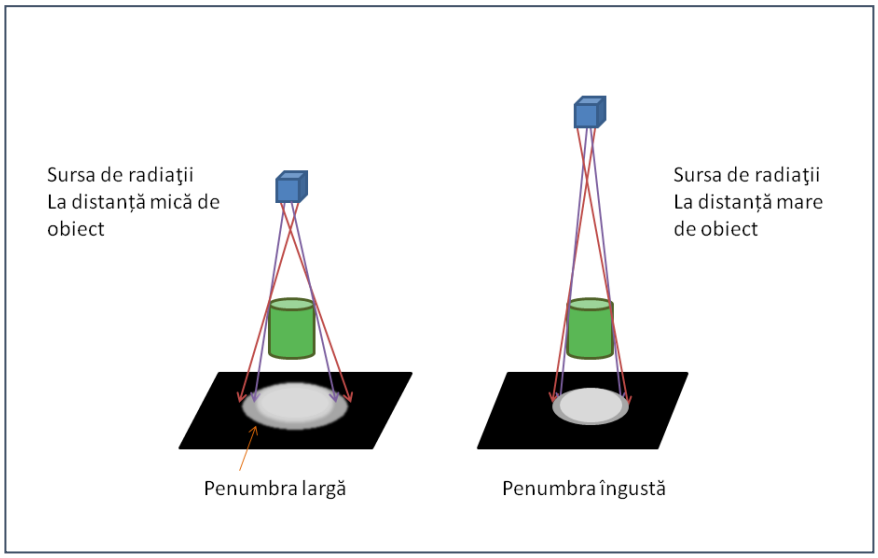


Figura 5.12. Distanța mare între sursă și obiect duce la reducerea penumbrei și la o netitate bună

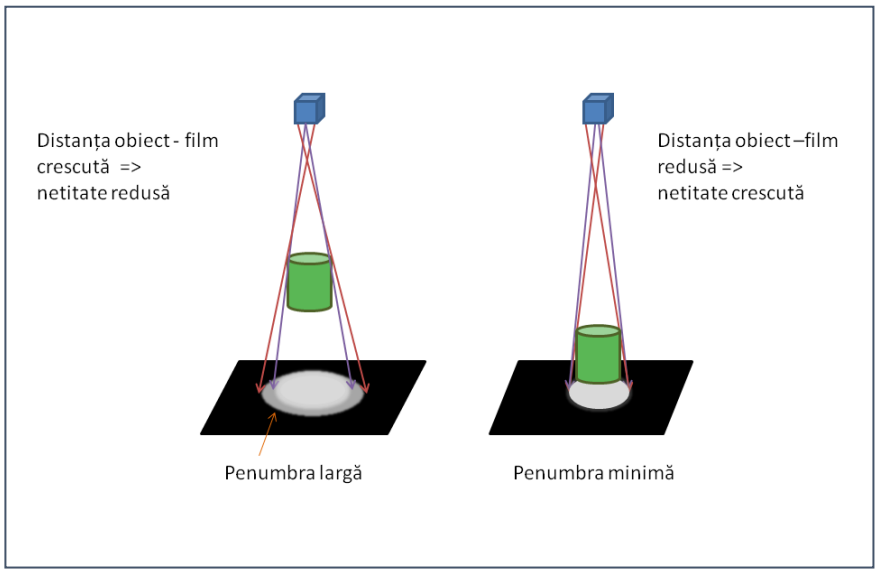


Figura 5.13. Distanța dintre film și obiect influențează netitatea invers proporțional

Mișcarea din timpul expunerii. Mișcarea pacientului, sau mişcarea filmului radiologic, în timpul expunerii, poate să diminueze netitatea și claritatea contururilor (Figura 5.14).

În radiografia panoramică, datorită deplasării sursei de radiații în timpul expunerii, se produce o scădere a netității imaginii radiologice panoramice. În radiografia periapicală, tubul Röntgen și filmul radiologic au o poziție fixă, imaginea radiologică având o netitate crescută. Detaliile de contur ale structurilor dentare prezente pe radiografia panoramică sunt mai slab definite decât pe radiografia periapicală. Ortopantomografele digitale au încorporate software-uri specializate de compensare a mișcării tub-casetă, cu efect de imbunătăţire a calității imaginii radiologice, față de imaginea panoramică din radiologia convenţională.

Figura 5.14. Mișcarea în timpul expunerii a rezultat în neclaritatea structurilor de la nivel maxilar și mandibular stâng

5.1.4. Distorsiunea imaginii radiologice

Distorsiunea imaginii radiologice reprezintă modificarea formei unui obiect, sau a raportului acestuia față de structurile învecinate.

Conicitatea fasciculului de radiații. Datorită divergenței fasciculului de radiații X la ieșirea din tubul radiogen, dimensiunile obiectelor pe radiografie vor fi mărite (Figura 5.15). Efectul de mărire poate fi redus prin creșterea distanței dintre sursa de radiații și filmul radiologic, sau prin apropierea filmului de obiectul radiografiat (Figura 5.16).

Factorii care influențează distorsiunea imaginii sunt următorii:

- divergența fasciculului de radiații X
- angulația dintre dinte și filmul radiologic
- angulația dintre proiecția centrală a fasciculului de radiații X și axul dintelui
- angulația fasciculului de radiații X fața de filmul radiologic.

Prin îndepărtarea sursei de radiații față de obiect, conicitatea fasciculului de radiații se reduce, iar radiațiile devin aproape paralele (Figura 5.16).

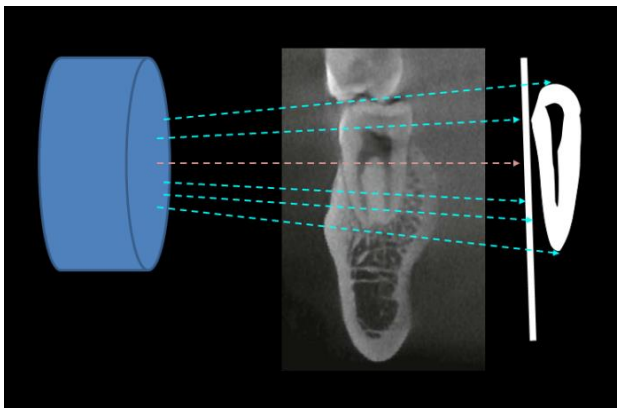


Figura 5.15. Distanța mică sursă-dinte, și mare dinte-film, generează deformarea imaginii, aceasta fiind mărită

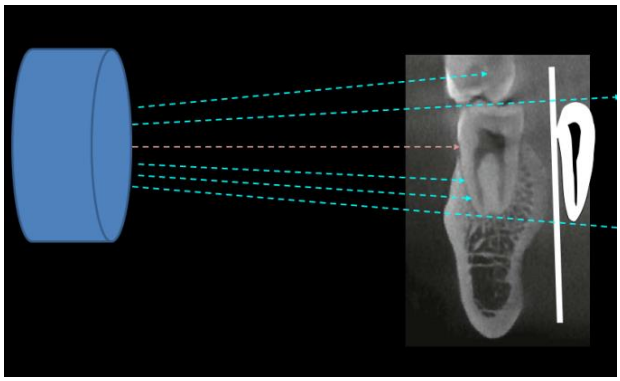


Figura 5.16. Creșterea distanței între sursă și dinte precum și apropierea filmului de dinte, reduce deformarea imaginii

Angulația dintre dinte și film. În radiografia periapicală efectuată prin tehnica bisectoarei, filmul radiologic este plasat retroalveolar. Datorită grosimii crestei alveolare, se va forma întotdeauna un unghi între axul dintelui și axul filmului. În aceste condiții, este imposibil ca imaginea reală a dintelui radiografiat să corespundă perfect imaginii lui radiologice, în sensul respectării dimensiunii reale a obiectului, și a raportului lui cu elementele din jur (de ex. raportul coletului dentar față de marginea superioară a crestei alveolare nu este real pe o radiografie efectuată prin tehnica bisectoarei) (Figura 5.17).

Așadar, tehnica bisectoarei generează întotdeauna o imaginea radiologică deformată, datorită înclinației dintre dinte și film, iar dimensiunea dintelui radiografiat și a canalelor radiculare nu este niciodată reală.

Distanța dintre nivelul marginii libere a crestei alveolare și joncțiunea amelo-cementară poate fi mai mărită sau micșorată, în funcție de înclinația fasciculului de radiații față de verticală (Figura 5.18).

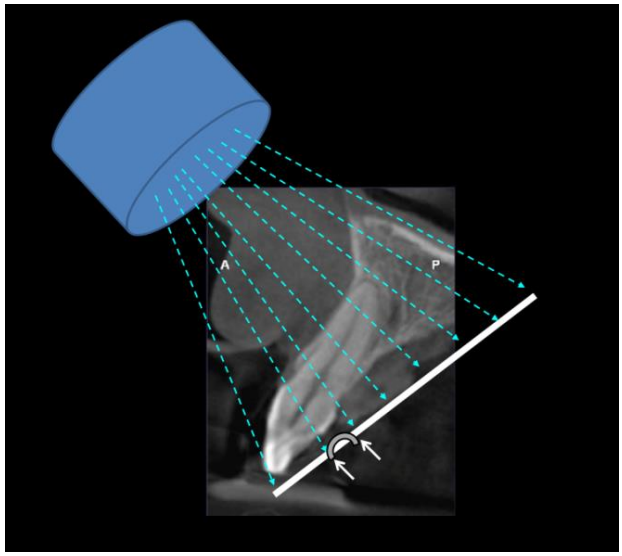


Figura 5.17. Desfășurarea coletului dentar pe radiografia periapicală prin tehnica bisectoarei

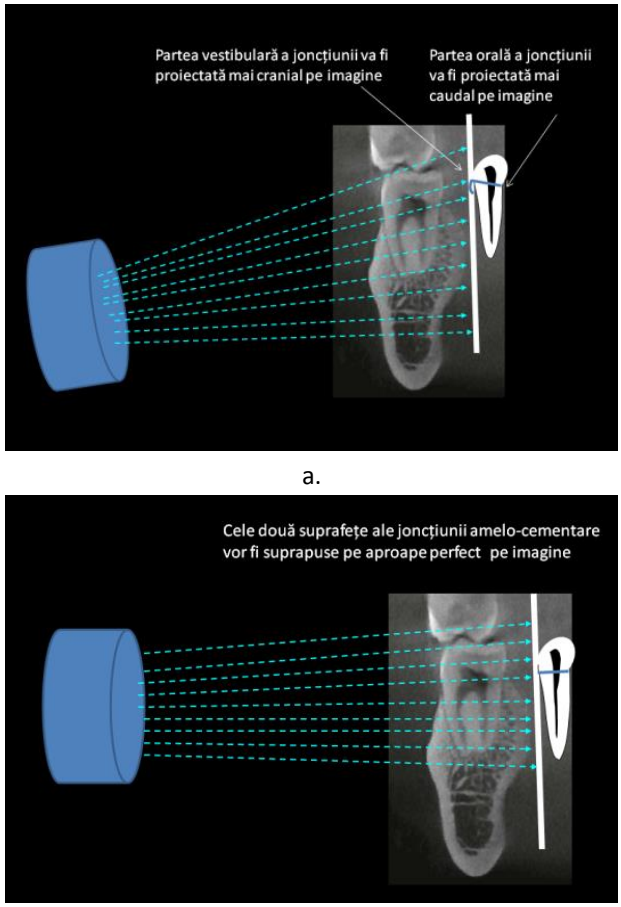


Figura 5.18. Proiecția coletului dentar a) desfășurat în cazul prezenței angulației fasciculului; b) cu marginile vestibulară și orală perfect suprapuse în cazul unui fascicul neangulat

În tehnica paralelă, filmul radiologic este poziționat paralel cu axul dintelui, astfel încât direcția centrală a fasciculului de radiații este perpendiculară atât pe dinte cât și pe film. Imaginea radiologică obținută prin tehnica paralelă este mai puțin deformată față de cea obținută prin tehnica bisectoarei.

În concluzie, pentru a obține o imagine radiologică cu calitate cât mai bună, este nevoie să fie îndeplinite următoarele condiții:

- sursa de radiații să dispună de un focar anodic cât mai mic
- distanța dintre sursă și dinte să fie cât mai mare (cel putin 20 cm)
- direcția centrală a fasciculului de radiații să fie perpendiculară pe filmul radiologic
- axul dintelui să fie paralel cu filmul radiologic sau cu detectorul digital.

5.1.5. Zgomotul imaginii radiologice

Apariția unei densități nedorite pe o imagine radiologică cu expunere uniformă poartă numele de zgomot. El poate fi identificat ca un fond granular, ce imprimă fine neregularități imaginii radiologice, având ca efect degradarea calității imaginii și a informației conținute de aceasta. Zgomotul poate să fie permanent și să apară pe toate imaginile radiologice efectuate cu acel sistem radiologic, sau poate să fie doar inconstant. Intensitatea lui depinde de cauza care îl generează și de severitatea acesteia.

Raportul semnal-zgomot (Signal to noise ratio - SNR). SNR este termenul folosit pentru a măsura raportul dintre semnalul care reflectă anatomia reală a obiectelor radiografiate și semnalul datorat zgomotului (interferențelor) unei imagini radiologice.

În **radiologia convențională,** zgomotul depinde de numărul de fotoni care ajung la filmul radiologic. Reducerea zgomotului, poate fi realizată prin creșterea cantității de radiaţii X (mAs) utilizată pentru expunere. Radiografiile efectuate cu valori crescute ale mAs vor avea și doze de radiații crescute, dar zgomotul imaginii va fi diminuat prin creșterea raportului semnal – zgomot (SNR). Dacă, de exemplu, se mărește doza de radiatii de n ori, zgomotul imaginii va scădea de n^2 ori.

Cu cât numărul de fotoni absorbiți este mai mare, cu atât se va mări raportul semnal-zgomot (SNR) și va exista mai puțin zgomot pe imaginea radiologică. În schimb, utilizarea unui kV înalt și a ecranelor intensificatoare va reduce numărul de fotoni și doza de radiație, reducând SNR.

Sursa zgomotului în radiografia clasică poate fi una dintre următoarele:

- granulația crescută a filmului radiologic
- calitatea redusă a foliilor întăritoare utilizate în radiografia panoramică
- erori de manipulare sau de procesare a filmului radiologic
- mișcarea pacientului sau a filmului în timpul expunerii.

În cazul **imaginii digitale**, zgomotul imaginii radiologice este generat de către toate sistemele electronice și are numeroase surse, inclusiv interferenţele electronice ale sistemului digital.

Sursa zgomotului în radiologia digitală poate fi localizată la următoarele nivele:

- detector digital
- algoritm de reconstrucție a imaginii
- componentele electronice ale sistemului digital
- semnalul video.

Zgomotul imaginii în radiografia digitală poate fi scăzut prin creșterea valorilor miliamperajului, ale timpului de expunere (mAs), sau prin schimbarea filtrelor pentru reconstrucția imaginii digitale.

5.1.6. Localizarea spațială a obiectelor pe radiografia bidimensională

Dacă există mai multe obiecte, dispuse spațial unele față de altele, raportul dintre ele nu poate fi redat pe o singură imagine bidimensională. Este necesar să se efectueze mai multe radiografii, din incidențe diferite, și cu variate proiecții ale fasciculului de radiații.

Proiecția unei imagini radiologice reprezintă poziția relativă a obiectului radiografiat și a filmului radiologic față de direcția fasciculului de radiatii X. Înainte de examinarea oricărei radiografii, medicul trebuie să știe care a fost proiecția și incidența din care s-a realizat examinarea respectivă.

Dacă avem două obiecte, unul situat anterior, iar al doilea în plan posterior față de primul, pe imaginea radiologică bidimensională aceste două obiecte se vor suprapune. Pentru a le putea diferenția este necesară o altă radiografie, în care fasciculul de radiații are o proiecție excentrică, mezială sau distală. Pe cea de-a doua radiografie, efectuată excentric, obiectul localizat palatinal se va deplasa în același sens cu tubul radiogen, iar cel vestibular se va deplasa în sens contrar poziției tubului radiogen (regula paralaxei sau principiul SLOB - Same Lingual Opposite Buccal) (Figura 5.19).

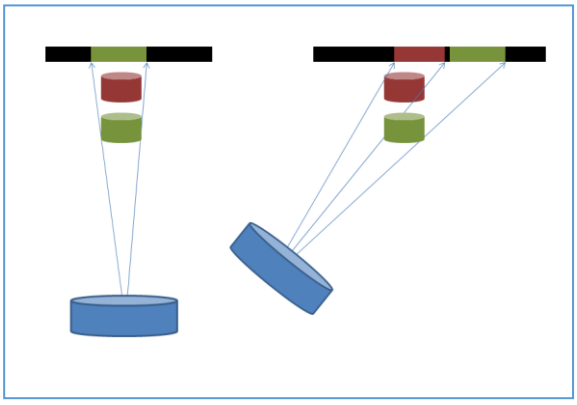


Figura 5.19. Principiul paralaxei sau SLOB, cu disocierea celor două elemente la schimbarea proiecţiei fasciculului de radiaţii

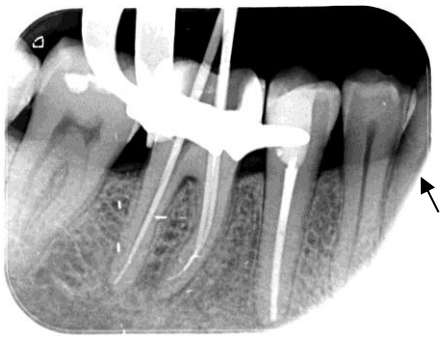
Principiul SLOB este valabil și dacă tubul se deplasează în plan vertical, în sens cranial sau caudal. Dacă imaginea obiectului pe radiografie se deplasează în aceeași direcție cu tubul, atunci este localizat palatinal, iar dacă se deplasează în sens contrar, atunci este situat vestibular. Dacă inițial se efectuează o radiografie periapicală la un canin superior, cu raza centrală direcționată spre aripa nazală, iar apoi se efectuează a doua radiografie în incidență bite-wing, în care tubul a fost deplasat inferior, fiind centrat la nivelul planului de ocluzie, caninul inclus este situat palatinal, deoarece se deplasează în jos, în aceeași direcție cu tubul Röntgen.

Determinarea poziției spațiale a obiectelor pe radiografia bidimensională este deosebit de utilă pentru localizarea leziunilor în vederea stabilirii căii de abord terapeutic. De exemplu, dinții incluși în poziție oblică sau transversală, pot avea coroana dentară orientată fie înspre vestibular, fie înspre oral. Înainte de abordul lor chirurgical, medicul trebuie să identifice corect poziția spațială a coroanei dintelui inclus, pentru realizarea unei terapii eficiente și pentru reducerea riscului intervențional.

În endodonție, localizarea spațială a **canalelor radiculare** este importantă pentru evaluarea corectitudinii obturațiilor sau, dacă este necesar retratamentul endodontic. Figura 5.20 ilustrează în cazul molarului 4.6, suprapunerea celor două canale, vestibular și oral ale rădăcinii meziale pe radiografia ortoradial efectuată (a), iar în imaginea a doua, efectuată excentric, de control la finalul tratamentului, relevă separarea acestora, cu identificarea optimă a fiecărui canal.

Datorită proiecției bidimensionale a imaginii radiologice, unele structuri localizate în planșeul bucal, cum ar fi calculii salivari, se vor proiecta pe o radiografie panoramică la nivelul osului mandibular.

Diferențierea leziunilor intraosoase de cele situate în părțile moi este importantă atât din punct de vedere al diagnosticului cât și al căii de abord terapeutic. În aceste situații, una dintre posibilități este aceea de a face o radiografie ocluzală, pe care cele două obiecte se vor vedea separat (Figura 5.21).



a.

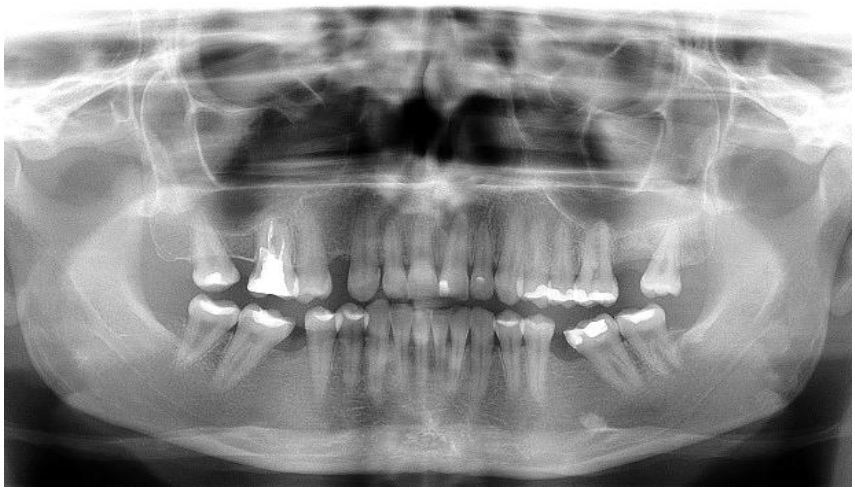
b.

Figura 5.20. a. În prima imagine cele două canale ale rădăcinii meziale sunt instrumentate și apar suprapuse; b. la deplasarea distală a tubului se disociază canalele rădăcinii meziale, canalul vestibular fiind deplasat înspre mezial

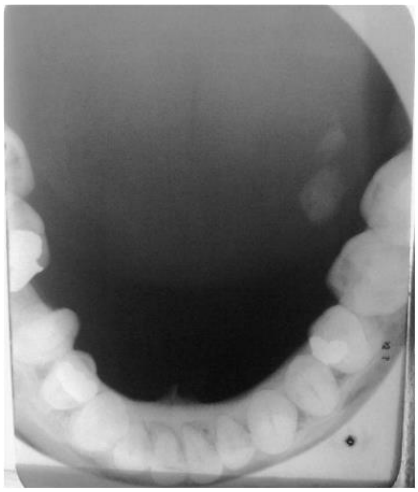
5.2. Limitele imaginii radiologice bidimensionale

În interpretarea oricărei imagini radiologice, trebuie să ținem cont de faptul că imaginea radiologică este o proiecție optică a unor structuri radiografiate. În general, calitatea unei radiografii depinde de capacitatea ei de a reda detaliile obiectului radiografiat. Interpretarea imaginii radiologice trebuie însă să țină seama de iluziile optice și de erorile pe care proiecția bidimensională a unor obiecte spațiale, tridimensionale, le poate crea pe o radiografie bidimensională.

Metodele radiologice bidimensionale (ex. radiografia periapicală, radiografia panoramică) furnizează o reprezentare vizuală a obiectelor radiografiate doar într-un singur plan, în timp ce imagistica radiologică secțională (ex. CBCT, MSCT), poate reda imaginea spațială tridimensională a obiectelor şi structura lor internă, în mai multe planuri de proiecție ale imaginii.



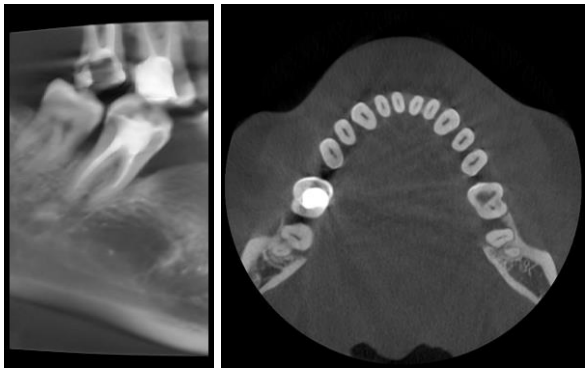
a.



b.

Figura 5.21. a. OPT. Opacitate milimetrică suprapusă la nivelul ramului mandibular stâng; b. Radiografie ocluzală de planşeu, pune în evidenţă localizare în afara structurii osoase, etiologie litiazică salivară

Imaginea radiologică bidimensională este, aşadar, foarte limitată în ceea ce privește caracterizarea raporturilor dintre elementele situate în interiorul unei structuri tridimensionale (Figura 5.22).



a. b.

Figura 5.22. a. Aspectul radiografic la 4.7 cu obturație radioopacă; b. Aspectul la CBCT secțiune axială a coroanei, cu prezența de structură dentară anterior de obturație, care nu poate fi evidențiată pe prima imagine, datorită suprapunerii

O proiecție bidimensională a unei structuri tridimensionale poate ascunde detalii de formă (Figura 5.23), sau de structură, prin suprapunerea diferitelor obiecte, care compun structura respectivă.

Atunci când examinăm o imagine bidimensională, este important să ținem cont de trei aspecte importante:

- deformarea obiectelor tridimensionale pe imaginea radiologică bidimensională
- suprapunerea obiectelor pe imaginea bidimensională
- sumarea densității obiectelor pe imaginea bidimensională.

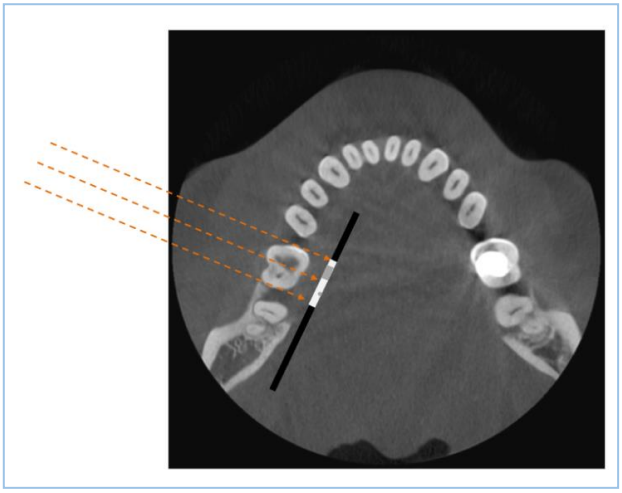


Figura 5.23. Conturul uşor ondulat al coroanei molarului 2 la nivelul suprafeței vestibulare sau orale nu va fi vizibil pe radiografia bidimensională

Aprecierea formei unui obiect pe imaginea radiologică 2D. Pentru a putea aprecia forma unui obiect tridimensional este nevoie de mai multe radiografii din incidențe diferite. Fiecare incidență va reda doar proiecția bidimensională a obiectului respectiv, în planul dat (Figura 5.24).

Sumarea densității obiectelor. Densitatea unei structuri vizibile pe o radiografie reprezintă de fapt suma densității tuturor obiectelor situate pe aceeași direcția a fasciculului de radiații X și traversate de acesta (Figura 5.25).

De exemplu, o radiotransparență datorată unei leziuni carioase situată sub un material de obturație intens radioopac, nu poate fi detectată pe radiografie, fiind ascunsă de radioopacitatea materialului de obturație. Spunem în acest caz că există o sumație între opacitatea materialului de oburație și radiotransparența leziunii carioase (Figura 5.26).

a. b.

Figura 5.24. a. Incidența bisectoare pentru 3.6; b. Incidența cu raza mult înclinată vertical, cu proiecție aproape de 90°, cu observarea suprafeței vestibulare şi orale a coroanei

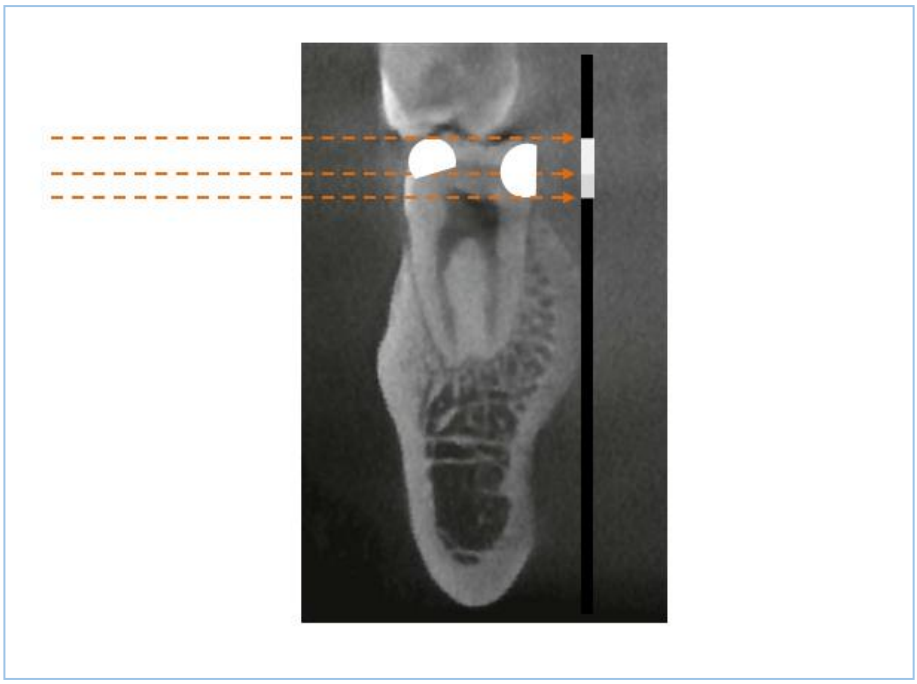


Figura 5.25. Exemplificarea imaginii rezultate prin sumarea diferitelor structuri ce absorb radiația X din obiectul radiografiat

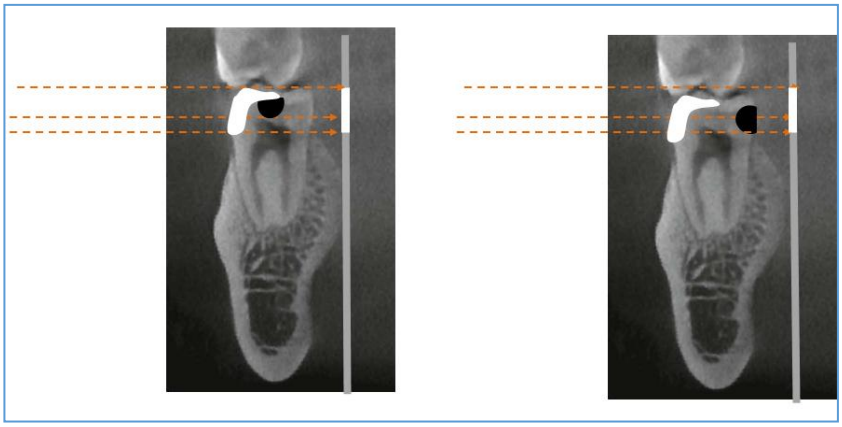


Figura 5.26. O obturaţie, prin absorbţia radiaţiei, va genera o sumaţie cu leziunea carioasă, indiferent de poziţia acesteia atât timp cât sunt localizate la acelaşi nivel, mascând-o

Prin suprapunerea a două structuri radioopace pe filmul radiologic, rezultă tot o radioopacitate, dar de intensitate mai mare. De exemplu, rădăcinile molarilor inferiori au o radioopacitate mai crescută, prin suprapunerea crestei osoase milohioidiene (Figura 5.27).

Figura 5.27. a. Radiografie periapicală în regiunea molarilor mandibulari ce ilustrează opacitatea mai crescută a rădăcinilor molarilor în regiunea în care se suprapune creasta milohioidiană; b. CBCT secțiune transversală în axul mandibulei, evidențiază creasta milohioidiană, care determină o grosime mai mare a osului și astfel o absorbție a radiației crescută, precum și fosa glandei submandibulare, cu o grosime redusă, și deci o absorbție mai redusă a radiației

Prin suprapunerea unei radioopacitati și a unei radiotransparențe rezultă o radioopacitate mai slabă pe imaginea radiologică bidimensională. De exemplu, fosa glandei submandibulare apare mai radiotransparentă pe imaginea radiologică, datorita structurii mai puțin dense și mai subțiri a osului mandibular în aceasta regiune (Figura 5.28).

Figura 5.28. Imagine OPT. Fosa glandei submandibulare indicată prin săgeți apare mai radiotransparentă decât structura osoasă adiacentă

Prin suprapunerea a două radiotransparențe pe radiografie se va obține tot o radiotransparență, cele două structuri suprapuse fiind dificil de separat pe radiografie. De exemplu, o carie dentară situată pe fața vestibulară sau orală a coroanei dentare se va suprapune cu radiotransparența camerei pulpare, rezultând o radiotransparență mai largă (Figura 5.29). De asemenea, imaginea bidimensională nu permite localizarea cu precizie la nivelul căreia dintre cele două suprafețe este localizată leziunea carioasă (Figura 5.30).

Înainte de a analiza o imagine radiologică, medicul trebuie să cunoască și să înțeleagă foarte bine anatomia regiunii respective, tehnica utilizată și erorile care pot să apară, precum și limitările pe care le au imaginile radiologice.

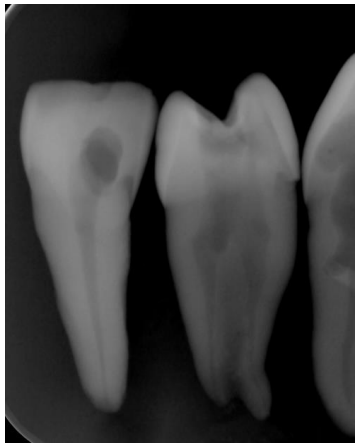


Figura 5.29. Incisiv extras cu leziuni carioase pe suprafețele orală și vestibulară, suprapuse parțial cu imaginea camerei pulpare generează pe aria de suprapunere, o intensitate mai mare a transparenței

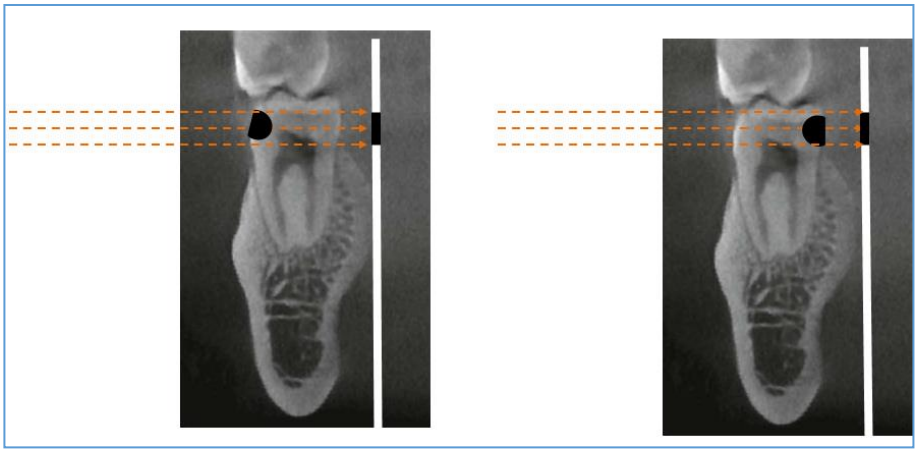


Figura 5.30. Localizarea vestibulară sau orală a unei carii va da pe filmul radiologic o transparenţă similară, fără a se putea aprecia pe care dintre cele două suprafețe este localizată

Sumar

- Calitatea imaginilor radiologice poate fi apreciată pe baza următoarelor caracteristici generale: densitatea, contrastul, netitatea, distorsiunea geometrică şi zgomotul.
- Factorii care influențează densitatea imaginii radiologice sunt: densitatea obiectului, grosimea obiectului, compoziția obiectului, calitatea şi cantitatea fasciculului de radiații X şi condițiile în care se face examinarea radiografiei.
- Factorii care influențează contrastul imaginii sunt următorii: diferența de densitate dintre obiectele radiografiate, tipul filmului radiologic sau rezoluția de contrast a detectorului digital, kV, latitudinea filmului radiologic şi voalarea filmului radiologic.
- Factorii care influențează netitatea imaginii radiologice sunt: mărimea spotului focal, distanța sursă – obiect, distanța obiect – film (detector), tipul filmului sau rezoluția de achiziție a detectorului, calitatea ecranelor intensificatoare, mișcarea pacientului.

- Factorii care influențează distorsiunea imaginii sunt următorii: divergența fasciculului de radiații X, angulația dintre dinte și filmul radiologic, angulația dintre proiecția centrală a fasciculului de radiații X și axul dintelui, angulația fasciculului de radiații X față de filmul radiologic.
- În concluzie, pentru a obține o imagine radiologică cu calitate cât mai bună, este nevoie să fie îndeplinite următoarele condiții: sursa de radiații să dispună de un focar anodic cât mai mic, distanța dintre sursă și dinte să fie cât mai mare (cel putin 20 cm), direcția centrală a fasciculului de radiații să fie perpendiculară pe filmul radiologic și axul dintelui să fie paralel cu filmul radiologic sau cu detectorul digital.
- SNR este termenul folosit pentru a măsura raportul dintre semnalul care reflectă anatomia reală a obiectelor radiografiate și semnalul datorat zgomotului (interferențelor) unei imagini radiologice.
- Sursa zgomotului în radiologia digitală poate fi legata de: calitatea detectorului digital, algoritmul de reconstrucție a imaginii, componentele electronice ale sistemului digital, semnalul video.
- Atunci când examinăm o imagine bidimensională, este important să ținem cont de trei aspecte importante: deformarea obiectelor tridimensionale pe imaginea radiologică bidimensională, suprapunerea obiectelor pe imaginea bidimensională, sumarea densității obiectelor pe imaginea bidimensională.

Referințe

Eskandarloo A, Yousefi A, Soheili S, Ghazikhanloo K, Amini P, Mohammadpoor H. Evaluation of the Effect of Light and Scanning Time Delay on The Image Quality of Intra Oral Photostimulable Phosphor Plates. Open Dent J. 2017 Dec 29;11:690-700.

Hartmann E, Stieve FE.Quality control of radiographic illuminators andassociated viewing equipment.British Institute of Radiology report 18.London: BIR, 1989: 135–7

Hendee W, Wells P.N.T.The percepsion of visual information., 2nd ed, Springer, 1997, UK

Iannucci J. M, Jansen Howerton J.L. Dental X ray image characteristics in: Dental Radiography: Principles and Techniques, 4th ed. , Missouri, 2012, Elsevier, pp:74-98

Kwan A.L.C., Ching H., Gray J.E., Massoth R.J., McDavid W.D.,Platin E., Leonard M. Rosenstein L.M., Seibert A.J., White S.C.,. Acceptance Testing and Quality Control of Dental Imaging Equipment. AAPM REPORT NO. 175 https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_175.pdf

White SC, Pharoah MJ: Projection geometry In Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, , Mosby. St Louis, 2009; pp: 44-50

Teste recapitulative

1. O imagine prea albă are o densitate crescută sau scăzută?
2. Care este relaţia între dimensiunea obiectului şi densitatea imaginii radiologice?
3. Cum este influenţată imaginea radiologică de modificarea factorilor de expunere?
4. Un film expus cu valori crescute ale timpului de expunere va avea un contrast scăzut sau crescut?
5. Cum este influenţată penumbra, şi deci netitatea imaginii, de modificarea distanţei între tub şi dinte?
6. La creşterea distanţei dintre dinte şi film cum va fi netitatea imaginii?
7. Cum se poate reduce zgomotul unei imagini digitale?
8. Distorsiunea imaginii la înclinaţia tubului în tehnica bisectoarei va fi mai mică sau mai mare decât în cazul tehnicii paralele?
9. Dacă pe imaginea radiologică ortoradială avem canalele rădacinii meziale a molarului inferior suprapuse, iar pe imaginea mezio-excentrică cele două sunt disociate, care va fi canalul mezio-vestibular?
10. Care ar fi cele mai importante limite ale imaginii radiologice bidimensionale?

Capitolul 6
Radiografiile dentare intra-orale

Autori: Mihaela Hedeşiu, Cornelia Ciolan, Cosmin Faur

Cuprins

6.1. Radiografia periapicală
6.1. 1. Radiografia periapicală prin tehnica bisectoarei
6.1.1.1. Principii de bază ale radiografiei periapicale prin tehnica bisectoarei
6.1.1.2. Etapele de execuţie ale radiografiei periapicale prin tehnica bisectoarei
6.1.1.3. Efectuarea tehnicii bisectoarei în cazuri cu particularităţi ale morfologiei arcadelor dentare
6.1.1.4. Avantajele şi dezavanatajele radiografiilor periapicale prin tehnica bisectoarei
6.1.2. Radiografia periapicală prin tehnica paralelă
6.1.2.1.Principii de bază ale efectuării radiografiei periapicale prin tehnica paralelă
6.1.2.2. Etapele de execuţie a radiografiei periapicale paralele
6.1.2.3. Adaptarea tehnicii paralele pentru situaţii clinice particulare
6.1.3. Erori de efectuare ale radiografiilor periapicale
6.1.4. Standarde de calitate ale radiografiilor periapicale
6.2. Radiografia bite-wing
6.2.1. Filmul radiologic bite-wing şi suportul film-holder pentru tehnica paralelă
6.2.2. Principii de bază în efectuarea radiografiilor bite-wing
6.2.3. Etapele de realizare a radiografiilor bite-wing
6.2.4. Erori de poziţionare în efectuarea radiografiilor bite-wing
6.2.5. Standarde de calitate ale radiografiilor bite-wing
6.2.6. Indicaţiile radiografiei bite-wing
6.3. Radiografia cu film ocluzal
6.3.1. Principii de bază în efectuarea radiografiei cu film ocluzal
6.3.2. Etapele de realizare a radiografiilor ocluzale
6.3.3. Erori de poziţionare în efectuarea radiografiilor ocluzale
6.3.4. Standarde de calitate ale radiografiilor ocluzale
6.3.5. Indicaţiile radiografiei ocluzale

Obiective

1. Înţelegerea principiilor de bază care stau la efectuarea radiografiilor intra-orale şi a diferenţelor care există între diferitele tipuri de radiografii intra-orale
2. Insuşirea teoretică şi practică a tehnicii de efectuare a radiografiilor periapicale prin tehnica bisectoarei şi prin tehnica paralelă
3. Insuşirea teoretică şi practică a tehnicii de efectuare a radiografiilor bite-wing
4. Insuşirea teoretică şi practică a tehnicii de efectuare a radiografiilor ocluzale
5. Recunoaşterea erorilor de efectuare a radiografiilor intra-orale
6. Analiza critică a radiografiilor intra-orale pe baza standardelor de calitate
7. Cunoaşterea recomandărilor specifice a fiecărui tip de radiografie intra-orală

Termeni cheie

erori de tehnică
film-holder
filmul bite-wing
filmul ocluzal
principiul izometriei
principiul ortoradialiației
principiul paralaxei
radiografie bite-wing
radiografie ocluzală
radiografie periapicală
radiografie retroalveolară
standarde de calitate
tehnica bisectoarei
tehnica paralelă

Radiografiile intra-orale fac parte din grupul radiografiilor directe, în care fasciculul de radiații interacționează direct cu emulsia activă a filmului radiologic sau cu detectorul digital, ceea ce conferă o claritate mai mare a detaliilor care apar pe imaginea radiologică.

Spre deosebire de radiografia panoramică, radiografiile intra-orale redau în detaliu aspectul structurilor dure dentare cu o mai bună evidențiere a corticalei osului alveolar (lamina dura), a spațiului periodontal și a apexului dentar. Aspectul trabecular al crestei alveolare este bine vizibil pe radiografiile periapicale și permite identificarea leziunilor patologice care interesează septele interdentare și regiunea furcației dinților pluriradiculari (Figura 6.1). Evaluarea acestor elemente anatomice sunt esențiale pentru diagnosticul inflamațiilor periapicale sau pentru evaluarea resorbțiilor osoase ale crestei alveolare în parodontitele marginale cronice.

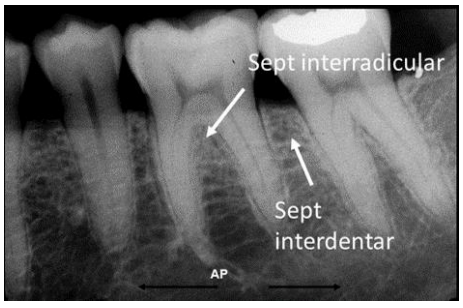


Figura 6.1. Radiografie periapicala a dintilor posteriori

La ora actuală, în practică, sunt utilizate următoarele tipuri de radiografii intra-orale:

- radiografia periapicală
- radiografia cu film bite-wing
- radiografia cu film ocluzal.

6.1. Radiografia periapicală

Radiografia periapicală și radiografia bite-wing fac parte din grupul radiografiilor retro-alveolare.

Există două tehnici care pot fi utilizate în prezent pentru efectuarea radiografiilor retroalveolare: tehnica bisectoarei (tehnica izometrică) și tehnica paralelă.

6.1. 1. Radiografia periapicală prin tehnica bisectoarei

6.1.1.1. Principii de bază ale radiografiei periapicale prin tehnica bisectoarei

Cea mai veche metodă cunoscută pentru efectuarea radiografiilor periapicale este tehnica bisectoarei. Această tehnică a fost introdusă de către Dieck încă de la începuturile realizării radiografiilor dentare, dar ea continuă să se folosească în mod curent încă și astăzi, fiind o tehnică simplă, confortabilă și rapidă, care oferă detalii suficiente pentru diagnosticul dento-parodontal atunci când este corect utilizată.

Radiografia periapicală prin tehnica bisectoarei respectă urmatoarele principii:

1. filmul radiologic este poziționat **intra-oral**: în timpul expunerii, filmul radiologic se găsește poziționat **retro-alveolar**, fiind menținut cu degetul de către pacient, în contact cu procesul alveolar. În această tehnică, axul filmului va avea întotdeauna o înclinație față de axul dintelui, iar unghiul format variază în funcție de regiunea dentară examinată și de particularitățile morfologice ale pacientului.

2. înclinația în plan vertical a fasciculului de radiații X respectă **principiul izometriei: - în plan vertical,** raza centrală a fasciculului de radiații X se proiectează perpendicular pe bisectoarea unghiului format de dinte și filmul radiologic (Figura 6.2).

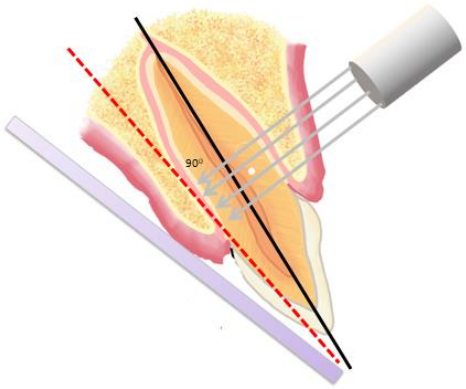


Figura 6.2. Proiectarea perpedinculară a razei centrale pe bisectoarea unghiului dintre dinte și filmul radiologic

3. înclinația în plan orizontal a fasciculului de radiații X respectă **principiul ortoradialității:** în plan orizontal, fasciculul de radiații va fi directionat spre suprafețele proximale de contact ale dinților radiografiați (Figura 6.3).

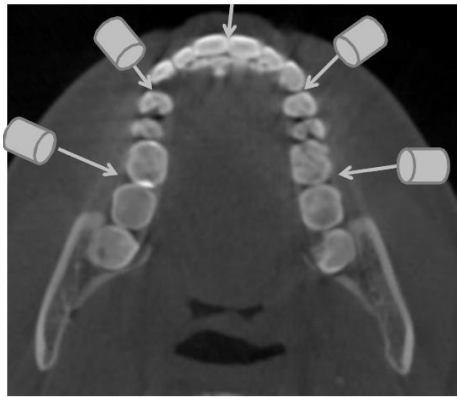


Figura 6.3. Proiectarea perpendiculară a razei centrale pe suprafeţele proximale ale dinţilor

6.1.1.2. Etapele de execuţie ale radiografiei periapicale prin tehnica bisectoarei

Tehnica radiografiilor intraorale include următoarele etape (Tabelul 6.1).

- **Pregătirea pacientului și stabilirea protocolului de expunere**

Pacientul este invitat în încăperea în care se va face radiografia. Medicul îi va explica modul în care va decurge examinarea radiologică și beneficiile pe care această radiografie le va avea pentru diagnostic sau pentru planul terapeutic ulterior. Dacă persoana care efectuează radiografia nu este și medicul ordonator, este necesar ca pacientul să îi prezinte un bilet de trimitere sau o scrisoare medicală prin care medicul curant informează centrul de radiologie asupra simptomatologiei sau diagnosticului clinic pentru care se solicită radiografia.

Pe baza informațiilor clinice primite, persoana care efectuează radiografia va stabili protocolul de examinare. Protocoalele de expunere sunt stabilite prin programele de optimizare a dozelor implementate în prealabil în cabinetul de radiologie. Pe baza acestor protocoale se vor alege parametrii de expunere optimi din punct de vedere al dozelor de iradiere a pacientului (kV, mAs, FOV), care permit obținerea unei calități acceptabile a radiografiei (Capitolul 13.2).

Ulterior, pacientul va fi așezat pe scaunul de expunere, având spatele drept, sprijinit de spătar. Se va regla înălțimea scaunului de expunere, astfel încât poziția pacientului să fie cât mai confortabilă și să se asigure totodată condiţii pentru poziționarea dispozitivului de centrare a radiațiilor X.

Înainte de expunere, se vor îndepărta ochelarii sau alte accesorii metalice ale vestimentației care s-ar putea interpune între dinții radiografiați și fasciculul de radiații.

Pentru radiografiile intra-orale, purtarea de către pacient a șortului de radioprotecție este opțională datorită existenței colimării prealabile a fasciculului de radiații. În schimb, plasarea unui guler de protecție poate fi indicat, în conformitate cu nivelurile de doză măsurate în prealabil în cabinetul de radiologie respectiv.

Tabel 6.1. Etapele efectuarii radiografiilor periapicale

Etapele de efectuare a radiografiei	Tehnica bisectoarei	Tehnica paralelă
Pregătirea pacientului și a expunerii medicale	• Înscrierea datelor personale ale pacientului • Verificarea justificării expunerii radiologice și stabilirea protocolului de radiografiere în conformitate cu diagnosticul clinic • Explicarea riscurilor și a beneficiilor aduse de explorarea radiologică • Explicarea tehnicii care urmează a fi efectuată și modul în care va decurge examinarea • Aplicarea gulerului de radioprotecție • Așezarea pacientului pe scaunul de examinare în poziție șezândă, cu spatele drept	
Poziționarea filmului/senzorului digital	Filmul/senzorul digital se plasează: - intraoral, retroalveolar - fața filmului în contact cu dinții - dintele radiografiat se găsește în centrul filmului - marginea filmului depășește cu 2 mm marginea ocluzală a dinților și este paralelă cu aceasta	- Filmul/senzorul digital se plasează într-un film holder cu fața filmului orientată spre tubul colimator - filmul se proiectează în centrul cercului de suport al tubului colimator - Filmul/senzorul digital se plasează intraoral, retroalveolar, la distanță față de arcada dentară, astfel încât axul dintelui să fie paralel cu filmul radiologic - pacientul închide gura
Poziționarea pacientului	- Planul mediosagital al capului este vertical - Planul ocluzal al arcadei radiografiate este paralel cu podeaua	
Poziționarea tubului colimator	- reglarea angulației tubului în plan vertical și orizontal - respectarea punctelor de proiecție a apexurilor dentare - tubul colimator trebuie să circumscrie filmul radiologic	- ancorarea tubului la nivelul cercului de suport, fără a modifica poziția capului pacientului sau a filmului din cavitatea orală
Expunerea radiologică	Stabilirea parametrilor optimi pentru expunere (mA, s, kV) în conformitate cu protocoalele de optimizare a dozelor. Apăsarea butonului de expunere	
Obținerea imaginii	Developarea filmului radiologic Scanarea plăcuțelor fosforice Ajustarea luminozității și a contrastului imaginii Verificarea criteriilor de calitate a radiografiei efectuate Salvarea imaginilor în sistemul PACS	
Pregătirea echipamentelor pentru o nouă expunere	Ştergerea suprafețelor contaminate cu materiale denzinfectante	- Spălarea suportului pentru film și imersarea lui în soluții de sterilizare - Dezinfectarea suprafețelor contaminate

În cazul în care sunt necesare radiografii la mai multe grupuri de dinți, este recomandabil să se folosească următoarea secvență de examinare radiologică:

- pentru grupul frontal: se începe radiografierea cu caninul maxilar drept și se continuă cu incisivii centrali și apoi cu caninul maxilar stâng; se va trece apoi la arcada inferioară, unde se va începe cu

radiografierea caninului mandibular stâng, a incisivilor inferiori și, în final, a caninului mandibular drept.

- pentru grupul dinților laterali - se începe radiografierea cu premolarii maxilari și abia apoi se va trece la radiografierea molarilor maxilari deoarece la ultimii molari, tehnica devine inconfortabilă pentru pacient și poate declanșa un reflex de vomă.
- La maxilarul superior, se începe radiografierea cu hemiarcada dreaptă, iar la cel inferior cu hemiarcada stângă.
    - **Poziționarea filmului radiologic în cavitatea orală**

Alegerea receptorului de imagine se va face astfel încât doza din timpul expunerii să fie cât mai mică, iar dimensiunea receptorului să acopere regiunea care trebuie examinată.

Filmul radiologic se plasează intraoral, retroalveolar, cu fața filmului/senzorului digital în contact cu suprafața orală a dintelui. În cursul expunerii, filmul radiologic este în contact cu dintele și este menținut în cavitatea orală de către pacient, cu degetul indicator al mâinii opuse arcadei radiografiate.

Deoarece dinții frontali, în special caninii, sunt mai lungi, pentru a evita riscul lipsei vizualizării apexurilor dentare, filmul radiologic se va poziționa cu axul lung orientat vertical. Pentru premolari și molari, filmul radiologic va fi plasat retroalveolar, cu axul lung orientat orizontal astfel încât filmul radiologic să cuprindă un număr cât mai mare de dinți (Figura 6.4).

Marginea filmului radiologic trebuie să depășească cu 2 mm marginea incizală sau suprafața ocluzală a coroanelor dentare și va fi paralelă cu marginea planului de ocluzie al dinților radiografiați (Figura 6.5). Plasarea filmului în poziție prea joasă sau prea înaltă, poate cauza vizualizarea incompletă pe radiografie a coroanelor sau a rădăcinilor dentare. La fel, dacă filmul radiologic este poziționat oblic, la dinții de pe marginea radiografiei nu se va vizualiza, coroana dentară (dacă sunt < 2 mm între marginea filmului și marginea coroanei), sau apexul dentar (dacă sunt >2 mm între marginea filmului și marginea coroanei) (Figura 6.6).

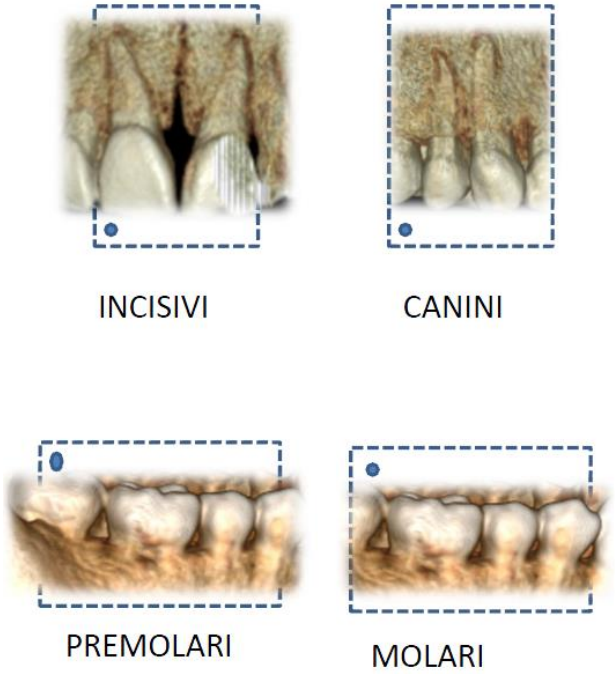


Figura 6.4. Orientarea intraorală a filmului radiologic

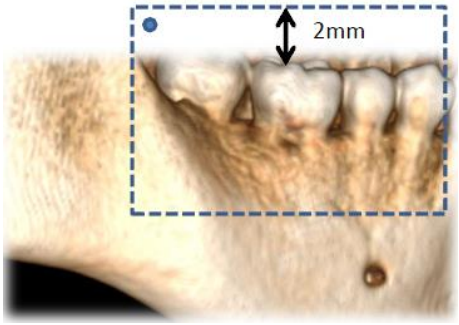


Figura 6.5. Plasarea marginii filmului radiologic

Figura 6.6. Orientarea incorectă (oblică) a filmului radiologic

Dintele cu patologie va fi plasat în centrul filmului deoarece în această zonă distorsiunea imaginii radiologice va fi minimă. Proeminența existentă pe filmul radiologic se va poziționa întotdeauna spre coroana dentară și ea va fi utilă pentru orientarea filmului și pentru identificarea hemiarcadei dentare radiografiate (Figura 6.7).

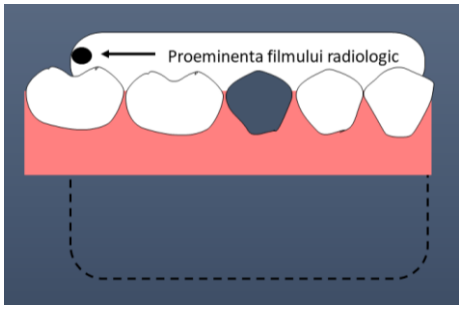


Figura 6.7. Centrarea dintelui pe filmul radiologic

Trebuie evitată îndoirea filmului radiologic sau zgârierea senzorului digital pentru a nu se crea artefacte, care pot împiedica o bună vizualizare a structurilor dentare pe radiografie (Figura 6.8).

Menținerea filmului în cavitatea orală în timpul expunerii trebuie să asigure un contact cât mai bun între dinte și film pentru a obține o imagine radilogică cu o netitate corespunzătoare.

Figura 6.8. Linii negre datorate îndoirii sau zgârierii filmului radiologic

- **Poziționarea capului pacientului**

După ce filmul radiologic a fost plasat în cavitatea orală, capul pacientului va fi poziționat cu planul ocluzal paralel cu podeaua. Dacă radiografia periapicală se realizează la dinții superiori, va rezulta o ușoară flexie a capului pacientului, iar pentru dinții inferiori o ușoară extensie, până când planul ocluzal al arcadei de radiografiat devine orizontal (Figura 6.9).

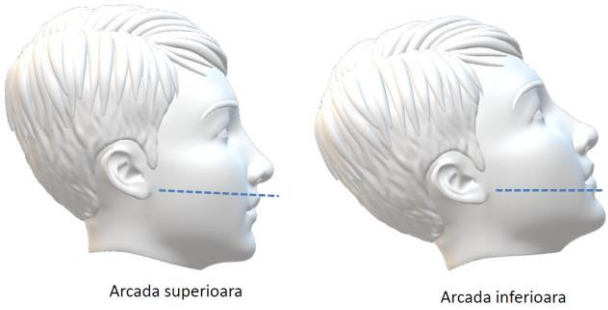


Figura 6.9. Poziţionarea capului pacientului

Planul mediosagital al capului va fi menținut vertical, perpendicular pe podeaua încăperii în care se face examinarea.

- **Poziționarea tubului colimator și angulația fasciculului de radiații în plan vertical și orizontal**

Prin plasarea retro-alveolară a filmului dentar în cavitatea orală, între axul dintelui și axul filmului radiologic se va crea întotdeauna un unghi a cărui valoare depinde de grosimea procesului alveolar și de angulația axului dintelui.

Așadar, datorită angulației dintre dinte și film, radiografia periapicală obținută prin tehnica bisectoarei este întotdeauna distor-sionată. Distorsiunea minimă a imaginii radiologice dentare se va putea obține doar atunci când fasciculul de radiații este proiectat perpendicular pe bisectoarea unghiului dintre axul dintelui și axul filmului. Datorită faptului că axul dinților variază de la o regiune dentară la alta, înclinația în plan vertical a fasciculului de radiații va fi diferită la dinții maxilari față de dinții mandibulari. Chiar și în cadrul unei arcade dentare, înclinația axului dentar este diferită în funcție de regiunea radiografiată.

Înclinația în plan vertical a fasciculului de radiații depinde și de distanța dintre sursa de radiații și filmul radiologic, ea fiind determinată de lungimea tubului colimator. Înclinația în plan vertical a fasciculului de radiații X este cranio-

caudală (de sus în jos) pentru toți dinții maxilari și caudo-craniala (de jos în sus) pentru cei mandibulari.

Pentru un tub colimator cu lungimea de 20 cm se recomandă următoarele înclinații ale fasciculului de radiații: la incisivii superiori + 40°, caninii superiori + 45 °, premolarii superiori +35° și la molarii superiori +30 °; pentru dinții mandibulari, se vor utiliza în zona incisivilor și a caninilor inclinații de -20 °, la premolarii inferiori -15 °, și la molarii inferiori -10 ° (Tabel 6.2).

Tabel 6.2. Înclinația verticală a faciculului de radiații pentru efectuarea radiografiilor peri-apicale

Arcada dentară	Directia tubului	Incisivi	Canini	Premolari	Molari
Maxilară	Cranio-caudal	$+45^0$	$+40^0$	$+35^0$	$+30^0$
Mandibulară	Caudo-cranial	-20^0	-20^0	-15^0	-10^0

Cu cât înclinația în plan vertical a fasciculului de radiații X este mai mare, cu atât mai mult se va micșora dimensiunea dintelui de pe radiografie. Totodată, prin orizontalizarea fasciculului radiogen, imaginea dinților pe radiografie se va alungi (Figura 6.10).

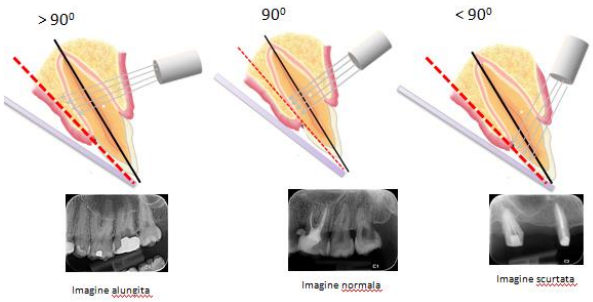


Figura 6.10. Înclinația verticală a fasciculului primar

În plan orizontal, fasciculul de radiații X va fi orientat ortoradial, adică în prelungirea razei cercului care circumscrie arcada dentară pe care se găsește dintele respectiv (Figura 6.11).

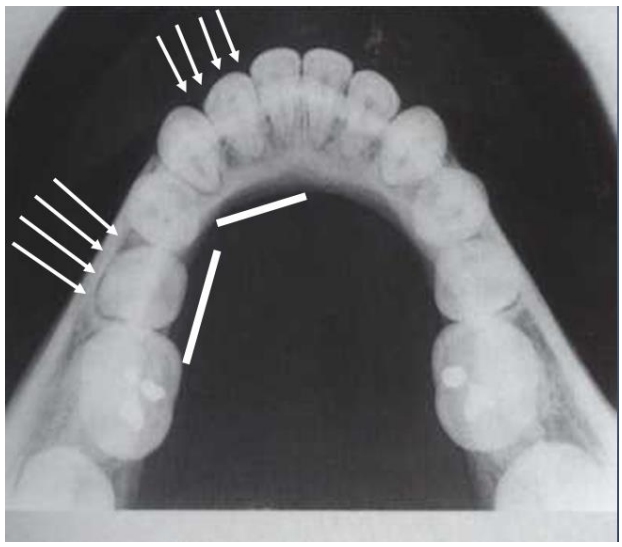


Figura 6.11. Orientarea ortoradială a fasciculului primar

Așadar, în radiografia periapicală standard efectuată prin tehnica bisectoarei, nu este permisă angulația orizontală excentrică, mezială sau distală, a fasciculului de radiații X. Pe radiografia periapicală efectuată cu rază excentrică, se va observa întotdeauna suprapunerea suprafețelor proximale ale coroanelor dentare care împiedică identificarea unor eventuale leziuni carioase coronare. Totuși, orientarea excentrică a fasciculului primar de radiații X este utilă în mai multe situații particulare, cum ar fi: (1) realizarea radiografiilor dentare în zone greu accesibile, cum ar fi de exemplu regiunea distală a molarului de minte; (2) pentru localizarea în plan sagital a coroanei dinților incluși; (3) evaluarea tratamentului endodontic la dinții cu mai multe canale radiculare.

- **Poziționarea fasciculului de radiații la nivelul regiunii de radiografiat**

Centrarea fasciculului de radiații la nivelul părților moi faciale se realizează prin stabilirea unor puncte de reper faciale. Astfel, pentru incisivii centrali superiori, punctul de reper se găsește la 1 cm deasupra vârfului nasului, pentru caninii superiori acesta se găsește la nivelul aripii nazale, iar pentru restul dinților superiori, punctele de reper corespunzătoare se găsesc pe o linie care unește aripa nazală cu tragusul (Figura 6.12).

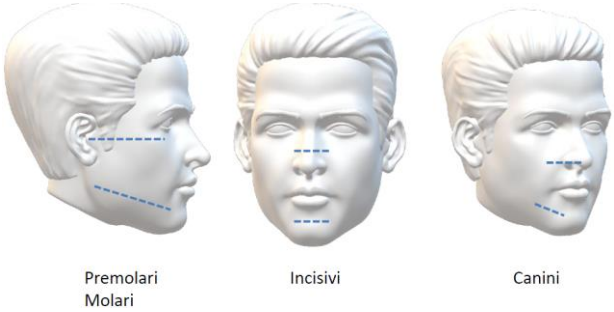


Figura 6.12. Reperele de la nivelul celor două maxilare pentru centrarea razei

Punctele de reper cutanate pentru realizarea radiografiilor dentare la dinții inferiori se găsesc pe o linie imaginară, situată la 2 cm deasupra marginii bazilare a mandibulei.

În general, fasciculul de radiații va fi centrat pe mijlocul filmului, în zona interproximală a dinților radiografiați (Figura 6.13). În final, se va verifica dacă tubul colimator circumscrie în totalitate filmul radiologic dentar și regiunea dentară care trebuie examinată.

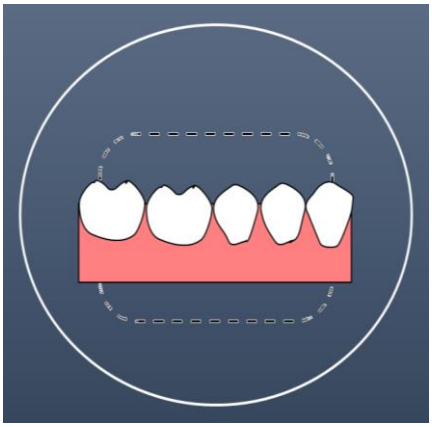


Figura 6.13. Centrarea razei pe mijlocul filmului

6.1.1.3. Efectuarea tehnicii bisectoarei în cazuri cu particularități ale morfologiei arcadelor dentare

Pentru obținerea unei bune vizibilități a apexurilor dentare pe imaginea radiologică, efectuarea radiografiei periapicale prin tehnica bisectoarei poate suferi mici modificări în cazul unor variații de formă ale maxilarelor sau în anumite situații clinice particulare (Tabel 6.3).

Șanț lingual cu poziție înaltă: Dacă șanțul lingual are o poziție înaltă, fie datorită resorbțiilor avansate ale crestei alveolare, fie datorită unei poziții înalte a planșeului bucal prin tonicitatea crescută a mușchilor coborâtori ai mandibulei, poziționarea retroalveolară a filmului radiologic este dificilă. În aceste cazuri, există riscul lipsei evidențierii a apexurilor dentare, prin poziționarea superioară a filmului. Pentru a putea surprinde pe radiografie întreaga lungime a dinților, se recomandă ca raza centrală să fie centrată mai vertical decât în radiografia prin tehnica standard, obținându-se astfel o scurtare a lungimii dinților, dar cu vizualizarea regiunii lor apicale.

Filmul radiologic poate fi plasat cu axul lung orizontal și la dinții frontali pentru a obține imaginea radiologică a mai mulor dinți. Dacă se dorește evaluarea doar a grupului frontal, o altă soluție ar fi efectuarea unei radiografii cu film ocluzal.

Torus palatin, torus mandibular: În prezența torusului palatin sau a torusului mandibular, filmul ar avea o poziționare retroalveolară mai orizontală decât în mod obișnuit (Figura 6.14), iar dinții vor apare alungiți pe radiografie, cu apexurile dentare proiectate înafara imaginii radiologice. Remedierea acestei situații se poate face printr-o înclinație mai accentuată în plan vertical a razei centrale.

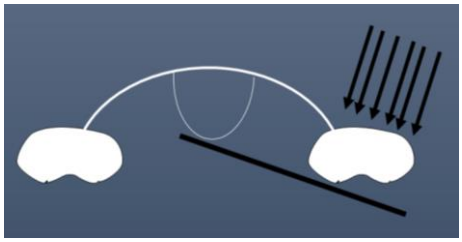


Figura 6.14. Torus palatin

Boltă palatină înaltă: Dacă bolta palatină este adâncă și prezintă o convexitate accentuată, filmul radiologic va avea o poziție mai verticală în cavitatea orală. Pentru reducerea distorsiunii imaginii, se poate diminua înclinația verticală a razei centrale, fasciculul de radiații X având o proiecție mai orizontalizată (Figura 6.15).

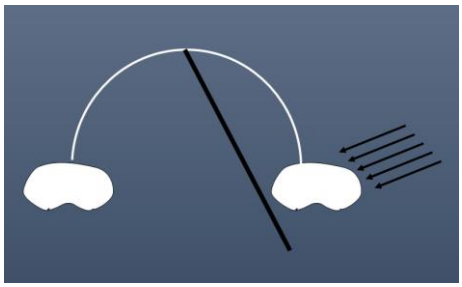


Figura 6.15. Bolta palatină înaltă

Curbura accentuată a crestei alveolare în fosa canină: În special în regiunea caninului superior, filmul radiologic este dificil de poziționat și de menținut intra-oral datorită curburii procesului alveolar. În aceste situații, se acceptă o poziționare oblică a filmului radiologic astfel încât caninul să se găsească de-a lungul diagonalei filmului radiologic (Figura 6.16). Prin această poziționare a filmului, tehnica devine mai confortabilă pentru pacient și în plus, se obține mărirea suprafeței de proiecție a dintelui pe radiografie și reducerea riscului de omisiune a apexului caninului din imaginea radiologică.

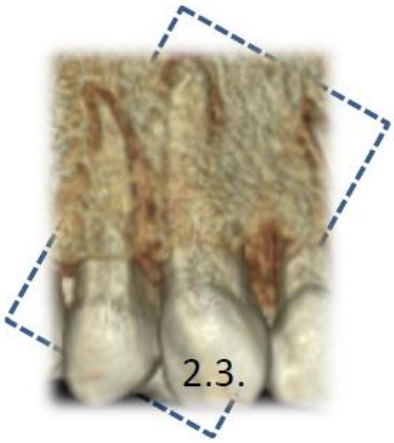


Figura 6.16. Poziționarea filmului în regiunea canină maxilară

Reflexul de vomă: La unii pacienți există o sensibilitate crescută a mucoasei gingivale la atingere, efectuarea radiografiilor periapicale în zona dinților laterali și mai ales radiografierea molarilor de minte devine dificilă datorită reflexului de vomă creat de poziționarea filmului. În aceste situații, pacientului i se va recomanda să respire mai mult pe nas, iar persoana care efectuează radiografia trebuie să acorde timp pacientului pentru a se obișnui cu prezența retroalveolară a filmului. Operatorul va păstra o atitudine liniștitoare și plină de înțelegere pe tot parcursul examinării și va încerca să dirijeze atenția pacientului spre alte lucruri. Dacă reflexul de vomă persistă, se poate pulveriza un anestezic de contact (Lidocaină 1%), pe suprafață orală a fibromucoasei gingivale pentru reducerea sensibilității de contact a acesteia. În cazul în care nici în acest mod nu se reușește menținerea intraorala a filmului suficient de mult timp pentru realizarea radiografieie periapicale, se va recomanda un alt tip de examinare, conform patologiei investigate.

Radiografia periapicală la copii: pentru a face mai confortabilă efectuarea radiografiei periapicale la copii, se pot utiliza filme de mici dimensiuni (#0) . Persoana care efectuează radiografia va discuta cu copilul, îi va explica în ce constă tehnica radiologică pe care o va realiza și motivul pentru care este ea necesară. Atitudinea întregului personal medical trebuie să inspire încredere, dar în același timp să fie plină de căldură și înțelegere. O atenție deosebită se va acorda mijloacelor suplimentare de radioprotecție pentru copii (guler pentru protecția glandei tiroide) și optimizării dozelor prin utilizarea unor protocoale de expunere care să reducă doza până la limita de acceptabilitate a radiografiei. De asemenea, se va folosi un receptor digital cu o iradiere redusă, sau filme radiologice cu viteză crescută (clasa E-speed sau F- speed).

Condiții patologice: există anumite situații patologice în care poziționarea intra-orală a filmului radiologic este dificilă datorită reducerii deschiderii gurii (trismus, anchiloza ATM) sau edemului părților moi (inflamații, edem post-traumatic). Dacă nu se reușește poziționarea lui prin manopere blânde, cât mai puțin traumatizante pentru pacient, se va opta pentru realizarea unei alte radiografii (ex. radiografie panoramică).

Tabel 6.3 . Efectuarea tehnicii bisectoarei în cazuri cu particularități ale morfologiei arcadelor dentare

Variante morfologice	Dificultăți posibile	Remedierea tehnicii radiografiei periapicale
Șant lingual cu poziție înaltă	Lipsa evidențierii apexurilor dentare	Accentuarea înclinației verticale a fasciculului de radiații
Tonicitate crescută a mușchilor masticatori	Lipsa evidențierii apexurilor dentare	Poziționarea verticală a filmului radiologic pentru dinții laterali
Realizarea unei singure radiografii pentru dinții frontali	Lipsa evidențierii coroanelor dentare	Poziționarea orizontală a filmului radiologic și plasarea filmului radiologic în dreptul apexurilor dentare ale dinților frontali
Torus palatin sau torus mandibular	Dinți alungiți pe radiografie	Accentuarea înclinației verticale a fasciculului de radiații
Boltă palatină adâncă	Scurtarea dinților pe radiografie	Diminuarea înclinației verticale a fasciculului de radiații
Curbura accentuată a crestei alveolare în fosa canină	Lipsa evidențierii apexului caninului	Poziționare oblică a filmului radiologic astfel încât axul caninului să se gasesasca de-a lungul diagonalei filmului radiologic
Reflexul de vomă	Imposibilitatea efectuării radiografiei	Liniștirea pacientului, anestezie de contact a mucoasei palatine, înlocuirea radiografiei periapicale cu o radiografie panoramică
Copii	Lipsa cooperării pacientului	Utilizarea unor filme radiologice de mici dimensiuni sau efectuarea unei radiografii panoramice
Limitarea deschiderii gurii	Imposibilitatea poziționarii filmului în cavitatea orala	Înlocuirea cu o radiografie panoramică

6.1.1.4. Avantajele şi dezavantajele radiografiilor periapicale prin tehnica bisectoarei

O comparație între tehnica izometrică și cea paralelă pentru realizarea radiografiei periapicale din punct de vedere a avantajelor și dezavantajelor fiecărei metode este redată sumativ în Tabelul 6.3.

a. Avantajele tehnicii bisectoarei

Tehnica bisectoarei prezintă câteva avantaje care o fac să fie încă utilizata și în prezent, în ciuda distorsiunii importante a radiografiei:

- **este confortabilă** - această tehnică este mult mai confortabilă pentru pacienți, putând fi folosită cu ușurință la copii, la molarii de minte, în edentaţiile totale cu resorbții osoase accentuate, sau în cursul tratamentului endodontic.
- **poziționare ușoară și rapidă** – radiografia periapicală poate fi efectuată în situații clinice dificile, iar angulaţia fasciculului poate fi adaptată morfologiei crestei alveolare și a boltei palatine.
- **costuri mai reduse** – nu sunt necesare dispozitive speciale de menținere a filmului radiologic, tehnica nu necesită dezinfecția suporturilor de film.

b. Dezavantajele tehnicii izometrice

- **Distorsiunea imaginii radiologice:** Principalul dezavantaj al tehnicii bisectoarei este distorsiunea. Ea este prezentă întotdeauna pe radiografia efectuată cu tehnica izometrică, fiind determinată de angulația dintre axul dintelui și axul filmului. Cu cât unghiul de înclinație este mai mare, cu atât imaginea radiologică este mai distorsionată. Dacă angulația fasciculului de radiații față de axul filmului se mărește

(fasciculul primar de radiații este verticalizat - 90^0) imaginea dintelui pe radiografie se va micșora (Figura 6.10), iar dacă angulatia se micșorează (fasciculul primar de radiații este orizontalizat 90^0), imaginea dintelui pe radiografie se alungește. Datorită imaginilor distorsionate obținute pe radiografia prin tehnica bisectoarei, nu se pot aprecia exact dimensiunile sau raportul dintre structurile radiografiate.

- **Deformarea rădăcinilor molarilor superiori**. Molarii superiori au rădăcinile vestibulare scurtate, iar rădăcina palatinală este alungită. Acest fapt contravine legilor proiecției geometrice a imaginii radiologice care afirmă că un obiect mai apropiat de film este mai micșorat, iar cel depărtat de film este mai alungit. Alungirea rădăcinii palatinale a molarilor superiori pe radiografia periapicală izometrică se poate explica prin fenomenul de distorsiune creat de angulația accentuată a acestei rădăcini față de filmul radiologic.
- **Nu se pot obţine radiografii reproductibile.** Datorită angulației variabile a filmului și a sursei de radiații, radiografiile efectuate pentru același dinte, dar după un interval de timp. nu sunt superpozabile.
- **Existenţa suprapunerilor.** Datorită angulației fasciculului de radiații, există suprapunerea osului zigomatic, peste apexurile dentare a molarilor superiori. Totodată, angulația excentrică a fasciculului de radiații în plan orizontal va determina suprapunerea coroanelor dentare și scăderea acurateții acestei metode pentru diagnosticul cariilor proximale.

6.1.2. Radiografia periapicală prin tehnica paralelă

Pentru realizarea radiografiilor periapicale, se preferă ori de câte ori este posibil, utilizarea tehnicii paralele, datorită distorsiunii reduse a imaginii radiologice obținute prin această metodă.

6.1.2.1. Principii de bază în efectuarea radiografiei periapicale paralele

Principul de bază al tehnicii paralele este faptul că filmul radiologic este paralel cu axul dintelui, iar fasciculul de radiații cade perpendicular pe axul dintelui și al filmului (Figura 6.17).

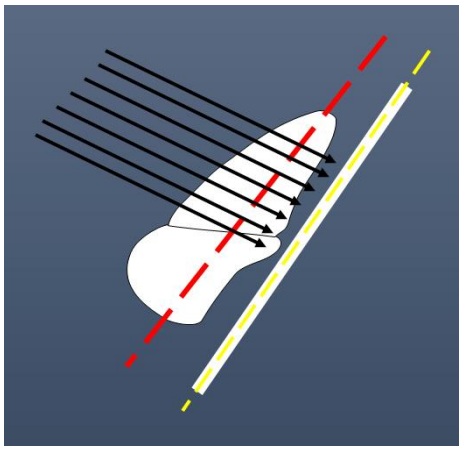


Figura 6.17. Principiul tehnicii paralele

În tehnica paralelă, filmul radiologic nu este menținut în cavitatea orală, de către pacient, ci va fi poziționat paralel cu axul dintelui cu ajutorul unui suport de film (film-holder). Un film–holder este un dispozitiv care are rolul de a alinia și de a stabiliza poziția filmului radiologic și a tubului colimator (Figura 6.18).

Există o mare varietate de suporturi pentru filmele dentare. Unele dintre ele sunt destinate radiografiilor periapicale din regiunea frontală și respectiv lateral (Figura 6.19), iar altele sunt destinate radiografiilor bite-wing (Figura 6.20). Există suporturi speciale pentru realizarea radiografiilor dentare la copii (Figura 6.21), sau pentru arcadele edentate. Unele suporturi pentru film sunt destinate radiografiilor efectuate în cursul tratamentului endodontic (EndoRay) (Figura 6.22).

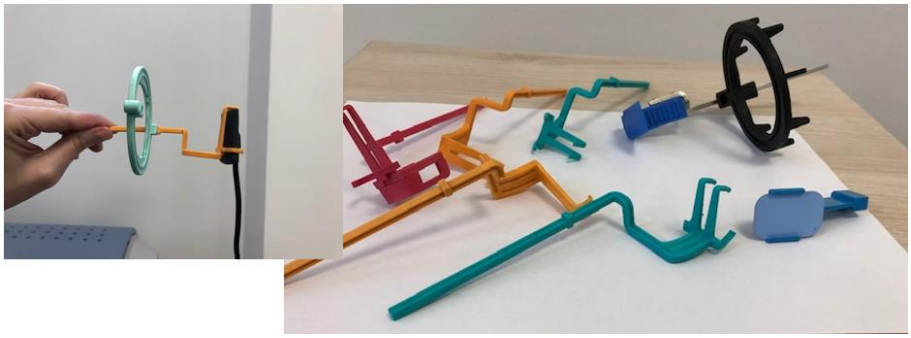


Figura 6.18 Suporturi pentru film (film-holder) cu rol de a stabiliza filmul şi tubul colimator în cursul efectuarii radiografiilor prin tehnica paralelă

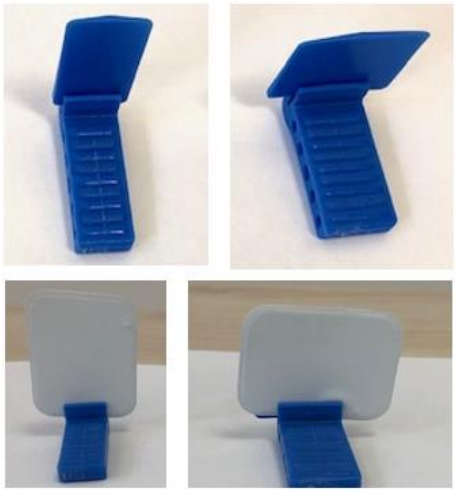


Figura 6.19. Film holder pentru tehnica paralelă utilizat pentru radiografierea dinţilor frontali (dreapta) şi pentru zona laterală (stânga)

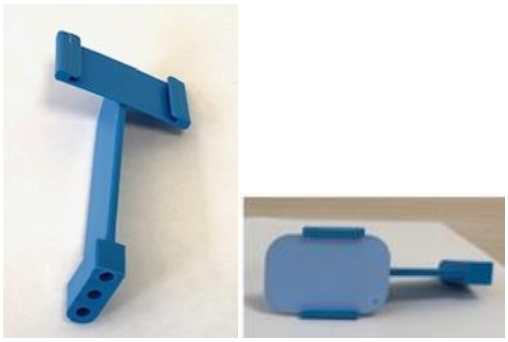


Figura 6.20. Film holder pentru tehnica paralela utilizat pentru efectuarea radiografiilor bite-wing

Poziționarea filmului și a tubului colimator pentru radiografierea diferitelor regiuni dentare prin tehnica paralelă este prezentată în Figura 6.25.

De aceea, este recomandabil să se utilizeze tehnica paralelă atunci când este posibil dar mai ales pentru realizarea radiografiilor digitale. În cazul detectorilor CCD, suporturile pentru tehnica paralelă trebuie să fie adaptate dimensiunilor acestor detectori digitali care au o grosime mai mare față de filmul radiologic.

Figura 6.21. Suport pentru film utilizat la copii

Figura 6.22.

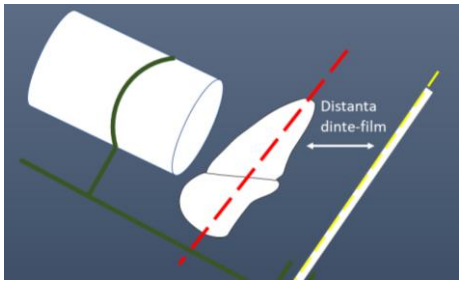


Figura 6.23. Dinstanta crescută film-dinte și pozitionarea perpendiculară a tubului colimator

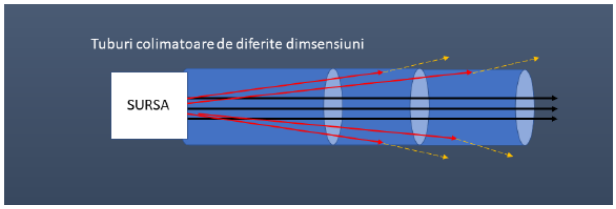


Figura 6.24. Reducerea penumbrei si colimarea cu tuburi lungi

Radiografia periapicala la incisivii superiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung vertical
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei superioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - $+45^0$ Inclinatie cranio-caudala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - 1 cm deasupra varfului nasului

Tehnica bisectoarei	Tehnica paralela

Figura 6.25.a. Radiografia periapicală la incisivii superiori

Radiografia periapicala la incisivii superiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung vertical
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei superioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - $+40^0$ Inclinatie cranio-caudala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - aripa nazala

Tehnica bisectoarei	Tehnica paralela

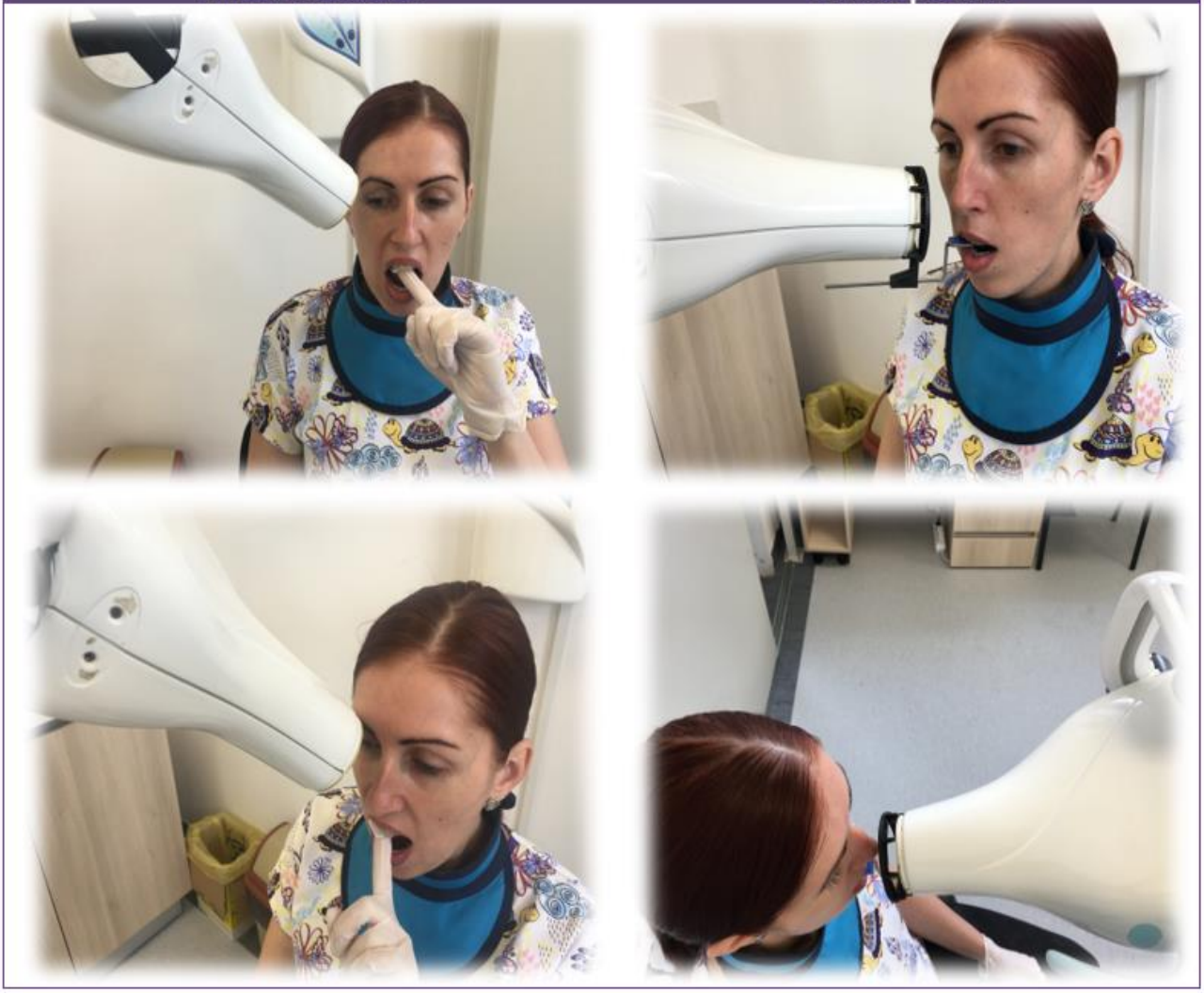


Figura 6.25.b. Radiografia periapicală la caninii superiori

Radiografia periapicala la premolarii superiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung orizontal
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei superioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - $+35^0$ Inclinatie cranio-caudala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - linia imaginaracare uneste aripa nazala cu tragusul

Tehnica bisectoarei | **Tehnica paralela**

Figura 6.25.c. Radiografia periapicală la premolarii superiori

Radiografia periapicala la molarii superiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung orizontal
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei superioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - $+30^0$ Inclinatie cranio-caudala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - linia imaginaracare uneste aripa nazala cu tragusul

Tehnica bisectoarei | **Tehnica paralela**

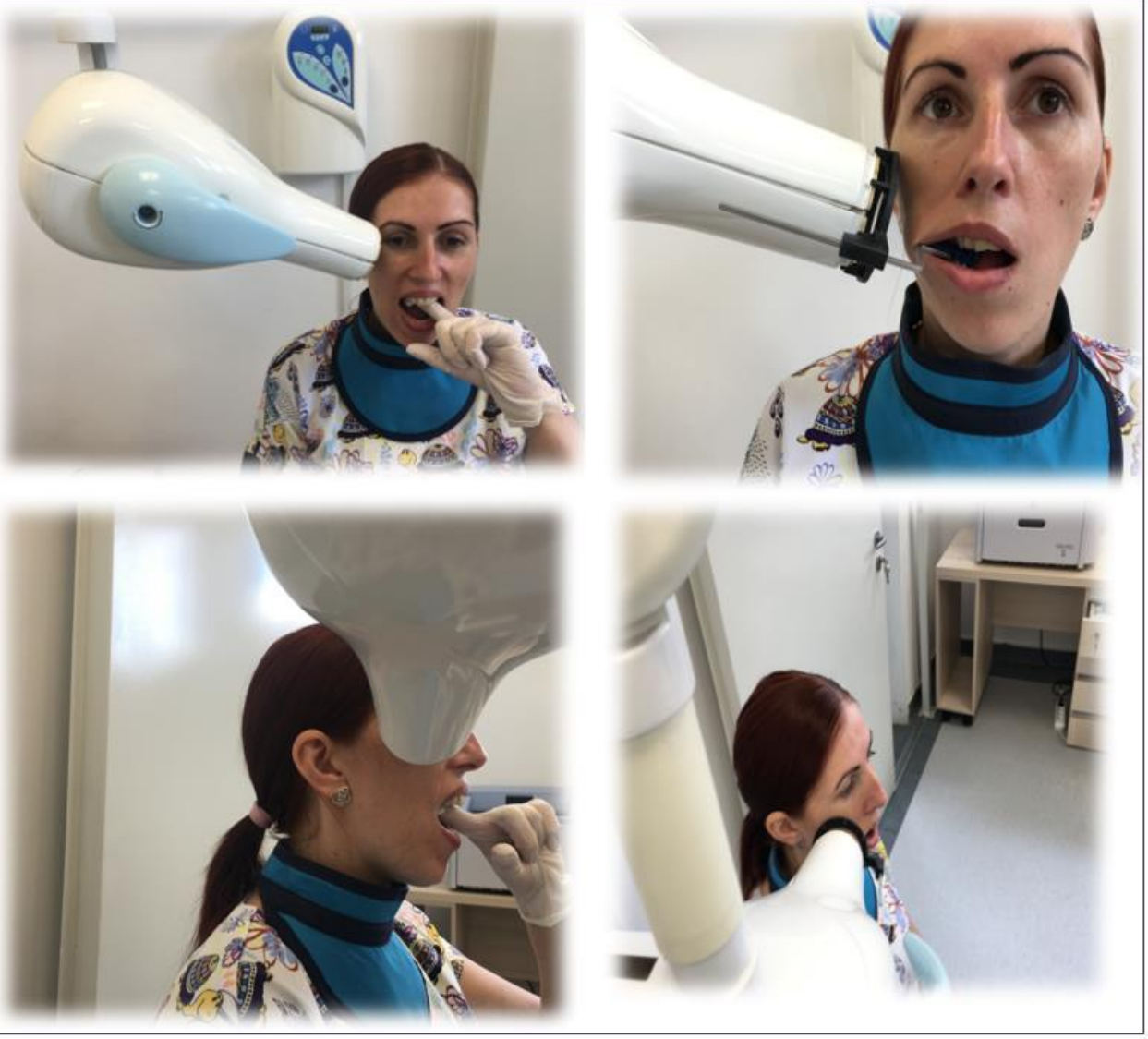


Figura 6.25.d. Radiografia periapicală la molarii superiori

Radiografia periapicala la incisivii inferiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung vertical
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei inferioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - -20^0 Inclinatie caudo-craniala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - linia imaginara situata la 1cm, deasupra marginii bazilare a mandibulei

Tehnica bisectoarei	Tehnica paralela

Figura 6.25.e. Radiografia periapicală la incisivii inferiori

Radiografia periapicala la caninii inferiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung vertical
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei inferioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - -20^0 Inclinatie caudo-craniala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - linia imaginara situata la 1cm, deasupra marginii bazilare a mandibulei

Tehnica bisectoarei | **Tehnica paralela**

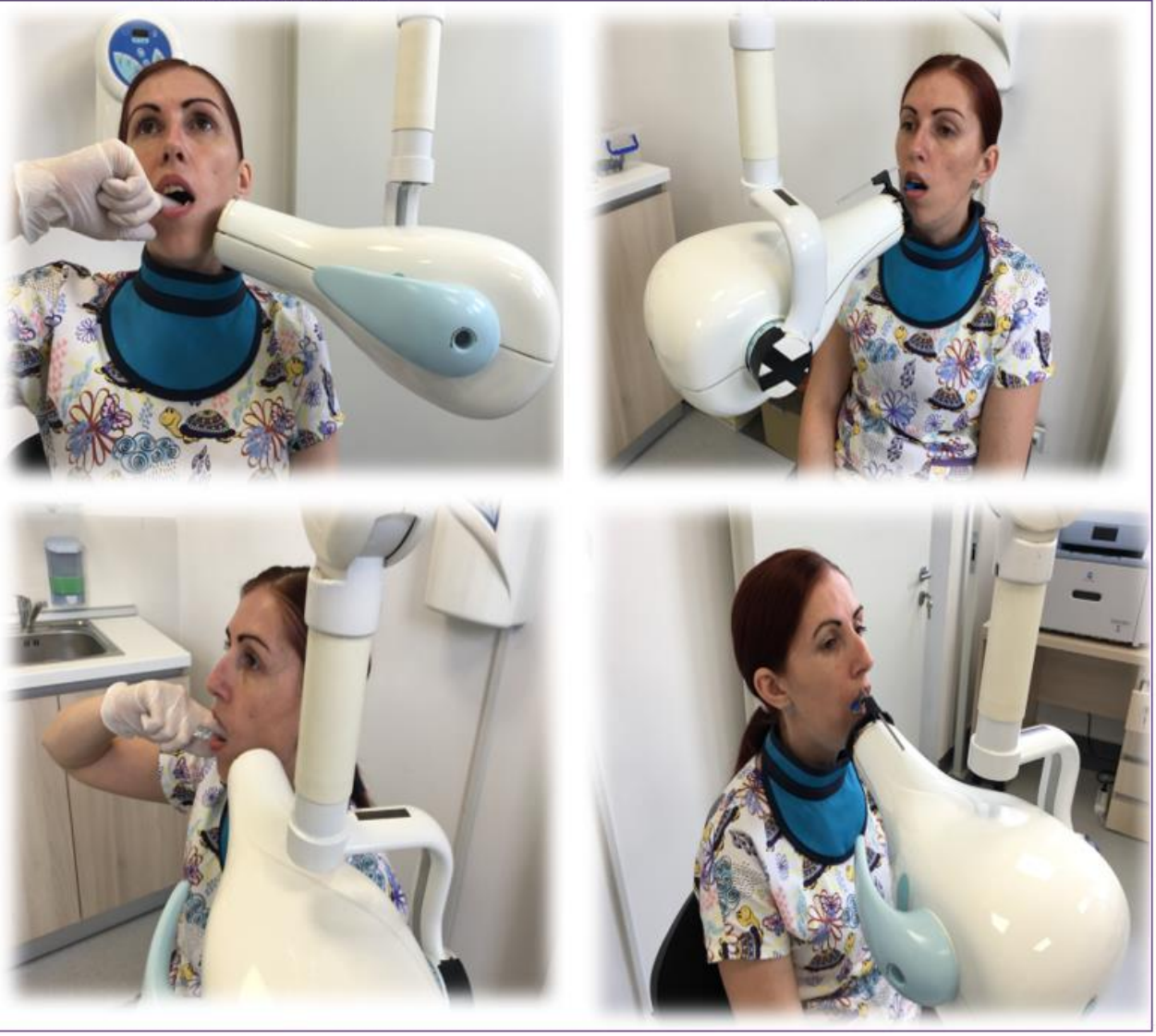


Figura 6.25.f. Radiografia periapicală la caninii inferiori

Radiografia periapicala la premolarii inferiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung orizontal
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei inferioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - -15^0 Inclinatie caudo-craniala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - linia imaginara situata la 1cm, deasupra marginii bazilare a mandibulei

Tehnica bisectoarei | **Tehnica paralela**

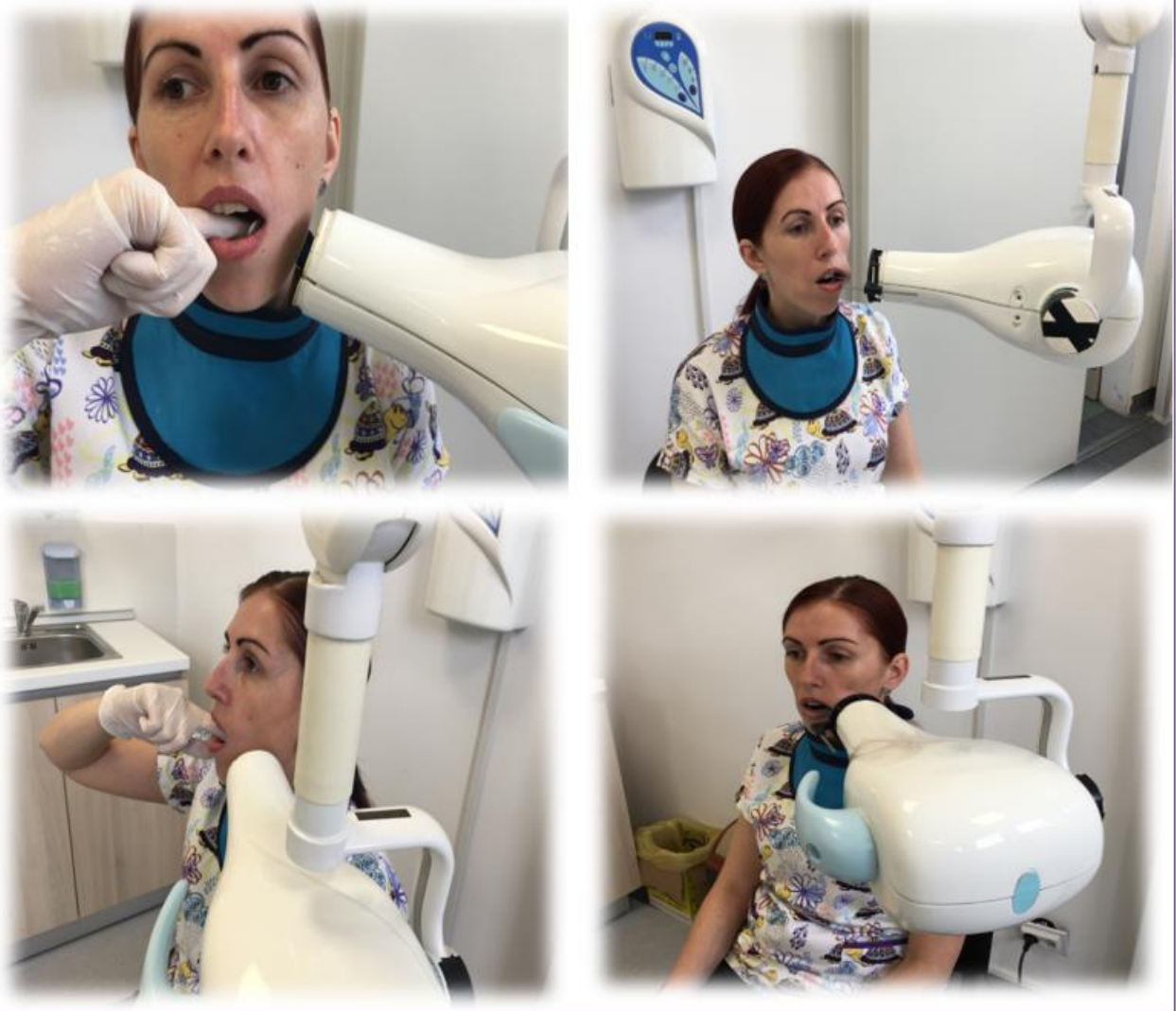


Figura 6.25.g. Radiografia periapicală la premolarii inferiori

Radiografia periapicala la molarii inferiori:

- filmul este pozitionat intra-oral cu axul lung orizontal
  - pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al arcadei inferioare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - -100 Inclinatie caudo-craniala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - linia imaginara situata la 1cm, deasupra marginii bazilare a mandibulei

Tehnica bisectoarei | **Tehnica paralela**

Figura 6.25.h. Radiografia periapicală la molarii inferiori

6.1.2.2. Etapele de execuţie ale radiografiei periapicale paralele

Efectuarea radiografiilor intraorale prin tehnica paralelă include următoarele etape (Tabelul 6.1):

- **Pregătirea pacientului şi a protocolului de expunere**

Pregătirea pacientului pentru realizarea radiografiei periapicale prin tehnica paralelă este similară cu cea care se aplică în tehnica bisectoarei.

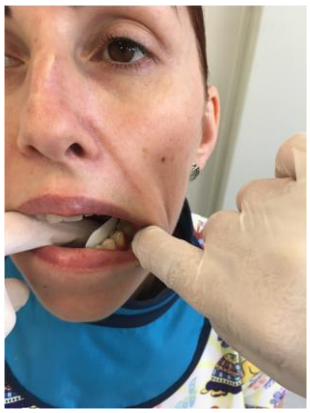


Figura 6.26. Poziţia retroalveolară a filmului radiologic, cu orientarea feţei anterioare a filmului către coroana dentară

În plus, tehnica paralelă include şi poziționarea receptorului de imagine în dispozitivul de susținere a filmului (film-holder). Dispozitivul pentru filmul radiologic se scoate din ambalajul steril și se alege suportul pentru film care corespunde tipului de radiografie ce urmează a fi efectuată (ex. suport pentru film pentru regiunea incisivilor, a molarilor sau suport pentru radiografia bite-wing) (Figura 6.19). Suportul pentru film va fi plasat astfel încât el se va găsi în centrul dispozitivului de centrare a fasciculului de radiații (Figura 6.18).

După asamblarea componentelor sistemului film-holder, se va alege receptorul de imagine pe baza criteriilor menționate la tehnica bisectoarei. În cazul în care se va utiliza un film radiologic convențional, acesta trebuie orientat cu fața spre fasciculul de radiații X și cu partea posterioară către cavitatea orală (Figura 6.26).

- **Poziționarea filmului în cavitatea orală**

Filmul radiologic, situat în dispozitivul film-holder este introdus, unde va avea o poziție profundă în cavitatea orală și va fi orientat după o direcție paralelă cu axul dintelui respectiv. Când pacientul va mușca pe dispozitivul bite-block al suportului, filmul va primi o orientare paralelă cu axul dintelui (Figura 6.27).

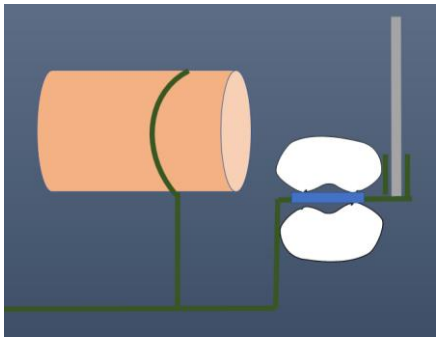


Figura 6.27. Poziționarea filmului în cavitatea orală

- **Poziționarea capului pacientului**

Capul pacientului va fi orientat cu planul ocluzal al dinților orizontal și cu planul medio-sagital aliniat la planul spațial vertical (Figura 6.28).

- **Poziționarea tubului colimator și angulația fasciculului de radiații în plan vertical și orizontal**

În tehnica paralelă, raza centrală va fi perpendiculară pe axul longitudinal al dintelui și pe filmului radiologic (Figura 6.29). Și în tehnica paralelă, se va menține o înclinație verticală a razei centrale în sens cranio-caudal pentru radiografierea dinților maxilari și caudo-cranială pentru dinții mandibulari.

În plan orizontal, dispozitivul tub-film asigură centrarea ortoradială a fasciculului de radiații, acesta fiind proiectat spre regiunile de contact interproximale ale dinților.

Poziționarea fasciculului de radiații la nivelul regiunii de radiografiat

Punctul de intrare al razei centrale la nivelul tegumentului va rezulta din poziția ansamblului suport film–holder, fără a exista repere cutanate

specifice pentru centrarea fasciculului central de radiații.

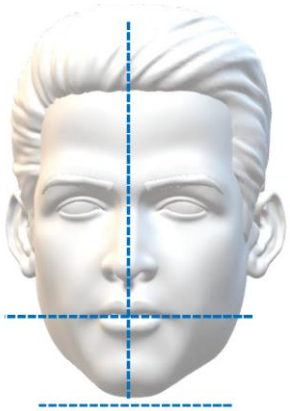


Figura 6.28. Pozitionarea capului pacientului in raport cu planurile medio-sagital si orizontal

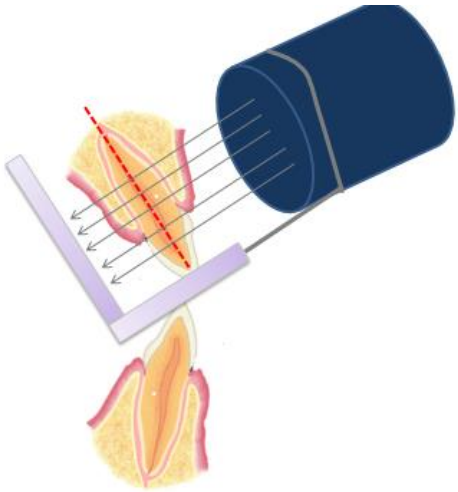


Figura 6.29.

6.1.2.3. Adaptarea tehnicii paralele pentru situații clinice particulare

Tehnica paralelă va fi utilizată în toate cazurile în care realizarea ei este posibilă. Investigarea modalităților de radiodiagnostic utilizate la ora actuală, arată că în Marea Britanie doar 31% dintre medicii dentiști folosesc doar tehnica paralelă, iar 70 % folosesc ambele tehnici.

Tehnica paralelă este metoda radiologică de elecție atunci când sunt necesare radiografii reproductibile. Există două situații clinice în care radiografia periapicală prin tehnica bisectoarei nu este adecvată pentru urmărirea procesului evolutiv al leziunilor: boala parodontală și examenul radiologic post-implantar.

Situații în care utilizarea tehnicii paralele nu este posibilă:

- edentații totale sau parțiale cu resorbții accentuate ale crestei alveolare
- la copii
- pentru molarii de minte situați în poziție distalizată
- la pacienții cu reflex de vomă
- la pacienții cu boltă palatină joasă
- la pacienții cu tonus ridicat al musculaturii planșeului bucal
- în cursul tratamentului endodontic.

În parodontitele cronice, monitorizarea evoluției resorbțiilor osoase presupune măsurarea distanțelor dintre marginea liberă a crestei osoase alveolare și joncțiunea amelo-cementară (Figura 6.30). Compararea valorilor obținute pe radiografii periapicale reproductibile, efectuate în diferite momente de evoluție ale unei leziuni, pot aduce informații utile pentru stabilirea efectelor terapeutice sau a progresiunii afecțiunilor.

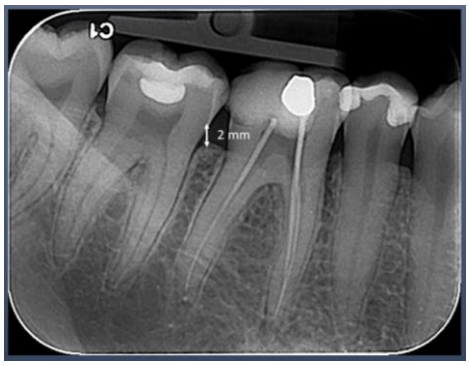


Figura 6.30. Distanța dintre joncțiunea amelo-cementară și marginea crestei alveolare

În implantologie, radiografia periapicală paralelă efectuată post-implantar oferă măsurători reproductibile ale pierderilor osoase periimplantare. O pierdere osoasă mai mare de

2 mm în primul an și de 1 mm în următorii ani poate fi considerată patologică, dacă măsurătorile se realizează pe radiografii executate prin tehnica paralelă.

Standardele de calitate ale radiografiilor periapicale paralele sunt similare cu cele descrise la tehnica bisectoarei. Merită subliniat încă o dată faptul că în tehnica paralelă, riscul de suprapunere a coroanelor dentare pe radiografie apare mai rar față de cazurile când se aplică tehnica izometrică.

6.1.2.4. Avantajele şi dezavantajele radiografiilor periapicale prin tehnica paralelă

Tehnica paralelă prezintă numeroase avantaje față de tehnica bisectoarei (Tabelele 6.4 şi 6.5), dar uneori este dificil de realizat practic. Majoritatea medicilor dentişti utilizează în prezent ambele tehnici de radiografiere.

Tabelul 6.4 . Avanatajele utilizării tehnicii paralele și a bisectoarei pentru realizarea radiografiilor periapicale.

Tehnica paralelă	Tehnica bisectoarei
• Diminuarea distorsiunilor legate de înclinația fasciculului de radiații • Ameliorarea netității imaginii radiologice • Reducerea dozei de iradiere prin scăderea înclinării fasciculului de radiații • Evidențierea apexurilor molarilor superiori • Reducerea riscului de suprapunere a coroanelor dentare • Obținerea unor radiografii reproductibile	• Confortabilă • Tehnică ușoară, rapidă • Nu necesită dispozitive special pentru susținerea filmului radiologic

Tabelul 6.5. Dezavanatajele utilizării tehnicii paralele și a bisectoarei pentru realizarea radiografiilor periapicale.

Tehnica paralelă	Tehnica bisectoarei
• Tehnica este inconfortabilă pentru pacient • Mijloace de sterilizare reduse pentru dispozitivele de suport • Tehnica nu se poate realiza în anumite situații clinice sau legate de anatomia cavității orale	• Distorsiunea imaginii radiologice • Alungirea rădăcinii palatinale a molarilor superiori • Suprapunerea osului malar în regiunea apexului molarilor superiori • Nu se pot obține radiografii reproductibile pentru compararea dimensiunilor

Avantajele tehnicii paralele

- **Diminuarea distorsiunilor**. Principalul avantaj al tehnicii paralele este diminuarea distorsiunilor prin paralelismul dintre axul dintelui și axul filmului radiologic și datorită direcției perpendiculare a fasciculului primar de radiații pe dinte și pe film.
- **Ameliorarea netității imaginii**. Prin utilizarea tuburilor colimatoare lungi (long cone), netitatea imaginilor radiologice obținute prin tehnica paralelă va fi îmbunătățită prin diminuarea efectului de penumbră.
- **Reducerea dozei de iradiere**. Mărirea distanței dintre sursa de radiații și obiect și scăderea înclinației fasciculului de radiații X, va reduce doza de iradiere a pacientului.
- **Evidențierea apexurilor molarilor superiori**. Datorită faptului că fasciculul de radiații este perpendicular pe axul dintelui, în tehnica paralelă nu mai apare suprapunerea osului zigomatic peste apexurile molarilor superiori.
- **Obținerea de radiografii reproductibile**. În tehnica bisectoarei, înclinația filmului radiologic şi a fasciculului radiogen față de axul

dintelui este de obicei diferită în cazul a două expuneri radiologice efectuate la intervale de timp diferite. De aceea, radiografiile periapicale prin tehnica bisectoarei nu sunt reproductibile. În schimb, în tehnica periapicală paralelă prin utilizarea suporturilor pentru film radiologic, este posibil realizarea unor imagini radiologice reproductibile. Obținerea unor radiografii similare ca geometrie a expunerii este relevantă pentru monitorizarea resorbțiilor osoase ale crestelor alveolare la pacienții cu parodontită cronică sau pentru monitorizarea leziunilor peri-implantare.

- **Evidențierea cariilor proximale**. Prin utilizarea suportului pentru film va fi evitată expunerea cu înclinație excentrică a fasciculului de radiații și suprapunerea coroanelor dentare cu posibilitatea identificării cariilor proximale.

Dezavantajele tehnicii paralele

- **Tehnica inconfortabilă pentru pacient**: - sistemele film–holder sunt rigide și inconfortabile pentru pacienți. Poziționarea profundă a filmului în cavitatea orală poate declanșa la unii pacienți reflexe de vomă, iar examinarea prin această metodă devine adeseori dificilă.
- **Mijloace de sterilizare reduse**: - un inconvenient major al tehnicii paralele este faptul că suportul pentru film trebuie să fie dezinfectat după efectuarea unei expuneri. De aceea cabinetul radiologic trebuie sa dispuna de un număr suficient de mare de suporturi pentru film care să permită utilizarea lor la mai mulți pacienți.
- **Tehnica paralelă este dificil de efectuat în anumite situații clinice**: - realizarea radiografiilor periapicale prin tehnica paralelă întâmpină dificultăți în special la pacienții edentați. Resorbţiile osoase cu diminuarea înălțimii crestei alveolare atrage după sine lipsa spațiului disponibil pentru plasarea suportului pentru film retroalveolar, în șanțul bucal. De asemenea, efectuarea tehnicii paralele este dificilă la molarii de minte datorită poziției distale a acestor dinți și a interpunerii părților moi. La pacienții cu bolta palatină joasă, tehnica paralelă nu se poate efectua deoarece nu există o înălțime corespunzătoare a boltei palatine pentru plasarea suportului de film intraoral, iar apexul dinților nu poate fi cuprins în examinare. Efectuarea radiografiilor periapicale paralele în cursul tratamentului endodontic este considerată o manopera dificilă deși există sisteme film-holder speciale pentru efectuarea radiografiilor cu acele pe canal. De asemenea, la copii, trebuie să fie achiziționate suporturi speciale de menținere a filmului, adaptate dimensiunilor reduse ale cavității orale.

6.1.3. Erori de efectuare ale radiografiilor periapicale

Poziționarea greșită a fasciculului primar de radiații sau a filmului radiologic în cavitatea orală, generează următoarele tipuri de erori care afectează calitatea imaginii radiologice și pot uneori influența corectitudinea diagnosticului:

1. Erori de poziționare a filmului radiologic în cavitatea orală
2. Erori de poziționare a fasciculului de radiații X față de film din punct de vedere al orientării lui în plan vertical sau în plan orizontal
3. Erori de centrare a fasciculului de radiații X față de filmul radiologic.

1. Erori de poziționare ale filmului radiologic în cavitatea orală

În radiografia periapicală, filmul radiologic este plasat intraoral, astfel încât marginea lui să depășească cu 2 mm marginea ocluzală a dinților radiografiați. Dacă există mai mult de 2 mm între marginea filmului și marginea incizală/ocluzală a dinților, apexurile dentare se proiectează în afara imaginii radiologice (Figura 6.31). Dacă între marginea filmului și suprafața dinților sunt mai puțin de 2 mm, va fi o lipsă de vizualizare a regiunii ocluzale a coroanelor dentare (Figura 6.32).

În mod normal, se urmărește ca marginea liberă a filmului să fie paralelă cu

marginea ocluzală a dinților radiografiați. Dacă filmul radiologic a fost poziționat oblic, dinții situați la una dintre extremitățile laterale ale filmului vor avea fie coroanele dentare, fie apexul dentar, proiectate în afara filmului radiologic (Figura 6.33).

Figura 6.31. Poziţionarea înaltă a filmului cu lipsa evidenţierii coroanelor dentare

Figura 6.32. Proiectarea apexurilor dentare în afara imaginii radiologice

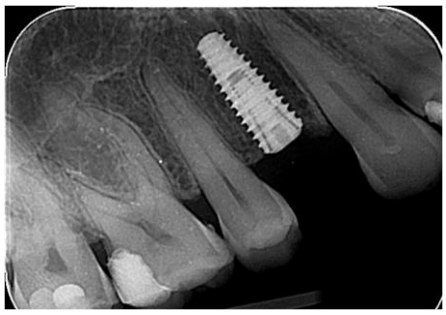


Figura 6.33. Orientarea oblica a filmului radiologic

Filmul radiologic va fi poziționat cu axul lung orizontal pentru dinții laterali și cu axul vertical pentru dinții frontali. Poziționarea verticală a filmului radiologic la dinții laterali nu însemna neapărat lipsa unor informații diagnostice, în schimb vor fi radiografiați un număr mai mic de dinți, şi vor fi efectuate mai multe radiografii. Se va urmări ca dintele cu patologie, la care s-a cerut radiografia, să fie plasat în centrul filmului, imaginea lui fiind astfel mai puțin distorsionată.

Deseori, aplicând tehnica bisectoarei pentru radiografia periapicală, apare îndoirea filmului radiologic datorită curburii maxilarelor. Această pliere a filmului poate să genereze dungi negre pe radiografie.

Poziționarea defectuoasă a filmului radiologic cu orientarea feței lui posterioare spre dinte, atrage după sine o imagine radiologică mai albă, cu densitate scăzută, datorată absorţiei radiațiilor X prin penetrarea foiței de plumb în calea fasciculului de radiații.

2. Erori de poziționare ale fasciculului primar de radiații X față de film

O radiografie periapicală realizată prin tehnica bisectoarei, este întotdeauna deformată datorită unghiului creat de grosimea crestei alveolare între axul dintelui și axul filmului. Minimalizarea distorsiunii imaginii radiologice este posibilă dacă raza centrală este perpendiculară pe bisectoarea unghiului dintre dinte și film.

Cu cât raza centrală are o direcție mai verticală, cu atât mai mult imaginea dintelui va fi mai micșorată pe radiografie (Figura 6.34). Dacă fasciculul de radiații va fi mai puțin înclinat, iar raza centrală este orizontalizată, se va obține o imagine alungită a dinților (Figura 6.35).

De exemplu, în mod normal, înclinația la molarii superiori a razei centrale trebuie să fie de $+30^0$. Dacă însă, fasciculul primar de radiații va avea o înclinare mai verticală (ex $+35^0$), raza centrală va forma un unghi ascuțit cu bisectoarea unghiului format între dinte și film, iar dinții pe radiografie vor avea dimensiuni micșorate. În cazul în care raza centrală va fi mai orizontală (ex $+25^0$), dinții vor fi măriți.

Figura 6.34. Scurtarea dintilor prin inclinarea insuficienta a fasciculului de radiatii

Figura 6.35. Elongarea dinţilor prin înclinarea insuficientă a fasciculului de radiaţii

Figura 6.36. Suprapunerea suprafețelor proximale ale dinţilor

Radiografia periapicală ortoradială presupune ca raza centrală să fie orientată către punctele de contact ale fețelor proximale ale dinților radiografiați. Uneori însă, sunt mai utile radiografiile excentrice, în care fasciculul de radiații are o înclinație în plan orizontal, raza centrală nefiind ortoradială, ci orientată spre distal sau spre mezial. Radiografiile cu raza excentrică ajută la stabilirea localizării unor structuri în plan vestibular sau oral, dar nu sunt utile pentru depistarea leziunile carioase deoarece fețele proximale ale dinților adiacenți apar suprapuse pe această incidență (Figura 6.36).

3. Erori de poziționare a fasciculului de radiații X față de film

Tubul colimator trebuie să circumscrie în totalitate filmul radiologic dentar. Poziționarea excentrică a filmului față de tubul colimator va genera lipsa de expunere a unei porțiuni din filmul radiologic (Figura 6.37).

Erorile de poziționare sunt mai frecvente în radiografia periapicală efectuată prin tehnica bisectoarei. În tehnica paralelă, suprapunerea coroanelor dentare este evitată prin utilizarea sistemului film-holder. În plus, riscul scurtării sau a alungirii imaginii dinților este și mai rară, datorită conexiunii rigide dintre suportul de film și dispozitivul de centrare a fasciculului radiogen.

Figura 6.37. Lipsa de centrare a tubului pe filmul radiologic

6.1.4. Standarde de calitate ale radiografiilor periapicale

Calitatea unei radiografii periapicale va fi apreciată pe baza următoarelor criterii (Tabelul 6.6):

Tabelul 6.6. Criterii pentru stabilirea standardelor de calitate ale radiografiilor periapicale

Criteriul de calitate	Standard de calitate indeplinit
Geometrie optim de expunere	Nu există alungiri sau scurtări ale dinților pe radiografie Nu există suprapunerea fețelor dentare proximale Nu există îndoiri ale filmului
Acoperirea corectă a regiunii anatomice	Dintele pentru care se efectuează radiografia se găsește în centrul imaginii Imaginea radiologică cuprinde atât coroanele dentare cât și apexul tuturor dinților radiografiați Sunt vizibili cel puțin 2-3mm din zona periapicală
Expunerea filmului a fost corectă	Densitatea imaginii este adecvată diagnosticului Contrastul imaginii este adecvat diagnosticului
Netitatea imaginii este adecvată	Structurile care apar pe radiografie sunt bine conturate Nu apar semne de mișcare în cursul expunerii
Calitate corespunzătoare a detectorului	Rezoluție corespunzătoare a detectorului Zgomotul imaginii digitale este redus Nu există semne de zgârieturi sau îndoire pe imagine Lipsa artefactelor prezente pe imaginea radiologică
Expunerea a fost justificată	Examinarea radiologică a fost justificată și răspunde necesității diagnostice, fiind aleasă tehnica radiologică cu cea mai mică expunere posibilă la cazul respectiv
Numarul de expuneri este adecvat diagnosticului	Radiografiile standard pot fi completate de radiografii excentrice pentru localizarea în spatiul a unor structuri anatomice Nu au existat repetări ale radiografiilor datorită realizarii lor defectuoase datorate erorilor de tehnică

1. Evidențierea geometriei optime a imaginii

a. Nu trebuie să existe dovezi de îndoire a imaginii dinților și a regiunii periapicale;

b. Nu trebuie să existe scurtarea sau elongația dinților pe imaginea radiologică (Figurile 6.38 și 6.39);

Figura 6.38. Radiografie periapicală efectuată cu raza centrală prea verticalizată şi aspect de scurtare a dinţilor

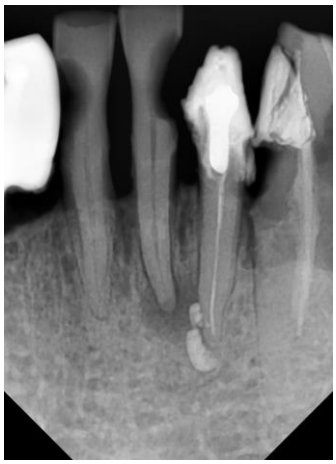


Figura 6.39. Imagine alungită a dinților frontali prin inclinaţia insuficientă a tubului colimator în plan verical

c. Suprafețele proximale ale dinților să fie vizibile, neexistând suprapuneri orizontale. Dacă acestea apar, ele nu trebuie să acopere radiotransparența canalelor radiculare sau a pulpei dentare (Figura 6.40).

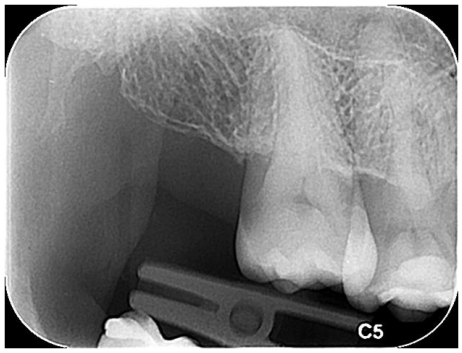


Figura 6.40. Suprapunerea coroanelor dentare prin angulaţia excentrică a fasciculului de radiaţii

2. Acoperirea corectă a regiunii anatomice
   a. Pe film trebuie să apară toți dinții care prezintă interes și să fie vizibilă în întregime coroana lor dentară și apexul dentar (Figurile 6.33, 6.34, 6.49).
   b. Trebuie să fie vizibili 2-3 mm din zona periapicală pentru a permite o evaluare corectă a anatomiei apicale (Figura 6.41).
3. Densitatea şi contrastul imaginii radiologice sunt adecvate
   c. Trebuie să existe o bună densitate și un contrast adecvat între smalț și dentină (Figura 6.42).

Figura 6.41. Radiografie periapicală cu alungirea dinţilor şi cu lipsa de vizualizare a apexurilor dentare

Figura 6.42. Contrastul şi densitatea imaginii sunt: a. scăzute. b. corespunzătoare; c. crescute

4. Numărul de filme efectuate este adecvat diagnosticului
   d. În tratamentul endodontic, pot fi necesare două radiografii, cu unghiuri orizontale diferite, pentru separarea canalelor suprapuse ale rădăcinii. Efectuarea radiografiilor excentrice este acceptată la molari și la primii premolari ai maxilarului.
   e. Evaluarea unor incluzii dentare necesită de asemenea efectuarea a două radiografii pentru surprinderea pe imagine a poziţiei coroanei dentare în planul sagital al arcadei dentare (Capitolul 5).
5. Procesarea filmului radiologic în camera obscură este adecvată:
   f. Fără semne de presiune pe film, fără zgârieturi.
   g. Fără semne de rulou (doar la procesare automată)
   h. Fără semne de ceaţă pe film.
   i. Fără contaminare/urme/stropire chimică.
   j. Fără evidenţă de fixare/spălare inadecvată.
6. Calitatea imaginii radiologice digitale este adecvată:
   k. Fără zgârieturi prezente pe imagine
   l. Zgomotul imaginii este diminuat,
   m. Fără artefacte prezente
   n. Rezoluţia imaginii este adecvată

6.2. Radiografia bite-wing

6.2.1. Filmul radiologic bite-wing și suportul film-holder pentru tehnica paralelă

Filmul radiologic convențional bite-wing prezintă pe faţa orientată către dinte, o aripioară de hârtie situată la mijlocul filmului, care ajută la poziționarea și menținerea lui în cavitatea orală (Figura 6.43.a). Structura filmului bite-wing nu diferă însă de cea a filmului radiologic dentar, faţa activă a filmului

fiind orientată spre dinte, iar partea sa posterioară, pe care se găsește foița de plumb, va fi orientată către cavitatea orală.

În tehnica paralelă bite-wing sunt utilizate suporturi speciale de menținere a filmului radiologic (Figura 6.43.b) cu ajutorul carora se obține o poziționare corectă a direcției fasciculului de radiații în raport cu filmul radiologic.

Figura 6.43. a. Filmul radiologic bite-wing cu aripioara pe fața anterioară a filmului

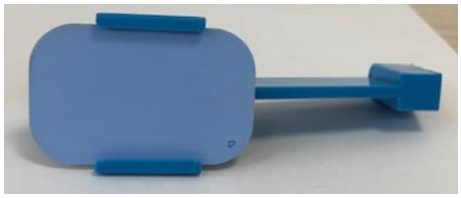


Figura 6.43. b. Film – holder pentru radiografii bite-wing

Pot exista 3 dimensiuni diferite ale filmelor bite-wing:

Size #0 – este utilizat pentru copii, în dentația temporară, pentru radiografierea dinților laterali, în vederea depistării leziunilor carioase.

Size #1 – este dimensiunea standard, utilizată cel mai frecvent la adulți și dimensiunea cea mai comună în care sunt comercializate filmele radiologice convenționale bite-wing.

Size #2 – este un film bite-wing lung, recomandat în special pentru copii, deoarece cuprinde atât regiunea molarilor cât și cea a premolarilor

6.2.2. Principii de baza în efectuarea radiografiilor bite-wing

Radiografiile bite-wing se pot realiza prin tehnica izometrică sau paralelă. Deşi cele două tehnici nu diferă foarte mult din punctul de vedere al distorsiunii imaginii radiologice, datorită sistemului de poziționare tub-film din tehnica paralelă, se evită suprapunerea coroanelor dinților adiacenți și crește șansa identificării cariilor proximale.

Filmul radiologic sau senzorul digital vor fi plasate retroalveolar în contact cu feţele linguale ale coroanelor dentare de pe ambele arcade, maxilară şi mandibulară. Radiografia bite-wing se indică în principal, pentru obținerea de informații legate de regiunea posterioară a arcadei dentare și pentru evaluarea leziunilor coronare la dinții laterali deoarece poziţionarea retro-alveolara a filmului bite-wing este dificilă în zona frontală a arcadelor dentare datorită curburii accentuate a maxilarelor.

Când se foloseşte filmul radiologic convenţional, raza centrală a fasciculului de radiații X trebuie să fie înclinată vertical, în sens cranio-caudal, cu $+10^0$, iar în plan orizontal ea va fi direcționată spre ariile de contact dintre fețele proximale ale dinților radiografiați.

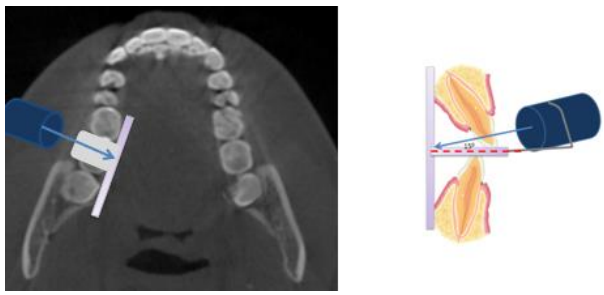


Figura 6.44. Poziționarea retro-alveolară a filmului radiologic bite-wing, aripioara filmului sau suportul pentru film se vor găsi între cele două arcade dentare

Este importantă centrarea fasciculului de radiații, astfel încât tubul colimator să circumscrie complet filmul radiologic și regiunea dentară de interes.

6.2.3. Etapele de realizare a radiografiilor bite-wing

- **poziționarea receptorului în cavitatea orală:**

Dacă se folosește un film bite-wing convențional, acesta va fi plasat intraoral și retroalveolar, cu bandeleta de hârtie situată între fețele ocluzale ale dinților radiografiați. Filmul radiologic va fi stabilizat în cavitatea orală prin aripioara care este menținută între cele două arcade dentare.

În tehnica bite-wing paralelă, se utilizează un suport pentru menținerea filmului în cavitatea orală. Se va poziționa mai întâi filmul sau senzorul digital în suportul pentru film, verificându-se ca acesta să se găsească în centrul orificiului de poziționare a tubului colimator,. Filmul radiologic va fi orientat cu fața sa anterioară spre dinții de radiografiat și spre dispozitivul de centrare a fasciculului de radiații, fața sa posterioară fiind îndreptată spre cavitatea orală.

Tija orizontală a suportului pentru film este interpusă între arcadele dentare. Sistemul de centrare a filmului și a tubului, utilizat în tehnica paralelă bite-wing, evită orientarea excentrică a fasciculului de radiații, menținând vizibile zonele proximale ale coroanelor dentare.

- **Poziționarea capului pacientului**

După plasarea filmului în cavitatea orală, se va corecta poziția capului pacientului astfel încât planul ocluzal al pacientului să fie orizontal, paralel cu podeaua. Alinierea capului pacientului se face după planul mediosagital al pacientului care trebuie să coincidă cu planul geometric vertical (Figura 6.45).

Radiografia bite-wing:

- filmul bite-wing este pozitionat intra-oral cu axul longitudinal orientat orizontal
- pozitionarea capului:
  - planul ocluzal al celor doua arcade dentare este orizontal
  - planul medio-sagital al capului este vertical
- Pozitionarea tubului colimator
  - $+10^0$ Inclinatie cranio-caudala
  - Raza centrala este ortoradiala
- Reperul cutanat:
  - Planul ocluzal

Tehnica bisectoarei	Tehnica paralela

Figura 6.45. Radiografia bite-wing

- **Poziționarea fasciculului de radiații**

Deoarece există o anumită înclinație între axul molarilor superiori și cel al molarilor inferiori, tubul colimator va avea o ușoară angulație cranio caudală de +10°, fiind orientată spre planul ocluzal al pacientului. Centrarea fasciculului de radiații în plan orizontal se face la nivel interproximal. Punctul de proiecție a razei centrale este la nivelul planului ocluzal al dinților radiografiați. Radiografia bite-wing se realizează de obicei pentru zona premolară și molară (Figura 6.45).

Imaginea radiologică obținută redă coroanele dentare și treimea cervicală a rădăcinii dinților de pe cele două arcade dentare. Treimea medie și apicală a rădăcinii dinților radiografiați nu sunt vizibile pe film (Figura 6.46).

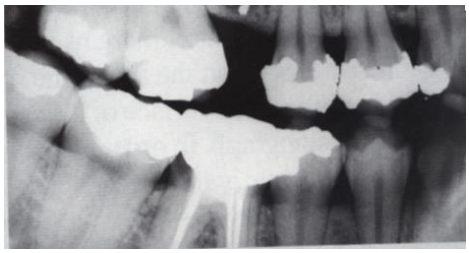


Figura 6.46. Radiografie bite-wing la nivel premolar și molar

Tehnica poate fi adaptată unor situații clinice particulare. În cazul unui torus palatin sau mandibular mandibular, poziționarea intraorala a filmului radiologic poate fi dificilă, acesta va trebui poziționat între torusul palatin și limbă. Un torus palatin sau mandibular mai voluminos, vor îndepărta detectorul față de dinte, bandeleta de susținere a filmului devenind prea scurtă pentru a se plasa între cele două arcade dentare. În aceste situații particulare se recomandă utilizarea tehnicii bite-wing paralele, cu suport rigid pentru detectorul digital.

La pacienții cu edentații în zona laterală, plasarea unui rulou la nivelul breșei edentate va asigura menținerea filmului retroalveolar pe perioada expunerii și va stabiliza poziția detectorului, permițând pacientului să mențină suportul de susținere a filmului între cele două arcade dentare.

6.2.4. Erori de poziționare în efectuarea radiografiilor bite-wing

Spre deosebire de radiografia periapicală, poziționarea filmului bite-wing nu crează erori deoarece plasarea bandeletei interocluzale, va ajuta la poziționarea lui corectă.

Erori de poziționare a fasciculului de radiații

În radiografia bite-wing înclinația verticală redusă a fasciculului de radiații cu o direcție cranio-caudală nu afectează calitatea imaginii radiologice, cu condiția ca raza centrală să fie orientată la nivelul planului de ocluzie. În schimb, orientarea în plan orizontal a tubului colimator trebuie să respecte cu strictețe principiul ortoradialității astfel încât să elimine riscul suprapunerii coroanelor dentare pe radiografie (Figura 6.47).

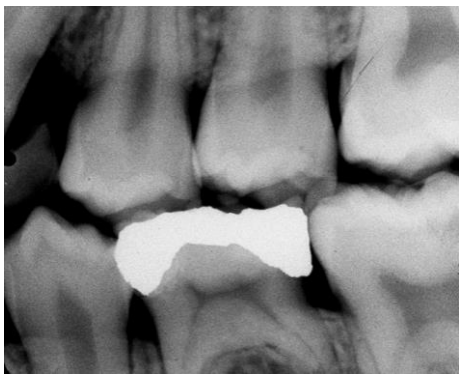


Figura 6.47. Suprapunerea necorespunatoare a suprafetelor proximale dentare datorita inclinarii orizontale a fasciculului

Erori de centrare a tubului colimator în raport cu filmul radiologic

Expunerea parțială a filmului radiologic prin poziționare excentrică a tubului față de filmul radiologic este posibilă dacă se utilizează un film convențional. Această eroare este mai rară decât cea produsă în cursul radiografiilor periapicale deoarece bandeleta plasată interocluzal constituie un reper vizibil care poate ghida modul de centrare a tubului colimator. În tehnica paralelă sunt practic

evitate aceste erori prin utilizarea sistemului film-holder.

6.2.5. Criterii de calitate ale radiografiilor bite-wing

1) Evidențierea geometriei optime a imaginii și acoperirea regiunii de interes

a. imaginea radiologică redă coroanele dentare și treimea cervicală a rădăcinilor dinților de pe ambele arcade dentare în regiunea radiografiată

b. Suprafețele proximale ale dinților de pe ambele arcade dentare să fie vizibile, neexistând suprapuneri orizontale.

2) Densitatea și contrastul imaginii radiologice sunt adecvate

a. Trebuie să existe o bună densitate și un contrast adecvat între smalț și dentină.

b. Camera pulpară este bine vizibilă la dinții fără distrucții coronare

c. Contrastul imaginii permite evidențierea trabeculaţiei osoase la nivelul septurilor interdentare.

3) Numărul de filme efectuate este adecvat diagnosticului

a. În general, pentru diagnosticul cariilor dentare sunt suficiente două radiografii bite-wing pentru fiecare parte a maxilarului, una pentru regiunea premolarilor și cea de-a doua pentru zona molarilor.

b. La copii, există posibilitatea utilizării unor filme bite-wing lungi, care permit cuprinderea pe aceeaşi imagine radiologică a premolarilor și a molarilor (Figura 52. Film bite-wing lung pentru copii).

4) Procesarea filmului radiologic în camera obscură este adecvată (Figura 53. Voalarea filmului):

a. Fără semne de presiune pe film, fără zgârieturi.

b. Fără semne de rulou (doar la procesare automată).

c. Fără semne de ceață pe film.

d. Fără contaminare/urme/stropire chimică.

e. Fără evidenţa de fixare/spălare inadecvată.

5) Calitatea imaginii radiologice digitale este adecvată:

a. Fără zgârieturi prezente pe imagine

b. Zgomotul imaginii este diminuat

c. Fără artefacte prezente

d. Rezoluția imaginii este adecvată.

6.2.6. Indicațiile radiografiei bite-wing

Indicațiile radiografiilor intraorale sunt sintetizate în Tabelul 6.7.

Radiografia bite-wing este recomandată pentru evaluarea patologiei coronare. Datorită înclinaţieie mai reduse a fasciculului de radiaţii, acuratețea depistării cariilor coronare este mai mare prin utilizarea tehnicii bite-wing. De aceea, această radiografie este utilă în special pentru diagnosticul cariilor proximale, a cariilor de colet, a cariilor formate la joncțiunea dento-protetică sau pentru depistarea cariilor secundare sau a recidivelor de carii.

Modificările de formă sau de conținut ale camerei pulpare pot fi mai bine evidențiate pe radiografia bite-wing, comparativ cu alte radiografii bidimensionale. Această tehnică poate fi utilizată și pentru detectarea unor demineralizări incipiente a crestelor osoase marginale din parodontitele cronice.

Radiografia bite-wing este utilizată aproape exclusiv pentru radiografierea zonei premolarilor și a molarilor. Centrarea filmului și razei centrale la dinții frontali este relativ dificilă datorită curburii arcadelor dentare. Depistarea cariilor proximale în zona frontală se poate realiza prin transiluminare deoarece grosimea coroanelor dentare este mai redusă și va permite evidențierea demineralizărilor și a cavităților carioase proximale.

Tabelul 6.7: Indicațiile utilizării radiografiilor intarorale

Radiografia periapicală	Radiografia bite-wing	Radiografia ocluzală
• Diagnosticul leziunilor carioase • Morfologia radiculară și a spatiului pulpar • Leziuni periapicale • Diagnosticul resorbțiilor osoase din boala parodontală • Monitorizarea evoluției implantelor și prezența periimplantitei • Precizarea poziției dinților incluși • Traumatisme dentare și în fracturi parțiale ale crestei alveolare	• Carii proximale • Carii de colet • Carii la joncțiunea dento-protetică • Carii secundare • Recidivă de carie • Morfologia camerei pulpare	• Precizarea poziției dinților incluși • Evidentierea calculilor submandibulari • Aprecierea deplasării in fracturile mandibulare • Aprecierea expansiunii mandibulare în tumorile osoase • Patologia tumorală și traumatică a palatului osos

Figura 6.48. Filmul ocluzal. a. Faţa posterioară a filmului; b. Faţa anterioară a filmului

6.3. Radiografia cu film ocluzal

6.3.1. Principii de bază în efectuarea radiografiei cu film ocluzal

Filmul ocluzal are dimensiuni mai mari față de filmele periapicale (7x8 cm), permițând evidențierea coroanelor dentare a tuturor dinților de pe arcada radiografiată (Figura 6.48). Efectuarea radiografiei cu film ocluzal se face în mod diferit pentru maxilarul superior și pentru mandibulă.

6.3.2. Etapele de realizare a radiografiilor ocluzale pentru maxilarul superior

Etapele premergătoare poziționării filmului în cavitatea orală sunt similare cu cele prezentate la tehnica efectuării radiografiilor periapicale.

• poziționarea filmului în cavitatea orală

Pentru maxilarul superior, filmul radiologic va fi orientat cu fața filmului către palatul osos. Filmul ocluzal trebuie să acopere în întregime coroanele dentare ale dinților arcadei superioare, inclusiv regiunea distală a ultimului molar prezent pe arcadă. După plasarea filmului în cavitatea orală, pacientul este rugat să închidă gura, iar filmul va fi menținut între planurile de ocluzie ale celor două arcade dentare (Figura 6.49).

• poziționarea capului pacientului

Capul pacientului se va poziționa astfel încât planul medio-sagital al capului să fie plasat vertical, iar planul ocluzal să fie paralel cu podeaua.

• poziționarea fasciculului de radiații

În plan vertical, tubul colimator va avea înclinare cranio-caudală de +65 °, iar fasciculul central va pătrunde la nivelul nazionului (Figura 6.49).

În plan orizontal, radiografia ocluzală standard se realizează cu respectarea principiului ororadialității, raza centrală având o direcție ortoradială la nivelul feţelor proximale ale dinților arcadei superioare. Există situații în care sunt necesare două radiografii ocluzale consecutive pentru localizarea în plan sagital a coroanei caninilor superiori incluși. În aceste situații se va

efectua o radiografie ocluzală standard, ortoradială pentru ca apoi să se efectueze o a doua radiografie cu o înclinație excentrică, medială sau distală, a tubului colimator. Prin efectuarea acestor radiografii, poziția coroanei dintelui inclus se va modifica în raport cu dinții adiacenți, fiind posibilă localizarea ei în plan sagital, conform principiului paralaxei (SLOB) (Figura 6.50).

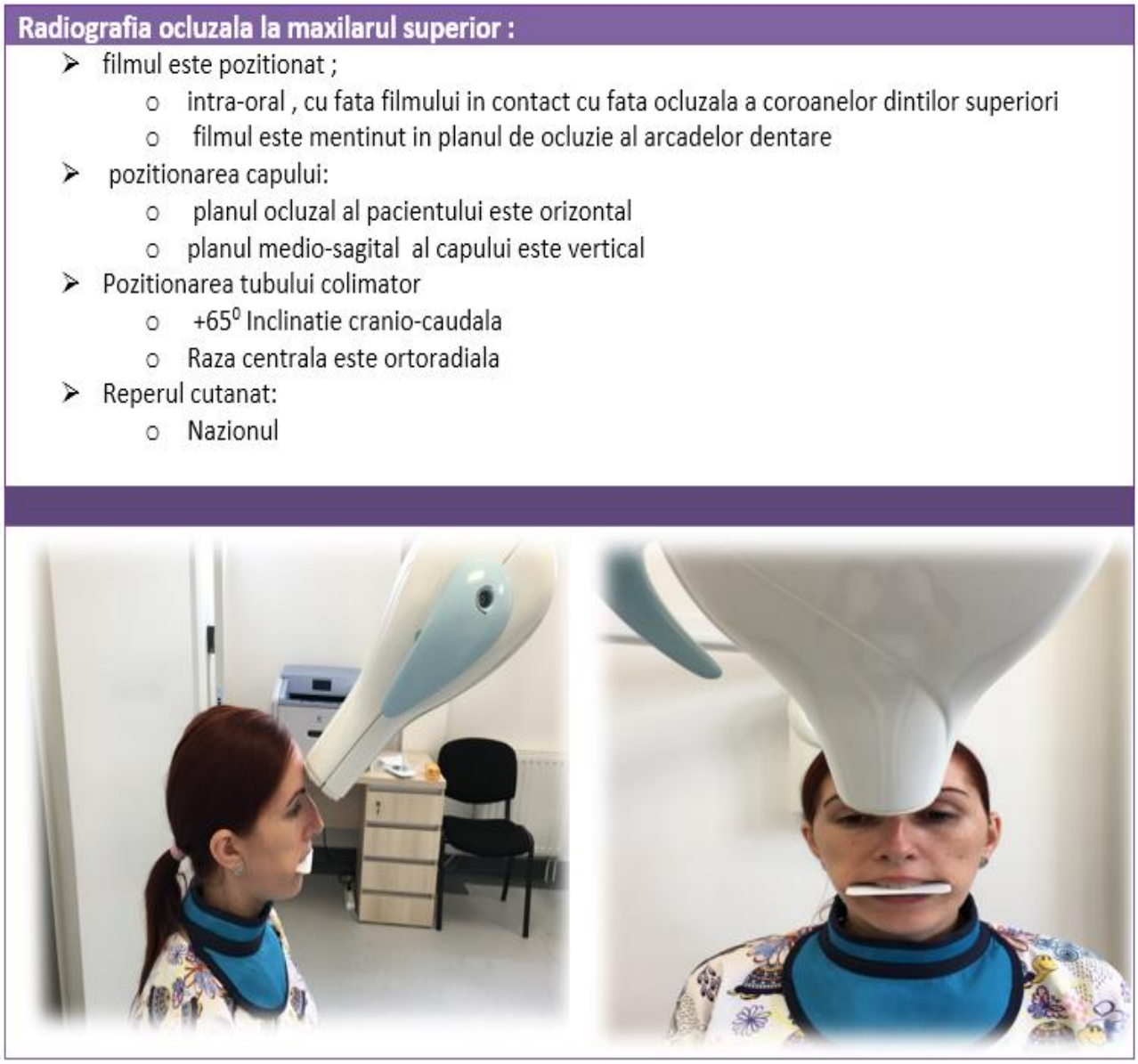


Figura 6.49. Radiografia ocluzală a maxilarului superior

Imaginea radiologică obținută, redă elementele de structură ale palatului osos precum și coroanele dentare ale dinților superiori, acestea având o proiecție ortogonală pe imaginea radiologică. Dinții laterali se proiectează pe radiografie sub forma unor opacități rotunde care redau planul ocluzal a coroanele dentare, dar fără evidențierea rădăcinilor dentare. Dinții din zona frontală apar pe radiografie în axul longitudinal fiind vizibile atât coroana cât și rădăcinile lor dentare (Figura 6.51).

6.3.3. Etapele de realizare a radiografiilor ocluzale pentru maxilarul inferior

- **Poziționarea filmului în cavitatea orală**

La mandibulă, filmul ocluzal va fi poziționat intraoral, acoperind planul de ocluzie mandibular, cu fața filmului orientată spre

coroanele dinților arcadei inferioare. Pacientul închide gura, filmul fiind menţinut între planurile de ocluzie ale arcadelor dentare.

- **Poziționarea capului pacientului**

Capul pacientului va fi în hiperextensie maximă, gradul ei fiind variabil în funcție de pacient. Planul medio-sagital al pacientului este vertical, urmărindu-se să nu existe o latero- deviație a capului.

- **Poziționarea fasciculului de radiații**

Fasciculul de radiații va avea o direcție perpendiculară pe filmul radiologic, înclinația în plan vertical a tubului colimator fiind dependent de gradul de extensie al capului pacientului.

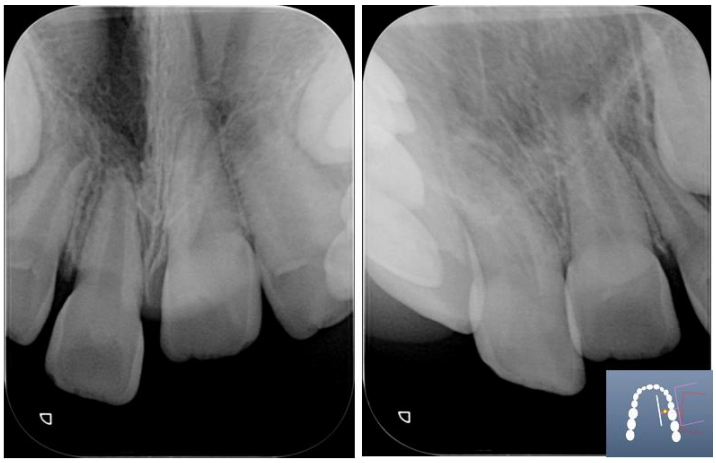


Figura 6.50. a. radiografie ortoradială; b. radiografie cu raza excentrică efectuată prin distalizarea tubului colimator

Figura 6.51. a. Radiografie ocluzală maxilară; b. Radiografie ocluzală mandibulară

Punctul de intrare al razei centrale se găsește la 1 cm posterior față de menton. În tehnica standard, ortoradială, înclinația în plan orizontal a tubului este de 0° , fasciculul de radiație fiind centrat la nivelul liniei interincisive (Figura 6.50). Peradiografia ocluzală în această proiecție, coroanele dinților laterali vor apărea circulare, iar dinții frontali și zona mentonieră sunt bine vizibile. Dinții frontali mandibulari se vor proiecta pe radiografie în axul lor lung (Figura 6.51.b).

6.3.4. Erori de pozitionare în efectuarea radiografiilor ocluzale

În radiografia ocluzală, filmul radiologic este plasat intraoral, cu fața filmului orientată întotdeauna spre arcada radiografiată. În cazul în care dosul filmului radiologic este în contact

cu arcada radiografiată, imaginea radiologică va fi mai albă, fără detalii suficiente pentru interpretarea radiografiei (Capitolul 5).

Dacă filmul radiologic nu este introdus profund în cavitatea orală, imaginea radiologică nu cuprinde în întregime arcada dentară radiografiată, şi nu acoperă regiunea distală a ultimilor molari.

Nerespectarea înclinației verticale a razei centrale sau a reperelor cutanate de proiecție pentru poziționarea razei centrale, va conduce la o radiografie ocluzală care ar reda doar parțial arcada dentară respectivă, existând o lipsă de centrare a fasciculului de radiații pe film.

Orientarea excentrică a tubului colimator în plan orizontal, cu o orientare distală sau mezială a fasciculului de radiații, va produce o distorsiune a imaginii radiologice și suprapunerea coroanelor dentare.

6.3.5. Criterii de calitate în efectuarea radiografiilor ocluzale

1. Evidențierea geometriei optime a imaginii și acoperirea regiunii de interes
   a. imaginea radiologică redă în totalitate coroanele dentare ale arcadei radiografiate, marginea filmului depășind fața distală a ultimilor molari
   b. dinții frontali sunt proiectați pe radiografie în axul lor lung, iar dinții laterali au o imagine circulară.
2. Densitatea și contrastul imaginii radiologice sunt adecvate
   a. Trebuie să existe o bună densitate și un contrast adecvat între smalț și dentină.
   b. Camera pulpară este bine vizibilă la dinții fără distrucții coronare
   c. Contrastul imaginii permite evidențierea trabeculației osoase la nivelul septurilor interdentare
3. Numărul de filme efectuate este adecvat diagnosticului
   a. Pentru determinarea poziției dinților incluși pot fi necesare două radiografii ocluzale din incidențe diferite.
4. Procesarea filmului radiologic în camera obscură este adecvată:
   a. Fără semne de presiune pe film, fără zgârieturi.
   b. Fără semne de rulou (doar la procesare automată)
   c. Fără semne de ceață pe film.
   d. Fără contaminare/urme/stropire chimică.

6.3.6. Indicațiile efectuării radiografiilor ocluzale

Una dintre indicațiile radiografiei ocluzale este incluzia caninilor. Totuși, radiografia ocluzală nu este prea des utilizată astăzi, ea fiind treptat înlocuită cu examinarea CBCT, cu ajutorul căreia se pot obține informații tridimensionale, legate de poziția geometrică în spațiu a dinților incluși.

Pentru localizarea în plan sagital a coroanei dinților incluși, sunt necesare două radiografii ocluzale, prima dintre ele efectuată prin tehnica standard, ortoradială, cu raza centrală orientată tangent la fețele proximale ale dinților frontali, iar cea de a doua radiografie, realizată cu înclinația excentrică, mezială sau distală a fasciculului de radiații incident. Conform principiului paralaxei, structurile situate palatinal, se vor deplasa în aceeași direcție cu tubul colimator. Structurile situate vestibular se vor deplasa în a doua radiografie în sens contrar deplasării tubului colimator (Same Lingual, Opposite Bucal) (Capitolul 5).

Prezența dinților supranumerari și poziționarea coroanei lor spre corticala palatinală sau orală a crestei alveolare constituie de asemenea o posibilă recomandare pentru efectuarea unei radiografii ocluzale, în lipsa disponibilității unei examinări CBCT. Datorită faptului că dinții supranumerari cauzează frecvent resorbții radiculare ale dinților adiacenți, indicația unei examinări CBCT nu poate fi substituită de efectuarea unei radiografii ocluzale.

Radiografia cu film ocluzal poate fi utilizată și pentru evidențierea patologiei traumatice sau tumorale a palatului osos sau a

crestei alveolare maxilare (Capitolul 7). De obicei, traumatismele maxilarului superior sunt complexe, rar sunt izolate, ele implicând și alte oase ale scheletului viscerocraniului. De aceea, radiografia ocluzală este de obicei insuficientă pentru diagnosticul traumatismelor medio-faciale și necesită completarea cu alte tehnici de investigație cum ar fi cea de CBCT.

Radiografia ocluzală mandibulară poate fi utilizată pentru evidențierea calculilor salivari submandibulari.

Deplasările în fracturile mandibulare sunt bine vizibile pe radiografia ocluzală (Figura 7.64), dar această radiografie nu este suficientă pentru diagnosticul fracturilor din zona condiliană și ramura verticală mandibulară.

Expansiunea corticalei osoase mandibulare în tumorile chistice mandibulare poate fi observată pe radiografia cu film ocluzal, dar pentru aprecierea extinderii tumorale sunt necesare alte tehnici imagistice, cel mai frecvent examinarea CBCT.

Sumar

- Radiografiile periapicale pot fi realizate prin tehnica bisectoarei şi prin tehnica paralelă. Distorsiunea imaginii este mai redusă dacă se utilizează tehnica paralelă long-cone
- Tehnica paralelă trebuie să fie metoda de rutină pentru obţinerea radiografiilor periapicale mai ales în evaluarea evoluţiei post-operatorii a implantelor dentare şi a bolii parodontale
- Indicaţiile principale ale radiografiilor bite-wing sunt pentru detectarea cariilor proximale
- Radiografiile ocluzale se pot utiliza pentru analiza poziţionării în plan vestibulo-oral a dinţilor incluşi, precum şi pentru evidenţierea unor leziuni patologice a palatului osos şi a planşeului bucal.
- O etapă importantă după realizarea radiografiilor intra-orale este analiza erorilor de tehnică radiologică: poziţionarea filmului faţă de dinte, a sursei de radiaţii faţă de axul dinţilor radiografiaţi şi faţă de filmul radiologic.
- Standardele de calitate ale fiecărui tip de radiografie trebuie să fie cunoscute de toţi medicii practicieni pentru a evita interpretarea greşită a unor leziuni sau a efectuării unor măsurători eronate pe imaginea radiologică.
- Analiza standardelor de calitate face parte din programul de asigurare a calităţii care trebuie implementat în cabinetele de radiologie dentară.

Referințe

Dixon DA, Hildebolt CF. An overview of radiographic **film holders**. Dentomaxillofac Radiol. 2005 Mar;34(2):67-73. doi: 10.1259/dmfr/99945885.

Fildan F., Hedesiu M., Radiologia stomatologica. Notiuni de fizica si tehnica radiologica Editura Medicala Universitara”Iuliu Hatieganu” Cluj-Napoca, 2002

Iannucci J. M, Jansen Howerton J.L. Radiation Basics in: Dental Radiography: Principles and Techniques, 4th ed. , Missouri, 2012, Elsevier

Kazzi D, Horner K, Qualtrough AC, Martinez-Beneyto Y, Rushton VE. A comparative study of three periapical radiographic techniques for endodontic working length estimation. Int Endod J. 2007 Jul;40(7):526-31.

Parker ME, Crombie K. J Occlusal radiography in general dental practice. Dent Assoc S Afr. 1992 Nov;47(11):493-7.

Tai C C , Miller P A, Packota G V, Wood R E. The occlusal radiograph revisited. Oral Health. 1994 Nov;84(11):47-50, 53.

Whaites E., Radiation physics and equipment in Essential of dental radiography and radiology, 4th ed. Edinburg, Churchill Livingston, Elsevier science, 2003

White SC, Pharoah MJ: Radiation physics. In Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, St Louis, 2009, Mosby.

Verificarea cunoştinţelor

1. **Asociați etapele de efectuare a radiografiilor intraorale cu tehnicile corespunzătoare:**

a. Periapicală bisectoare
b. Periapicală paralelă
c. Bite-wing
d. Ocluzală

1. Filmul se plasează retroalveolar și este ținut de către pacient cu degetul
2. Aplicarea filmului orizontal la nivelul planului de ocluzie
3. Aplicarea tubului colimator perpendicular pe axul dinților superiori și inferiori de radiografiat
4. Filmul/senzorul digital se plasează într-un film holder cu fața filmului orientată spre cercul de suport al tubului colimator
5. Aplicarea filmului cu suprafața activă către arcada de radiografiat
6. Poziționarea tubului colimator respectă punctele de proiecție a apexurilor dentare
7. Tubul colimator se ancorează în support
8. Spălarea film-holderului
9. Aplicarea aripioarei filmului la nivelul planului de ocluzie

2. Asociați indicațiile de efectuare a radiografiilor intraorale cu tehnicile periapicală, bitte-wing și ocluzală

a. Periapicală
b. Bite-wing
c. Ocluzală

1. Carii proximale
2. Morfologia radiculară și a spațiului pulpar
3. Aprecierea deplasării în fracturile mandibulare
4. Carii secundare/recidive
5. Leziuni periapicale
6. Aprecierea expansiunii mandibulare în tumorile osoase

3. Criterii de stabilire a standardelor de calitate a radiografiilor periapicale sunt:

a. Există suprapuneri a ale coroanelor dentare
b. Nu există îndoiri ale filmului radiologic
c. Imaginea radiologică cuprinde atât coroanele dentare cât și apexul tuturor dinților radiografiați
d. Apar semne de mișcare în cursul expunerii
e. Zgomotul imaginii este redus

4. **Criterii de stabilire a standardelor de calitate a radiografiilor periapicale sunt**:

a. Nu există alungiri sau scurtări ale dinților pe radiografie
b. Dintele de radiografiat nu se găsește în centrul imaginii
c. Structurile evaluate nu apar bine conturate
d. Sunt vizibili cel puțin 2-3 mm din zona periapicală
e. Nu există suprapunerea fețelor dentare proximale

5. **Poziționarea capului pacientului pentru radiografia periapicală trebuie să fie**:

a. Orientat cu planul ocluzal paralel cu podeaua
b. Orientat cu planul orizontal în unghi de 75 grade cu podeaua
c. Orientat cu planul vertical apropiat de tehnician
d. Orientat cu planul vertical perpendicular pe podea
e. Nemișcat în timpul examinării

6. Poziționarea filmului radiologic în cavitatea orală trebuie să țină cont de:

a. Aplicarea filmului cu suprafața activă spre dinții de radiografiat
b. Marginea coronară a filmului trebuie să fie la același nivel cu planul de ocluzie
c. Marginea coronară trebuie să depășească cu 2 mm planul de ocluzie al dinților
d. Nu contează unde este plasată proeminența filmului radiologic
e. Proeminența filmului radiologic trebuie să fie localizată coronar

7. **Tubul colimator al aparatului trebuie să fie:**

a. Aplicat conform punctelor de reper cutanate care duc la centrarea fasciculului de radiații- pentru tehnica paralelă
b. Aplicat conform punctelor de reper cutanate care duc la centrarea fasciculului de radiații- pentru tehnica bisectoarei
c. Aplicat în suportul pentru tub al film-holderului- pentru tehnica paralelă
d. Aplicat în suportul pentru tub al film-holderului- pentru tehnica bisectoarei
e. Angulat vertical corespunzător arcadei de radiografiat

8. Alegeți răspunsurile corecte pentru condiții particulare de realizare a radiografiilor intraorale:

a. Șant lingual înalt- accentuarea înclinației verticale a fasciculului de radiații
b. Torus palatin sau torus mandibular- reducerea înclinației verticale a fasciculului de radiații
c. Reflexul de vomă- anestezie de contact
d. Torus palatin sau torus mandibular- accentuarea înclinației verticale a fasciculului de radiații
e. Copii- filme radiologice de mici dimensiuni

9. **Alegeți răspunsurile corecte pentru condiții particulare de realizare a radiografiilor intraorale:**

a. Boltă palatină adâncă -reducerea înclinației verticale a fasciculului de radiații

b. Curbura accentuată a crestei alveolare în fosa canină- poziționarea oblică a filmului radiologic cu centrarea caninului de-a lungul diagonalei filmului

c. Curbura accentuată a crestei alveolare în fosa canină- presiune mai accentuată pe film de către pacient pentru îndoirea acestuia

d. Reflexul de vomă- înlocuirea Rx retroalveolare cu o Rx panoramică

e. Copii- înlocuirea Rx retroalveolare cu o Rx panoramică

10. **Principii de bază ale radiografiilor intraorale**

a. Raza centrală cade perpendicular pe filmul radiologic-tehnica paralelă

b. Raza centrală cade perpendicular pe filmul radiologic-tehnica bisectoarei

c. Raza centrală cade perpendicular pe bisectoarea unghiului dintre film şi axul dintelui-tehnica bisectoarei

d. Raza centrală cade perpendicular pe filmul radiologic-tehnica bite-wing

e. Radiografia ocluzală evidențiază coroanele tuturor dinților unei arcade

Capitolul 7
Anatomia radiologică a dinţilor şi a ţesuturilor de susţinere

Autori: Mihaela Hedeşiu, Andrea Şerbănescu

Cuprins

7.1. **Anatomia radiologică a dinţilor şi a crestelor alveolare**
7.1.1. Planul de examinare al radiografiilor
7.1.2. Limitele radiografiei bidimensionale în redarea anatomiei dento-parodontale
7.1.3. Anatomia radiologică a dinților permanenți
7.1.4. Anatomia radiologica a dinţilor temporari
7.1.5. Anatomia radiologica a dentaţiei mixte

Obiective

Însuşirea unei metode de analiză sistematică a imaginilor radiologice
Identificarea corectă a elementelor anatomice normale
Recunoaşterea şi diferenţierea elementelor patologice vizibile pe radiografie
Recunoaşterea variaţiilor anatomice ale dinţilor şi ale ţesuturilor de susţinere
Identificarea leziunilor patologice şi diferenţierea lor faţă de structurile normale
Însuşirea elementelor de semiologie radiologică
Diagnosticul corect al unor descoperiri întâmplătoare pe imaginile radiologice, fără relevanţă patologică
Cunoaşterea limitelor metodelor radiologice în identificarea anatomiei dinţilor şi a maxilarelor
Cunoaşterea anatomiei specifice fiecărei regiuni dentare
Evaluarea corectă a radiografiilor în perioada dentaţiei temporare
Evaluarea corectă a radiografiilor în perioada dentaţiei mixte

Termeni cheie

Apex radicular	Dentaţie temporară	Lamina dura
Canal mandibular	Dinţi permanenţi	Proces coronoid
Colet dentar	Foramen lingual	Rădăcina dentară
Coroana dentară	Fosa submandibulară	Sept alveolar inter-dentar
Creasta alveolară	Fose nazale	Sept alveolar inter-radicular
Creasta milohioidiană	Furcaţia radiculară	Sinus maxilar
Creste mentoniere	Gaura incisivă	Spaţiul periodontal
Dentaţie mixtă	Gaura mentonieră	Sutura intermaxilară

Evaluarea structurilor anatomice normale pe o radiografie bidimensională, implică în primul rând ca imaginea radiologică să îndeplinească standardele de calitate din punct de vedere a realizării ei tehnice, astfel încât să ofere suficiente detalii de morfologie dento-alveolară pentru interpretare.

În al doilea rând, medicul dentist trebuie să deţină o bună cunoaştere a anatomiei normale a arcadelor dentare şi să ţină cont de

faptul că imaginea radiologică bidimensională este o sumaţie a unor structuri morfologice complexe, dentare şi osoase, care apar suprapuse radiografic.

Cunoaşterea geometriei de expunere caracteristice fiecărei tehnici radiologice, este esenţială pentru înţelegerea imaginilor radiologice bidimensionale şi pentru a putea diferenţia variantele anatomice normale de procesele patologice ce pot să apară.

7.1.1. Planul de examinare al radiografiilor

Condiţiile în care se realizează examinarea unei radiografii trebuie să fie adapatată unor parametri optimi din punct de vedere a luminozităţii şi a calităţii ecranului radiologic pe care este proiectată imaginea. Camera în care se realizează interpretarea radiografiei trebuie să fie iluminată natural, dar fără expunere directă la soare. Dacă radiografia a fost efectuată pe un film radiologic, ea va fi aşezată pe un negatoscop cu lumină uniformă.

Imaginile digitale se vor intepreta pe ecranul computerului (workstation). În mod ideal, ar trebui utilizate monitoare speciale destinate domeniului radiologiei, dar costul acestor dispozitive este la ora actuală ridicat. Este recomandabil să se utilizeze monitoare cu rezoluţie înaltă.

Evaluarea corectă a unei radiografii presupune urmărirea unor etape succesive de analiză a imaginilor radiologice:

- identificarea tehnicii de examinare şi calitatea realizării radiografiei
- identificarea elementelor anatomice normale pe radiografie
- identificarea variantelor anatomice
- detectarea leziunilor patologice care sunt vizibile pe radiografie.

Fondul întunecat al ecranului pe care se proiecteză imaginea radiologică sau obliterarea ariei din jurul filmului cu chenar întunecat va ajuta la identificarea cu mai mare uşurinţă a detaliilor pe radiografie (Figura 7.1).

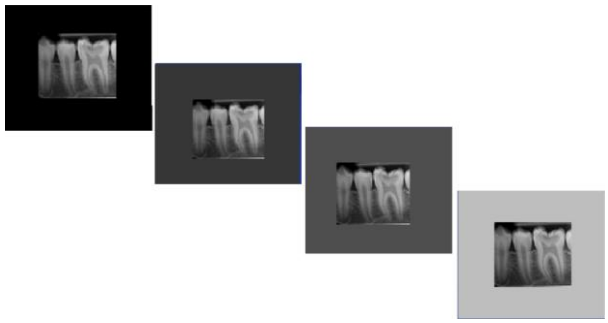


Figura 7.1. Obliterare cu chenar întunecat în jurul filmului poate scoate mai bine în evidenţă detaliile radiologice

Utilizarea unor procedee de prelucare a imaginilor radiologice digitale cum ar fi ajustarea contrastului, a luminozităţii, mărirea imaginii radiologice (Figura 7.2) sau aplicarea unor filtre specifice pentru evidenţierea unor leziuni patologice dento-parodontale este obligatorie pentru fiecare radiografie, înainte de stocarea ei într-o bază de date.

Analiza radiografiei şi formularea unui diagnostic radiologic presupune dezvoltarea unor abilităţi practice ale medicului dentist, constând în principal în trei procese cognitive fundamentale:

(1) observaţia (“a vedea”)

(2) analiza critică şi diagnosticul leziunilor patologice (“a analiza”)

(3) înţelegerea contextului general al cazului din care poate decurge necesitatea utilizării altor explorări imagistice sau efectuarea unui plan terapeutic (“a înţelege”).

Evaluarea unei imagini radiologice trebuie să urmeze întotdeauna un plan sistematic de examinare al cărui etape sunt redate sintetic în tabelul 7.1. Examinarea radiografiilor intraorale începe întotdeauna cu analiza structurilor anatomice normale. Este bine să se urmărească un plan sistematic de examinare al tuturor structurilor dento-parodontale precum și a morfologiei osoase vizibile pe imaginea radiologică.

Tabelul 7.1. Planul de examinare al unei imagini radiologice

Etapa	Parametri urmariti
1. Identificarea tehnicii radiologice	• Tipul radiografiei • Incidenta si proiectia • Pozitionarea radiografiei • Analiza critica a justificarii tehnicii radiologice efectuate
2. Analiza calitatii imaginii radiologice	• Evaluarea erorilor de expunere: densitatea, contrastul, netitatea, zgomotul imaginii si prezenta artefactelor • Identificare erorilor de pozitionare : - Erori ale pozitionarii filmului fata de dinte - inclinatia incorecta a tubului fata de axul dintelui in plan vertical si orizontal - centrarea tubului colimator fata de receptor • Evaluarea critica a modului in care erorile de tehnica ar putea influenta diagnosticul
3. Analiza sistematica a dintilor	• Identificarea dintilor radiografiati • Aprecierea gradului lor de dezvoltare • Pozitia dintilor pe arcada dentara
4. Analiza coroanei dentare	• Suprafata externa a smaltului, structura smaltului dentar, jonctiunea amelo-dentinara, dentina • Identificarea leziunilor patologice: carii, restaurari coronare, distructii coronare, fracturi coronare, atritia dentara
5. Analiza radacinilor dentare	• Identificarea radacinilor pana la apex • Analiza formei, numarului si lungimii radacinilor dentare • Identificarea dilacerarilor radiculare, gradul de incurbare a radacinii • Structura cementului si a dentinei radiculare • Identificarea patologiei radiculare: prezenta tratamentelor endodontice, a resorbtiilor radiculare, raportul corono-radicular.
6. Analiza spatiului pulpar	• Forma camerei pulpare si a canalelor radiculare • Distanta dintre coarnele pulpare si suprafata ocluzala • Identificarea leziunilor pulpare: calcificari intrapulpare, dilatari ale spatiului pulpar, obturatii endodontice
7. Tesutul periapical	• Integritatea laminei dura, dimensiunea spatiului periapical • Identificarea leziunilor periapicale: largiri sau ingustari ale spatiului periodontal, intreruperea laminei dura, • Radiotransparente sau radioopacitati periapicale
8. Spatiul periodontal	• Integritatea laminei dura la nivelul crestei alveolare si periradicular, dimensiunea spatiului periodontal, nivelul si calitatea crestei alveolare • Identificarea patologiei parodontale: pierdere osoasa verticala sau orizontala, interesarea furcatiei radiculare
9. Evaluarea osului alveolar	• Analiza trabeculatiei osoase • Identificarea demineralizarilor, a unor leziuni osteolitice, osteosclerozante sau mixte
10. Evaluarea detaliilor anatomice	• Maxilar superior: gaura incisiva, canal incisiv,fose nazale, sinusuri maxilare, creasta zigomatica, tuberozitate maxilara • Mandibular: gaura mentoniera, canalul mandibular, foramen lingual, crestele mentoniere, creasta milohioidiana • Identificarea raportului dintilor sau a unor leziuni patologice cu aceste structuri anatomice
11. Diagnosticul leziunilor patologice	• Identificarea variantelor anatomice sau a unor leziuni descoperite intamplator, fara relevanta clinica • Diagnosticul diferential al leziunilor patologice
12. Intelegerea contextului clinico-radiologic al cazului	• Diagnostic evolutiv al leziunilor prin compararea cu radiografii anterioare • Formularea unor recomandari de explorare care sa completeze diagnosticul • Efectuarea unui plan terapeutic pe baza explorarii imagistice

Figura 7.2 . Ajustarea contrastului, luminozităţii, mărirea imaginii radiologice. a. Imaginea originală; b. Imaginea radiologică mărită care evidenţiează mai bine prezenţa a două carii proximale "în oglindă" la 4.6 şi 4.7; c. Imaginea radiologică cu contrast crescut care evidenţiază mai bine cele două carii proximale şi prezenţa parodontitei apicale la 4.6

Etapa 1. Identificarea tehnicii radiologice

Înainte de interpretarea radiografiei, se va preciza **tipul examinării radiologice** efectuate.

Examinări imagistice în radiodiagnosticul dentar

- radiografii intra-orale (radiografii periapicale, bite-wing şi ocluzale)
- radiografii extra-orale (radiografii panoramice, radiografii de craniu, radiografie cefalometrică, tomografia articulațiilor temporo-mandibulare)
- cone-beam computer tomografia (CBCT)
- computer tomografia (CT)
- rezonanţa magnetică nucleară (IRM) a regiunii craniului şi a gâtului
- ecografia cervico-facială
- scanarea intraorală a maxilarelor sau a modelelor de studiu.

Se cunosc mai multe forme de radiografiere panoramică a arcadelor dentare: radiografia panoramică standard efectuată la adult, radiografia panoramică pentru copii, tomografii sectoriale ale arcadelor dentare, zonografia (capitolul 8).

Radiografiile de craniu efectuate la cefalostat pot fi efectuate în incidenţe şi proiecţii diferite. Sunt utilizate radiografii cefalometrice, radiografii laterale de craniu, radiografii în incidenţe antero-posterioare şi postero-anterioare ale craniului, radiografii în incidenţe orbito-meatale şi axiale pentru evidenţierea sinusurilor paranazale, radiografii de craniu cu gura deschisă pentru evidenţierea zonei subcondiliene, radiografii defilate de mandibulă. Recunoaşterea proiecţiei şi a incidenţei radiografiilor este esenţială pentru înţelegerea geometriei de expunere şi a modului de redare a structurilor anatomice în planul bidimensional al imaginii radiologice.

După identificarea tipului de radiografie, se va trece la **poziționarea corectă** a imaginii radiologice. Orientarea radiografiilor periapicale în conformitate cu hemiarcada dentară radiografiată se face în funcție de următoarele indicii:

- poziția punctului marcat pe receptorul de imagine (Figura 7.3).

Pentru dinții maxilari ai hemarcadei drepte, acesta este poziţionat coronar şi este orientat către dinţii situaţi mezial. Pentru hemiarcada maxilară stângă, punctul va fi poziţionat spre coroana dentară, dar cu orientare spre dinţii situaţi distal pe imaginea radiologică. La dinții inferiori, punctul de reper este orientat înspre coroanele dinţilor meziali la hemiarcada inferioară stangă și spre coroanele dinţilor distali în hemiarcada inferioară dreaptă (Figura 7.4).

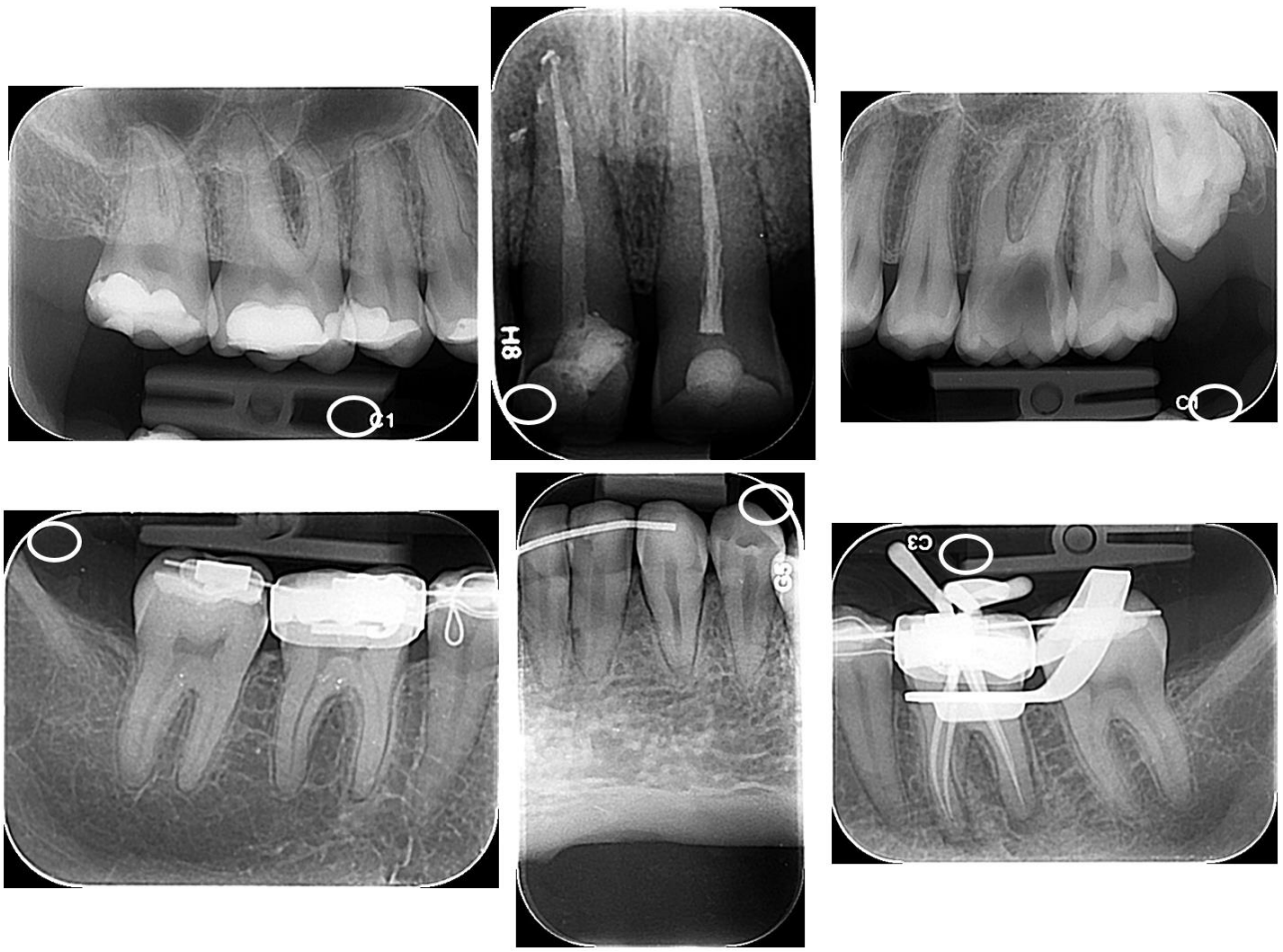


Figura 7.3. Poziţia punctului marcat pe receptorul de imagine, în funcţie de hemiarcada radiografiată

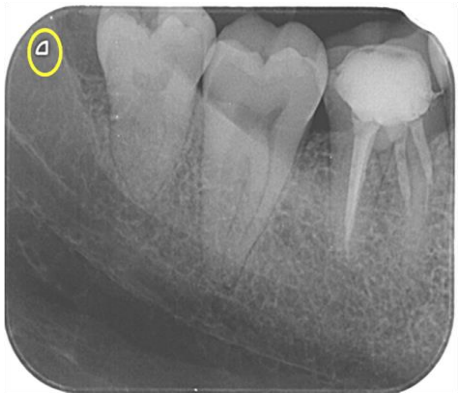


Figura 7.4. Punctul marcat pe receptorul de imagine este poziţionat coronar şi este orientat distal la hemiarcada inferioară dreaptă

- anatomia specifică a dinţilor și a structurilor adiacente – identificarea sinusului maxilar, a cavităţii nazale, a canalului mandibular, ajută la identificarea arcadei dentare radiografiate.
- structura osului alveolar - creasta osoasă maxilară are o structură mai rarefiată comparativ cu osul mandibular, cu un desen areolar mai larg şi cu travee osoase subţiri.
- în dreptul apexurilor incisivilor superiori se proiectează radiotransparenţa foselor nazale, iar la nivelul dinţilor laterali se poate observa radiotransparenţa sinusurilor maxilare.
- creasta osoasă mandibulară are o structură densă, fără sa existe proiecţia unor structuri cu conţinut aeric, la acest nivel. Canalul mandibular se poate evidenţia în regiunea laterală a ramurii orizontale mandibulare, sub forma unei benzi radiotransprente, cu diametrul de 3-5 mm.

În cazul radiografiilor panoramice și a radiografiilor de craniu, poziționarea imaginii

radiologice se va face întodeauna ca și când pacientul ar sta cu fața către medicul examinator. Astfel, partea dreaptă a filmului radiologic se va afla în dreptul mâinii stângi a celui care examinează radiografia (Figura 7.5).

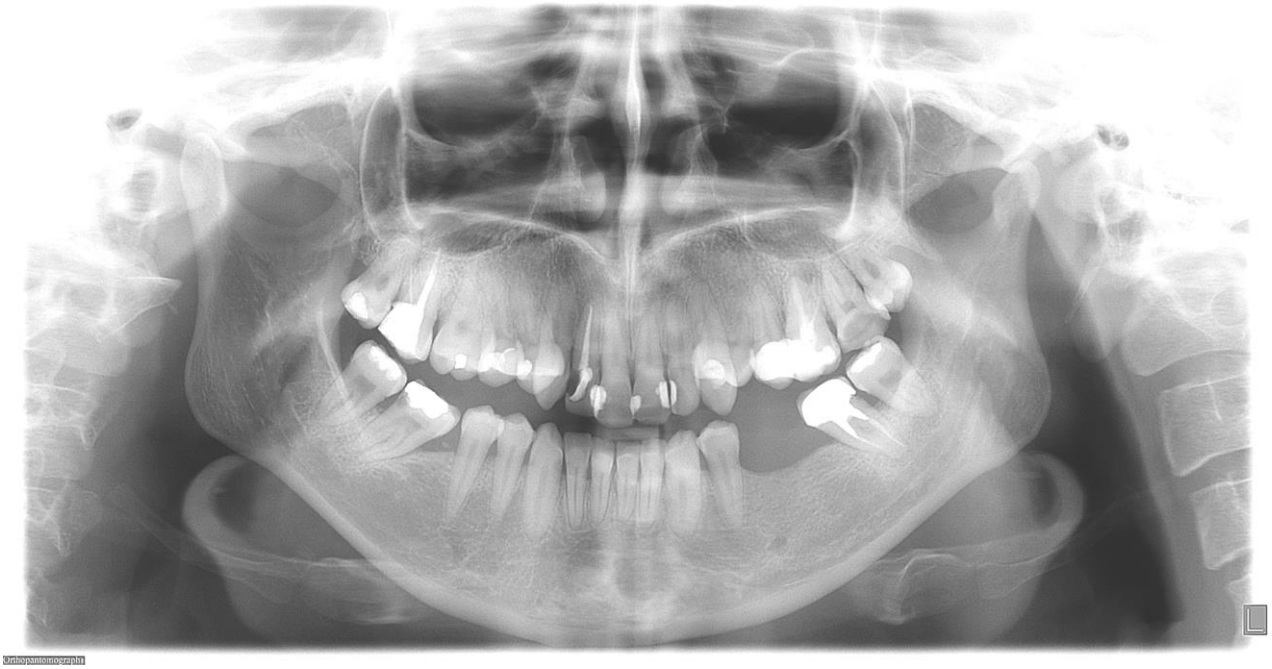


Figura 7.5. Poziţionarea radiografieie panoramice (R indică partea dreaptă (right) a pacientului şi L – indică partea stângă (left) a pacientului)

Înainte de începerea analizei imaginii radiologice este necesară **analiza critică a justificării examinării radiologice şi a limitelor tehnicii efectuate** (capitolul 13). Medicul radiolog va examina biletul de trimitere şi datele clinice ale pacientului. Înainte de evaluarea imaginilor radiologice, el trebuie să fie conştient asupra căror elemente de semiologie radiologică trebuie să insiste atunci când examinează radiografia, astfel încât să furnizeze cât mai multe informaţii importante din perspectiva patologiei cazului respectiv.

De asemenea, el va avea în vedere **limitele examenului radiologic**. De exemplu, dacă medicul este în faţa unei radiografii periapicale efectuată pentru suspiciunea unui recidive de carii la un pacient cu simptomatologie dureroasă specifică, trebuie să evalueze radiografia pentru descoperirea unei eventuale carii, dar trebuie să ţină cont şi de faptul că radiografia periapicală cu angulaţie verticală a fasciculului de radiaţii poate omite diagnosticul unei cavităţi carioase dezvoltată sub obturaţia radioopacă (Figura 7.6). Alegerea unei radiografii bite-wing în acest caz ar fi fost o opţiune mai bună, datorită angulaţiei mai reduse a tubului colimator faţă de cea utilizată în radiografia periapicală.

Figura. 7.6. Recidiva de carie pe dintele 4.5., vizibilă doar pe radiografia bite-wing şi acoperită de radioopacitatea obturaţiei coronare, pe radiografia periapicală

În concluzie, înainte de a trece la interpretarea propriu-zisă a radiografiei, este important ca medicul examinator să înțeleagă limitele metodei radiologice utilizate şi să

identifice erorile care ar putea duce la interpretarea eronată sau parţială a leziunilor.

Etapa 2. Analiza calității imaginii radiologice

Următoarea etapă în procesul de evaluare a unei imagini radiologice este analiza radiografiei din punct de vedere al realizării tehnice.

a. Erorile de expunere

Erorile de expunere pot afecta:

- Densitatea
- Contrastul
- Netitatea
- Zgomotul imaginii radiologice

Densitatea imaginii radiologice trebuie să fie optimă, să nu existe o imagine cu înnegrire accentuată sau insuficientă, care să nu permită identificarea corectă a structurilor anatomice (Figura 7.7).

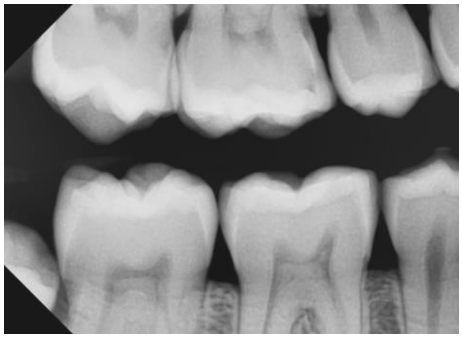


Figura 7.7. Densitatea scăzută a imaginii (imagine prea albă): caria pe 1.6. mezial e slab vizibilă

Contrastul imaginii radiologice poate fi adaptat în funcție de patologia urmărită. Dacă se dorește ca radiografia să ajute la depistarea unor leziuni carioase, operatorul va opta pentru obținerea unui contrast mai crescut, în care cavitatea carioasă radiotransparentă va ieși în evidență pe fondul radioopac al structurilor dure dentare (Figura 7.8).

Figura. 7.8. Creşterea contrastului ajută la evidenţierea leziunii carioase de pe feţele proximale ale premolarilor şi a molarilor maxilari şi mandibulari

Netitatea imaginii radiologice presupune existenţa unui contur bine definit al structurilor radiografiate. Netitatea scăzuta a imaginii, cu lipsa de evidenţiere a laminei dura şi a desenului trabecular osos va limita posibilitatea de identificare a unor modificări incipiente de demineralizare osoasă sau prezenţa resorbţiilor radiculare (Figura 7.9).

Figura. 7.9 Lipsa netităţii imaginii radiologice cu lipsa evidenţierii clare a apexurilor dentare

O imagine radiologică digitală cu semnal zgomotos crescut şi scăderea raportului semnal/zgomot, va determina o reducere a acurateţii radiografiei pentru identificarea unor leziuni inflamatorii în zona periapicală sau a unor resorbţii incipiente ale crestelor alveolare (Figura 7.10).

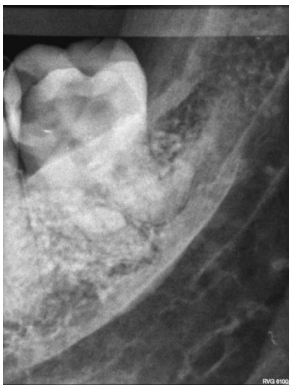


Figura 7.10. Imagine radiologică cu zgomot crescut, reduce şansa identificării leziunilor incipiente periapicale şi a resorbţiilor osoase ale crestelor alveolare

Pezența artefactelor pe imaginea radiologică poate da naştere la erori de interpretare a radiografiilor:

- Imaginile fantomă determinate de prezența obiectelor metalice (Figura 7.11)
- zgârieturile de pe suprafața detectorului digital (Figura 7.12).

Figura 7.11. Radiografie panoramică cu artefacte metalice produse de prezenţa unor şuruburi de osteosinteză la nivelul corpilor vertebrali care sunt suprapuse zonelor dentare frontale

b. Erorile de tehnică

Poziţionarea defectuoasă a receptorului digital în cavitatea orală în cursul efectuării radiografiei periapicale nu va permite evidențierea în totalitate a coroanelor dentare sau a apexurilor dentare şi identificarea corectă a leziunilor carioase sau a patologiei apicale (Figura 7.13).

Figura 7.12. Radiografie zgâriată (senzor uzat) cu prezenţa unor puncte albe pe imaginea radiologică

Înclinația incorectă a tubului în plan vertical va determina accentuarea distorsiunii imaginii radiologice, cu mărirea sau cu alungirea rădăcinilor dentare şi imposibilitatea de evaluare radiologică a lungimii canalelor radiculare. Uneori, prin angulația excesivă a

tubului colimator, leziunile carioase vor fi dificil de detectat radiologic datorită suprapunerilor existente pe radiografie (Figura 7.14).

Figura 7.13. Erori de tehnică: poziţionarea defectuoasă a filmului radiologic cu lipsa evidenţierii apexurilor dentare

Figura. 7.14. Erori de tehnică: angulaţie verticală a tubului colimator cu lipsa evidenţierii unei recidive de carii situată sub obturaţia ocluzală la 2.6

Înclinaţia excentrică, în plan orizontal, a razei centrale va produce suprapunerea feţelor proximale ale dinţilor, cu lipsa de vizualizare a cariilor de pe feţele proximale (Figura 7.15).

Lipsa de centrare a tubului colimator faţă de detectorul digital va produce o limitare a regiunii radiografiate cu omiterea anumitor structuri anatomice de pe radiografie (Figura 7.16).

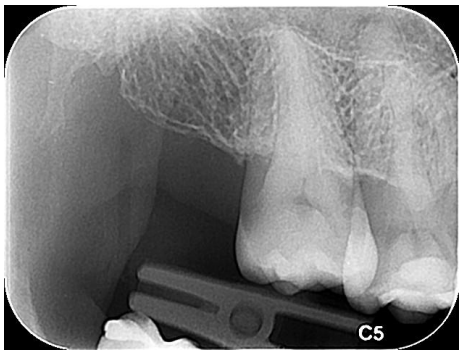


Figura. 7.15. Erori de tehnică: angulaţie orizontală cu suprapunerea feţelor proximale ale dinţilor şi lipsa vizualizării cariilor proximale

Figura 7.16. Erori de tehnică: lipsa centrării colimatorului pe detector

În radiografia panoramică, erorile de poziționare ale capului pacientului vor produce distorsiuni ale imaginii radiologice, cu lipsa evidențierii unor grupuri dentare și cu alterarea dimensiunilor crestelor alveolare sau a lungimii dinților prezenţi (Capitolul 8).

Etapa 3. Analiza sistematica a dinţilor

Planul de examinare al unei radiografii dentare include analiza tuturor structurilor dentare în următoarea ordine:

- coroană
- rădăcină
- spaţiul pulpar
- ţesuturile periapicale
- septuri osoase inter-dentare
- septuri inter-radiculare
- osul alveolar

Coroana dentară

Componenta dură a coroanei dentare este formată din smalţ şi dentină. Datorită compoziţiei sale bogate în ioni de calciu, smalţul dentar este cea mai radioopacă structură prezentă în mod normal în organism.

La nivelul smalţului se vor examina:

- suprafaţa smalţului
- structura smalţului
- joncţiunea amelo-dentinară.

Conturul smalţului dentar prezintă un relief cuspidat la nivel ocluzal. Suprafaţa externă a smalţului trebuie să fie continuă, să nu prezinte ancose sau depresiuni (Figura 7.17).

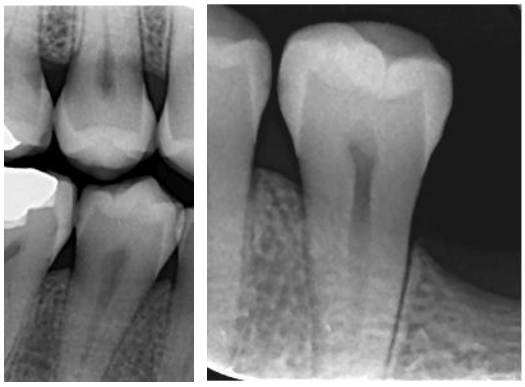


Figura 7.17. Imaginea smalţului dentar integru pe radiografia a. Bite-wing şi b. periapicală

Figura 7.18. Leziuni carioase incipiente care interesează doar smalţul de pe faţa mezială şi distală a lui 4.5.; carie ocluzală la 4.6 proiectată la nivelul joncţiunii amelo-dentinare şi obturaţie ocluzală cu recidivă de carie

Structura smalţului dentar se va examina cu atenţie pentru identificarea unor leziuni carioase incipiente care interesează doar structura smalţului (Figura 7.18).

Cariile ocluzale care se dezvoltă în şanţurile suprafeţelor ocluzale se vor proiecta pe radiografia periapicală la joncţiunea dintre smalţ şi dentină, uneori fără a fi vizibile pe suprafaţa ocluzală a smalţului.

În cazul unor leziuni carioase coronare, se va evalua:

- localizarea cariei: ocluzală, proximală, pe faţă vestibulară sau orală (Figura 7.19)
- extinderea cariei: demineralizare în smalţ care nu depăşeşte joncţiunea amelo-dentinară (SISTA 0), leziunea interesează 1/3 externă a dentinei (SISTA 1); leziune extinsă în 1/3 medie a dentinei (SISTA 2); cavitate în 1/3 medie a dentinei dar cu subminarea structurii coronare (SISTA 3); cavitate carioasa se extinde în 1/3 internă a dentinei, cu distrucţie coronară SISTA 4 (Figura 7.20)

Figura 7.19. a. carie ocluzală recidivă la 3.6; b. carii proximale distal la 3.4, mezial şi distal la 3.5 şi 3.6; c. carie pe faţa vestibulară sau orală a lui 3.7

Dentina este componentă de bază a coroanelor dentare și a rădăcinilor dentare. Radiologic, ea este mai puțin radiopacă decât smalțul dentar și apare pe radiografie ca o structură omogenă care delimitează la exterior camera pulpară și canalele radiculare.

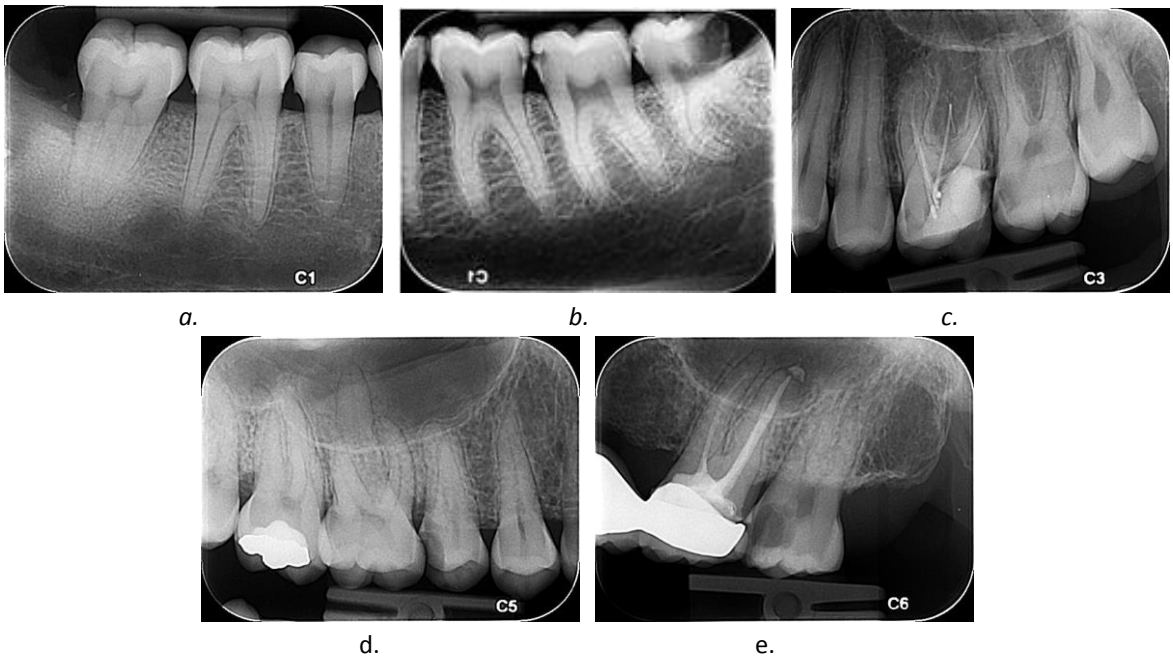


Figura 7. 20. Extinderea cavităţilor carioase. a. 4.6 cu carie ocluzală incipientă în smalţ (SISTA 0); 3.6 şi 3.7 carii proximale în porţiunea externă a dentinei (SISTA 1); c. 2.7 cu carie extinsă în treimea medie a dentinei fără modificarea feţei ocluzale (SISTA 2); d. 1.5 prezintă distal o carie în treimea medie a dentinei, cu interesarea reliefului ocluzal (SISTA3); e. 2.8 cu carie mezială extinsă în treimea internă a dentinei (SISTA 4)

Coletul dentar este zona de trecere dintre coroană și rădăcină. La acest nivel există o porțiune de 1-2 mm în care smalţul dentar acoperă cementul radicular și se numește joncțiunea amelo-cementară. În unele cazuri, zona de tranziție amelo-cementară la nivelul coletului dentar este acoperită doar de dentină. Lipsa smalţului în zona coletului dentar predispune la o sensibilitate mai crescută a dinților, datorită terminațiilor nervoase din canaliculii dentinari expuși la mediul bucal în zona coletală. Radiologic, nu se poate face deosebirea între variantele morfologice ale joncţiunii amelo-cementare din regiunea coletului dentar deoarece nu există o diferenţă de opacitate între dentină şi cementul radicular, absorbţia radiaţiilor fiind similară pentru ambele structuri. Joncțiunea amelo-cementară este acoperită în mod normal de porțiunea marginală a fibro-mucoasei gingivale, care nu este nici ea vizibilă radiologic.

La nivel coronar pot fi identificate următoarele leziuni (Figura 7.21):

- carii coronare
- restaurări coronare
- distrucţii coronare
- fracturi coronare
- abrazia dentară

Rădăcina dentară

Cementul radicular înconjoară la suprafață rădăcina dentară, fără a se putea diferenția radiologic de componenta dentinară a rădăcinii. Spre exterior, cementul radicular prezintă un contur și o delimitare netă, dar spre interiorul rădăcinii, el nu poate fi separat radiologic de dentina radiculară.

a. b.

Figura 7.21. a. Leziuni coronare care pot fi identificate radiologic: a. recidiva de carie distal la 2.4; obturaţii radioopace la 2.4, 2.7 şi 2.8; distrucţie coronară cu reconstrucţie cu pivot metalic la 2.5; b. fractură coronară la1.2 şi abrazia cuspidului caninului 1.3

La nivel radicular se va urmări:

- identificarea rădăcinilor
- forma rădăcinilor
- numărul rădăcinilor
- lungimea
- conturul fiecărei rădăcini dentare.

Se vor menţiona anomaliile de formă, prezenţa dilacerărilor radiculare şi gradul de încurbare a rădăcinii. Se va analiza atent structura cementului şi a dentinei radiculare cu identificarea patologiei radiculare: prezenţa tratamentelor endodontice, a resorbţiilor radiculare, îngroşările radiculare de tipul hipercementozei sau a leziunilor tumorale cementiforme.

Se va aprecia raportul corono-radicular în vederea evaluării prognosticului şi a valorii parodontale ale dintelui respectiv.

Leziunile radiculare vizibile radiologic (Figura 7.22):

- dilacerări radiculare
- carii radiculare
- resorbţii externe ale rădăcinilor
- rezecţie apicală
- îngroşări radiculare

Spaţiul pulpar. Dentina acoperă și delimitează la interiorul coroanei şi al rădăcinilor, o radiotransparență care corespunde ţesutului conjunctiv al camerei pulpare și al canalelor radiculare.

Camera pulpară apare ca o radiotransparență situată în centrul coroanei dentare, având o formă asemănătoare cu aceasta. Camera pulpară se proiectează pe radiografia intraorală bidimensională prin diametrul ei vestibulo-oral. Volumul real al camerei pulpare este însă mai mare decât cel care apare pe imaginea radiologică, datorită sumaţiei între radioopacitatea structurilor dure dentare şi radiotransparenţa camerei pulpare pe o radiografie bidimensională.

Dinții monoradiculari au cameră pulpară de formă liniară sau triunghiulară. Dinții pluriradiculari prezintă o cameră pulpară rectangulară, cu prelungiri numite coarne pulpare, orientate către cuspizii coronari.

Canalele radiculare apar ca radiotransparențe care continuă camera pulpară la nivelul rădăcinilor. Canalele radiculare se găsesc în centrul rădăcinii, fiind de obicei vizibile până la apex. Canalele radiculare ale molarilor și premolarilor superiori precum și canalele rădăcinii meziale ale molarilor inferiori, sunt dificil de evidențiat din cauza suprapunerii lor în planul vestibulo-oral. Pentru

a fi vizibili pe radiografie, se vor efectua expuneri cu inclinaţie excentrică în plan orizontal, a fascicului de radiaţii şi cu materiale radiopace introduse în canalele radiculare (Figura 7.23).

O bună vizualizare a spaţiului pulpar se poate obţine dacă se va mări contrastul imaginii radiologice. Se vor evalua: forma camerei pulpare şi a canalelor radiculare, identificându-se eventuale leziuni patologice ale ţesutului pulpar.

Patologia spaţiului pulpar pe radiografiile dentare (Figura 7.24):

- prezenţa obturaţiilor endodontice
- calcificări intrapulpare
- resorbţii radiculare interne
- îngustarea spaţiului pulpar

Pe radiografiile efectuate prin tehnica paralelă la dinţii laterali care necesită tratament endodontic, se va putea aproxima distanţa la care sunt situate coarnele pulpare faţă de suprafaţa ocluzală a dinţilor.

Spaţiul periodontal. Spațiul periodontal are aspectul radiologic al unei linii radiotransparente cu dimensiuni de 0,4 – 0,5 mm, care înconjoară rădăcinile dinților. El se găsește între rădăcina dintelui și alveola dentară și conține ligamentele alveolelor dentare, țesut conjunctiv și terminații vasculare și nervoase. Spre osul alveolar, spaţiul periodontal este delimitat de corticala alveolară, numită *lamina dura* (Figura 7.25).

Evaluarea radiologică a spaţiului periapical implică în primul rând examinarea continuităţii laminei dura şi a dimensiunii spaţiului periapical.

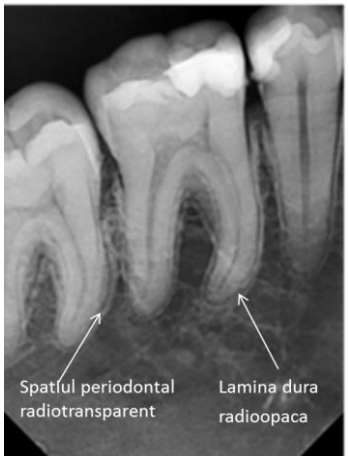


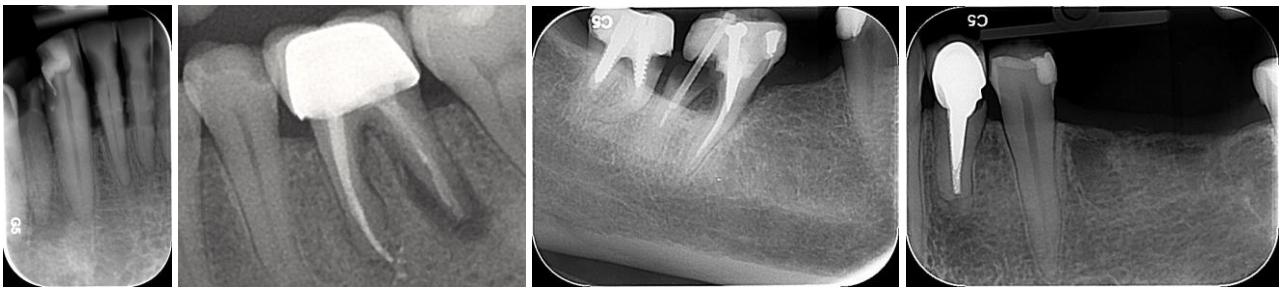
Figura 7.25. Lamina dura şi spaţiul periodontal cu aspect normal

Patologia spaţiului periodontal (Figura 7.26)

- trauma ocluzală
- luxaţia dentară
- discontinuitatea laminei dura
- parodontite apicale circumscrise sau difuze
- osteoscleroza apicală
- tumori osoase odontogene cu localizare apicală

Lărgirea spaţiului periodontal fără întreruperea laminei dura poate fi observată în traumatismele ocluzale sau deplasări dentare din cursul tratamentelor ortodontice. Ele trebuie să fie diferenţiate de parodontitele apicale prin faptul că lamina dura este integră şi dinţii nu prezintă de obicei leziuni coronare.

Întreruperea laminei dura la apexul unui dinte care prezintă patologie coronară este un semn sugestiv pentru o inflamaţie periapicală. Parodontitele apicale apar de obicei ca radiotransparenţe difuze sau bine circumscrise care apar la apexul unor dinţi cu leziuni carioase profunde sau cu resorbţii severe ale crestelor alveolare.



a. *b.* *c.* *d.*

Figura 7. 22. Patologia radiculară – a. carii radiculare în zona frontală 4.1,4.2,4.3; b. resorbţie radiculară externă la rădăcina distală 3.6.; c. fractură radiculară 4.6 cauzată de pivot radicular; încurbarea rădăcinii meziale la 4.7; d. rezecţie apicală la 3.4

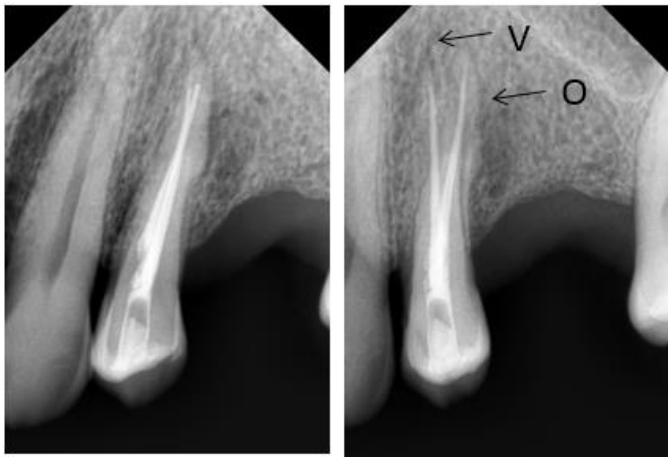
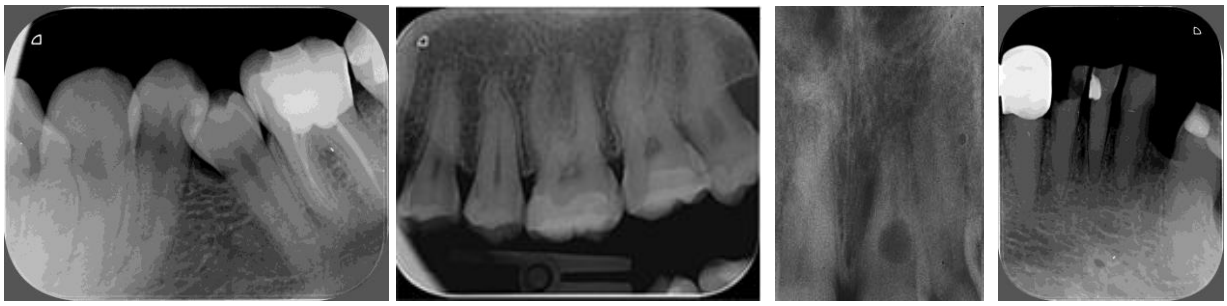


Figura 7. 23. Radiografie cu înclinaţie excentrică care evidenţiază cele două rădăcini, vestibulară (V) şi orală (O)a premolarului superior



a. b. c. d.

Figura 7. 24. Patologia spaţiului pulpar vizibilă radiologic: a. 3.6 cu obturaţii endodontice; b. calcificări intrapulpare la 2.6 şi 2.7; c. resorbţie radiculară internă la 2.1 ; d. îngustarea spaţiului pulpar la incisivii centrali inferiori

Figura 7.26. a. 3.6 prezintă parodontită apicală cu lărgirea spațiului periodontal şi întreruperea laminei dura la apexul ambelor rădăcini. În plus, se mai poate remarca lărgirea spaţiului periodontal în jurul rădăcinii meziale, cu lamina dura păstrată, cu aspect de traumă ocluzală; b. 3.6 cu carie penetrantă în camera pulpară şi parodontită apicală la ambele rădăcini; c. 3.6 prezintă chist inflamator periapical pe rădăcina mezială, cu prezenţa unei imagini radiotrasparente apicale care prezintă un contur scleros ce se continuă cu lamina dura, se poate remarca distrucţia coronara şi o leziune cu aceleaşi caracteristici, dar de dimensiuni mai mici, pe rădăcina distală. Rizaliza radiculară este prezentă la apexul ambelor rădăcini; d. osteoscleroza apicală la 3.6 pe rădăcina distală; e. material de obturaţie în spaţiul apical; f. luxaţie parţială la 11 cu lărgirea spaţiului periodontal şi dintele situat deasupra planului de ocluzie

În general, lărgirea, îngustarea sau prezenţa de leziuni patologice în zona periapicală vor fi menţionate şi interpretate în contextul clinic al pacientului (Figura 7.27).

Figura 7.27. Parodontită apicală la 3.6, la un dinte cu coroană de înveliş şi tratament endodontic interesarea coronara a dintelui.

Creasta alveolară. Creasta alveolară este formată din țesut osos spongios, acoperit la suprafață de compactă osoasă. Compacta osoasa (*lamina dura*) se proiectează pe radiografie sub forma unei opacități liniare de aproximativ 0,5 mm, delimitează lateral spațiul periodontal și se continuă apoi pe suprafața septelor inter-radiculare și a septelor inter-dentare.

Septele inter-dentare au mărime și formă variabilă, în funcție de zona dentară examinată. La dinții frontali au o formă ascuțită (forma literei V) spre deosebire de dinții laterali unde sunt mai aplatizate (forma literei U). Septele inter-radiculare au de obicei o formă triunghiu-lară, cu vârful orientat spre coroana dentară (Figura 7.28).

Radiologic, septele inter-radiculare ale molarilor superiori sunt slab vizibile, datorită suprapunerii rădăcinii lor palatinale (Figura 7.29).

a. b.

Figura. 7.28. Sept inter-radicular în zona laterală mandibulară în formă aplatizată (U) , acoperit de corticala osoasă integra; b. sept interdentar în formă ascuţită (V) în zona frontală

a. b.

Figura 7.29 a. Furcaţia bine vizibilă la molarii inferiori. b. Sept radicular la molarii superiori slab vizibil datorită suprapunerii rădăcinii palatinale

Pe radiografie se va urmări continuitatea periradiculara a laminei dura, prezenţa de radiotransparenţe la nivelul septelor interdentare, sau interesarea furcaţiei.

Dispariţia laminei dura şi expunerea la suprafaţă a osului spongios al crestei alveolare este sugestivă pentru prezenţa unei inflamaţii parodontale. În mod normal, distanţa dintre creasta alveolară şi joncţiunea amelo-cementară nu trebuie să depăşească 2 mm, pe radiografia periapicală efectuată prin tehnica paralelă. Resorbţia orizontală osoasă va determina coborârea crestei alveolare la > 2 mm de coletul dinţilor şi crestele interdentare vor fi lipsite de lamina dura, având un contur crenelat, neregulat.

Resorbţiile osoase verticale se caracterizează prin apariţia de demineralizări şi radiotransparenţe în spaţiile interdentare, care uneori pot interesa şi furcaţia radiculară. Uneori, ele devin profunde şi ajung până la apexul dentar, determinând o inflamaţie retrogradă a spaţiului pulpar.

Modificări patologice la nivelul crestelor alveolare (Figura 7.30)

- dispariţia laminei dura cu expunerea la suprafaţă a osului spongios
- resorbţia orizontală a crestei alveolare
- resorbţia verticală a crestelor alveolare
- resorbţii osoase la nivelul furcaţiei
- cratere osoase profunde cu interesarea retrogradă a spaţiului pulpar

a. b.

c. d. e.

Figura 7.30. Modificări ale crestelor alveolare în parodontitele cronice: a.supra-acoperire în zona frontală cu parodontită cronică la 4.1; b. radiografia periapicală demonstrează o resorbţie verticală profundă cu interesarea retrogradă a apexului 4.1; c. dispariţia laminei dura de pe septele interdentare în zona laterală, fără resorbţii osoase; d. resorbţii osoase orizontale ale septelor dentare în zona frontală mandibular; e. interesarea furcaţiei prin fractura radiculară şi resorbţie orizontală a crestei alveolare

Interesarea furcaţiei radiculare la dinţii laterali poate fi dificil de apreciat la dinţii superiori. Acolo unde prognosticul dintelui este important, este necesară fie corelaţia cu sondajul parodontal fie chiar efectuarea unei examinări CBCT.

Etapa 4. Evaluarea osului alveolar

Examinarea oaselor maxilare constă în analiza trabeculaţiei osoase şi identificarea demineralizarilor sau a unor eventuale leziuni osteolitice, osteosclerozante sau mixte la nivelul oaselor maxilare.

Etapa 5. Evaluarea detaliilor anatomice

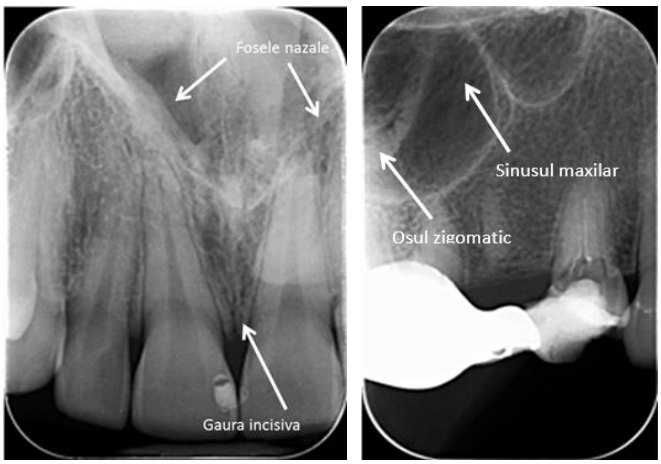
Medicul dentist nu trebuie să neglijeze examinarea atentă a structurilor adiacente sau care traversează oasele maxilare. La nivelul arcadei superioare, pe radiografia periapicală sunt vizibile gaura incisivă, canal incisiv şi fosele nazale în zona frontală şi sinusurile maxilare, creasta zigomatică şi tuberozitatea maxilară în zonal laterală (Figura 7.31).

La nivelul arcadei mandibulare se pot observa: gaura mentonieră, canalul mandibular, foramen lingual, crestele mentoniere, creasta milohioidiană (Figura 7.32).

Etapa 6. Identificarea leziunilor patologice şi diferenţierea lor de variantele anatomice

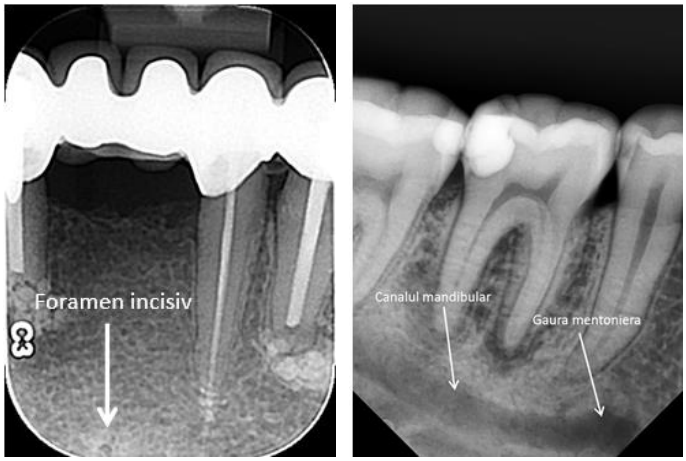
În urma analizei atente şi sistematice a unei radiografii pot fi uneori identificate diferite variante anatomice.

Unele dintre ele, ca de exemplu curburile radiculare accentuate, sunt importante de menţionat pentru că ele pot influenţa tratamentul (Figura 7.33). Altele, cum ar fi septurile intrasinusale, sunt fără relevanţă clinică (Figura 7.34).



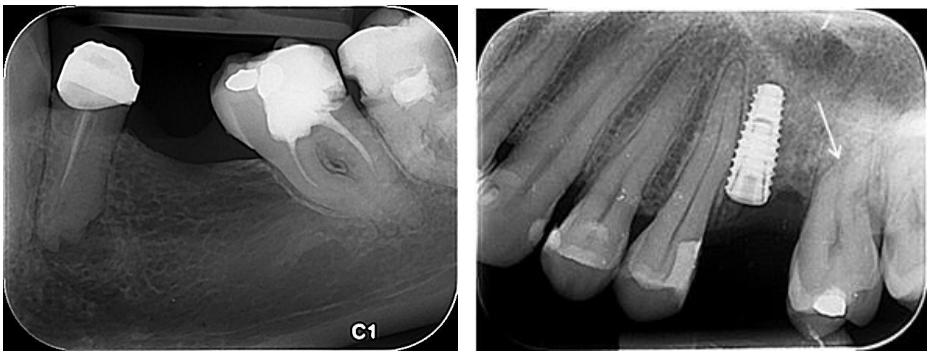
a. b.

Figura 7.31. (1) Arcada superiora: a. zona frontală; b. zona laterală



a. b.

Figura 7.32. Arcada inferioara: a. zona frontală; b. zona laterală



a. b.

Figura 7.33: Curburi radiculare: a. curbura distală 3.6 încurbare radiculară în "baionetă" în regiunea apicală a rădăcinii meziale; b. curbura accentuată a rădăcinii meziovestibulare la 2.7

Figura 7.34. Sept intrasinusal

Uneori, pe radiografie pot fi identificate leziuni descoperite întâmplător, care nu produc simptomatologie şi nu necesită un tratament specific, cum sunt insulele de osteocondensare idiopatică (Figura 7.35).

Figura 7.35 Insule de condensare osoasă idiopatică

Diagnosticul acestor leziuni trebuie să se facă diferenţiat faţă de leziunile patologice care necesită o intervenţie terapeutică sau o urmărire a evoluţiei lor.

Etapa 7. Înţelegerea contextului clinico-radiologic al cazului

Diagnosticul radiologic final presupune o analiză critică mai complexă a leziunilor patologice identificate pe radiografie, fiind necesară interpretarea lor în contextul clinic al pacientului.

Diagnosticul radiologic se bazează pe gândirea critică complexă a cazului:

- corelarea informaţiilor radiologice cu simptomatologia clinică
- compararea cu radiografii anterioare
- evaluarea limitelor tehnicii radiologice şi a necesităţii recomandării unor examinări complementare
- evaluarea oportunităţii unui tratament sau doar a monitorizării cazului
- evaluarea necesităţii altor examinări radiologice în vederea realizării unor ghiduri chirurgicale sau a planningului terapeutic

Uneori, pentru a lua o decizie terapeutică, este necesară compararea aspectului leziunilor cu cel de pe radiografii anterioare. Leziunile periapicale inflamatorii pot să îşi păstreze aspectul radiotransparent mult timp după realizarea tratamentului endodontic conservativ, vindecarea osoasă fiind evaluată radiologic abia la 1 an post-operator. Succesul tratamentului endodontic rămâne unul bazat pe consideraţii clinice şi nu radiologice.

Alteori, radiografia efectuată nu este suficientă pentru confirmarea diagnosticului de certitudine. De exemplu, o formaţiune tumorală cu extindere largă în creasta osoasă alveolară necesită evaluarea interesării structurilor adiacente, fiind necesare completări cu alte explorări imagistice pentru completarea diagnosticului. (Figura 7.36).

Evaluarea radiologică a dinţilor incluşi poate impune pentru o decizie terapeuntică chirurgicală sau o atitudine de expectativă şi de monitorizare a cazului respectiv (Figura 7.37). Medicul radiolog poate formula recomandarea altor metode de explorare imagistică necesare pentru a completa diagnosticul (figura 7.38).

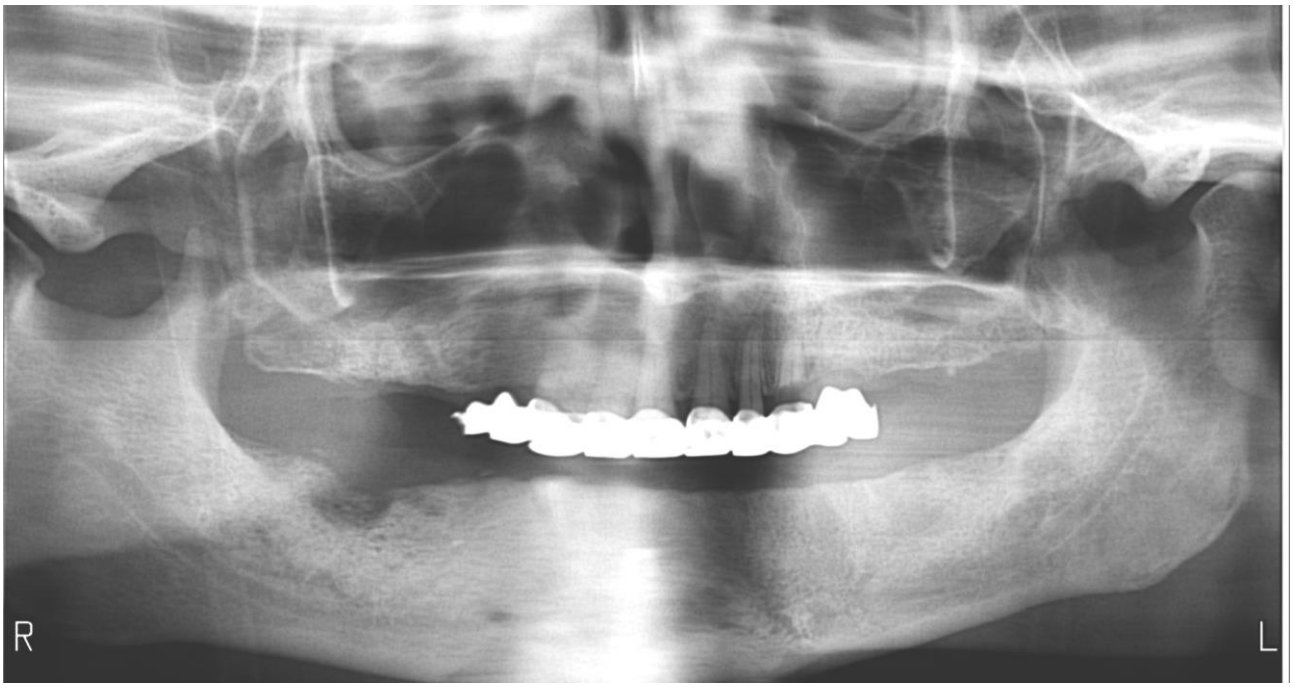


Figura 7.36. Tumoră cu invazie mandibulară. Radiografia panoramică nu evidenţiaza clar relaţia tumorii cu canalul mandibular şi extinderea leziunilor

Figura 7.38. Radiografie panoramică care nu evidenţiază poziţia coroanei caninului inclus şi raportul lui cu rădăcinile dinţilor adiacenţi.

Figura 7.37. - M3 inclus- atitudine de expectativă sau chirurgicală

În final, imaginile radiologice pot fi utilizate în scopul realizării unor ghiduri chirurgicale sau a simulării unui plan terapeutic.

7.1.2. Limitele radiografiei periapicale în redarea anatomiei dento-parodontale

Radiografia periapicală nu poate evidenţia ţesuturile moi. Creasta alveolară este tapetată la exterior de fibromucoasa gingivală, dar aceasta nu este vizibila pe radiografie.

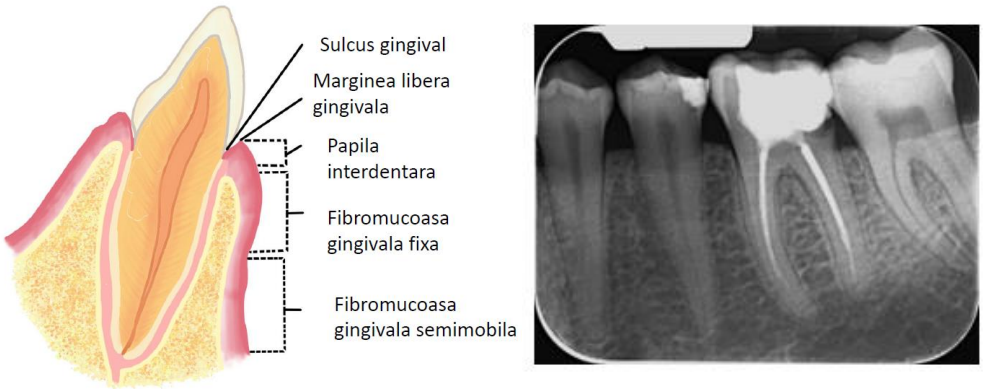
Papilele interdentare acoperă la suprafaţă septele inter-dentare, iar pe radiografie au aspectul unor spaţii triunghiulare radiotransparente, fără a putea fi însă interpretate radiologic (figura 7.39).

Datorită proiecţiei bidimensionale, nu se poate face o distincţie clară între creasta alveolară vestibulară şi lingual care se suprapun cu opacitatea rădăcinilor dentare şi nu poate fi interpretată radiologic.

7.1.3. Anatomia radiologică a dinţilor permanenţi

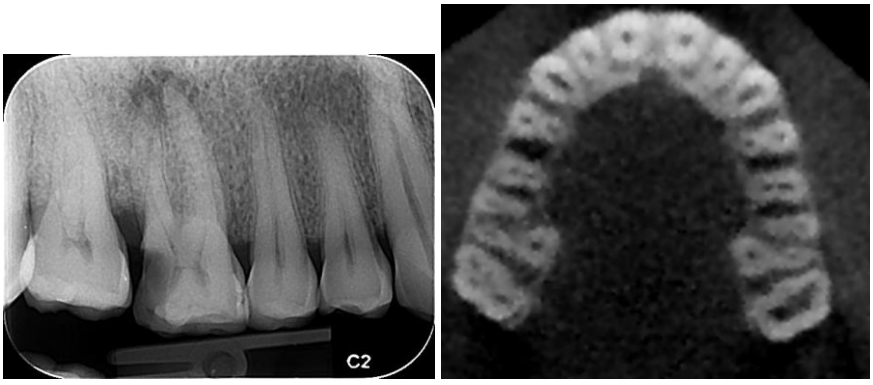
Anatomia dento-parodontală vizibilă pe radiografiile bidimensionale este mult mai limitată comparativ cu cea descrisă pe imaginile tridimensionale CBCT. Imaginile CBCT redau anatomia spaţială dento-maxilară, iar imaginile reconstruite multiplanar oferă posibilitatea localizării în spaţiu a unui obiect (Figura 7.40).

Structurile anatomice vizibile pe radiografiile periapicale, pentru fiecare regiune dentară, sunt prezentate sintetic în tabelul 7.2 şi în tabelul 7.3.



a. b.

Figura 7.39. Morfologia spaţiilor interdentare: a. anatomia parodontiului marginal; b. imagine radiologică cu spaţii triunghiulare radiotransparente corespunzătoare papilelor interdentare



a. b.

Figura 7.40. a. Imagine radiologică bidimensională regiune dentară 1.4-1.7. cu lipsa diferenţierii rădăcinilor premolarilor şi molarilor maxilari; b. imagine radiologică 3D CBCT cu posibilitatea localizării în spaţiu a rădăcinilor dentare şi a canalelor radiculare

Tabelul 7.2. Anatomia radiologica a dintilor superiori pe radiografia periapicala

Regiune dentara	Anatomie radiculara	Structuri anatomice adiacente
Incizivii centrali si laterali superiori	Monoradiculari Radacina dreapta Apexul incurbat palatinal sau distal	• Sutura inter-maxilara • spina nazala anterioara • fosele nazale • foramen incisiv
Caninul superior	Monoradiculari Incurbari radiculare palatinale sau distale	• Fosa canina • Planseul fosei nazale • Planseul sinusului maxilar • Foseta laterala
Primul premolar superior **Premolarul secund maxilar**	doua radacini (palatinala si vestibulara) doua canale radiculare corespunzatoare fiecarei radacini Monoradicular prezinta 1-2 canale cadiculare	• Planseul sinusului maxilar • Planseul sinusului maxilar
Molarii maxilari	Coroana prezinta 4 cuspizi functionali si tuberculul lui Carbelli Prezinta 3 radacini dintre care doua sunt localizate vestibular (MV, DV) si una este palatinala (P). Pot exista 3 sau 4 canale radiculare cu prezenta a doua canale pe radacina meziala (MV_1 si MV_2)	• Planseul sinusului maxilar • Osul zigomatic • Tuberozitatea maxilara • Apofizele pterigoide

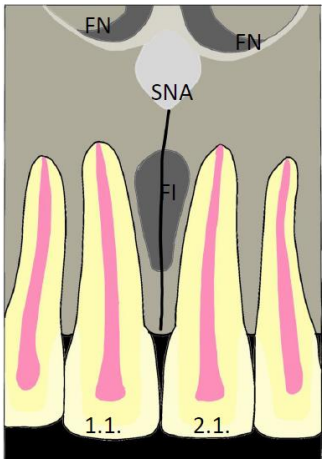
Tabelul 7.3. Anatomia radiologica a dintilor inferiori

Regiune dentara	Anatomie radiculara	Structuri anatomice
Incisivi centrali inferiori	Monoradiculari Radacina dreapta Apexul incurbat palatinal sau distal	Gaura linguala Crestele mentoniere Fosa mandibulara
Canini inferiori	Cuspid coronar Radacina lunga Monoradiculari Incurbari radiculare palatinale sau distale	Creasta mentoniera
Premolari inferiori	Coroana bicuspidata Monoradiculari de obicei Pot prezenta 1 sau 2 canale (V si P)	Gaura mentoniera Canalul mandibular
Molari inferiori	Molarul 1 cu cinci cuspizi Molarul 2 cu 4 cuspizi Prezinta doua radacini De obicei au 3 canale (MV, ML, D) Uneori pot exista 4 canale (MV, ML, DV, DL) Molarul 3 variabilitate morfologica, numar variabil de radacini, uneori fuzionate	Canalul mandibular Fosa glandei submandibulare Creasta milohioidiana Creasta oblica externa

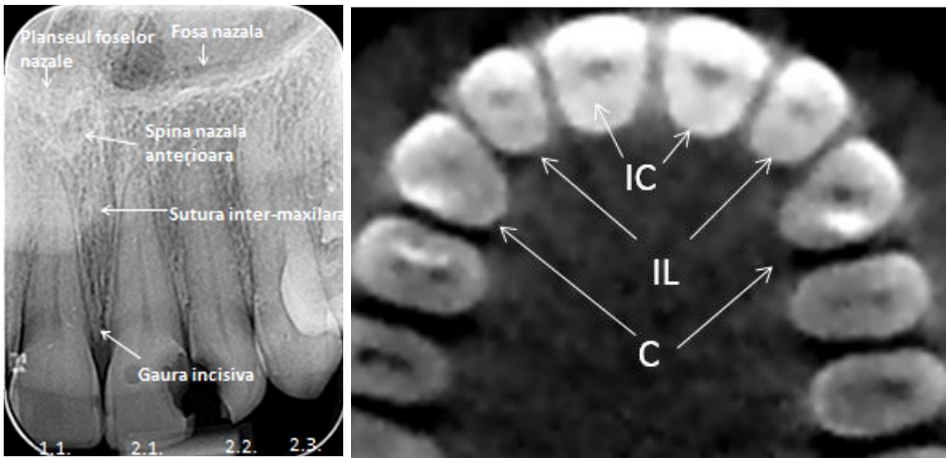
Incisivii centrali maxilari (Figura 7.41)

Anatomia regiunii: Pe linia mediană, între cei doi incisivi centrali maxilari, pe radiografia periapicală se proiecteză o opacitate liniară care corespunde suturii intermaxilare. În porțiunea superioară a suturii inter-maxilare, inferior față de radiotransparența foselor nazale, există o radioopacitate difuz delimitată, dată de spina nazala anterioară. Incisivii centrali superiori se învecinează în porțiunea superioară a apexurilor dentare cu fosele nazale, care au aspectul a două

radiotransparențe separate pe linia mediană de radioopacitatea septului median. Între rădăcinile incisivilor centrali se poate observa o radiotransparență de formă alungită, care corespunde *foramen-ului* incisiv.



a.



b. c.

Figura 7.41. Incisivii superiori: a. descrierea schematică a regiunii dentare (SNA- spina nazală anterioară, FN- fosa nazală, FI- foramen incisiv; b. Radiografie periapicală; c. Secţiune axială CBCT cu evidenţierea incisivilor centrali (IC), a incisivilor laterali (IL) şi a caninilor la nivel coronar

Coroana dentară: Incisivii centrali maxilari au cea mai mare lăţime coronară dintre toţi dinţii frontali. Unghiul incizal distal este mai rotunjit decât cel mezial. Pe faţa linguală se găseşte o mică proeminenţă de smalţ, numită cingulum, care se proiectează pe radiografia 2D ca o radioopacitate rotundă, situată central, aproape de coletul dentar. La adult, coroanele dentare ale celor doi incisivi centrali se aliniază paralel, fiind în contact pe linia mediană. Uneori există un spaţiu mai larg între coroanele dentare, numit diastema.

Rădăcina: Incisivii centrali maxilari sunt dinţi monoradiculari. Rădăcina este în general dreaptă, dar poate prezenta dilacerare, cu o încurbare în unghi ascuţit în treimea apicală şi cu orientarea apexului către distal sau către lingual.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară este localizată în centrul coroanei dentare, la distanţă egală de pereţii dentinari. Pe radiografia periapicală, ea se proiectează prin diametrul meziodistal care urmează forma coroanei dentare. În aproape toate cazurile,

există un singur canal radicular, situat central, care se continuă până la apex.

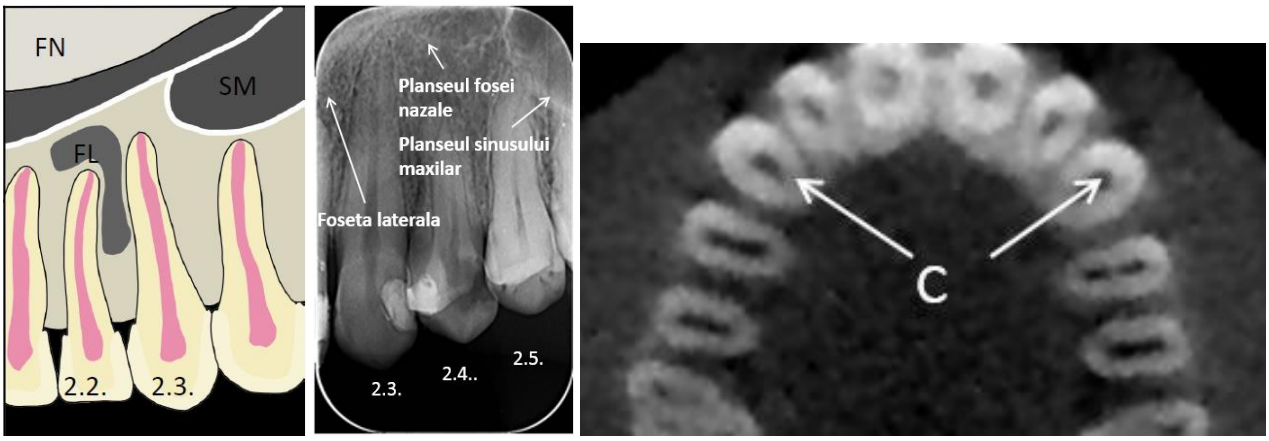
Incisivii laterali maxilari (Figura 7.41)

Anatomia regiunii: Anatomia specifică a regiunii incisivilor laterali nu diferă de cea a incisivilor centrali maxilari. Apexurile lor dentare se învecinează cu fosele nazale. Distal, între rădăcina caninului şi incisivul lateral, se găseşte o zonă osoasă mai radiotransparentă, unde creasta alveolară are o structură cu densitate redusă, numita foseta laterală. Foseta laterală se poate întinde uneori şi în zona apexului incisivului lateral şi poate crea impresia unei parodontite apicale. Menţinerea integrităţii laminei dura şi a spaţiului parodontal apical ajută la diferenţierea fosetei laterale de o inflamaţie periapicală.

Coroana dentară: Incisivii laterali maxilari au lătimea coronară mai redusă comparativ cu cea a incisivilor centrali. Unghiul incizal distal este mai rotunjit decât cel mezial.

Rădăcina şi spaţiul pulpar: Forma şi poziţia camerei pulpare a incisivilor laterali este asemănătoare cu cea a incisivilor centrali superiori, dar este mai redusă în dimensiuni. La fel ca şi incisivii centrali maxilari, cei laterali, prezintă de obicei o singură rădăcină, care este dreaptă şi conţine un singur canal radicular. Canalul radicular are diametrul mai mic decât cel al incisivului central, iar în regiunea apicală poate prezenta o încurbare palatinală.

Caninii superiori maxilari (Figura 7.42)



a. b. c.

Figura 7.42. Caninii superiori: a. descrierea schematică a regiunii dentare (FN- fosa nazala, SM- sinus maxilar, FL- foseta laterala) b. Radiografie periapicala; c. Sectiune axiala CBCT cu evidentierea incisivilor centrali (IC), a incisivilor laterali (IL) si a caninilor la nivel radicular

Anatomia regiunii: Caninul maxilar se găseşte localizat în fosa canină care este delimitată superior de planşeul foselor nazale (spre mezial) şi planşeul sinusului maxilar (spre distal). Existenţa acestei depresiuni între planşeul fosei nazale şi a sinusului maxilar, are pe radiografie forma literei "Y" inversate. Fosa canină permite caninului superior să aibă o rădăcină mai lungă decât a dinţilor adiacenţi. Între rădăcina caninului şi a incisivului lateral se găseşte foseta laterală, cu osificare redusă.

La nivelul caninului, osul maxilar are o curbură mai accentuată, ceea ce îngreunează efectuarea radiografiilor periapicale în această regiune. De asemenea, caninul maxilar având o rădăcină lungă, apexul nu este cuprins uneori pe radiografie, mai ales dacă se utilizează un sensor digital CCD cu suprafaţă activă redusă. În aceste situaţii se recomandă poziţionarea oblică a filmului, cu diametrul lung al filmului paralel cu axul longitudinal al caninului (capitolul 5).

Coroana dentară: Caninul este singurul dinte frontal cuspidat. El prezintă un singur cuspid coronar, ascuţit, coroana având formă triunghiulară.

Rădăcină: Rădăcină este unică de obicei, are formă conică, uneori putând prezenta o încurbare uşoară orientată distal sau palatinal.

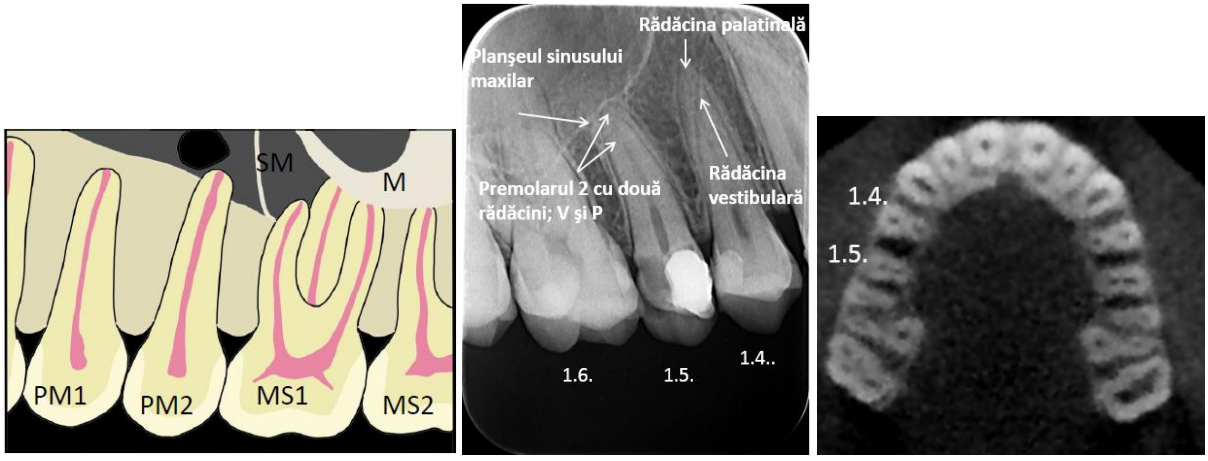
Spaţiul pulpar: Caninul prezintă un singur canal. De obicei, rădăcina şi canalul radicular sunt drepte sau uneori pot prezenta o curbură în regiunea apicală, cu orientare distală.

Primul premolar maxilar (Figura 7.43)

Anatomia regiunii: Pe radiografia periapicală, în regiunea premolarilor superiori se proiectează radiotransparenţa sinusului maxilar, delimitată inferior de o radioopaciate liniară, planşeul sinusal.

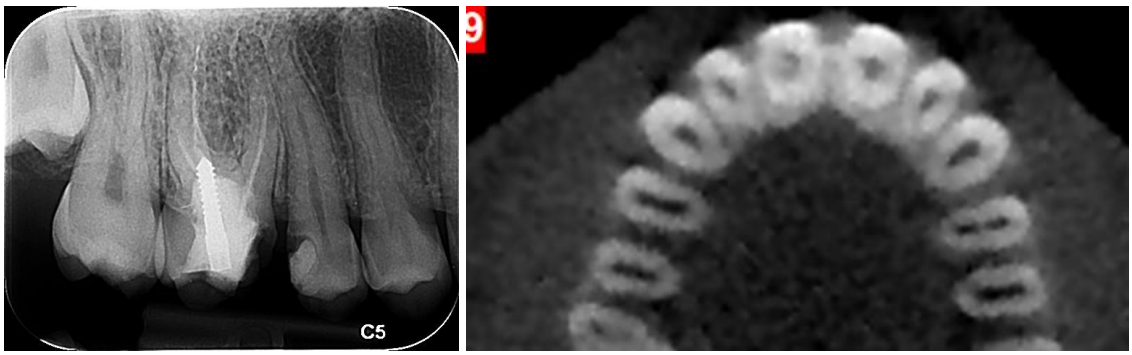
Coroana dentară: Primul premolar maxilar prezintă doi cuspizi apropiaţi ca dimensiune, unul vestibular şi unul oral, care se suprapun pe radiografia periapicală.

Rădăcina: De obicei, primul premolar prezintă două rădăcini (60% din cazuri), vestibulară şi palatinală, cu lungime relativ egală, cu o suprapunere aproape perfectă pe radiografia periapicală. Uneori este dificil de separat apexul celor două rădăcini dacă radiografia este ortoradială. Pe radiografia periapicală, rădăcina palatinală este uşor mai alungită, fiind mai distorsionată, şi poate fi recunoscută pe radiografia efectuată prin tehnica bisectoarei. Aria de furcaţie radiculară nu este vizibilă radiologic. Cel mai frecvent, în regiunea cervicală a rădăcinii există un trunchi radicular comun din care se separă cele două rădăcini (Figura 7.44).



a. b. c.

Figura 7.43. Premolarii superiori: a. descrierea schematica a regiunii dentare (SM- sinus maxilar, M- osul malar) b. Radiografie periapicala; c. Sectiune axiala CBCT cu evidentierea premolarilor superiori (PM1, PM2), a molarilor superiori (MS1, MS2, MS3)



a. b.

Figura 7.44. Premolarul secund maxilar cu un singur canal in forma de piscot- a. radiografie periapicala; b. sectiune CBCT axiala

Uneori, premolarul maxilar poate prezenta o singură rădăcină, aplatizată în sens mezio-distal, care conţine două canale radiculare cu orientare vestibulară şi respectiv palatinală.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară are diametrul mai mare situat vestibulo-oral. Ea prezintă de obicei două coarne pulpare, corespunzătoare cuspidului vestibular şi respectiv celui oral. Planşeul camerei pulpare este convex.

Cel mai frecvent se pot identifica două canale radiculare corespunzătoare fiecărei rădacini dentare (60% din cazuri). Canalele sunt de obicei drepte şi divergente, având formă ovoidă, cu diametrul maxim situat vestibulo-oral şi cu o formă rotundă la nivelul apexului radicular.

Corelaţii clinice:

- Rădăcinile şi canalele radiculare ale premolarului superior se suprapun pe radiografia bidimensională, astfel încât evidenţierea lor pe radiografie poate fi dificilă şi necesită de obicei radiografii din poziţie excentrică.
- Înclinaţia axială a premolarilor poate creşte riscul de perforaţie radiculară care poate să apară în etapa de preparare mecanică a canalelor radiculare.

Premolarul doi maxilar

Coroana: Premolarul doi maxilar prezintă aceeaşi formă ca şi primul premolar, dar diametrul coronar este mai mic, relieful ocluzal prezentând doi cuspizi, vestibular şi oral, cu dimensiuni egale (Figura 7.45).

a. b.

Fig. 7.45. a. 1.4 cu trunchi comun şi două rădăcini. 1.5 prezintă deasemenea două rădăcini; b. 1.4. cu o rădăcină comună şi două canale radiculare şi 1.5 cu o singură rădăcină

Rădăcina: Majoritatea premolarilor secunzi sunt monoradiculari, rădacina având o lungime similară cu cea a rădăcinilor primului premolar maxilar. Rădăcina apare aplatizată mezio-distal, iar apexul este orientat distal.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară are o morfologie asemănătoare primului premolar superior, fiind alungită vestibulo-oral, în formă de pişcot şi prezentând două coarne pulpare, vestibular şi palatinal.

În 60% din cazuri există un singur canal radicular. Dacă există două canale radiculare, ele pot fi separate pe toată lungimea rădăcinii (tip 2-2) sau se pot uni la nivel apical (tip 2-1). Cel mai frecvent, canalul radicular are formă de pişcot, cu diametrul mai mare orientat vestibulo-oral. În cazul unui singur canal, acesta se găseşte poziţionat în centrul rădăcinii (Figura 7.44.c).

Corelaţii Clinice:

- Canalele radiculare cu formă de pişcot sunt mai greu de preparat endodontic.
- În plus, omiterea celui de-al doilea canal atunci când există, poate duce la eşecul tratamentului endodontic.

Primul molar maxilar

Anatomia regiunii: Molarii sunt dinţi voluminoşi, localizaţi în extremitatea distală a arcadelor dentare, ocupând 44% din suprafaţa unei hemiarcade maxilare. Regiunea molarilor superiori poate fi recunoscută pe radiografia periapicală prin identificarea următoarelor elemente anatomice: radiotransparenţa aerică a sinusului maxilar, planşeul sinusului maxilar, tuberozitatea maxilară şi apofizele pterigoide. Uneori, în interiorul sinusului maxilar pot exista septe intrasinusale, vizibile pe radiografia periapicală. Apexul molarilor superiori este acoperit de opacitatea osului zigomatic care apare pe radiografia periapicală efectuată prin tehnica bisectoarei. La deschiderea gurii, procesul coronoid al osului mandibular va fi proiectat anterior şi poate fi vizibil pe imaginea radiologică periapicală efectuată în regiunea molarilor superiori (Figura 7.46).

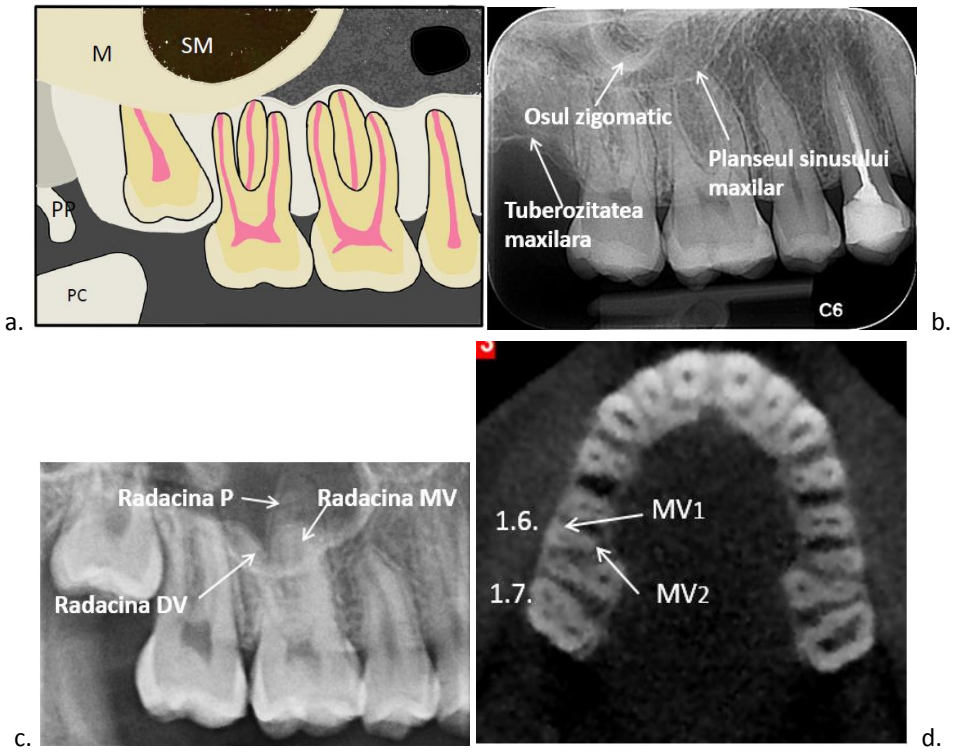


Fig. 7.46. Molarii superiori: a. descrierea schematica a regiunii dentare (SM- sinus maxilar, M- osul malar, PP- proces pterigoidian, PC – proces coronoid) b si c. Radiografii periapicale; d. Sectiune axiala CBCT: canalele MV1 si MV2 de pe radacina meziovestibulara a M1

Coroana: Coroana molarilor este mai masivă comparativ cu a celorlaţi dinţi. Deşi forma coroanei este de cub, diametrul vestibulo-oral este uşor mai mare comparativ cu cel mezio-distal. Suprafaţa ocluzală prezintă 5 cuspizi: mezio-vestibular (MV), mezio-palatinal (MP), disto-vestibular (DV), disto-palatinal (DP) şi tuberculul lui Carabelli.

Rădăcinile: Primul molar superior, la fel ca şi ceilalţi molari superiori, prezintă 3 rădăcini dintre care două sunt localizate vestibular (MV, DV) şi una este palatinală. Cele trei rădăcini se separă dintr-un trunchi comun, zona de separaţie fiind la 4-5 mm de zona coletală, la unirea treimii cervicale cu cea mijlocie a rădăcinilor.

Rădăcinile au un traiect divergent spre apex. Rădăcina palatinală este cea mai lungă, axul ei fiind oblic şi se îndreaptă spre creasta alveolară palatinală. Rădăcina mezio-vestibulară şi disto-vestibulară au axul orientat spre vestibular, iar apexurile converg uşor, cel

al rădăcinii MV fiind orientat spre distal, iar al rădăcinii DV spre mezial. Rădăcina palatinală este aplatizată în sens vestibulo-oral, iar rădăcinile vestibulare în sens mezio-distal.

Spaţiul pulpar: Primul molar maxilar are cea mai largă cameră pulpară, morfologia ei corespunde configuraţiei coronare. Camera pulpară prezintă 4 coarne pulpare corespunzătoare cuspizilor funcţionali: meziovestibular, mezio-palatinal, disto-vestibular şi disto-palatinal. Ea are forma romboidă, pereţii converg către planşeul pulpar, peretele palatinal se îngustează şi dispare treptat către planşeul cavităţii pulpare.

La nivelul rădăcinilor, se diferenţiaza 3 canale radiculare (mezio-vestibular, disto-vestibular şi palatinal), dar în 60% din cazuri pot exista 4 canale radiculare cu prezenţa a două canale pe rădăcina mezială (MV_1 şi MV_2) (Figura 7.46.d). Orificiile canalelor radiculare se vizualizează în 3 colţuri diferite care delimitează o arie triunghiulara pe planşeul camerei pulpare, orificiul palatinal fiind cel mai larg. Orificiul canalului disto-vestibular este situat uşor mai palatinal faţă de cel mezio-vestibular.

Canalul palatinal (P) este cel mai larg şi poate prezenta o curbură orientată vestibular în 1/3 apicală. Canalul disto-vestibular (DV) este îngust şi aplatizat în sens mezio-distal. Canalele meziovestibulare (MV_1 şi MV_2) de obicei sunt interconectate şi se unesc la apex (tip 2-1).

Corelaţii clinice:

- accesul în canalul mezio-vestibular (MV) se face din direcţie disto-vestibulară
- canalele de pe rădăcina mezio-vestibulară (MV_1 şi MV_2) sunt unite de obicei printr-un istm care crează dificultăţi de preparare mecanică în cursul tratamentului endodontic
- curbura vestibulară a canalului palatinal nu se observă pe radiografie
- datorită înclinării rădăcinii palatinale există riscul de perforaţie palatinală
- molarii cu procese carioase sau obturaţii întinse pot dezvolta depuneri de dentină terţiară care îngreunează accesul la camera pulpară şi care trebuie evaluată pe radiografia pre-operatorie pentru a facilita crearea de acces în camera pulpară
- În 40% din cazuri în 1/3 apicală există canale laterale.

Molarul secund maxilar

Coroana dentară: Coroana molarului doi maxilar are diametre mai reduse comparativ cu a primului molar, fiind mai aplatizată în sens mezio-distal. Cuspidul disto-palatinal este uneori abia schiţat, iar tuberculul Carabelli este mai rar întâlnit la molarul secund.

Rădăcinile: Rădăcinile molarului secund maxilar sunt mai scurte compartiv cu a celorlalţi molari (cu o medie de 2 mm mai scurte). Există tot 3 rădăcini cu aceeaşi orientare spaţială ca şi la primul molar maxilar, dar rădăcinile sunt mult mai apropiate şi chiar fuzionate într-un trunchi radicular unic.

Spaţiul pulpar: Cavitatea pulpară prezintă aceleaşi caracteristici ca şi la molarul unu doar că volumul camerei pulpare este mai mic şi orificiile canalelor pulpare meziovestibular (MV) şi disto-vestibular (DV) sunt mai apropiate (Figura 7.47). Uneori, dispoziţia orificiilor de intrare a canalelor radiculare este aproape coliniară.

Canalele radiculare au o divergenţă mai puţin accentuată comparativ cu cele ale molarului unu, iar frecvenţa canalelor laterale din 1/3 apicală este mai mică. Pe radiografia periapicală efectuată prin tehnica bisectoarei, vizualizarea treimii apicale a rădăcinii palatinale este dificilă datorită suprapunerii opacităţii molarului.

Molarul trei maxilar

Molarul de minte maxilar prezintă variaţii mari ale configuraţie, a dimensiunii, formei sau a numărului de canale radiculare. Coroana are de obicei diametrul vestibulo-oral

mai mare decât cel mezio-distal, dar volumul coronar este mai mic decât al celorlaţi molari.

Numărul variabil al canalelor radiculare care pot fuziona (1, 2, 3 sau 4 canale radiculare) şi poziţia distală, profundă, cu acces dificil la aceşti dinţi, creează de obicei, dificultăţi de realizare a tratamentului.

Incisivul central inferior

Anatomia regiunii incisivilor mandibulari: Osul mandibular prezintă o structură mai densă comparativ cu osul maxilar. În regiunea incisivilor inferiori, pe radiografia periapicală se pot identifica două creste oblice laterale, crestele mentoniere. Pe linia mediană a mandibulei se vizualizează un orificiu cu margini ingroşate, radioopace, foramenul lingual (Figura 7.48).

Coroana dentară: Incisivul central inferior are diametrul mezio-distal cel mai redus dintre toţi dintii. Volumul incisivilor inferiori este mai mic faţă de cel al incisivilor superiori.

Rădăcina: Incisivii inferiori sunt dinţi monoradiculari, prezentând o rădăcină unică, dreaptă, cu apexul orientat uşor spre distal.

Spaţiul pulpar: Incisivul central mandibular are camera pulpară turtită în sens vestibulo-oral şi este cea mai mică dintre toţi dinţii. Ea prezintă 3 coarne pulpare orientate spre marginea incizală.

Canalul radicular de obicei este unic, cu forma ovoidă, având diametrul maxim vestibulo-oral. În 45% din cazuri pot exista 2 canale radiculare (tip 1-2-1 sau 2-2).

Corelaţii clinice:

- datorită volumului mic de ţesut dentar, prepararea şi lărgirea exagerată a dintelui poate duce la slăbirea rezistenţei lui
- uneori, apexul este inclinat în direcţie lingual şi poate crea probleme de preparare şi de obturare endodontică
- uneori, eşecul tratamentului endodontic se datorează omiterii obturării celui de al doilea canal, acolo unde el există.

Incisivul lateral mandibular

Coroana: Incisivul lateral inferior are coroana de dimensiuni uşor mai crescute comparative cu incisivul central, şi prezintă un aspect alungit. Cinculumul este orientat distal.

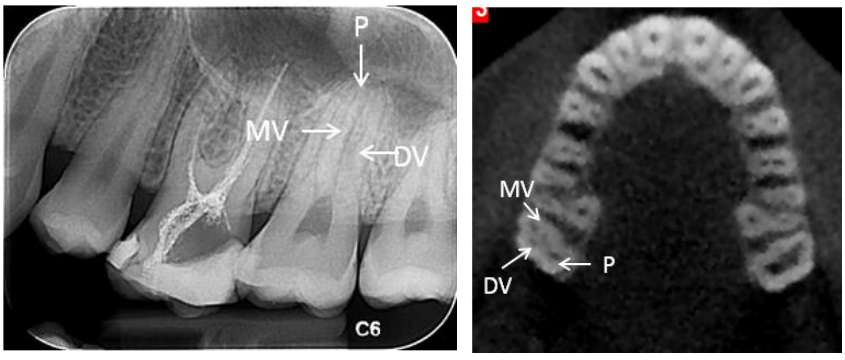
Rădăcina: Rădăcina este unică, aplatizată mezio-distal şi ceva mai lungă decât a incisvului central mandibular.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară este redusă, iar coarnele pulpare, mezială şi distală, sunt mai puţin pronunţate faţă de cele ale incisivului central (Figura 7.48).

Incisivul lateral inferior este monoradicular şi prezintă un canal radicular situat central, care de obicei este drept, dar poate prezenta curburi distale sau vestibulare.

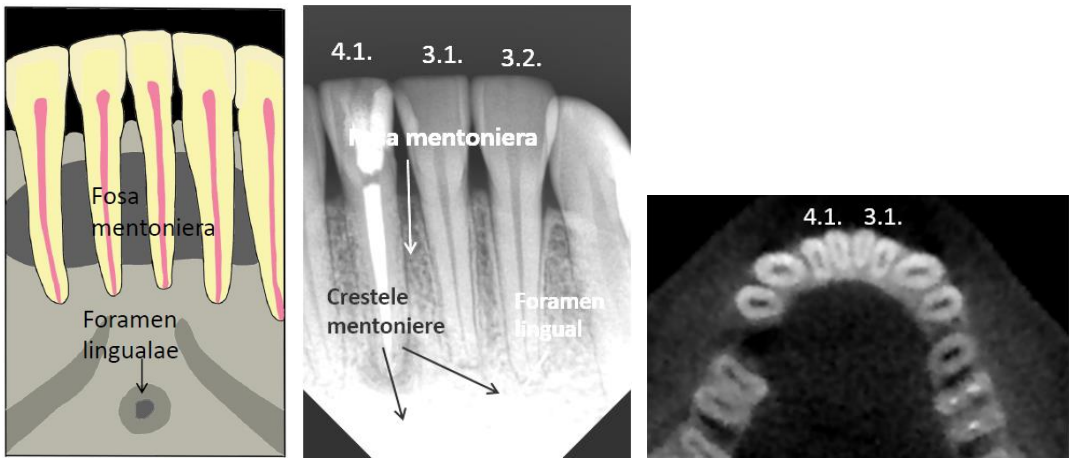
Caninul mandibular

Anatomia regiunii: Anatomia radiologică a regiunii caninului mandibular nu prezintă prea multe particularităţi. Pe radiografia periapicală poate să fie prezentă şi gaura mentonieră care se localizează între cei doi premolari inferiori (Figura 7.49).



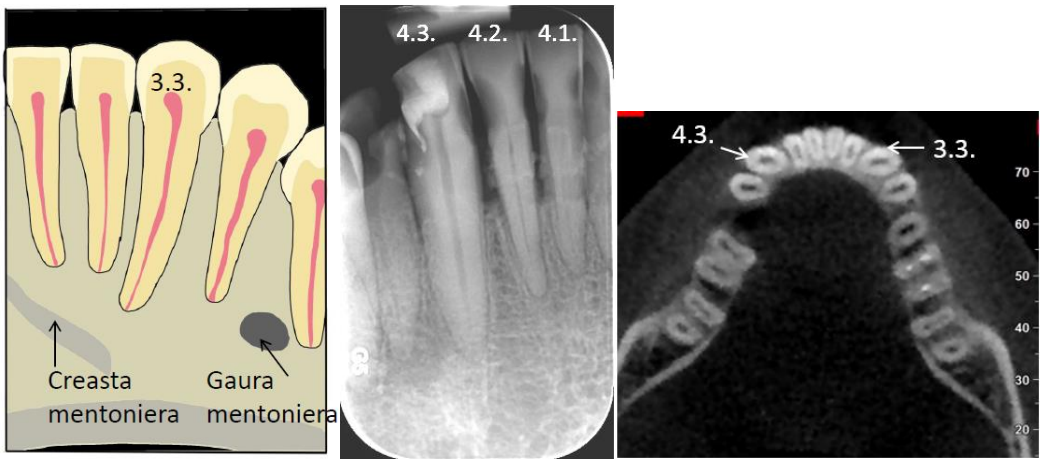
a. b.

Figura 7.47. Molarul secund maxilar; a. anatomia 2D; b. anatomia 3D CBCT



a. b. c.

Figura 7.48. Incisivii inferiori a. reprezentare schematică a radiografiei periapicale; b. anatomia radiologică 2D a regiunii frontale mandibulare; c. imagine 3D CBCT cu evidenţierea formei canalului radicular



a. b. c.

Figura 7.49. Caninii inferiori. a. reprezentarea schematică a regiunii anatomice; b. anatomia radiologica 2D – caninul prezintă rădăcina cea mai lungă din imagine; c. imagine 3D CBCT cu evidenţierea formei canalului radicular

Coroana dentară: are un aspect alungit şi îngust, cu un relief mai şters faţă de caninul superior. Cingulum-ul este mai redus şi este orientat distal.

Rădăcina: Rădăcina caninului inferior este mai scurtă şi mai subţire faţă de a celui maxilar. Uneori, apexul este bifid, cu o componentă vestibulară şi una lingual㠹.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară are forma triunghiulară, fiind mai îngustată mezio-distal.

Canalele radiculare prezintă de obicei un singur canal care poate fi bifid spre apex. Foarte rar (14% din cazuri) pot fi identificate două canale radiculare distincte. Apical, se pot întâlni canale laterale în 30% din cazuri.

Corelaţii clinice:

- eşecuri ale tratamentului endodontic prin omiterea preparării canalului secundar.

Primul premolar mandibular

Anatomia regiunii: În regiunea premolarilor inferiori se proiectează pe radiografia periapicală următoarele structuri anatomice: gaura mentonieră, care este situată între apexurile celor doi premolari inferiori, canalul mandibular, care traverseaza osul mandibular către gaura mentonieră prin dreptul rădăcinii premolarului secund (Figura 7.50).

Coroana dentară: Coroana primului premolar mandibular are un aspect asemănător cu cea a caninului mandibular. Pe suprafaţa ocluzală sunt prezenţi doi cuspizi, vestibular mai voluminios şi lingual, cu aspect mai sters.

Rădăcina: Primul premolar inferior are de obicei o singură rădăcină, aplatizată mezio-distal. Uneori apexul este bifid, cu o componentă vestibulară şi una orală.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară are forma ovalară, cu diametrul maxim vestibulo-oral şi prezintă 2 coarne pulpare corespunzătoare cuspizilor coronari.

De obicei prezintă o singură rădăcină şi un singur canal radicular, ocazional pot exista 2 canale radiculare. Canalele laterale se întâlnesc în 44% din cazuri.

Corelaţii clinice:

- eşecuri ale tratamentului endodontic prin omiterea obturării a două canale radiculare, acolo unde acestea există
- deschiderea camerei pulpare trebuie să se facă cât mai larg, către cuspizi, pentru a avea acces direct la canalul radicular
- canalul radicular poate prezenta curburi vestibulare
- proximitatea găurii mentoniere la nivelul apexului celor doi premolari.

Premolarul doi mandibular

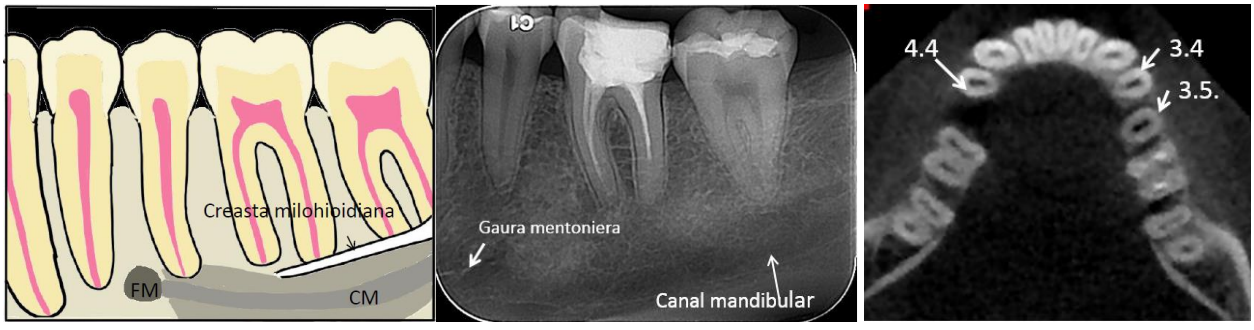
Coroana: În general, premolarul secund mandibular prezintă aceleaşi caracteristici ca şi primul premolar mandibular. Suprafaţa ocluzală poate să prezinte doi sau trei cuspizi , în ultima situaţie existând doi cuspizi lingual şi unul vestibular.

Rădăcina: De obicei, premolarul secund inferior are o rădăcină unică cu un singur canal radicular, dar în 11% din cazuri poate prezenta două canale radiculare.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară are o formă ovalară sau de pişcot, existând de obicei un canal unic situat central sau două canale radiculare cu orientare vestibulară şi orală (figura 7.50).

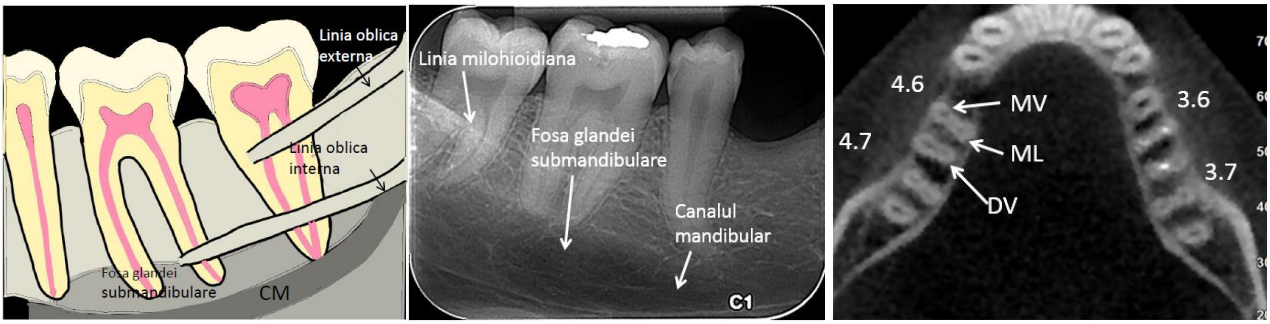
Primul molar mandibular

Anatomia regiunii: Pe radiografia periapicală efectuată în regiunea molarilor mandibulari poate fi vizibil canalul mandibular sub forma unei benzi radiotrasparente cu diametrul de 4-5 mm, delimitat de corticala osoasă care pe radiografie apare sub forma a două linii paralele, marginea superioară şi inferioară a canalului mandibular. Canalul mandibular adăposteşte nervul alveolar inferior, ramura a 3-a nervului trigemen (V). În plus există două creste osoase care sunt proiectate pe radiografie sub forma unor radioopacităţi liniare: linia oblică externă (situată superior) şi linia milohioidiană (situată inferior) (Figura 7.51).



a. b. c.

Figura 7.50. Premolarii inferiori. a. reprezentarea schematică a regiunii (GM- gaura mentonieră, CM- canal mandibular; b. radiografe periapicală cu evidenţierea găurii mentoniere care se găseşte între cei doi premolari inferiori; c. secţiune axială CBCT cu evidenţierea premolarilor inferiori care au un singur canal radicular



a. b. c.

Figura 7.51. Molarii inferiori. a. reprezentarea schematică a regiunii anatomia radiologică 2D – se evidenţiaza molarii inferiori cu două rădăcini, mezială şi distală; b. imagine 3D CBCT cu evidenţierea canalelor radiculare, se poate observa existenţa a două canale pe rădăcina distală; 4.7 şi 3.7 prezintă un singur canal distal, situat mai central la nivelul crestei alveolare

Fosa glandei submandibulare este situată pe faţa internă a mandibulei, în regiunea molarilor inferiori. La acest nivel, osul mandibular are o grosime mai redusă, iar radiologic va apărea sub forma unei radiotransparenţe mai crescute a osului mandibular. Aspectul radiotransparent al osului în zona fosei glandei submandibulare ar putea uneori crea iluzia unui canal mandibular dublu (Figura 7.52).

Coroana dentară: Coroana primului molar inferior are diametrul mezio-distal mai mare decât cel vestibulo-oral. Pe suprafaţa ocluzală se pot evidenţia 5 cuspizi, trei vestibulari şi doi linguali.

Rădăcinile: Molarul unu inferior prezintă două rădăcini, mezială şi distală. Acestea se separă dintr-un trunchi comun în treimea cervicală a rădăcinii şi au un traiect divergent spre apex, cu uşoară orientare distală.

Spaţiul pulpar: Camera pulpară este mai largă mezial şi distal. Peretele mezial al camerei pulpare este drept, dar cel distal este rotund. Camera pulpară poate prezenta 4 sau 5 coarne pulpare, corespunzătoare cuspizilor ocluzali.

Primul molar inferior are două rădăcini, mezială şi distală şi prezintă cel mai frecvent 3 canale radiculare (mezio-vestibular, mezio-lingual şi distal). Rădăcina vestibulară este curbă, şi prezintă de obicei 2 canale radiculare (tip 2-2 sau 2-1). Uneori se întâlnesc 4 sau chiar 5 canale radiculare.

Corelaţii clinice:

- lărgirea excesivă a canalelor meziale poate conduce la perforaţii radiculare şi eşecul terapiei endodontice
- canalele de pe rădăcina mezială se suprapun şi nu pot fi evidenţiate radiologic decât după efectuarea de radiografii cu inclinaţie excentrică a fasciculului de radiaţii.

Molarul doi mandibular

Coroana dentară prezintă din punct de vedere radiologic, aceleaşi caracteristici ca şi primul molar mandibular.

Rădăcinile: Molarul secund mandibular prezintă tot două rădăcini, dar zona de furcaţie radiculară se găseşte în treimea mijlocie a rădăcinilor (Figura 7.51).

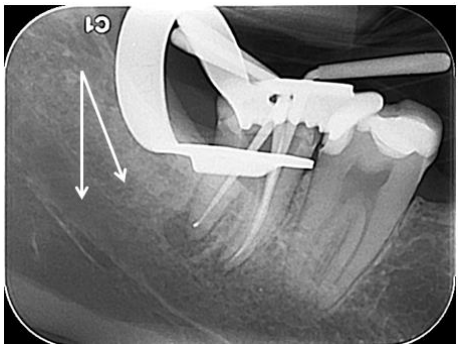


Figura 7.52. Impresia unui canal mandibular dublu, creată de suprapunerea fosei glandei submandibulare

Figura 7.53. Canale în formă ce "C" la nivelul molarilor inferiori - secţiune CBCT axial

Spaţiul pulpar: Camera pulpară prezintă patru coarne pulpare. De obicei există doar trei canale radiculare, două situate pe rădăcina mezială şi unul pe cea distală. Al doilea molar mandibular poate prezenta frecvent canale "C-shape" care crează dificulăţi tratamentului endodontic (Figura 7.53).

a.

b.

Figura 7.54. Molarul de minte mandibular; a. se observă poziţia lui inferioară faţă de planul de ocluzie şi spaţiul îngust al regiunii retromolare; b. molarul 4.8 cu rădăcinile fuzionate

Corelaţii clinice:

- tratament endodontic dificil cu rată scăzută de succes în cazul existenţei canalelor de tip "C-shape"
- se pot crea frecvent căi false sau perforaţii pe canalele meziale
- canalul mezial sau distal poate fi situat pe linia mediană

Molarul trei mandibular

Molarul de minte inferior prezintă variaţii mari ale configuraţiei, a dimensiunii, formei sau a numărului de canale radiculare. Se pot evidenţia 1, 2, 3 sau 4 canale radiculare. Accesul nu este la fel de dificil ca în cazul molarilor superiori, dar în cazul îngustării spaţiului retromolar, poziţia molarilor de minte poate fi oblică, făcând dificil accesul în canalele radiculare (Figura 7.55).

De obicei, radiografierea molarului de minte inferior este dificilă, poziţionarea detectorului digital posterior în cavitatea orală poate declanşa reflex de greaţă, iar musculatura masticatorie puternică nu permite introducerea profundă a filmului radiologic în şanţul lingual. Pentru radiografierea molarilor inferiori mandibulari se preferă ortopantomografia care evidenţiază toţi cei patru molari de minte pe acelaşi film şi permite evidenţierea contactului dintre rădăcinile molarului de minte şi canalul mandibular (Figura 7.55).

7.1.4. Anatomia radiologică a dinţilor temporari

Dinţii temporari au în general un aspect radiologic asemănător cu cel al dinţilor permanenţi, dar au dimensiuni mult mai reduse. Coroana dentară are un aspect globulos prin îngustarea accentuată a dinţilor temporari în zona coletală. Rădăcinile dinţilor temporari sunt mici şi subţiri, cu aspect efilat.

Pe radiografia panoramică, mugurii dinţilor permanenţi pot fi identificaţi în vecinătatea rădăcinilor dinţilor temporari (Figura 7.56.a).

Figura 7.55. Radiografie panoramică cu evidenţierea celor patru molari de minte

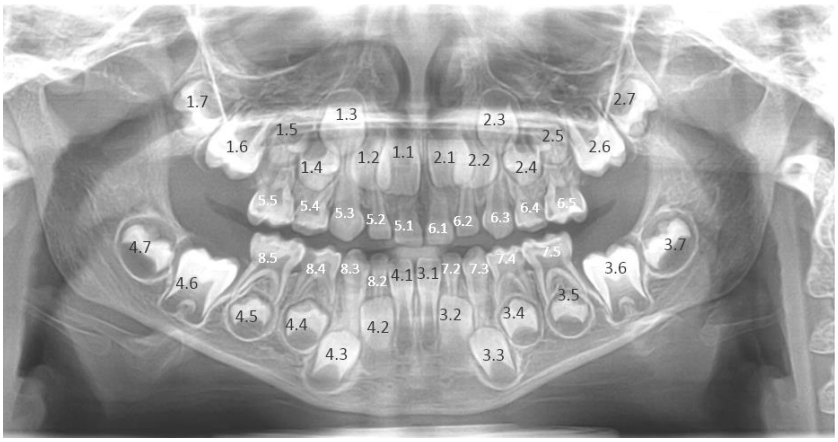


Figura 7.56.a. OPT cu dentiţie mixtă: se observă prezenţa mugurilor dinţilor permanenţi

Figura 7.56.b. Mugure de premolar unu între rădăcinile primului molar unu temporar superior

Erupţia dentară la dinţii temporari debutează după calcificarea completă a coroanei dentare şi se produce în intervale de timp cu variaţii largi: în jurul vârstei de 8-12 luni pentru dinţii frontali, între 16-22 luni pentru canini, între 12-18 luni pentru primii molari şi între 24-30 luni pentru molarii secunzi (tabel 7.4).

Stadiul pre-eruptiv se caracterizează prin dezvoltarea intraosoasă și începutul calcificării coroanei dentare, fenomene asociate cu un anumit grad de migrare intramaxilară a dintelui care poate fi vizibil radiologic.

Stadiul eruptiv debutează odată cu începutul dezvoltării rădăcinii care determină deplasarea progresivă a coroanei prin osul alveolar, până la perforarea mucoasei și apariţia dintelui în cavitatea orală. Acest stadiu, continuă până ce dintele atinge planul de ocluzie, stabilind contacte cu dinţii din arcada antagonistă.

Arcadele dentare temporare conţin un număr total de 20 de dinţi, pe fiecare hemiarcadă completă existând un incisiv central, un incisiv lateral, un canin şi doi molari temporari.

Tabelul 7.4. Perioadele eruptive ale dintilor temporari

Dinte	Perioada eruptiva
Incisivul central superior	8-12 luni
Incisivul lateral superior	9-13 luni
Caninul superior	16-22 luni
Molarul unu superior	14-18 luni
Molarul doi superior	26-30 luni
Incisivul central inferior	6-10 luni
Incisivul lateral inferior	10-16 luni
Caninul inferior	17-23 luni
Molarul unu superior	14-18 luni
Molarul doi superior	24-30 luni

Incisivul central temporar maxilar erupe în jurul vârstei de 7-9 luni, erupţia lui urmând pe cea a incisivilor centrali mandibulari. Coroana dentară prezintă diametrul mezio-distal mai mare decât înălțimea coronară. Rădăcina este unică, iar apexul are o uşoară orientare înspre vestibular.

Incisivul lateral temporar maxilar erupe în jurul varstei de 8-9 luni, după erupţia centralului. Coroana are diametrul mezio-distal mai mic decât cel al incisivului central temporar, dar înălțimea coroanei este mai mare decât diametrul mezio-distal, coroana dentară având un aspect alungit. Rădăcina este subţire şi mai lungă decât cea a incisivului central, iar apexul este orientat vestibular.

Caninul maxilar temporar erupe în jurul vârstei de 18-20 luni. Coroana dentară are aspect cilindric, diametrul mezio-distal fiind aproape egal cu înălţimea coronară. Cuspidul este mai lung și mai ascuțit decât al caninului maxilar permanent. Rădăcina este bine dezvoltată, fiind cea mai lungă rădăcină din seria dinților temporari frontali şi are apexul orientat distal.

Primul molar temporar maxilar erupe la vârsta de 12-14 luni. Coroana este ceva mai mică decât a molarului secund temporar. Relieful ocluzal este mai şters decât la molarii permanenţi. Suprafaţa ocluzală prezintă trei cuspizi (un cuspid lingual şi doi cuspizi vestibulari) sau patru cuspizi (doi vestibulari şi doi cuspizi linguali). Rădăcinile sunt în număr de trei, una fiind palatinală şi alte două rădăcini situate vestibular şi provin din separarea unui trunchi radicular comun, în vecinătatea liniei coletului. Rădăcina palatinală este cea mai lungă şi mai voluminoasă, rădăcinile vestibulare având un aspect subţire şi efilat. Mugurele primului premolar maxilar se va forma între rădăcinile primului molar maxilar temporar (Figura 7.57).

Molarul secund temporar maxilar erupe la vârsta de 24-30 de luni. Coroana are forma unui cub cu diametrul maxim vestibulo-oral. Molarul superior are trei rădăcini care au o divergenţă mai accentuată decât la primul molar temporar maxilar. În spațiul inter-radicular, se va forma mugurele premolarului secund care va înlocui molarul al doilea temporar.

Incisivul central temporar mandibular erupe în jurul vârstei de 6-8 luni şi are un aspect asemănător incisivului central mandibular permanent. Dimensiunile coronare sunt mai reduse, iar rădăcina este este subțire și efilată.

Incisivul lateral temporar mandibular erupe la varsta de 7-9 luni, are formă asemănătoare cu a incisivului central temporar mandibular, rădăcina are apexul ușor orientat spre distal.

Caninul temporar mandibular erupe între 20-24 de luni, forma lui este mai alungită, vârful cuspidului este orientat lingual. Rădăcina este unică şi mai scurtă comparativ cu cea a caninului maxilar temporar.

Primul molar temporar mandibular erupe la 16-18 luni. Coroana este diferită de cea a altor dinți temporari, are diametrul maxim orientat mezio-distal. Suprafața ocluzală prezintă patru cuspizi. Sunt prezente

două rădăcini, mezială și distală, care se separă din trunchiul comun în apropierea coletului şi au traiectul divergent spre apexul radicular. Rădăcina mezială este mai lungă și are diametrul mai mare comparativ cu cea distală.

Figura 7.57. Radiografie panoramică la copil cu vârsta de 9 ani. Se evidenţiază erupţia incisivilor în arcada superioară şi inferioară

Molarul secund temporar mandibular erupe în jurul vârstei de 28-30 de luni. Coroana molarului are o morfologie asemănătoare cu a primului molar permanent mandibular. Diferența de lungime între cele două rădăcini este mai accentuată în cazul molarului secund temporar. Rădăcinile molarilor secunzi temporari sunt subțiri și divergente, iar separarea rădăcinilor din trunchiul radicular comun se realizează în apropierea coletului.

7.1.5. Anatomia radiologică a dentaţiei mixte

Perioada dentației mixte, debutează la vârsta de șase ani, odată cu erupția primilor molari permanenți, pe locul liber de pe arcadele dentare, în spatele ultimilor molari temporari. Pe radiografia panoramică, în perioada dentaţiei mixte, se evidenţiază prezenţa concomitentă a dinților temporari și permanenți. Perioada dentației mixte se extinde până în jurul vârstei de 12 ani, când are loc înlocuirea ultimului dinte temporar din arcadă. În decursul acestei etape există şi o dezvoltare rapidă a crestelor alveolare, care vor trebui să susțină dinții permanenți.

Dentiția apreciază gradul erupţiei dentare raportată la vârsta cronologică a copilului. De obicei, stadiul eruptiv este concordant cu vârsta cronologică, dar dentiţia poate fi precoce sau tardivă, dacă formula dentară este mai avansată sau respectiv, în întârziere, cu cel puţin 1-2 ani față de vârsta cronologică.

Succesiunea de erupţie a dinţilor permanenți poate fi diferită de la un individ la altul. Cea mai frecvent întâlnită formulă de înlocuire a dinţilor temporari este redată în tabelul 7.5:

Tabel 7.5. Perioadele de erupţie ale dinţilor permanenţi

Dinte	Perioada eruptiva
Incisivul central superior	7-8 ani
Incisivul lateral superior	8-9 ani
Caninul superior	11-12 ani
Primul premolar superior	10-11 ani
Al doilea premolar superior	10-12 ani
Molarul unu superior	6-7 ani
Molarul doi superior	12-13 ani
Molarul trei superior	17-22 ani
Incisivul central inferior	6-7 ani
Incisivul lateral inferior	7-8 ani
Caninul inferior	9-10 ani
Primul premolar superior	10-12 ani
Al doilea premolar superior	11-12 ani
Molarul unu superior	6-7 ani
Molarul doi superior	11-12 ani
Molarul trei superior	17-22 ani

Erupția incisivilor are loc la vârsta de 6-8 ani, primii erup de obicei incisivii centrali, urmaţi de incisivii laterali. Pe examinarea CBCT, mugurii incisivilor permanenți se vizualizează în poziție orală față de rădăcina incisivilor temporari şi odată cu erupţia coroana va fi împinsă şi va migra înspre vestibular (Figura 7.58).

Erupția premolarilor și a caninului inferior se face la vârsta de 9-11 ani. Caninul inferior erupe în poziție anterioară față de primii molari temporari. Foliculul dentar al premolarilor permanenţi se pot observa între rădăcinile molarilor temporari pe care îi vor înlocui ulterior (Figura 7.59).

Erupția caninilor superiori și a premolarilor secunzi inferiori are loc la vârsta de 11-12 ani, apariția caninului maxilar între incisivul lateral și primul premolar superior va completa zona de curbură a arcadei dentare (Figura 7.60).

Erupția molarilor secunzi are loc în jurul varstei de 12-13 ani, aceştia se vor poziţiona distal față de molarii de şase ani, în locul disponibil pe arcadă.

O arcadă dentară permanentă, completă, cuprinde un număr de 32 de dinți. Gradul de rizaliză fiziologică a dinţilor temporari este mai vizibil pe secțiunile axiale a examinărilor CBCT (Figura 7.60).

Figura 7.58. Radiografie panoramică copil 11 ani cu erupţia caninilor superiori şi premolarului unu superior

Fig. 7.59. Radiografie panoramică copil 13 ani cu erupţia molarului secund

Fig. 7.60. Examinare CBCT cu secţiuni coronale pe care se observa rizaliza fiziologică a dinţilor temporari

Sumar

- Examinarea imaginilor radiologice trebuie să urmărească un plan sistematic care cuprinde: analiza structurilor dentare, a crestelor alveolare şi a elementelor anatomice învecinate regiunii dentare respective.
- Medicul dentist trebuie să deţină cunoştinţe aprofundate de anatomie, să cunoască geometria de expunere specifică fiecărei examinări radiologice pentru a înţelege imaginea radiologică şi limitele metodei imagistice utilizate.
- În urma analizei radiografiilor, medicul examinator trebuie să recunoască erorile de expunere sau de poziţionare care ar putea afecta diagnosticul.
- În urma evaluării radiografiei este necesară recunoaşterea anatomiei normale, a variantelor anatomice şi a leziunilor care nu implică realizarea unui tratament, trecându-se apoi la identificarea structurilor patologice.
- Analiza leziunilor patologice trebuie să se facă numai în contextul clinic al cazului respectiv.
- La nivelul coroanelor dentare se va analiza suprafaţa externă a smalţului, structura smalţului şi joncţiunea amelo-dentinară şi dentina.
- La nivel radicular se vor analiza forma, structura, numărul rădăcinilor şi a canalelor radiculare.
- Analiza spaţiului implică evaluarea spaţiului periodontal şi a laminei dura.
- Crestele alveolare pot fi evaluate radiologic doar la nivelul crestelor interdentare şi a furcaţiilor dinţilor pluriradiculari.

- Fiecare dintre aceste structuri pot avea o patologie specifică. Însuşirea elementelor de semiologie radiologică este importantă pentru descrierea corectă a leziunilor patologice observate şi pentru diagnosticul diferenţial al acestor leziuni.
- Cunoaşterea anatomiei specifice fiecărei regiuni dentare este importantă pentru identificarea dinţilor radiografiaţi şi evaluarea patologiei asociate leziunilor dento-parodonatale.
- Evaluarea dentaţiei temporare implică în principal recunoaşterea morfologiei dinţilor de lapte şi a vârstei de înlocuire cu dentaţia permanentă.
- Evaluarea radiografiilor în perioada dentaţiei mixte implică precizarea existenţei mugurilor dinţilor permanenţi, evaluarea poziţiilor nefavorabile erupţiei şi a unor eventuale leziuni care pot interfera cu erupţia spontană.

Referinţe

Betancourt P., Navarro P., Muñoz G., Fuentes R., Prevalence and location of the secondary mesiobuccal canal in 1,100 maxillary molars using cone beam computed tomography. BMC Med Imaging. 2016 Dec 1;16(1):66.

Chuangliang Ling , Qian Jiang, Xiaojun Ding Cone-Beam Computed Tomography Study on Morphologic Characteristics of the Posterior Region in Hard Palate J Craniofac Surg. May/Jun 2019;30(3):921-925.

Fildan F., Hedesiu M., Radiologia stomatologica. Notiuni de fizica si tehnica radiologica. Editura Medicala Universitara"Iuliu Hatieganu" Cluj-Napoca, 2002

Kapila S.D., Cone beam computed tomography in orthodontics. : indications, insights, and innovations . Ed first, Wiley-Blackwell. 2014. pp 221-247.

López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Falcão A, Falcão C, Ríos-Santos JV, Herrero-Climent M. Thickness of the buccal bone wall and root angulation in the maxilla and mandible: an approach to cone beam computed tomography. BMC Oral Health. 2018 Nov 21;18(1):194.

Martins JN, Mata A, Marques D, Anderson C, Caramês J. Prevalence and Characteristics of the Maxillary C-shaped Molar. J Endod. 2016 Mar;42(3):383-9.

Martins JNR, Marques D, Silva EJNL, Caramês J, Mata A, Versiani MA.Prevalence of C-shaped canal morphology using cone beam computed tomography - a systematic review with meta-analysis. Int Endod J. 2019 Nov;52(11):1556-1572.

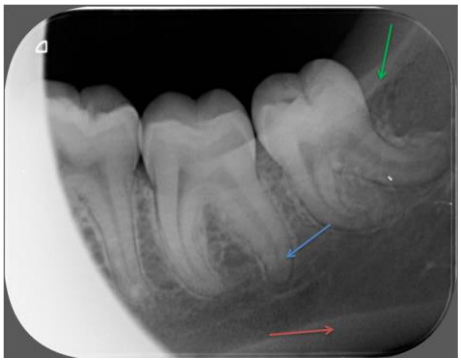
Ozcan G, Sekerci AE, Cantekin K, Aydinbelge M, Dogan S. Evaluation of root canal morphology of human primary molars by using CBCT and comprehensive review of the literature.Acta Odontol Scand. 2016;74(4):250-8.

Whaites E., Radiation physics and equipment in Essential of dental radiography and radiology, 4th ed. Edinburg, Churchill Livingston, Elsevier science, 2003, pp 15-33.

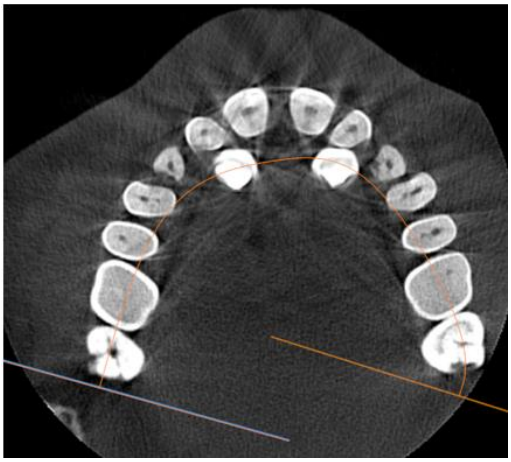
White SC, Pharoah MJ: Radiation physics. In Oral radiology: principles and interpretation, ed 6, St Louis, Mosby. 2009.

Teste recapitulative

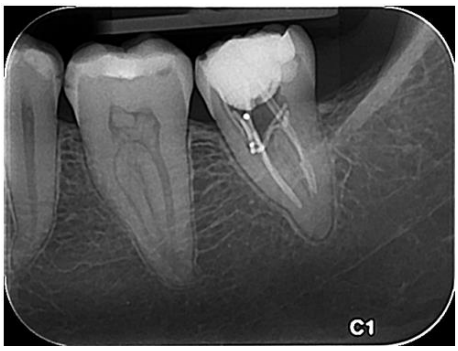
1. Identificaţi structurile anatomice indicate.



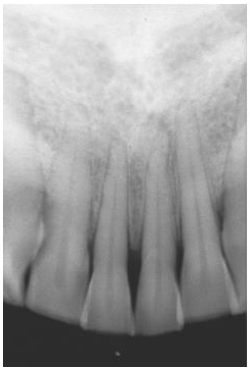
2. Identificaţi dinţii care prezintă rizaliză.



3. Precizaţi unde identificaţi leziuni patologice localizate în smalţ.



4. Precizaţi dinţii prezenţi în imaginea de mai jos şi elementele anatomice adiacente.



5. Descrieţi morfologia dinţilor din imaginea următoare.

Capitolul 8
Radiografia panoramică

Autori: Mihaela Hedeşiu, Alina Ban, Alexandrina Muntean

Cuprins :

8.1. Radiografia panoramică – consideraţii generale
8.1. Echipamente radiologice. Aparatul ortopantomograf şi senzorii digitali
8.2. Principii de bază ale efectuării radiografiei panoramice
8.3. Etapele efectuării radiografiei panoramice
8.4. Imaginea radiologică panoramică
8.4.1. Calitatea imaginii radiologice panoramice. Netitate, distorsiune, artefacte şi imagini fantomă
8.4.2. Erori ale tehnicii de efectuare a radiografiilor panoramice
8.4.3. Standarde de calitate ale radiografiilor panoramice
8.5. Anatomia radiologică şi planul de examinare al radiografiei panoramice
8.6. Indicaţiile radiografiilor panoramice şi semiologie radiologică
8.6.1. Radiografia panoramică în dentaţia mixtă
8.6.2.Radiografia panoramică în ortodonţie
8.6.3. Radiografia panoramică în incluzia dentară
8.6.4. Radiografia panoramică în incluzia molarului de minte
8.6.5. Radiografia panoramică în implantologie
8.6.6. Radiografia panoramică în afecţiunile oaselor maxilare
8.7. Alte metode de explorare radiologică efectuate cu aparatul ortopantomograf
8.7.1. Radiografii de craniu. Tehnica de realizare, anatomie şi semiologie radiologică
8.7.2. Radiografia cefalometrică

Obiectivele

Înţelegerea principiilor de funcţionare şi a caracteristicilor aparatelor panoramice
1. Înţelegerea principiilor de bază care stau la efectuarea radiografiilor panoramice
2. Cunoaşterea posibilităţilor de explorare radiologică care se pot efectua cu aparatul ortopantomograf
3. Înţelegerea principiilor de bază care stau la efectuarea radiografiilor craniului
4. Însuşirea teoretică şi practică a tehnicii de efectuare a radiografiilor panoramice
5. Însuşirea teoretică şi practică a tehnicii de efectuare a radiografiilor de craniu
6. Recunoaşterea erorilor de efectuare a radiografiilor panoramice şi de craniu
7. Analiza critică a radiografiilor panoramice pe baza standardelor de calitate
8. Cunoaşterea recomandărilor specifice ale radiografiilor panoramice
9. Cunoaşterea recomandărilor specifice ale radiografiilor de craniu
10. Recunoaşterea elementelor de anatomie pe radiografia panoramică şi de craniu

Termeni cheie

CCD/CMOS
Centru de rotaţie
Flat panel (FP)
Imagini fantomă
Incidenta laterală
Incidenta orbito-meatală
Incidenta postero-anterioară
Ortopantomografie
Plan focal
Radiografie cefalometrică
Radiografie craniu
Radiografie panoramică
Tomografie ATM
Tomografie secţională
Zonografie

Radiografia panoramică, denumită şi ortopantomografie (OPT) este o metodă de radiografiere extraorală care redă imaginea de ansamblu (panoramică – PAN) a crestelor alveolare şi a structurilor dentare de pe ambele arcade dentare, maxilară şi mandibulară. Principiul fundamental care stă la baza formării imaginii radiologice este mişcarea ortoradială (ORTO) a sursei de radiaţii X şi a detectorului de imagine (sensor digital sau film radiologic clasic), care efectuează o rotaţie incompletă, de 180^0, în jurul capului pacientului, de la o articulaţie temporo-mandibulară la cea de partea opusă. În cursul expunerii la radiaţii, se efectuează o tomografiere (TOMO) în straturi, pe secţiuni, a structurilor craniene, care în final, redau imaginea de ansamblu a arcadelor dentare (Figura 8.1).

Avantajele şi dezavantajele radiografiei panoramice sunt prezentate în tabelul 8.1.

Radiografia panoramică este o tehnică de examinare radiologică foarte populară în rândul medicilor stomatologi. Ea este indicată de obicei pentru evaluarea statusului dento-parodontal, la prima vizită a pacienţilor în cabinetul stomatologic. Radiografia panoramică este o tehnică preferată faţă de radiografia seriată "toata gura" (full-mouth), deoarece înlocuieşte cele 16 radiografii periapicale efectuate pe diferite grupe dentare, cu o singură expunere, având o doză de iradiere mai redusă (Figura 8.2). Ortopantomografia permite obţinerea unei imagini de ansamblu a unităţilor dentare şi o arie mai largă de vizualizare a oaselor maxilare, comparativ cu radiografiile seriate periapicale, dar cu preţul unei distorsiuni accentuate a imaginii şi a scăderii netităţii contururilor anatomice (Figura 8.3).

Deşi avanatajul oferit de utilizarea radiografiei panoramice în comparaţie cu radiografiile seriate periapicale este incontestabil din punctul de vedere al reducerii dozei de expunere, totuşi, majoritatea autorilor sunt de părere că radiografia panoramică nu ar reduce de fapt numărul radiografiilor periapicale necesare pentru tratamentul leziunilor dento-parodontale.

Figura 8.1. Radiografia panoramică (OrtoPanTomografie).Tomografierea în straturi, pe secţiuni, a structurilor dento-alveolare.

Tabelul 8.1. Avantajele şi dezavantajele radiografiei panoramice.

Avanatajele radiografie panoramice	Dezavantajele radiografiei panoramice
Ofera o imagine de ansamblu a arcadelor dentare	Floul Kinetic deteterminat de mişcarea dintre sursa de radiaţii X şi detector
Redă imagistic structuri anatomice multiple (dinţi, parodontiu, sinusuri max. ATM)	Structuri parazite
Doza de iradiere este redusă, echivalentă cu 4 radiografii dentare	Suprapuneri dentare
Costul redus	Mărirea dimensiunilor obiectului
Tehnica uşoară, nu necesită pregătiri deosebite a pacientului	Aspect deformat al structurilor pe imagine

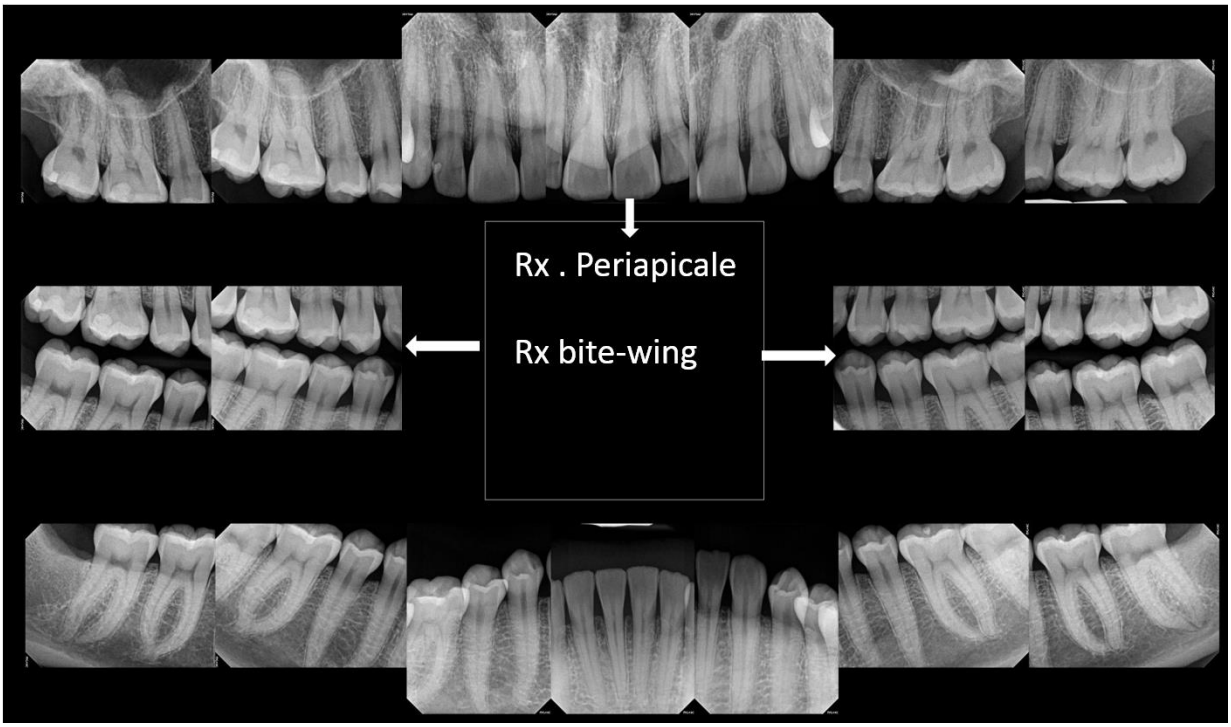


Figura 8.2. Radiografii seriate "full-mouth".

Figura 8. 3. a. radiografia periapicală; b. Radiografia panoramică; Se poate observa netitatea scăzută şi distorsiunea importantă a radiografiei panoramice în comparaţie cu radiografia periapicală, determinată în principal de mişcarea sursei şi a detectorului în cursul examinării.

Rezoluţia spaţială scăzută, diminuarea netităţii imaginii ortopantomografice datorată mişcării sursă – detector precum şi numeroasele suprapuneri ale unor structuri anatomice vizibile pe radiografie, nu permit efectuarea unui diagnostic de certitudine al leziunilor periapicale, în special la dinţii maxilari.

Deseori, în practică, este necesară completarea radiografiilor panoramice cu radiografii periapicale intraorale sau cu radiografii bite-wing pentru un diagnostic adecvat al leziunilor dento-parodontale, ceea ce de fapt, în final, cresc doza cumulată a expunerilor radiologice dentare.

Introducerea în ultimul deceniu al aparatelor radiologice panoramice digitale a îmbunătăţit simţitor calitatea imaginilor radiologice prin atenuarea zgomotului datorat mişcării sursei de radiaţii şi printr-un control automat al expunerii la radiaţii. Optimizarea ortopantomografelor digitale a mărit substanţial acurateţea identificării leziunilor odontale.

Un alt avantaj al radiografiei panoramice digitale rezultă din faptul că informaţia imagistică nu se pierde, ci ea poate fi stocată şi transmisă la distanţă cu uşurinţă. Acest fapt a stat la baza dezvoltării platformelor de radio-diagnostic la distanţă şi a sistemelor de detectare automată a leziunilor patologice, folosind inteligenţa artificială. În stomatologia digitală, accesabilitatea la imaginile radiologice devine mai rapidă şi se facilitează un workflow coherent între medicul dentist şi alti medici specialişti care intervin în tratamentul pacientului.

În multe dintre situaţile clinice, radiografiile digitale anterior efectuate ale pacientului, pot fi re-examinate şi completate cu radiografii periapicale, evitându-se astfel o nouă expunere ortopantomografică.

Utilizarea pe scară largă a tehnicii digitale poate să reducă numărul radiografiilor panoramice cerute de medicii dentişti, comparativ cu numărul de filme care ar fi fost necesar în radiologia convenţională. Doza de iradiere colectivă în radiodiagnosticul dentar ar putea fi mult influenţată de respectarea unui nou protocol de examinare în practica stomato-logică, bazat pe păstrarea înregistrărilor radiografiilor digitale ale pacienţilor.

Radiografia panoramică rămâne în continuare un mijloc de examinare preferat de mulţi medici stomatologi şi datorită faptului că tehnica este relativ simplă şi uşor acceptată de către pacienţi, disponibilitatea aparatelor este destul de largă, iar informaţia diagnostică este importantă, fiind o examinarea care redă în ansamblu morfologia arcadelor dentare şi a structurilor osoase de suport.

8.1. Echipamente radiologice. Aparatul ortopantomograf şi senzorii digitali

La ora actuală există un număr însemnat de tipuri de ortopantomografe ce pot fi grupate în următoarele categorii:

- Aparate panoramice simple (Figura 8.4a);
- Aparate panoramice cu cefalostat (Figura 8.4b);
- Aparate panoramice de tip hibrid, încorporate în sistemele radiologice 3D CBCT (Figura 8.4c).

Primele două tipuri de aparate panoramice pot fi instalate în varianta digitală sau în varianta cu film radiologic convenţional. Chiar dacă designul diferitelor sisteme panoramice este diferit, în general, toate echipamentele de tip ortopantomograf trebuie să includă următoarele componente: sursa de radiaţii X, detectorul de imagine, sistemul de poziţionare a capului pacientului, consola de comandă şi butonul de expunere (Figura 8.5).

Sursa de radiaţii X

Tubul radiogen generează un fascicul de radiaţii X, care prezintă o uşoară înclinaţie cranială, de aproximativ 8^0 , faţă de planul orizontal. Spre deosebire de aparatele radiologice intra-orale la care colimarea este cilindrică sau circulară, în radiografia panoramică extraorală, colimarea fasciculului de radiaţii are forma unei fante liniare. Generatorul de radiaţii X descrie o mişcare rotaţională, semicirculară, în jurul capului pacientului, deplasând-se de la o articulaţie temporo-mandibulară la cea din partea opusă (Figura 8.6 a,b).

a. b. c.

Figura 8. 4. a. Ortopantomograf simplu; b. Ortopantomograf cu cefalostat; c. Ortopantomograf hibrid cu CBCT

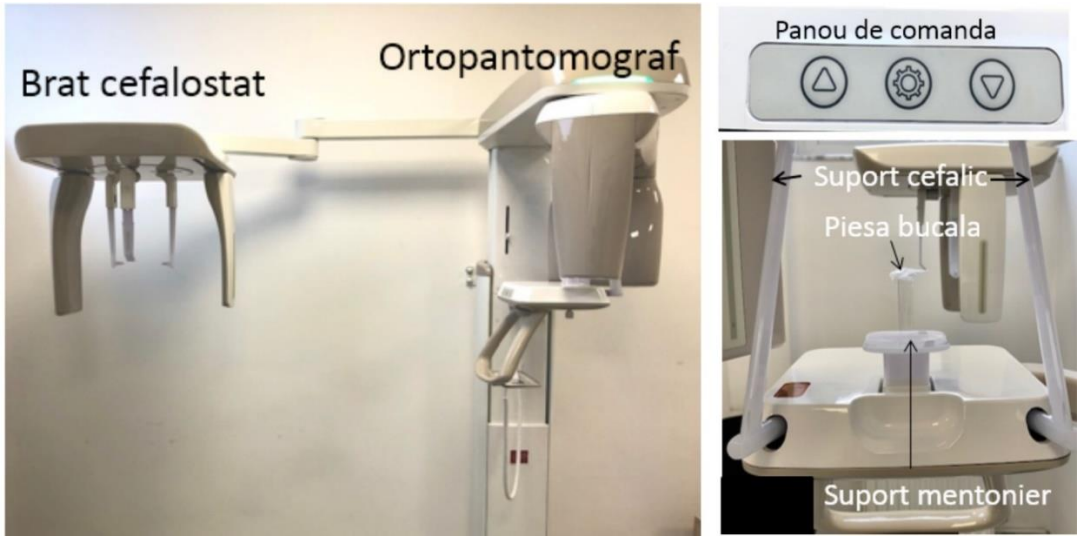


Figura 8.5. Componentele aparatului ortopantomograf

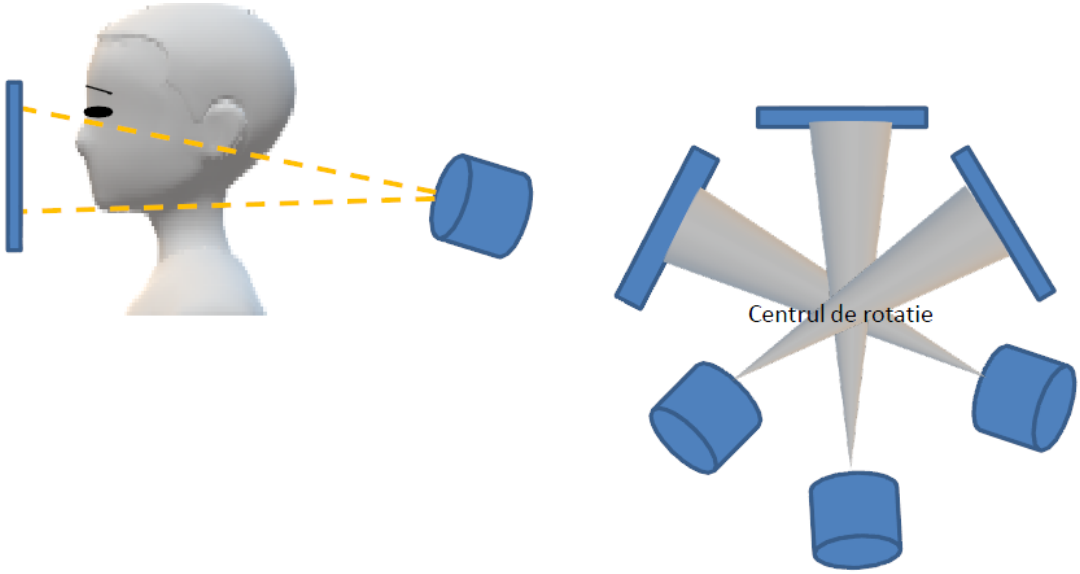


Figura 8.6. Expunerea radiologică în ortopantomografie. a. mişcarea rotaţională, semicirculară a sursei de radiaţii în spatele capului pacientului şi a detectorului prin faţa pacientului în cursul unei expuneri; Tubul radiogen generează un fascicul de radiaţii X, care prezintă o uşoară înclinaţie cranială, de aproximativ 8^0; b. Centrul de rotaţie dintre tub şi senzor.

Detectorul de imagine

Detectorul de imagine poate fi detectorul digital sau, în cazul radiografiilor convenţionale, ansamblul suport-casetă. Filmele radiologice convenţionale utilizate în radiografia panoramică au fost descrise în capitolul 4.1.

Detectorii digitali utilizaţi în radiografia panoramică pot fi de două tipuri: flat-panel (FP) (Figura 8.7) şi intensificatori de imagine de tip CCD (capitolul 4.2). Receptorii de imagine FP au apărut mai recent şi pot fi aplicaţi şi în alte domenii ale radiologiei: mamografie, fluoroscopie, ortopedie etc. Dezvoltarea lor a permis progresul tehnologic al echipamentelor ortopantomografice spre sistemele hibride care realizează atât radiografii panoramice cât şi achiziţii CBCT volumetrice.

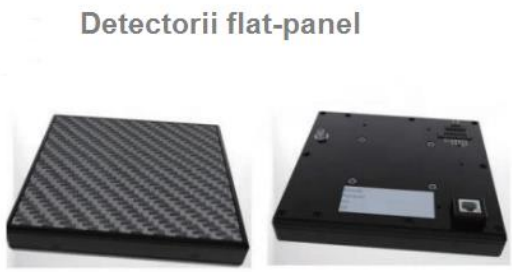


Figura 8. 7. Detectori digitali de tip flat-panel utilizaţi în ortopantomografie

Senzorii digitali Flat-panel au următoarele avantaje:

- rezoluţia imaginii este crescută
- rezoluţia de contrast este îmbunătăţită (large dynamic range)
- acoperă un câmp de scanare mai larg
- distorsiunea imaginii este redusă
- reducerea zgomotului imaginii radiologice.

Sistemul de poziţionare a capului pacientului

Acest dispozitiv include laserele luminoase de poziţionare, suportul pentru bărbie şi sistemul de imobilizare a capului pacientului.

Consola de comandă

Consola de comandă a echipamenului radiologic oferă posibilitatea alegerii modului de examinare (radiografie panoramică standard, radiografie panoramică pentru copii, tomografie pentru articulaţiile temporo-mandibulare, tomografia sinusurilor maxilare, zonografie, radiografii ale craniului în variate incidenţe efectuate la cefalostat etc). Este posibilă selecţionarea manuală sau automată a parametrilor de expunere, consola incluzând şi butoane necesare poziţionării pacientului.

Butonul de expunere

Expunerea în radiografia panoramică este în general de 10-16 secunde, ea fiind declanşată de apăsarea butonului exponometru. Acesta trebuie să fie menţinut apăsat pe toată durata timpului de expunere, pentru a realiza o examinare completă a arcadelor dentare.

8.2. Principii de bază ale efectuării radiografiei panoramice

În cursul expunerii, generatorul de radiaţii X şi detectorul efectuează o mişcare simultană, semicirculară, în sens contrar, tubul radiogen rotindu-se prin spatele capului pacientului, iar suportul cu detectorul având o mişcare, prin faţa pacientului, deplasându-se de la o articulaţie temporo-mandibulară la cea de partea opusă. Prin rotaţia sursei de radiaţii, se va realiza o radiografiere în straturi ale structurilor craniene, numită tomografie.

Cu toate că au fost radiografiate toate structurile craniului, doar aspectul arcadelor dentare şi a câtorva structuri osoase craniene sunt redate pe imaginea panoramică. Acest lucru este explicat de faptul că echipamentele radiologice panoramice dispun de un plan focal şi doar structurile care se găsesc situate în planul focal al aparatului vor fi redate clar pe radiografie, în timp ce alte elemente morfologice, situate anterior sau în spatele planului focal, vor fi reprezentate neclar sau nu vor apărea deloc pe imaginea radiologică (Figura 8.8).

Planul focal al ortopantomografului

Planul focal al aparatului ortopantomograf este un plan tridimensional imaginar, care se găseşte la o anumită distanţă de centrul de rotaţie al sistemului tub-detector (Figura 8.9).

Deoarece arcadele dentare nu au o formă semicirculară, existenţa unui singur centru de rotaţie a sistemului imagistic ar fi insuficientă. Pentru a se asigura o imagine clară a structurilor dentare şi ale crestelor alveolare, aparatele radiologice panoramice sunt prevăzute cu trei sau mai multe centre de rotaţie. Utilizarea unor centre de rotaţie multiple permite definirea un plan focal cu aspect de parabolă, care simulează forma unei arcade dentare ideale (Figura 8.10).

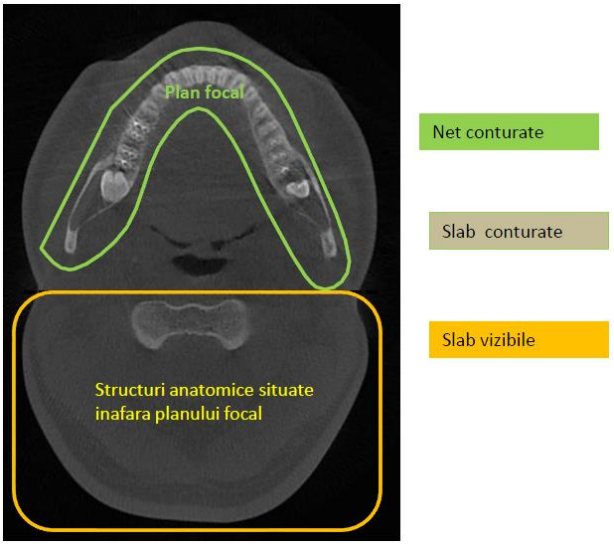


Figura 8.8. Imaginea structurilor care nu se găsesc în planul focal al aparatului nu apare pe radiografia panoramică

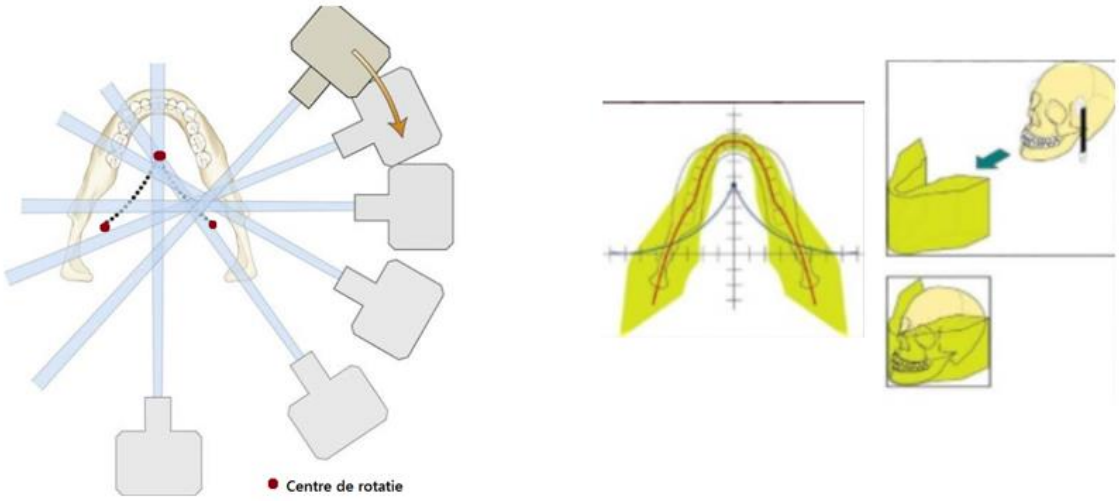


Figura 8.9. a. Poziţionarea centrilor de rotaţie pentru zona laterală şi frontală a arcadelor dentare; b. Construcţia şi forma planului focal

Trei elemente sunt esenţiale pentru obţinerea unei imagini panoramice corespunzătoare:
(1) construcţia planului focal;
(2) morfologia arcadelor dentare;
(3) poziţionarea pacientului în cursul expunerii radiologice.

1. Construcţia planului focal

Planul focal al aparatului panoramic este un plan tridimensional care depinde de construcţia aparatului, de poziţionarea şi de numărul centrilor de rotaţie ai aparatului.

- Aparatele radiologice panoramice diferă între ele în funcţie de sistemul de rotaţie al aparatului. Poziţia, dimensiunea şi forma planului focal sunt variabile în funcţie de producătorul aparatului.
- Centrii de rotatie tub – detector se reglează în momentul instalării aparatului în cabinetul radiologic. Cu cât centrii de rotaţie sunt mai apropiaţi de dinţi, cu atât planul focal pentru zona respectivă va fi mai îngust.

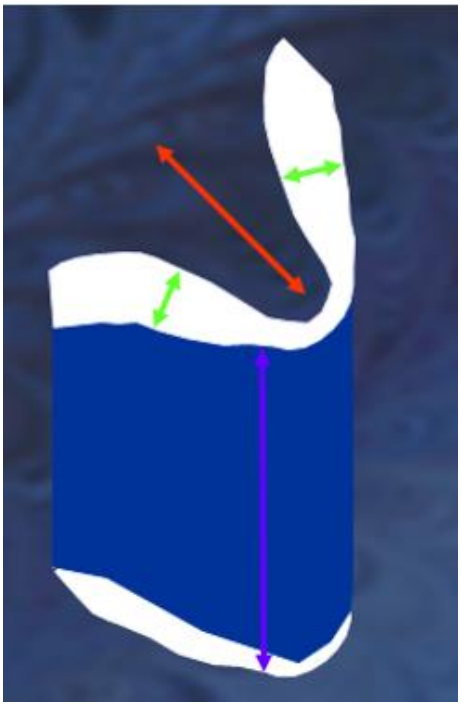


Figura 8.10. Planul focal este mai îngust în zona dinţilor frontali şi mai larg în zona molarilor

O bună adaptare şi poziţionare a centrilor de rotaţie în momentul montării şi a punerii în funcţiune a echipamenului ortopantomograf este esenţială pentru obţinerea unei imagini radiologice de calitate.

2. Morfologia arcadelor dentare ale pacientului

Forma şi dimensiunea arcadelor dentare prezintă o mare variabilitate legată de vârsta, sexul sau profilul facial al pacientului. În general, sistemele radiologice panoramice au un plan focal care aproximează forma şi dimensiunea unei arcade ideale, existând doar câteva opţiuni de alegere a unei forme mai particulare a crestelor alveolare (Figura 8.11).

Totuşi, variabilităţile morfologice ale maxilarelor generează uneori pe radiografie un efect nedorit de distorsiune şi o reducere a clarităţii contururilor, în special pentru elementele care se găsesc înafara planului focal.

3. **Poziţia capului pacientului în cursul examinării**

Poziţionarea pacientului se va face astfel încât arcadele lui dentare să se găsească în centrul planului focal al aparatului. Pentru realizarea acestei cerinţe, fiecare aparat panoramic dispune de un sistem de aliniere prevăzut cu spoturi luminoase pentru poziţionarea planurilor de referinţă ale capului pacientului.

Există trei planuri de referinţă principale care realizează alinierea în spaţiu a capului pacientului, astfel încâ arcadele dentare să fie incluse în planul focal al aparatului ortopantomograf (Figura 8.12).

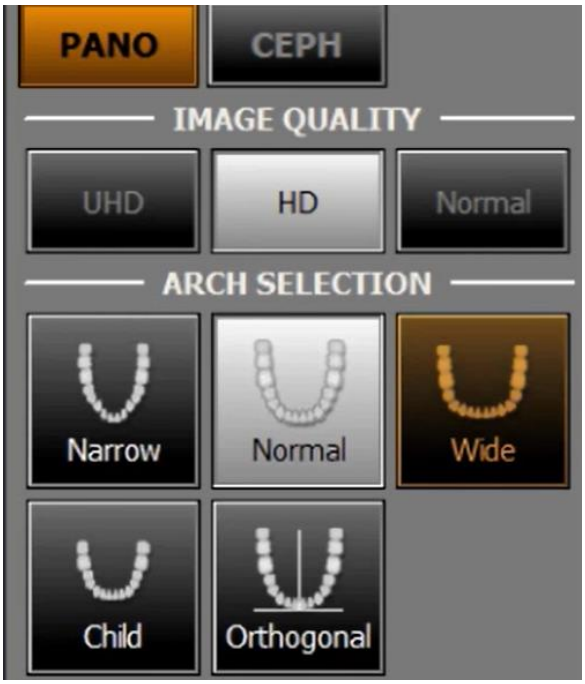


Figura 8.11. Alegerea formei arcadei dentare la ortopantomograf.

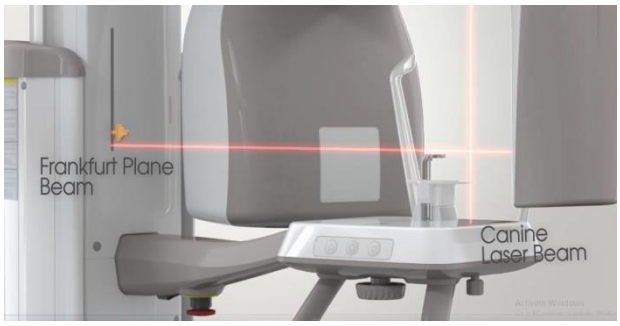


Figura 8. 12. Planurile de referinţă utilizate pentru poziţionarea capului pacientului.

Planurile de referinţă pentru poziţionarea pacientului

- planul medio-sagital al capului
- planul lui Frankfort
- linia caninilor

- Flexia sau extensia capului este reglată prin alinierea spotului luminos orizontal care treversează planul Frankfort al capului pacientului, trecând prin marginea infraorbitară şi porion. Flexia sau extensia capului vor influenţa poziţionarea pacientului faţă de acest plan.

Figura 8.13. Bite-block-ul ortopantomografului.

- Un alt spot luminos vertical, va fi aliniat la nivelul axelor caninilor superiori şi va ajusta poziţia capului în plan sagital. Nerespectarea liniei caninilor va conduce la poziţionarea arcadelor dentare anterior sau posterior faţă de centrul planului focal al aparatului. În general, linia caninilor este fixată prin plasarea incisivilor în şanţul de pe piesa bucală a suportului de bărbie (bite-block) (Figura 8.13).
- Cel de-al treilea spot luminos trebuie să urmarească planul vertical medio-sagital al pacientului. Înclinarea laterală a capului pacientului sau asimetria facială va conduce la lipsa de aliniere a planului medio-sagital şi la apropierea unei hemiarcade de receptorul de imagine, în timp ce partea contralaterală va fi îndepărtată de acesta.

8.3. Etapele realizarii radiografiei panoramice

Exista câteva etape principale care trebuie parcurse pentru realizarea unei radiografii panoramice (Tabelul 8.2).

1. Pregătirea echipamenului radiologic în vederea expunerii

Este de dorit ca orice examinare panoramică să înceapă cu pregătirea echipamenului radiologic în vederea expunerii. Dacă radiografia se realizează pe film radiologic, caseta radiologică trebuie să fie în prealabil încărcată cu film în camera obscură, controlându-se ca sistemul de închidere a casetei să fie adecvat şi să asigure etanşeitatea casetei. Filmul radiologic va fi plasat între cele două ecrane intensificatoare situate în interiorul casetei (Figura 8.14). Caseta cu film astfel pregătită, va fi introdusă în port-casetă, astfel încât faţa netedă a casetei să fie orientată către pacient, iar cea prevăzută cu sistemul de închidere să fie orientată în exterior.

Piesa bucală şi suportul pentru bărbie vor fi dezinfectate după fiecare utilizare prin aplicare de soluţii dezinfectate de suprafaţă. Suprafeţele care intră în contact cu pacientul vor fi apoi izolate printr-un sistem de protecţie din folii de plastic de unică folosinţă, care vor fi înlocuite după fiecare expunere.

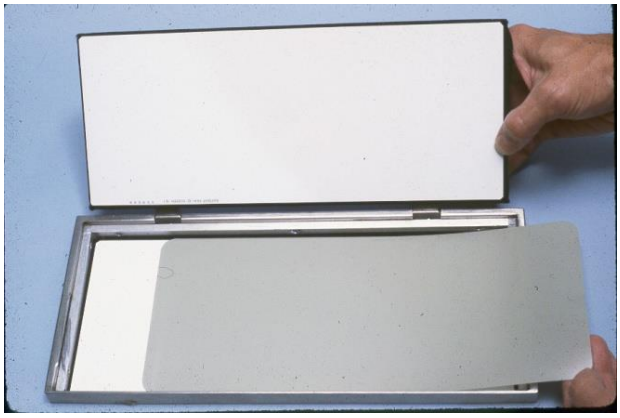


Figura 8.14. Plasarea filmului radiologic între două ecrane intensificatoare situate în interiorul casetei.

Definirea caracteristicilor expunerii se face de la tabloul de comandă al aparatului:

- Se alege modul de examinare care urmează a fi efectuat (ex. panoramic pentru adult, panoramic pentru copil, zonografie etc).

Tabelul 8.2: Etapele realizării unei radiografii panoramice.

Etapa	Tehnica
Pregătirea echipamentului radiologic	Plasarea şi izolarea piesei bucale Selectarea tehnicii de examinare Selecatarea formaei arcadei dentare Selecatarea dimensiunii pacientului Stabilirea parametrilor de expunere
Pregătirea pacientului	Înscrierea datelor personale ale pacientului în computer Informarea pacientului asupra tehnicii Îndepărtarea obiectelor metalice Îmbrăcarea şorţului de radioprotecţie de către pacient Poziţionarea sistemului tub-caseta la nivelul capului pacientului
Poziţionarea pacientului în aparat	Poziţionarea incisivilor în piesa bucală Verificarea poziţiei pacientului - coloana vertebrală dreaptă, umerii lăsaţi în jos, mâinile sprijinite pe mânerele aparatului
Alinierea arcadelor dentare în planul focal	Alinierea planului medio-sagital Alinierea planului Frankfort Alinierea liniei caninilor
Pregătirea expunerii	Verificarea poziţiei pacientului Imobilizarea capului pacientului Pacientul realizează o mişcare de deglutiţie
Expunerea pacientului	Pacientul rămâne în poziţie imobilizată, cu limba alipită pe palatul dur Operatorul se deplasează în camera de expunere Operatorul apasă butonul exponometru şi îl menţine apăsat pe toată durata expunerii
Finalizarea expunerii	Verificarea imaginii radiologice pe monitorul computerului Eliberarea pacientului din aparat Dezbrăcarea sorţului de radioprotectie şi plasarea lui pe un umeraş Îndepărtarea materialelor de protecţie Dezinfectarea suprafeţelor contaminate
Eliberarea rezultatului radiologic	Procesarea imaginii radiologice prin ajustarea contrastului, luminozităţii, eventual aplicarea unor filtre Salvarea imaginilor Trimiterea imaginilor în sistemul PACS Inscripţionarea imaginilor pe film radiologic Interpretarea imaginilor radiologice şi eliberarea unui raport radiologic

- Se fixează parametri de expunere (kilovoltaj, miliamperaj) în funcţie de recomandările predefinite de producător. Optimizarea dozelor şi reducerea parametrilor de expunere până la limita unui diagnostic posibil, respectând principiul ALARA, este de asemenea recomandabil (capitolul 13).

Adaptarea poziţiei tubului la nivelul înălţimii corespunzătoare a pacientului se va face prin acţionarea părţii mobile a aparatului.

2. Pregătirea pacientului

Pacientului îi vor fi explicate pe scurt procedura tehnică la care urmează să fie expus, cerinţele care sunt necesare realizării unei bune radiografii şi de asemenea riscurile şi beneficiile acestei manopere.

Ulterior, pacientul va fi rugat să îmbrace un şorţ de radioprotecţie, fără guler, pentru a reduce iradierea organismului, dar fără să interfereze cu fasciculul primar de radiaţii.

Este necesară îndepărtatea tuturor

obiectelor metalice de la nivelul feţei sau a gâtului pacientului (ochelari, cercei, agrafe, proteze parţiale mobilizabile), care pot genera artefacte pe radiografie.

Poziţionarea pacientului

Pacientul poate fi poziţionat în ortostatism sau în poziţie şezândă, în funcţie de tipul aparatului. Este necesară instruirea pacientului asfel încât acesta să îşi menţină coloana cervicală dreaptă, în poziţie verticală, fără încurbări nedorite ale spatelui (Figura 8.15).

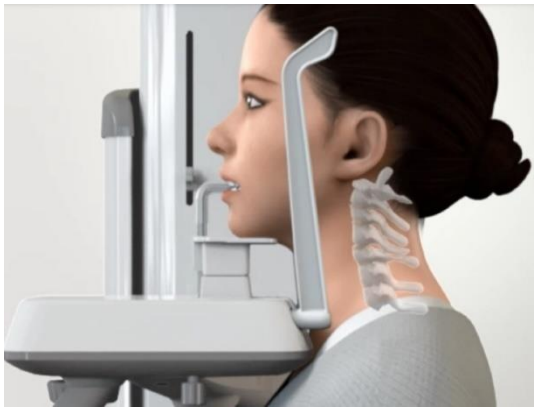


Figura 8.15. Poziţionarea coloanei vertebrale a pacientului.

Pentru a realiza acest lucru, operatorul poate să îl ajute prin fixarea poziţiei porţiunii mobile a sistelului tub-caseta la o înălţime corespunzătoare taliei pacientului. În final, pacientul va rămâne imobilizat cu spatele drept, având bărbia sprijinită de suportul pentru bărbie.

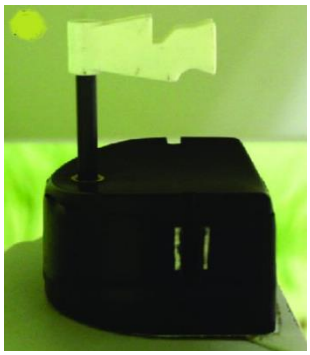


Figura 8.16. Suportul pentru bărbie la pacienţii edentaţi.

Pacientul este rugat să muşte cu marginea incizală a dinţilor frontali superiori, în şanţul cu care este prevăzută piesa bucală (bite-block). La pacienţii edentaţi se va înlocui piesa bucală cu una specifică crestelor edentate, iar arcadele dentare maxilară şi mandibulară pot fi imobilizate cu ajutorul unor rulouri de vată pe parcursul examinării (Figura 8.16).

3. Alinierea arcadelor dentare în planul focal

- Poziţionarea planului medio-sagital:

Planul medio-sagital al capului este definit de o linie imaginară care uneşte nazionul, vârful nasului, şi mentonul, împărţind faţa pacientului în două jumătăţi egale, dreapta şi stânga. Deseori, există o uşoară asimetrie facială şi o lipsă de aliniere a acestor repere faciale. În aceste situaţii este de dorit ca alinierea planului sagital să fie ghidată de linia interincisivă superioară. În general, se va avea în vedere ca poziţia capului să nu fie înclinată lateral, pentru a nu se genera distorsiuni (măriri sau micşorări) ale arcadelor dentare pe imaginea radiologică.

- Planul lui Frankfort

Acesta este un plan orizontal care trece tangenţial la marginea infraorbitară şi tragus. Planul lui Frankfort al pacientului se va poziţiona paralel cu podeaua şi are rolul de a evita flexia sau extensia capului în cursul expunerilor panoramice.

- linia caninilor

La unele aparate panoramice se va putea fixa şi linia caninilor, după un reper luminos care trece prin vârful cuspidului caninilor superiori, reglând-se astfel distanţa la care se găsesc situaţi dinţii frontali faţă de receptorul de imagine (Figura 8.17).

Figura 8.17. Fixarea liniei caninilor.

4. Pregătirea expunerii

În final, capul paientului va fi fixat în poziţia dorită cu ajutorul piesei de cap (Figura 8.18).

Figura 8.18. Suportul parietal al ortopantomografului.

Înainte de expunere, rugăm pacientul să înghită pentru a-şi poziţiona limba în contact cu fibromucoasa palatului dur. Astfel, se va evita interpunerea aerului între limbă şi structurile osoase palatinale cu producerea unor artefacte aerice nedorite, care ar impiedica vizualizarea apexurilor dinţilor superiori.

5. Expunerea pacientului

După poziţionarea pacientului, operatorul poate părăsi sala pentru a se retrage în camera de expunere unde se găseşte butonul exponometru. Butonul de expunere trebuie să fie menţinut apăsat pe toată durata timpului de expunere. Decomprimarea butonului înainte de finalizarea timpului setat pe consola aparatului panoramic, va întrerupe expunerea şi va genera o imagine parţială a arcadelor dentare.

6. Finalizarea expunerii radiologice

Înainte de încheierea examinării, operatorul verifică rapid calitatea imaginii radiologice rezultate, pentru a observa dacă arcadele dentare apar în întregime pe ortopantomografie şi dacă nu există erori de tehnică care să afecteze diagnosticul. În situaţia în care există erori de tehnică sau de expunere, care fac imposibilă interpretarea radiografiei, se va înlătura cauza acestor erori, se va repoziţiona corect pacientul şi se va expune încă o dată. Nu este însă de dorit repetarea radiografiei, ea trebuie evitată ori de câte ori este posibil. Interpunerea şortului de protecţie în zona arcadei inferioare sau mişcarea pacientului în cursul expunerii sunt cele mai frecvente cauze care conduc la repetarea radiografiei (Figura 8.19).

Figura 8. 19. Interpunerea şorţului de protecţie pe imaginea OPT finală.

Dacă imaginea radiologică permite realizarea unui diagnostic adecvat, examinatorul va reintra în camera de expunere pentru a elibera pacientul din aparat. Se va îndepărta şortul de radioprotecţie, care va fi curăţat cu substanţe dezinfectante şi va fi aşezat pe un umeraş pentru păstrarea lui în bune condiţii.

Se va îndepărta folia de protecţie de pe piesa bucală şi se vor dezinfecta suprafeţele contaminate ale aparatului (Capitolul 11).

7. Eliberarea rezultatului radiologic

Ultima etapă în realizarea radiografiei panoramice constă în procesarea, salvarea şi stocarea imaginilor radiologice. Tehnicianul radiolog va reanaliza imaginea obţinută şi va corecta densitatea, contrastul şi mărirea imaginii. Se pot realiza operaţii suplimentare de calibrare, măsurare, adnotare sau de aplicare a unor filtre pentru evidenţierea optimă a leziunilor patologice. Imaginea finală va fi salvată ca atare şi va fi apoi trimisă în sistemul de gestiune a imaginilor radiologice, pe un server PACS. De aici, imaginea radiologică este disponibilă şi va putea fi apoi preluată şi transmisă la distanţă pacientului sau unui medic stomatolog.

Păstrarea imaginilor se poate face pe suport electronic (DVD) sau poate fi imprimată pe film radiologic. În ultimul caz, imaginea va fi trimisă sub forma unui fişier DICOM recunoscut de imprimantă pentru a fi inscripţionată pe un film radiologic.

Interpretarea imaginii radiologice se va face de către un medic radiolog sau stomatolog care va elibera un raport radiologic. Un exemplu de formular pentru raportul radiologic este redat în figura 8.20. Există şi alte formate libere sau standardizate care pot fi alese de către medic, în funcţie de situaţia clinică a pacientului.

Maxilar:
PPF metalo-ceramica cu dinti stalpi 1.2 1.4. si implant 1.3.
PPF metalo-ceramica cu dinti stalpi 1.1 si 2.1
PPF metalo-ceramica cu dinte stalp 2.2 si implant 2.3.
PPF metalo-ceramica cu dinte stalp 2.5 si implant 2.4.
Obturatii ocluzale cu tratamente endodontice 1.6 si 1.7, fara leziuni periapicale evidente pe OPT
1.8 si 2.8 inclusi intraosos in pozitie mezio-angulata
Mandibular:
Edentatie biterminala mandibulara
PPF metalo-ceramica cu dinti stalpi 3.4, 3.5 si implant 3.7
Implante dentare 4.4, 4.5 si 4.6 in faza de osteointegrare
Abrazie dentara in zona frontala

Figura 8. 20. Exemplu de raport radiologic.

Indiferent de formatul în care este scris raportul radiologic, în cazul analizei unei radiografii panoramice, el trebuie să includă următoarele elemente: formula dentară, prezenţa cariilor, a obturaţiilor şi a reconstrucţiilor coronare, modul de realizare a tratamentelor endodontice, existenţa parodontitelor apicale şi a unor eventuale leziuni osoase alveolare (Tabelul 8.3). Modul de descriere a leziunilor dento-parodontale va urma planul de examinarea al unei radiografii prezentat în capitolul 6.

Tabelul 8.3. Elementele de semiologie incluse în raportul radiologic al radiografiilor panoramice

Conţinutul raportului radiologic	Descriere semiologică
Formula dentară	Tipul de edentaţie maxilară sau mandibulară Dinţii prezenţi pe arcadele dentare Prezenţa implanturilor dentare Reabilitarea protetică
Cavităţi carioase	Localizarea Extinderea • C1- localizare doar în smalţ • C2- caria se extinde în dentină • C3 – caria interesează camera pulpară
Obturaţii	Localizarea Calitatea obturaţiei Asocierea cariilor secundare/recidivante
Tratamente endodontice	Localizarea Calitatea tratamentului endodontic Prezenta DCR şi a pivoţilor pulpari
Patologia apicală	Radiotransparenţe apicale • < 2 mm – nu necesită tratament • PAI 3-5 mm- parodontită apicală • > 5 mm – chist inflamator apical rezecţie apicală resorbţia radiculară externă hipercementoza
Creasta alveolară marginală	Resorbţiile orizontale • Localizarea • Gradul ○ Usoara 1-3 mm (1/3 cervicală) ○ medie 4- 6mm (1/3-1/2 a rădăcinii) ○ severa > 6 mm (1/3 apicală) Resorbţi verticale Interesarea furcaţiei
Osul alveolar	Alte leziuni osoase ale crestelor alveolare • radioopacităţi • radiotransparenţe • imagini mixte

8.4. Imaginea radiologica panoramică

8.4.1. Imaginea radiologica panoramică. Netitate, distorsiune, artefacte şi imagini fantomă

Radiografia panoramică redă o imagine bidimensională de ansamblu a arcadelor dentare şi a crestelor alveolare. Din punct de vedere calitativ, ortopantomografia are o netitate mai scăzută şi o distorsiune mai accentuată decât examinările radiologice intra-orale.

- **Netitatea imaginii**

Netitatea imaginii ortopantografice este redusă faţă de radiografia periapicală (Figura 8.21). O buna netitate a imaginii se obţine dacă sursa de radiaţii se găseşte la distanţă faţă de obiect şi dacă obiectul radiografiat este în contact cu filmul radiologic. În radiografia panoramică, receptorul de imagine este situat extraoral, fiind la distanţă faţă de arcadele dentare, în timp ce în radiografia periapicală, filmul este plasat intra-oral, în contact cu dintele. Sursa de radiaţii este apropiată de capul pacientului, pe când în radiografia periapicală, lungimea tubului colimator îndepărtează generatorul de radiaţii la peste 20 cm faţă de arcadele dentare.

Netitatea imaginii panoramice este cel mai mult afectată de mişcarea tubului Röntgen şi a detectorului digital din cursul expunerii radiologice. În radiografiile intraorale, sursa de radiaţii este fixă în raport cu dinţii şi cu filmul radiologic, un argument care explică netitatea crescută şi claritatea cu care sunt definite contururile structurilor dentare pe aceste imagini.

- **Distorsiunea imaginii radiologice**

Distanţarea filmului radiologic faţă de arcadele dentare explică efectul de mărire a structurilor anatomice pe ortopantomografie. Factorul de mărire al unei radiografii panoramice, variază între 20% şi 25%, fiind dependent de aparat, dar efectul de distorsiune se accentuează pentru structurile care se proiectează înafara planului focal al aparatului. În cazul în care se doreşte realizarea unor măsurători pe radiografia panoramică, imaginea va fi calibrată şi se va verifica întotdeauna dacă există erori de poziţionare a pacientului la efectuarea radiografiei.

Datorită imaginii de ansamblu a arcadelor dentare, oferită de radiografia panoramică, mulţi stomatologi sunt înclinaţi să evalueze resorbţiile osoase ale crestei alveolare pe această examinare radiologică. Totuşi, trebuie reţinut faptul că radiografia panoramică supraestimează în general gradul resorbţiei orizontale a crestei alveolare. În plus, dacă există şi erori de poziţionare a pacientului în cursul expunerii, raporturile crestei alveolare cu coletul dentar poate varia diferit, în funcţie de gradul de apropiere a structurilor dentare faţă de receptorul de imagine.

- **Suprapuneri şi artefacte**

Pe imaginea ortopantomografică se pot observa multiple suprapuneri. Radioopacitatea palatului osos apare pe radiografie ca o bandă orizontală radioopacă, în vecinatatea apexurilor dentare ale dinţilor superiori. În unele cazuri, sub această bandă radioopacă se poate observa o dungă radiotrasparentă determinată de aerul din cavitatea orală, dispus între limbă şi palatul osos (Figura 8.22). Aceste suprapuneri impiedică uneori identificarea unor parodontite apicale la dinţii maxilari.

Aerul din orofaringe se proiectează pe radiografia panoramică peste cele două ramuri verticale ale mandibulei, sub forma unei coloane radiotrasparente aerice. În unele cazuri, el poate impiedica evidenţierea unor mici leziuni intraosoase radiotrasparente situate în corpul mandibulei. Pentru cei neiniţiaţi în anatomia radiologică, se pot chiar crea confuzii cu unele linii de fractură osoasă (Figura 8.23).

Figura 8.21. Aspect comparativ: netitatea imaginii radiologice panoramice vs periapicale

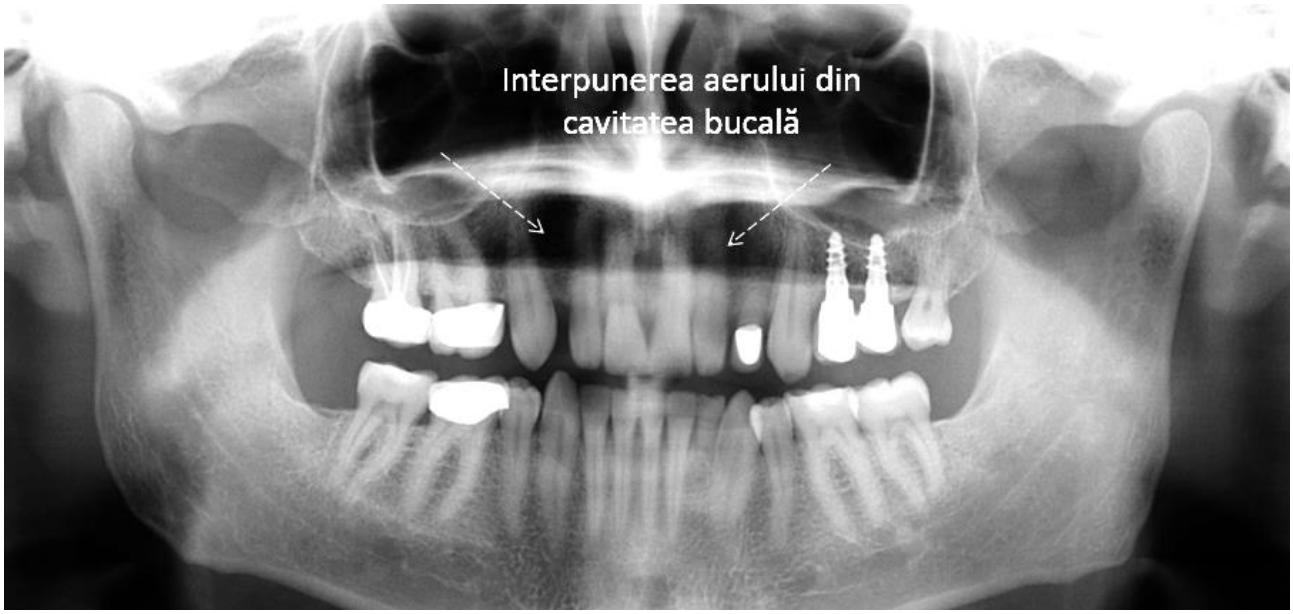


Figura 8. 22. Interpunerea aerului între palatul dur şi limbă, aspect OPT

Figura 8.23. Radiotrasparenţa aerică ce poate fi confundată cu o linie de fractură mandibulară

Nu este recomandabilă interpretarea patologiei sinusale pe o radiografie panoramică. Radiotrasparenţa sinusală prezintă numeroase suprapuneri din partea orbitelor, a osului malar şi a stâncii temporalului, astfel încât orice opacitate vizibilă intra-sinusal necesită investigaţii imagistice suplimentare (Figura 8.24).

Articulaţiile temporo-mandibulare (ATM), deşi sunt vizibile pe radiografia panoramică, este nerecomandabilă formularea unui diagnostic doar pe baza acestor imagini. Elementele anatomice ale articulaţiei temporo-mandibulare vizibile radiologic includ: condilul mandibular, spaţiul articular şi cavitatea glenoidă. Datorită proiecţiei geometrice a acestor structuri în planul focal al aparatului, elementele osoase articulare, cu precădere condilul mandibular şi zona subcondiliană, apar deformate.

Fracturile condiliene şi subcondiliene înalte sunt adeseori mascate de această deformare a regiunii şi sunt inaparente pe radiografia panoramică (Figura 8.25). Este recomandabilă întotdeauna efectuarea unei examinari CBCT deoarece fracturile condiliene se complică cu anchiloza temporo-mandibulară, în lipsa unui tratament adecvat.

Modificările artrozice degenerative ale condilului mandibular şi modificările spaţiului articular sunt dificil de evaluat pe o ortopantomografie, datorită suprapunerilor procesului mastoid şi a stâncii temporalului. Orice informaţie legată de spaţiul articular trebuie privită cu suspiciune deoarece spaţiul articular al ATM, vizibil pe radiografia panoramică, nu este cel real, pacientul având piesa bucală plasată între arcadele dentare în cursul examinării.

Pe radiografia panoramică pot fi întâlnite uneori şi suprapuneri nedorite, generate de obiectele metalice cuprinse în câmpul de expunere. Orice obiect metalic situat la nivelul capului pacientului (cercei, lănţişor, clipsuri metalice etc.) vor genera pe radiografie o imagine mărită şi deformată care va fi proiectată de partea opusă a locului în care se găseşte obiectul respectiv. Artefactul rezultat este cunoscut sub denumirea de "imagine fantomă" (Figura 8.26). Artefactele sau suprapunerile pot ascunde anumite detalii morfologice şi reduc acurateţea detectării unor leziuni patologice.

8.4.2. Erori ale tehnicii de efectuare a radiografiilor panoramice

Există trei tipuri de erori specifice efectuării radiografiei panoramice, erori care corespund lipsei de aliniere a capului pacientului faţă de cele trei planuri spaţiale.

a. Erori de poziţionare a capului faţă de planul medio-sagital

Planul medio-sagital al pacientului corespunde unui plan care împarte capul în două jumătăţi egale, trecând prin mijlocul frunţii, glabela, vârful nazului, subnazion şi mijlocul mentonului. Dacă în timpul efectuării radiografiei, pacientul a avut capul înclinat lateral spre dreapta sau spre stânga, partea care a fost mai apropiată de receptor este mai micşorată, iar cea din partea opusă este mai mărită. Cel mai uşor ne dăm seama de existenţa acestei erori dacă vom compara dimensiunile celor două ramuri ascendente mandibulare, partea care este mai voluminoasă, fiind mai îndepărtată de detectorul digital (Figura 8.27).

Dacă pe radiografia panoramică apare acest defect de poziţionare, orice măsuratoare efectuată pe radiografie, va fi supusă unei erori a cărei magnitudine nu poate fi calculată, chiar dacă radiografia a fost în prealabil calibrată.

b. Erori de poziţionare a capului faţă de planul orizontal

Planul orizontal după care se aliniază capul pacientului este planul lui Frankfort, care uneşte infraorbitar cu tragusul, fiind tangent marginii infraorbitare. Lipsa de aliniere a capului faţă de planul orizontal a lui Frankfort va genera o flexie sau o extensie nedorită a capului pacientului.

Atitudinea cefalică flectată în cursul efectuării ortopantomografiei generează o imagine radiologică cu un aspect "zâmbitor" al arcadelor dentare (Figura 8.28).

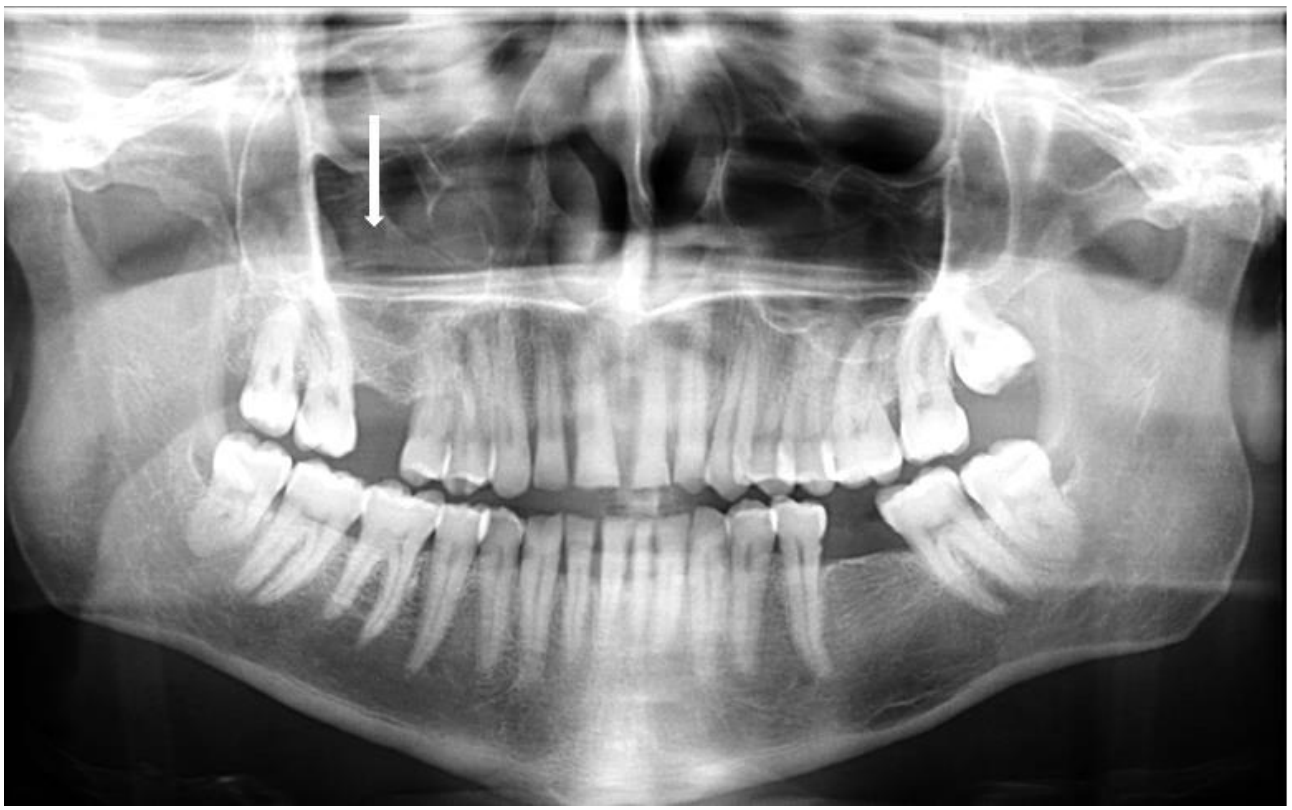


Figura 8.24. Radioopacitate intrasinusală ce necesită investigaţii suplimentare

Figura 8.25. Dificultatea diagnosticului fracturii subcondiliene stângi pe examenul OPT

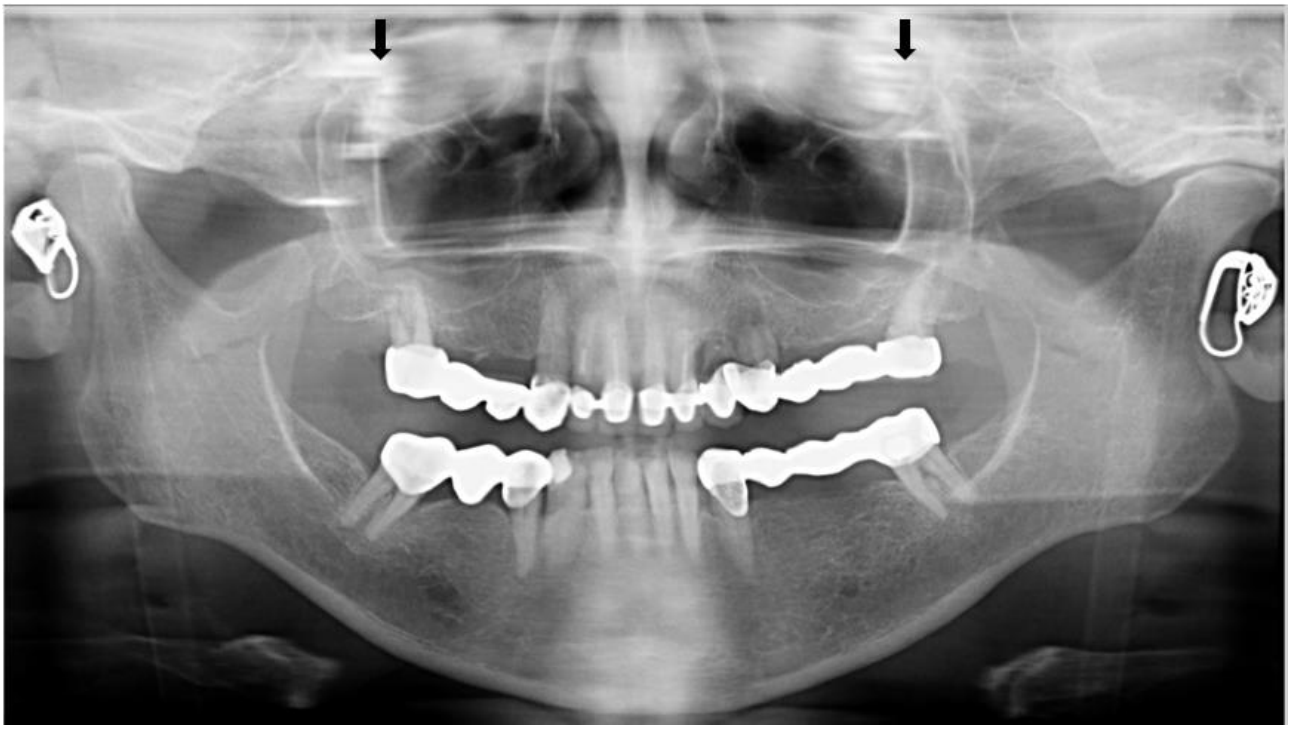


Figura 8.26. Imagine fantomă creată de cercei

Figura 8.27. Eroare de poziţionare a capului faţă de planul medio-sagital. Se poate observa asimetria ramurilor ascendente mandibulare, ramura mandibulară dreapta este mărită, fiind mai îndepărtată de detectorul digital

Figura 8.28. Atitudine cefalică în flexie cu aspectul "zâmbitor" al arcadelor dentare pe radiografia OPT

Figura 8.29. Atitudine cefalică în extensie cu aspectul "trist" al arcadelor dentare pe radiografia OPT

Pe radiografia panoramică vor exista următoarele semne caracteristice pentru poziţionarea defectuoasă a pacientului:

- Caninul şi premolarii maxilari sunt suprapuşi peste dinţii vecini
- Marginea bazilară în regiunea mentonieră este exclusă din imagine
- Condilii mandibulari au o poziţie supero-laterală.

Atitudinea cefalică în extensie va genera

o imagine panoramică cu aspect "trist" al arcadelor dentare (Figura 8.29). Atitudinea defectuoasă a capului se poate recunoaşte după:

- Deformarea dinţilor din regiunea frontală a arcadelor dentare
- Opacitatea transversală a palatului se suprapune peste apexurile dinţilor maxilari.

Identificarea acestor erori pe radiografia panoramică trebuie să atragă atenţia că există o deformare în plan vertical a structurilor dentare şi a crestelor alevolare. Suprapunerea dinţilor pe radiografie nu va permite identificarea cariilor coronare, iar opacitatea palatului, suprapusă apexurilor dentare, va impiedica identificarea parodontitelor apicale la dinţii superiori.

c. Erori de poziţionare a capului faţă de planul frontal

Planul frontal de aliniere a craniului va fi determinat de linia caninilor. Poziţionarea anterioară sau posterioară a capului faţă de linia caninilor va genera deformarea dinţilor frontali pe radiografia panoramică. Arcadele dentare ale pacientului se vor găsi înafara planului focal al aparatului şi în consecinţă, imaginea lor radiologică va fi deformată, structurile anatomice având contururi mai sterse pe radiografie.

Dacă pacientul se găseşte poziţionat prea anterior faţă de linia caninilor, dinţii frontali se vor apropia de detectorul digital şi vor avea dimensiuni micşorate pe imagine. Coloana cervicală va fi încurbată, ceea ce va genera suprapunerea opacităţii coloanei cervicale peste zona incisivă (Figura 8.30).

În cazul în care capul pacientului se găseşte posterior faţă de linia caninilor, dinţii frontali şi mentonul se îndepărtează de receptor şi vor avea o imagine alungită pe radiografie.

În ambele cazuri, analiza radiologică a regiunii frontale este afectată de eroarea de poziţionare a pacientului, iar structurile radiografiate sunt scoase din centrul planului focal al aparatului, cu consecinţe directe asupra netităţii şi distorsiunii imaginii radiologice.

Figura 8.30. Dinţii frontali prezintă o imagine alungită pe radiografie datorită capului pacientului poziţionat posterior faţă de linia caninilor

8.4.3. Standarde de calitate ale radiografiilor panoramice

Înainte de eliberarea radiografiei sau de emiterea unei interpretări radiologice a leziunilor patologice, medicul trebuie să consemneze îndeplinirea unor standarde de calitate a imaginii panoramice.

Radiografia panoramică trebuie să îndeplinească următoarele cerinţe de calitate:

- obiectele metalice au fost îndepărtate (de ex. cercei, ochelari, proteza dentară), iar radiografia nu include imagini fantomă
- fără artefacte generate de mişcarea pacientului
- aerul din cavitatea orala nu este suprapus apexurilor dinţilor maxilari
- poziţionare corectă a coloanei vertebrale cu minimizarea umbrelor coloanei vertebrale
- nu există deviaţii laterale ale liniei interincisive cauzate de poziţionarea pacientului
- fără erori de poziţionare antero-posterioare (mărire verticală şi orizontală egale)
- fără erori de poziţionare a planului sagital (mîrire simetrică)
- fără erori de poziţionare a planului ocluzal
- radiografia panoramică asigură o acoperire anatomică corectă (fără expuneri parţiale). Acoperirea potrivită depinde de aplicaţiile clinice.
- densitatea şi contrastul imaginii sunt adecvate, existând un contrast adecvat între smalţ şi dentină
- imaginea radiologică este corect adnotată şi prezintă marcaje care indică partea dreapta stânga a filmului
- înregistrarea datelor pacienţilor în sistemul electronic este corect efectuată şi conţine obligatoriu datele de identificare a pacientului şi data efectuării radiografiei.

8.5. Anatomie radiologică şi planul de examinare al ortopantomografiei

Planul de examinare al unei radiografii panoramice urmăreşte:

1. analiza arcadelor dentare
2. analiza crestelor alveolare
3. analiza altor structuri vizibile pe radiografia panoramică.

Analiza arcadelor dentare

Anatomia radiologică a arcadelor dentare a fost descrisă în detaliu în capitolul 6. Analiza dinţilor se va face începând în mod sistematic cu hemiarcada dreaptă maxilară (hemiarcada 1) şi terminând cu hemiarcada mandibulară dreaptă (hemiarcada 4), cu dintele cel mai apropiat de linia mediană şi sfârşind cu dintele situat cel mai lateral pe fiecare arcadă dentară. Analiza dinţilor va urma planul sistematic de examinare prezentat în capitolul 7.

Zonele edentate reabilitate implanto-protetic vor fi incluse în clasa de edentaţie corespunzătoare, iar numărul şi poziţia implan-telor dentare vor fi specificate separat (Figura 8.20). Se va specifica tipul lucrării protetice şi dinţii prezenţi în zonele lor de sprijin.

În cazul dentaţiei mixte, formula dentară va arăta prezenţa foliculilor dinţilor permanenţi, menţionându-se poziţia şi gradul lor de formare. Se vor consemna anomaliile dentare de număr, prezenţa şi poziţia în arcadă a dinţilor supranumerari, neconcordante între perioada fiziologică de erupţie şi vârsta pacientului (Figura 8.31).

La pacienţii care prezintă lipsuri ale unităţilor dentare se va specifica tipul şi clasa de edentaţie.

Cavităţile carioase vor fi descrise specificându-se localizarea şi extinderea leziunilor în smalţ şi gradul extinderii lor în dentină. Pe radiografia panoramică, aprecierea profunzimii cavităţilor carioase este mai dificilă dacât pe o radiografie periapicală, preferanâdu-se următoarea clasificare a cavităţilor carioase (Figura 8.32):

Figura 8.31. Incluziuni dentare

Figura 8.32. Evidenţierea leziunilor carioase pe radiografia panoramică

- C1- cavitate localizată doar în smalţ
- C2- caria se extinde în dentină
- C3 – caria interesează camera pulpară.

Se vor menţiona cariile radiculare prezente, extinderea lor în lungime şi raportul lor cu spaţiul pulpar radicular.

Obturaţiile coronare sau radiculare vor fi consemnate în raportul radiologic, denumindu-se suprafeţele dentare reconstituite şi calitatea obturaţiei (Figura 8.33). Se vor consemna:

- Obturaţiile debordante
- Obturaţiile care nu refac punctele de contact la nivel proximal
- Cariile secundare care apar la suprafaţa de închidere marginală dintre materialul de obturaţie şi coroana dentară
- Recidivele carioase care se formează la baza planşeului cavităţii carioase, între materialul de obturaţie şi dinte.

În continuare, se vor enumera dinţii care prezintă **tratamente endodontice**. Calitatea tratamentului endodontic este dificil de interpretat pe o radiografie panoramică. Se vor

specifica acele unităţi dentare care au un tratament endodontic deficitar, prezenţa complicaţiilor periapicale şi se vor indica radiografii periapicale ţintite (Figura 8.34). În cazul dispozitivelor corono-radiculare (DCR) şi a pivotilor endopulpari, se va aprecia poziţia şi raportul corono-radicular a dispozitivului de reconstrucţie coronară.

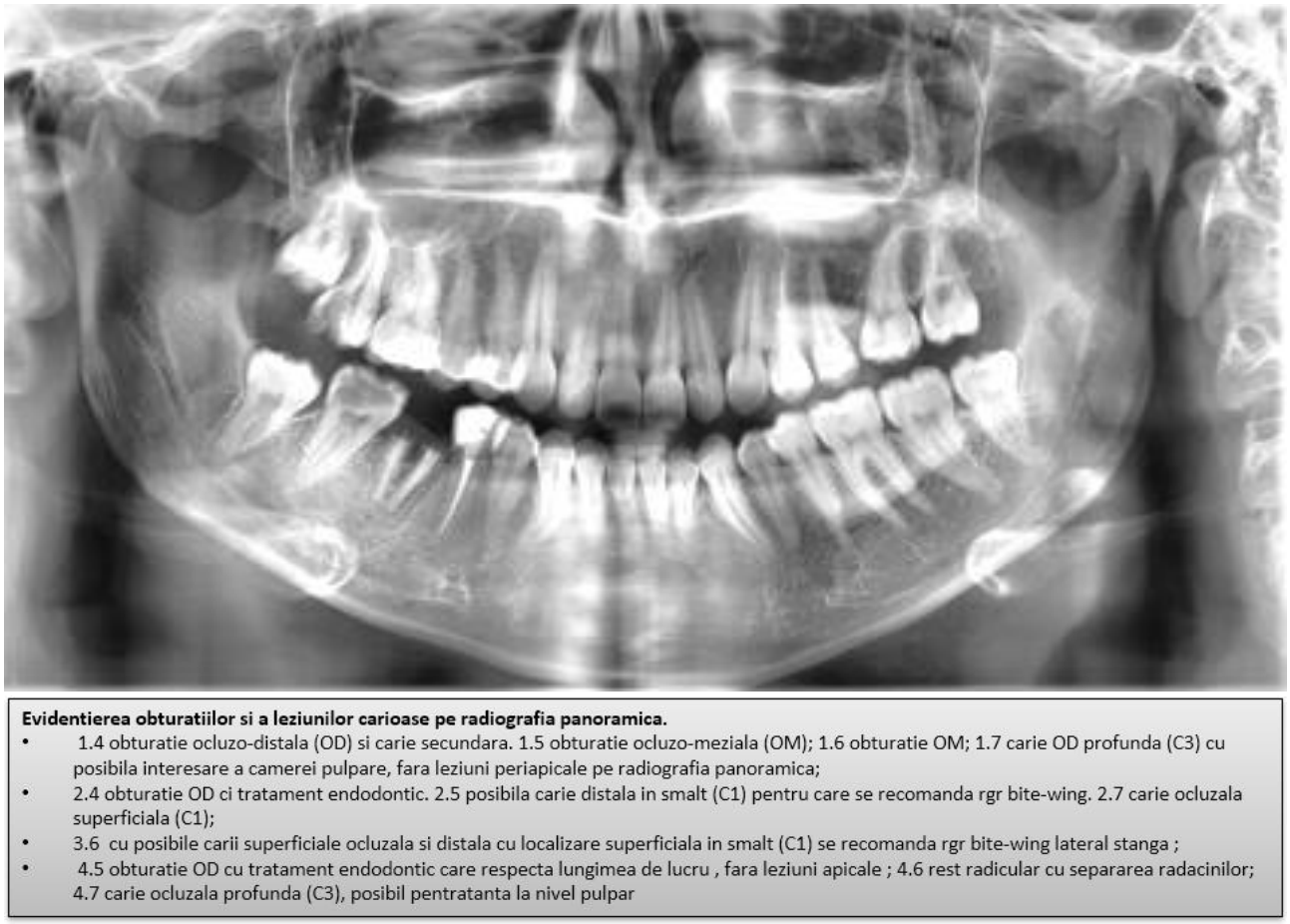
Patologia apicală poate fi multiplă, începând cu uşoare lărgiri ale spaţiului periodontal până la radiotransparenţe contituite, difuze sau bine circumscrise, cu contur scleros. Se va preciza localizarea leziunilor apicale şi se va descrie aspectul lor şi a apexului dentar (Figura 8.35).

Rezecţiile apicale se observa radiologic sub forma unor rădăcini scurtate cu traiect apical liniar. Persistenţa radiotrasparenţeleor apicale în jurul unor dinţi cu rezecţie apicală necesită corelaţii cu simptomatologia clinică a pacientului şi eventual completare cu radiografii periapicale sau CBCT în vederea retratamentului endodontic.

Hipercementoza apare sub forma unor rădăcini butonate care interesează apexul unor dinţi devitali, cu interesare coronară. Ea trebuie diferenţiată de alte leziuni tumorale cementiforme în care dinţii sunt integri sau prezintă leziuni coronare, dar care nu afectează gradul de vitalitate pulpară a dintelui.

Analiza crestelor alveolare

Creasta alveolară marginală va fi evaluată la nivelul întregii arcade dentare, la început la maxilarul superior şi apoi la mandibulă. Vor fi consemnate în raportul radiologic resorbţiile orizontale ale crestei alveolare şi gradul de resorbţie, în funcţie de raportul dintre nivelul crestei alveolare şi joncţiunea amelo-cementară:



Evidentierea obturatiilor si a leziunilor carioase pe radiografia panoramica.

- 1.4 obturatie ocluzo-distala (OD) si carie secundara. 1.5 obturatie ocluzo-meziala (OM); 1.6 obturatie OM; 1.7 carie OD profunda (C3) cu posibila interesare a camerei pulpare, fara leziuni periapicale pe radiografia panoramica;
- 2.4 obturatie OD ci tratament endodontic. 2.5 posibila carie distala in smalt (C1) pentru care se recomanda rgr bite-wing. 2.7 carie ocluzala superficiala (C1);
- 3.6 cu posibile carii superficiale ocluzala si distala cu localizare superficiala in smalt (C1) se recomanda rgr bite-wing lateral stanga ;
- 4.5 obturatie OD cu tratament endodontic care respecta lungimea de lucru , fara leziuni apicale ; 4.6 rest radicular cu separarea radacinilor; 4.7 carie ocluzala profunda (C3), posibil pentratanta la nivel pulpar

Figura 8.33. Evidenţierea obturaţiilor şi a leziunilor carioase pe radiografia panoramică

Evidetierea tratamentelor endodontice

- 1.4 prezinta tratament endodontic vizibil pana la apex si dispozitiv corono-radicular (DCR) cu un raport corono-radicular corespunzator; 1.5 cu obturatii OD si OM ; 1.6 prezinta carie meziala care depaseste junctiunea amelo-dentinara (C2); 1.8 prezinta obturatie OD cu fractura peretelui coronar distal;
- 2.5 cu obturatie ocluzala; 2.6 obturatie ocluzala cu recidiva de carie; 2.8. cu obturatie ocluzala;
- 3.5 obturatie MOD cu tratament endodontic vizibil pana la apex, fara leziuni apicale ; 3.7 obturatie OD si tratament endodontic vizibil pana la apex pe radacina distala si pana in 1/3 apicala pe radacina meziala, cu parodontita apicala circumscrisa care inglobeaza ambele radacini; 3.8 cu distructie coronara si obturatie MOD care nu reface relieful ocluzal, tratament endodontic partial realizat pe ambele radacini, fara leziuni apicale evidetiabile OPT.
- 4.6 cu obturatie ocluzala; 4.8 obturatie ocluzala

Figura 8.34. Evaluarea tratamentelor endodontice pe radiografia panoramică

Descrierea leziunilor apicale:

- 1.5 prezinta rezectie apicala si tratament endodontic cu pivot radicular, coronar prezinta fractura peretelui distal;
- 2.3 prezinta obturatie distala cu carie secundara si posibila parodontita apicala care necesita evaluare prin radiografie periapicala.; 2.5 prezinta tratament endodontic partial si DCR cu portiune radiculara extinsa pana in ½ a radacinii si parodontita apicala

Figura 8.35. Descrierea patologiei apicale

Figura 8.36. Descrierea resorbţiilor crestei alveolare

- resorbţie uşoară, dacă marginea liberă a crestei alveolare se găseşte în 1/3 cervicală a rădăcinii dinţilor (1-3 mm),
- resorbţie medie, dacă marginea laveloară coboară mai jos de 1/3 apicală, dar nu depaşeşte ½ rădăcinii dentare (4 -6 mm),
- forma severă, dacă nivelul crestei alveolare se găseşte situată mai jos de ½ din rădăcină, afectând gradul de stabilitate a dintelui şi valoarea lui protetică functională (6 mm).

Gradul resorbţiilor orizontale ale crestei poate fi diferit de la o regiune la alta, astfel încât acesta va fi specificat pe zone denature (frontală, centrală, laterală) la maxilar sau la mandibulă.

Resorbţiile verticale pot însoţi resorbţiile orizontale sau se pot identifica în mod izolat la nivelul septelor interdentare sau peri-implantar (Figura 8.36 şi Figura 8.37).

Interesarea furcaţiei este dificil de evaluat pe radiografiile panoramice. Este recomandabilă completarea cu radiografii periapicale la dinţii la care există suspiciunea resorbţiei osoase a septului intereradicular.

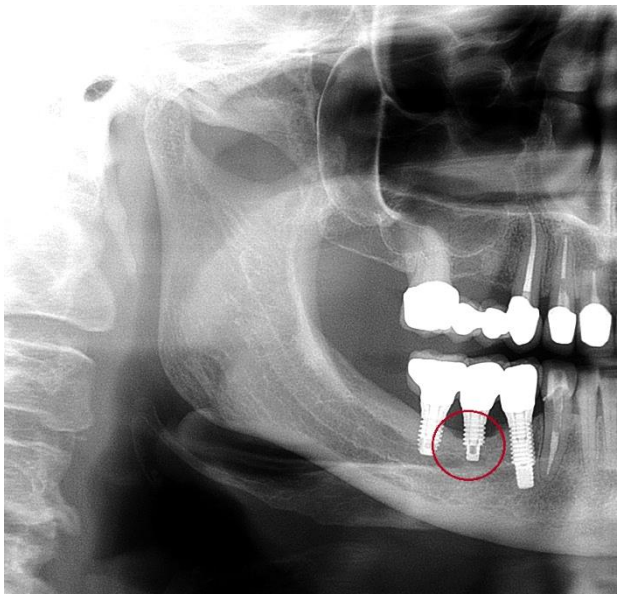


Figura 8.37. Resorbţie orizontală şi periimplantita la nivelul implatului 4.4

În general, radiografia panoramică supraestimează gradul resorbţiilor orizontale ale crestelor alveolare, monitorizarea statusului parodontal necesitând completarea diagnosticului prin radiografii periapicale paralele, reproductibile.

Analiza altor structuri anatomice vizibile pe radiografia panoramică

Pe radiografia panoramică mai pot fi identificate şi următoarele elemente anatomice: orbitele, sinusurile maxilare, fosele nazale, palatul osos, osul zigomatic, CAE, articulaţiile temporo-mandibulare, coloana verterbrală, procesele stiloide, mastoida, osul hioid (Figura 8.38). Datorită suprapunerilor existente pe radiogafia panoramică şi a proiecţiei geometrice înafara planului focal, aceste structuri anatomice nu pot fi interpretate radiologic pe radiografia panoramică. Dacă există suspiciunea unei leziuni patologice, care interesează una dintre aceste structuri anatomice, se recomandă întotdeauna o evaluare radiologică complementară, în funcţie de situaţia clinică a pacientului.

În final, vor fi examinate cu atenţie structurile osoase vizibile pe radiografia panoramică şi se vor identifica eventuale leziuni osoase cu aspect radiotransparent (unilocular, multilocular sau pseudolocular), radioopac sau mixt (Figura 8.39). Descrierea lor radiologică va menţiona localizarea, conturul, structura, forma, dimensiunea şi raportul lor cu elementele anatomice învecinate (rădăcini dentare, canal mandibular, siunus maxilar etc.).

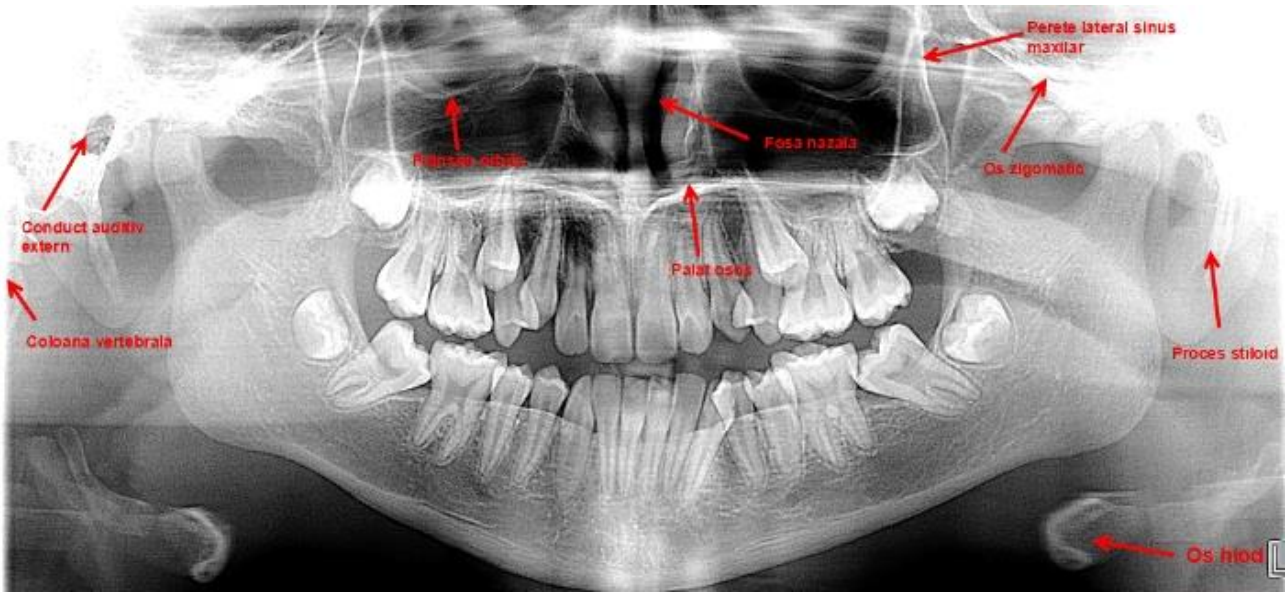


Figura 8.38. Structuri vizibile pe radiografia panoramică

Identificarea unor materiale care sunt utilizate în tratamentele stomatologice

Materialele dentare şi dispozitivele medicale utilizate în stomatologia restaurativă, în endodonţie, ortodonţie şi în chirurgia maxilo-facială pot fi identificate pe radiografiile panoramice. Aspectul lor radiologic depinde de grosimea, densitatea şi de numărul atomic al materialului respectiv. Cunoaşterea aspectului lor radiologic este importantă pe de o parte pentru identificarea calităţii tratamentului respectiv cât şi pentru diferenţierea lor de anumite corpuri străine sau de posibile leziuni patologice coexistente.

- materialele de obturaţie utilizate ca bază în restauraţiile coronare au o de obicei radioopacitate mai redusă faţă de cea a materialului de obturaţie, fiind apropiată radioopacităţii dentinei (Figura 8.40)
- restauraţiile coronare metalice sunt intens radioopace, adaptarea lor marginală poate fi deficitară (Figura 8.41)
- coroanele dentare integral ceramice diferă radiologic faţă de cele metalo-ceramice (Figura 8.42) în care componenta metalică apare intens radioopacă
- obturaţiile de compozit pot avea o radioopaciate diferită în funcţie de

compoziţia materialului

- dispozitivele corono-radiculare (Figura 8.43), pinii metalici, obturaţiile cu pivot metalic (Figura 8.44) sau de fibră de sticlă (Figura 8.45) sunt utilizate pentru restaurările coronare cu distrucţii întinse pe mai mulţi pereţi dentari.
- materialele utilizate în endodonţie sunt intens radioopace
- dispozitive utilizate în ortodonţie pot fi: miniimplanturi (Figura 8.46), brackets-uri şi aparate ortodontice, arcuri de expansiune maxilară (Figura 8.47), arcuri de ancorare şi de tracţiune ortodontică, retentori pentru regiunea frontală (Figura 8.48)
- dispozitive utilizate în chirurgia maxilo-facială: plăcuţe de titan pentru reconstrucţia orbitei (Figura 8.49), bara metalică pentru reconstrucţia mandibulară (Figura 8.50), plăci şi şuruburi de osteosinteză (Figura 8.51), ligaturi de sârmă pentru imobilizarea fracturilor (Figura 8.52), implanturi metalice endosteale, disjunctor maxilar pentru expansiunea palatului osos (Figura 8.53).

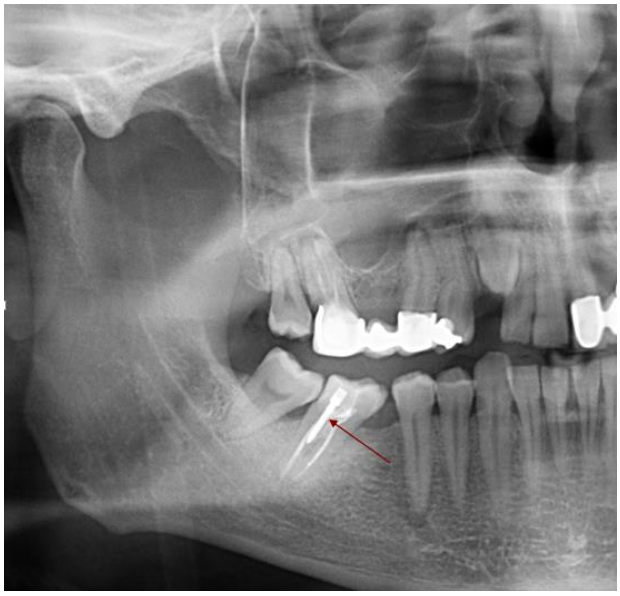


Figura 8.44. Aspectul radiologic al obturaţiilor cu pivot metalic

Descrierea radiologica a leziunilor osoase

• Radiotransparenta osoasa uniloculara, care inglobeaza apexurile dentare ale molarilor 4.6 si 4.7, cu contur fin scleros, cu diametrul de cca 2cm, fara raporturi cu canalul mandibular, cu aspect de chist inflamator apical. Se observa leziunea carioasa coronara de la 4.6 ca origine a inflamatiei apicale.

Figura 8.39. Descrierea radiologică a leziunilor osoase

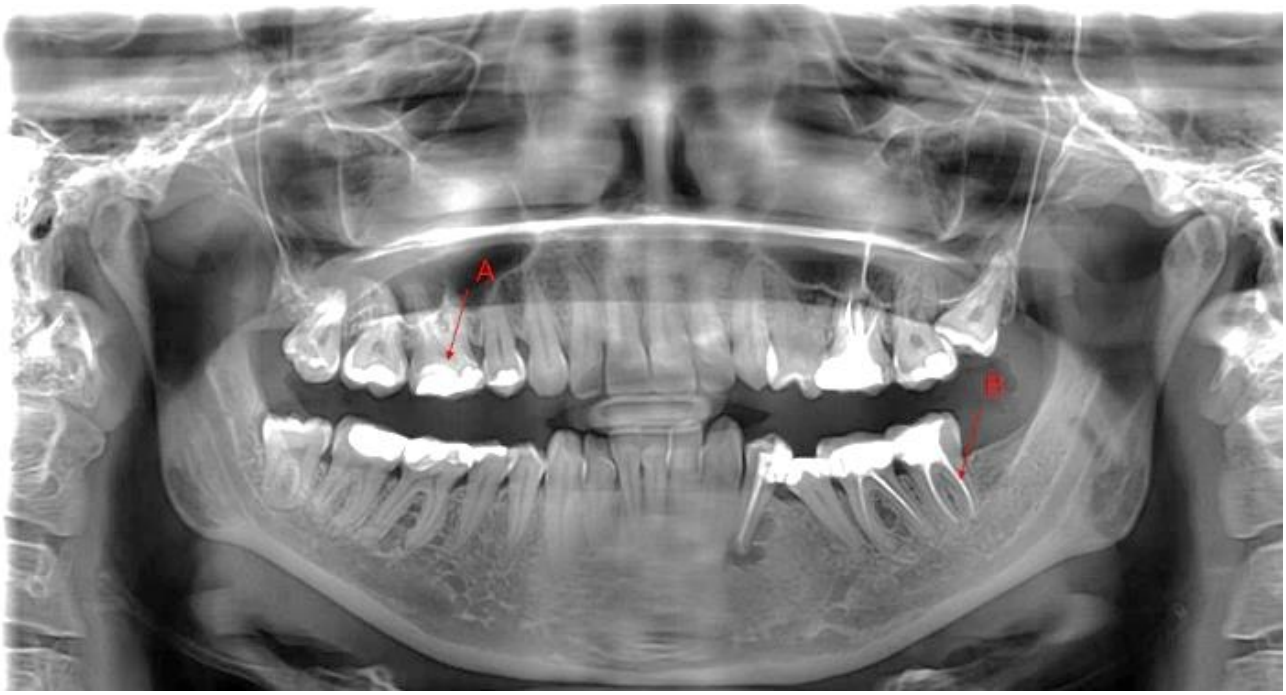


Figura 8.40. a. Aspectul radiologic al materialelor de obturaţie utilizate ca bază; b. Radioopacitatea materialelor de obturaţie

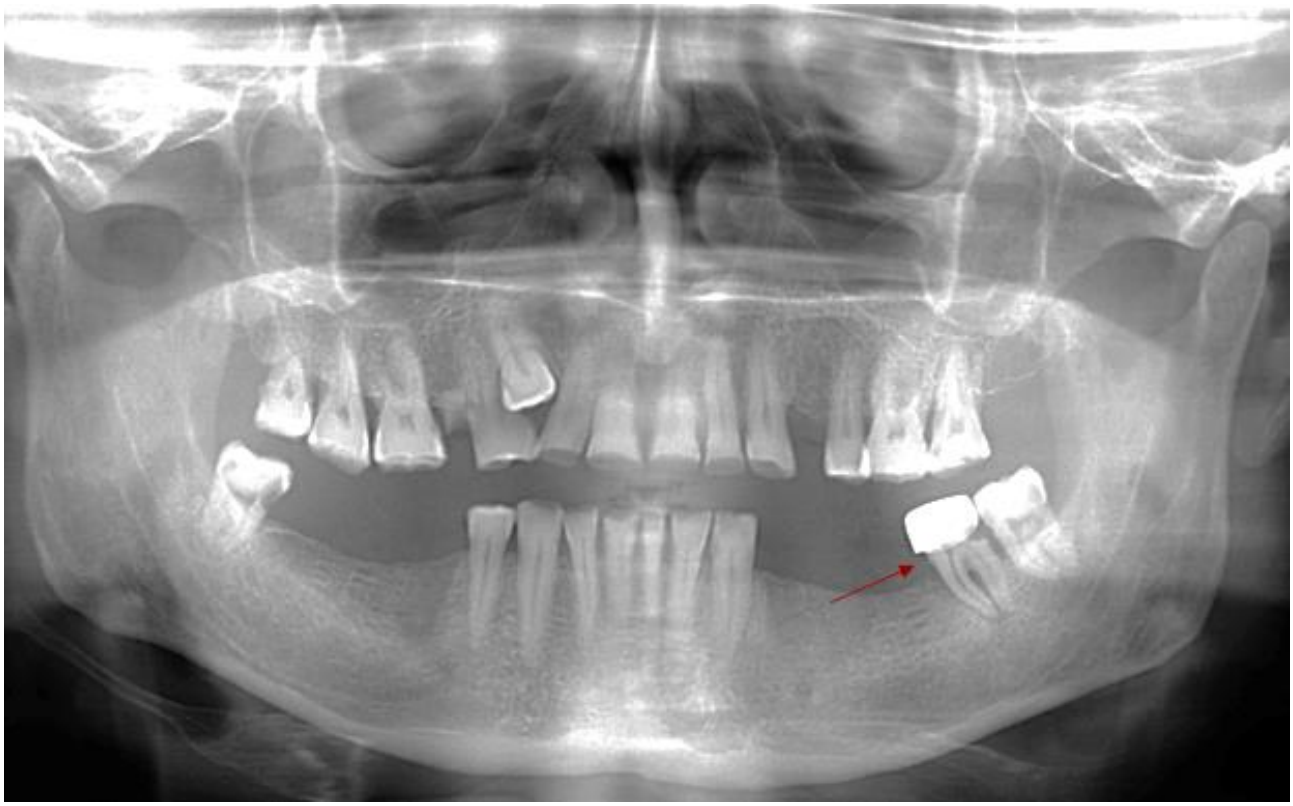


Figura 8.41. Aspectul radiologic al restauraţiilor coronare metalice, cu o adaptare marginală necorespunzătoare

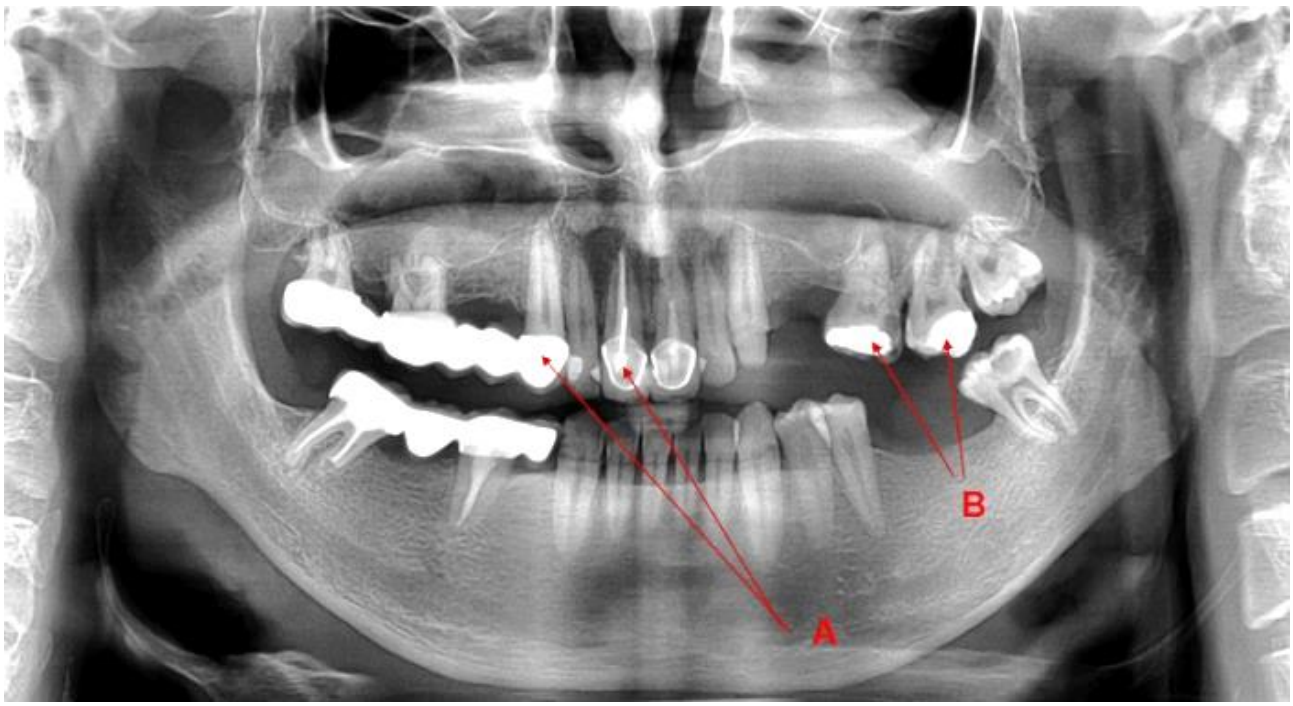


Figura 8.42. a - aspectul radiologic comparativ dintre coroanele dentare integral ceramice şi cele metalo-ceramice, intens radio-opace; b - aspectul radiologic al materialelor de obturaţie de radioopacităţi diferite

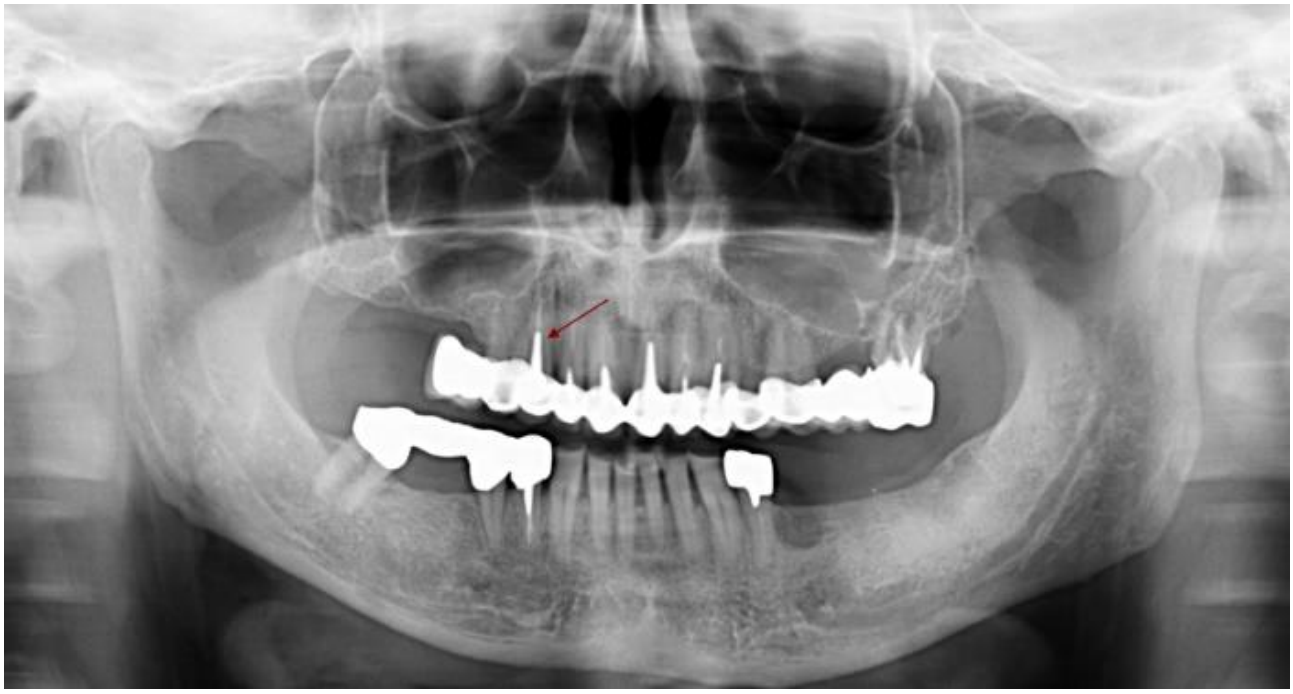


Figura 8.43. Aspectul radiologic al dispozitivelor corono-radiculare; se observă radioopacitatea intensă a DCR-ului comparativ cu cea a materialului de obturaţie endodontică

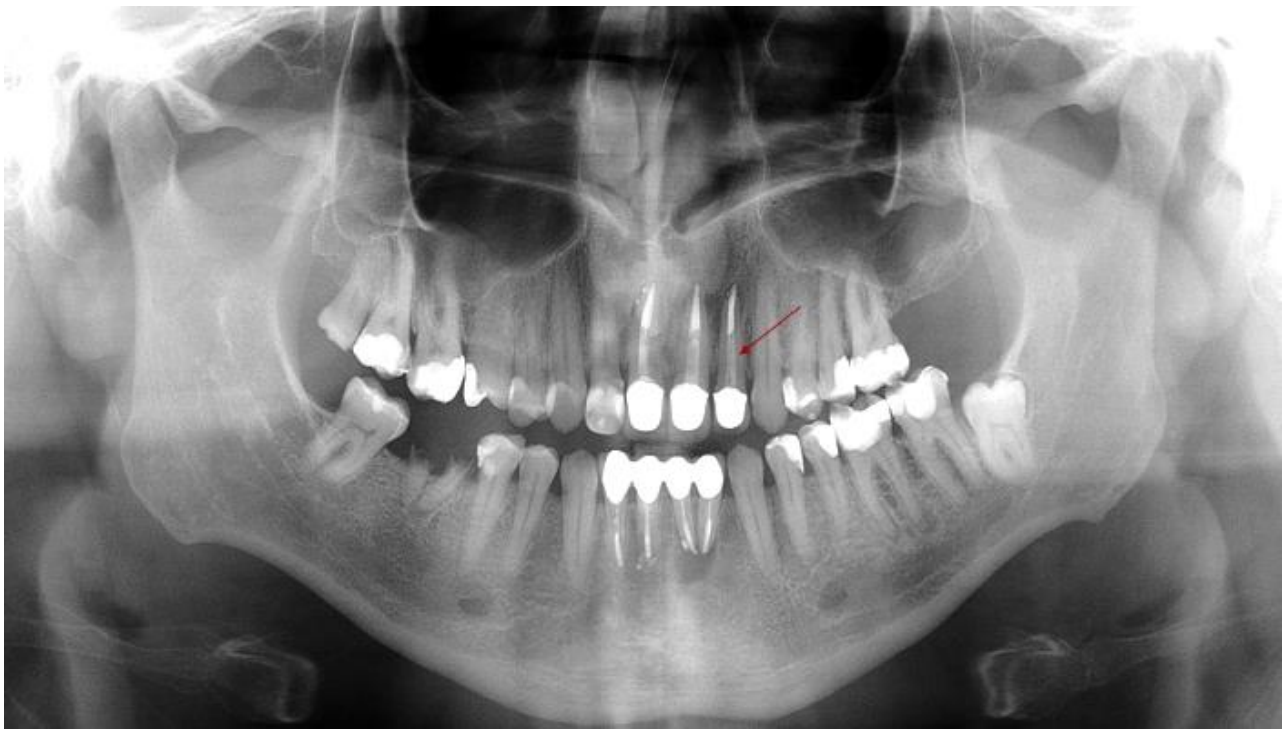


Figura 8.45. Aspectul radiologic al pivoţilor din fibră de sticlă

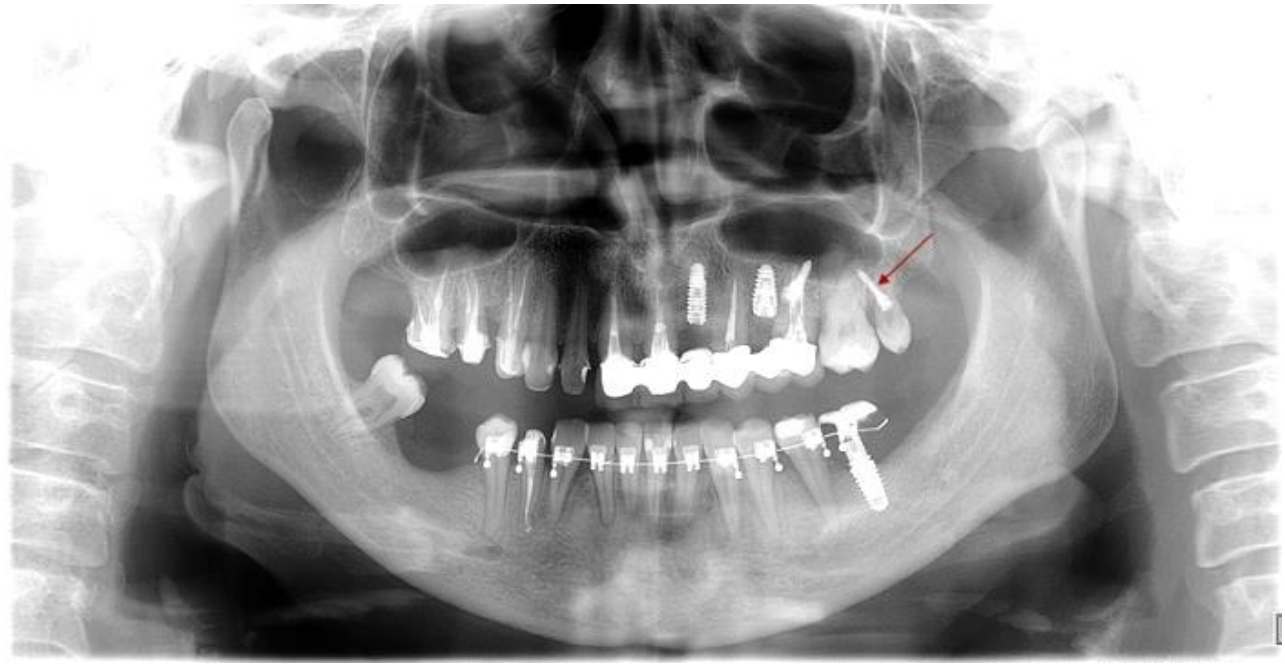


Figura 8.46. Ancoraj ortodontic cu miniimplante

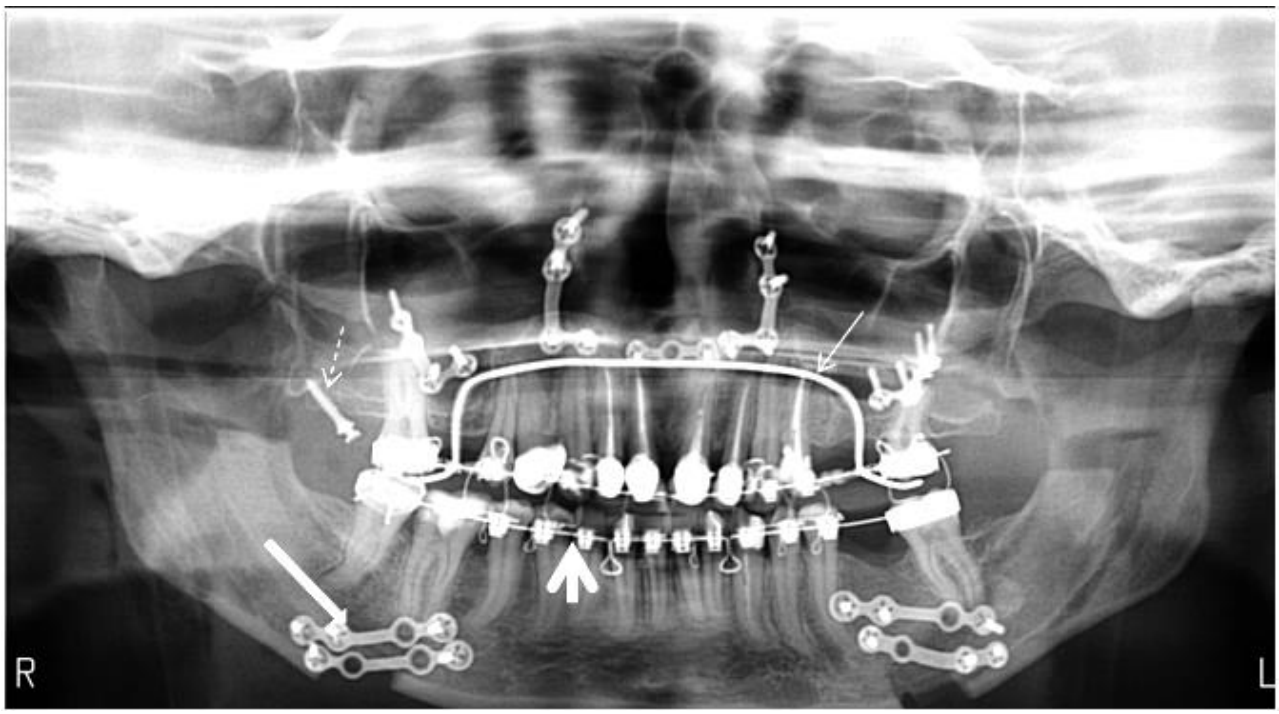


Figura 8.47. Radiografie panoramică post-chirurgie ortognatică bimaxilară. Aspectul radiologic al dispozitivelor de osteosinteză (săgeata îngroşată) şi a sistemelor ortodontice de expansiune maxilară - arc maxilar (săgeata liniară), aparat ortodontic fix (vârf de săgeată), miniimplant maxilar (linie punctată)

Figura 8.48. Aspect radiologic retentor pentru regiunea frontală mandibulară

Figura 8.49. Plăcuţa de titan pentru reconstrucţia planşeului orbitar

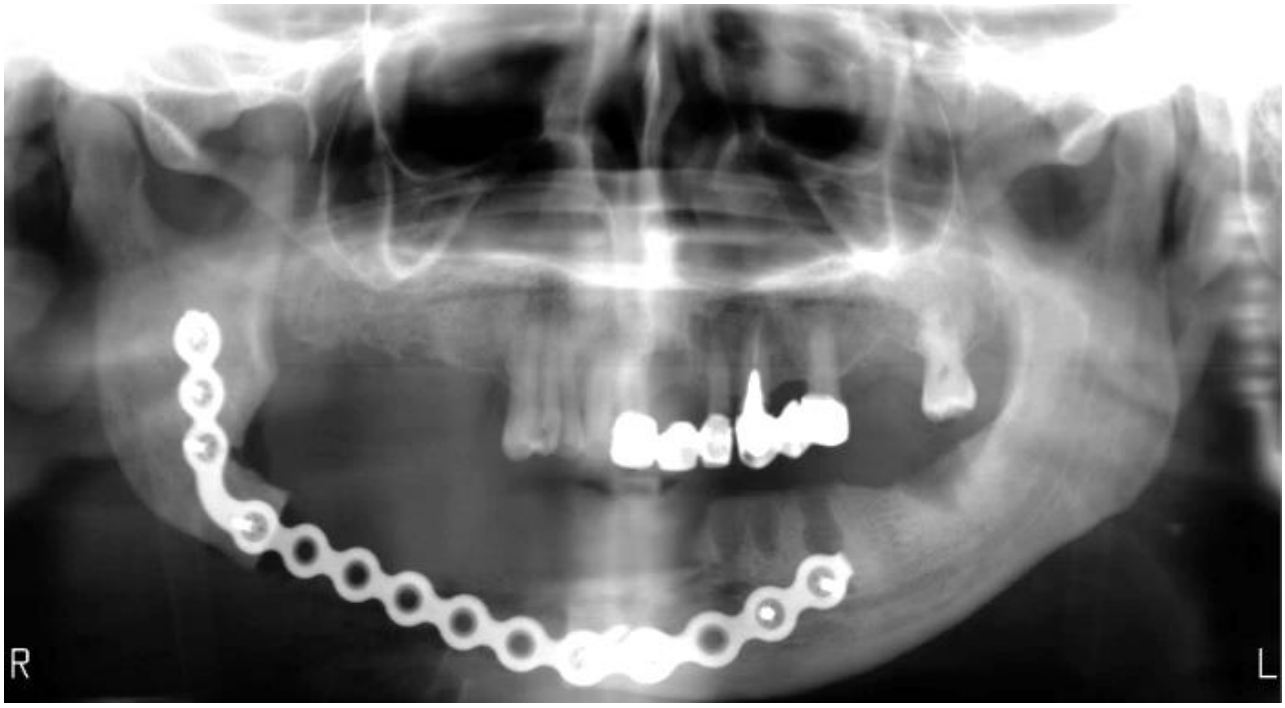


Figura 8.50. Aspect radiologic bară metalică pentru reconstrucţia mandibulară

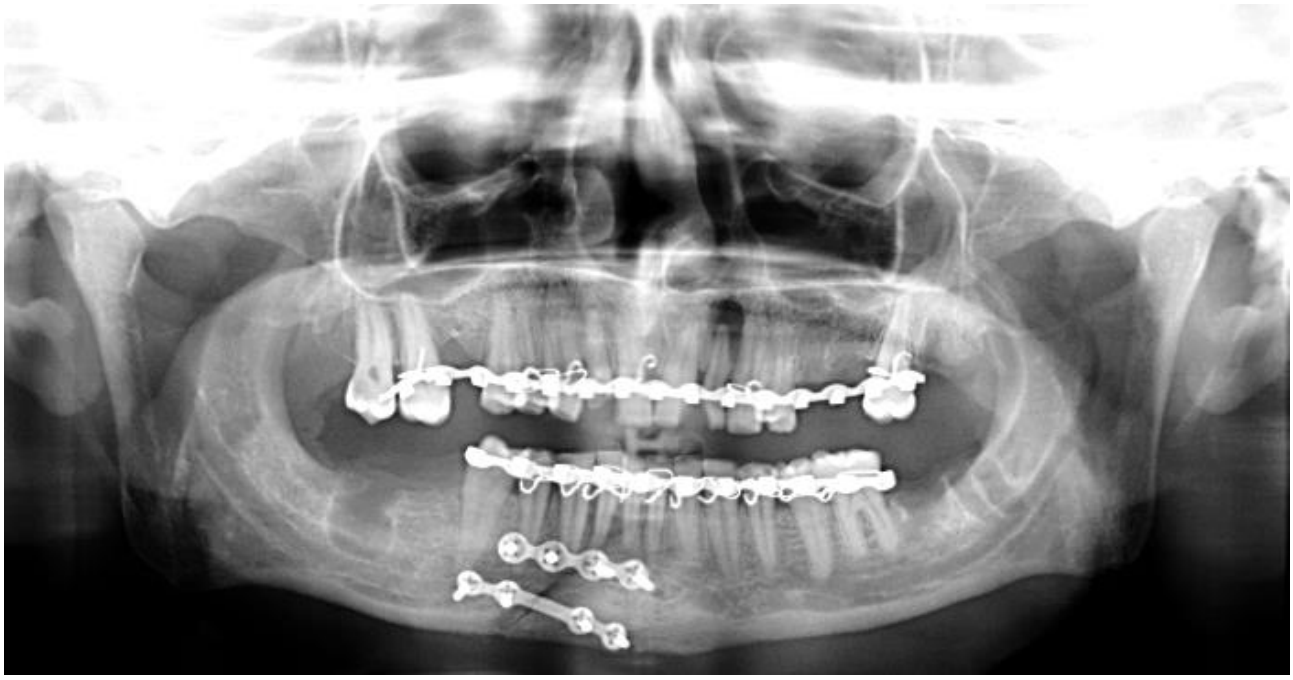


Figura 8.51. Plăci şi şuruburi de osteosinteză utilizate pentru imobilizarea chirurgicală a fracturii mandibulare

Figura 8.52. Aspectul radiologic al ligaturilor de sârmă pentru imobilizarea fracturilor

Figura 8.53. Aspectul radiologic al disjunctorului maxilar

8.6. Indicaţiile radiografiei panoramice şi semiologie radiologică

Radiografia panoramică furnizează o imagine de ansamblu a arcadelor dentare care este utilă de obicei pentru evaluarea iniţială a patologiei dento-parodontale sau a leziunilor osoase ale crestelor alveolare. Radiografia panoramică nu trebuie însă să substituie radiografiile intra-orale (radiografia bite-wing şi periapicală) care sunt esenţiale pentru diagnosticul leziunilor carioase, ale afecţiunilor periapicale sau ale parodontiului marginal.

Principalele recomandări specifice ale radiografiei panoramice sunt relativ restrânse şi se limitează la următoarele situaţii clinice:

- Evaluarea dentaţiei mixte şi monitorizarea erupţiei dentare
- Examinarea radiologica a dinţilor incluşi (canini incluşi, molari de minte)
- Are valoare orientativă în implantologie în etapa pre şi post-implantară
- Detectarea leziunilor patologice intraosoase mandibulare (leziuni chistice, tumori osoase)
- Evaluarea traumatismelor oaselor maxilare, în special a fracturilor mandibulare

Radiografia panoramică poate inlocui radiografia periapicală la pacienţii care prezintă trismus, limitarea deschiderii gurii, traumatisme maxilo-faciale, sau la cei cu un reflex de vomă care impiedică realizarea radiografiilor intraorale.

8.6.1. Radiografia panoramică în dentaţia mixtă

Urmărirea radiologică a erupţiei dentare trebuie să se facă după un protocol care ia în considerare vârsta pacientului şi examenul clinic. În cazul copiilor care au nevoie de un tratament ortodontic non-chirurgical, acesta va începe în jurul vârstei de 12-13 ani, fiind necesare radiografii panoramice pentru a confirma prezenţa şi starea tuturor dinţilor permanenţi. Ocazional, poate fi necesară o examinare radiografică la o vârstă mai timpurie, mai ales atunci când la examenul clinic exista suspiciunea unei anomalii de număr sau se depistează erupţia întârziată a unor grupuri dentare.

Expunerea la radiaţii ionizante a copiilor prezintă riscuri mai mari decât expunerea adulţilor. Cu cât vârsta copilului este mai mică, cu atât sunt mai susceptibili să dezvolte în timp efectele stochastice cancerigene ale iradierii. În consecinţă, la copii devine foarte importantă

justificarea efectuarii radiografiei panoramice şi vârsta la care este indicată, aceasta din urmă influenţând riscul de iradiere.

Diferite studii au confirmat faptul că o examinare clinică completată de modele de studiu este adesea suficientă pentru planificarea tratamentului ortodontic conservativ. Multe din cercetările actuale au arătat de asemenea că în ortodonţie, este posibilă o reducere considerabilă a numărului de filme, fără a compromite rata de suces a tratamentul ortodontic.

Evaluarea radiologică a dentaţiei mixte implică identificarea prezenţei mugurilor dinţilor permanenţi şi stabilirea poziţiei şi a gradului de erupţie dentară, în concordanţă cu vârsta fiziologică a pacientului. Radiografia panoramică are avantajul unei iradieri mai reduse faţă de examinarea CBCT şi oferă informaţii complete asupra gradului de formare a tuturor foliculior dentari, printr-o singură expunere la radiaţii.

În perioada dentaţiei mixte, radiografia panoramică poate evidenţia:

- Întârzierea erupţiei dentare (Figura 8.54)
- Anomalii dentare de număr (dinţi supranumerari, hipodonţie) (Figura 8.55)
- Anomalii de poziţie a dinţilor (incluzia dentară, malpoziţia, inversiunea, transpoziţia, transmigraţia sau ectopia dentară) (Figura 8.56)
- Anomalii de formă a dinţilor (fuziunea, geminaţia, concrescenţa sau taurodonţia)
- Anomalii de structură a dinţilor (amelogeneza imperfectă, dentinogeneza imperfectă.

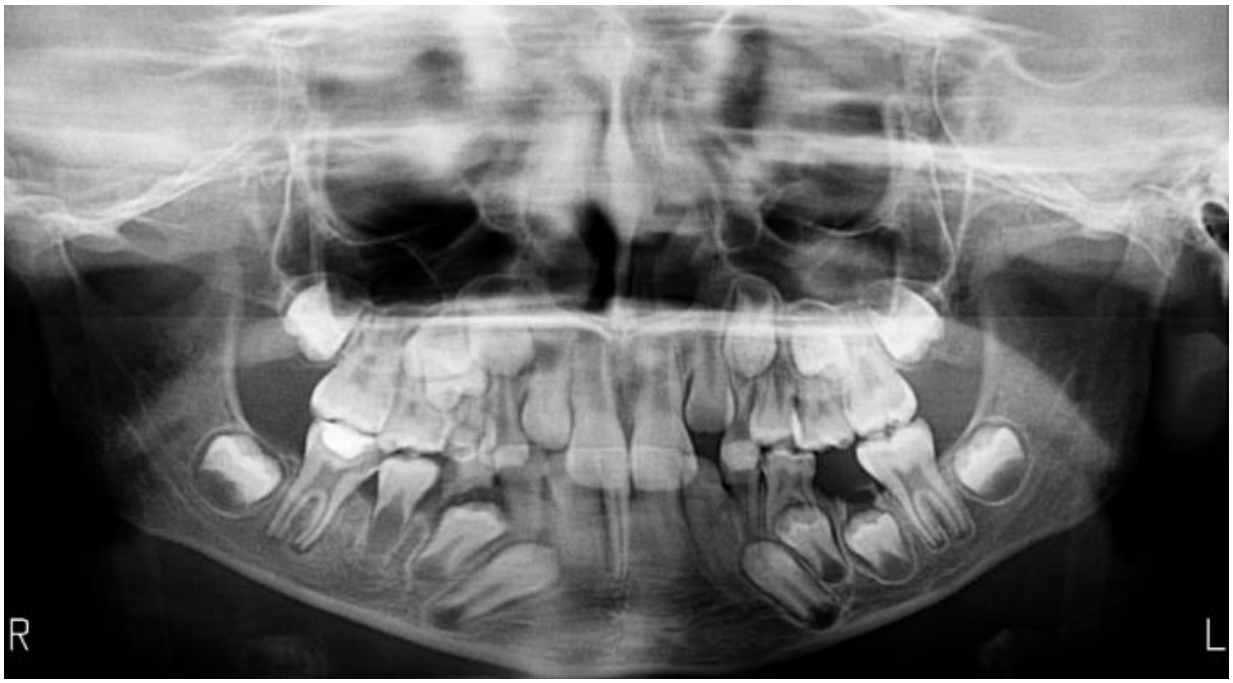


Figura 8.54. Întârzierea erupţiei dentare în cazul unui pacient în vârstă de 12 ani

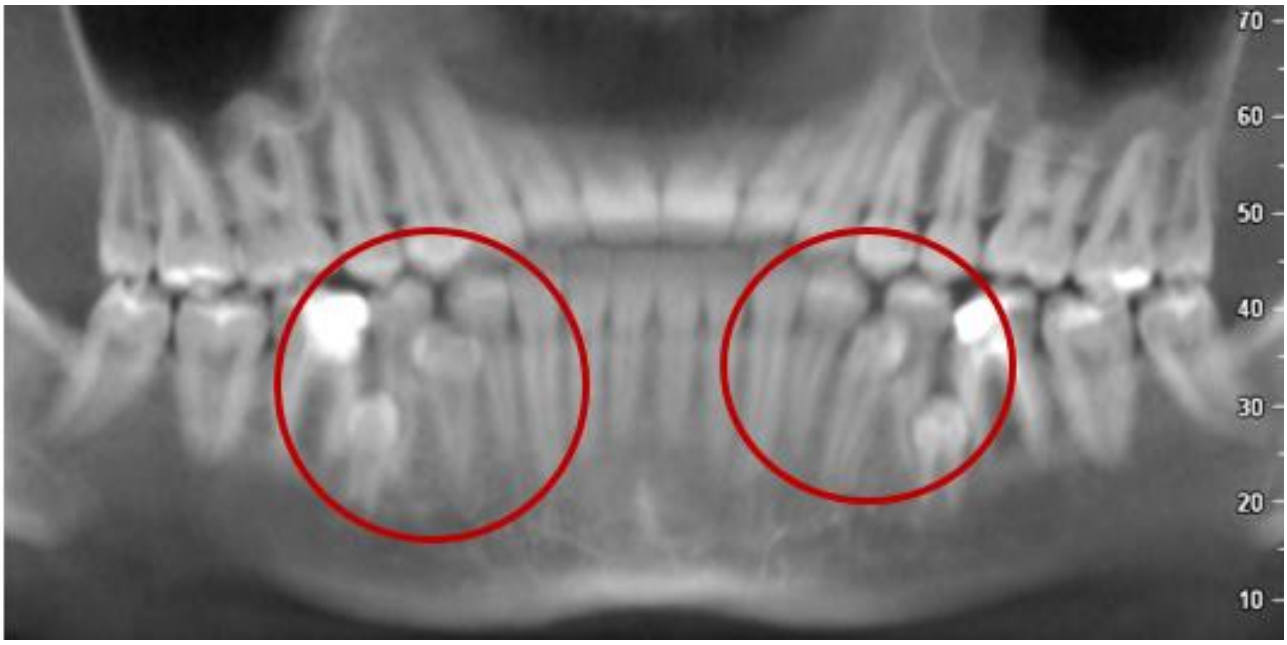
În cursul erupţiei dentare, pe radiografia panoramică pot fi identificate următoarele situaţii clinice:

- Dintele este neerupt, se află în cursul procesului de erupţie, având o situaţie clinică şi radiologică favorabilă erupţiei, dar rămâne localizat intra-maxilar, fiind acoperit parţial sau în întregime de ţesut osos (Figura 8.57.a).
- Dintele este parţial erupt, este parţial vizibil deasupra crestei alveolare, dar a eşuat în procesul său complet de erupţie în cavitatea orală datorită lipsei de spaţiu pe arcada dentară sau a unei malpoziţii dentare (Figura 8.57.b).
- Dintele este considerat inclus dacă nu poate erupe complet în poziţia sa funcţională de pe

arcada dentară datorită lipsei de spaţiu pe arcadă, direcţiei anormale de erupţie sau a obstrucţiei căii de erupţie prin alţi dinţi sau datorită unor formaţiuni patologice interpuse (Figura 8.57.c).

- Dintele malpoziţionat este un dinte care se află în apropierea axului lui de erupţie, dar se află situat într-o poziţie anormală în maxilar sau în mandibulă (Figura 8.57.d).
- Ectopia dentară este definită radiologic ca prezenţa unui dinte sau a mugurelui dentar la distanţă faţă de locul lui normal de erupţie. Cele mai frecvente ectopii au fost identificate în ramura verticală a osului mandibular, în sinusul maxilar, în fosele nazale sau chiar în orbită (Figura 8.58). Cel mai frecvent, dinţii ectopici rămân incluşi, uneori pot erupe parţial şi rareori vor erupe complet. Descoperirea lor radiologică este importantă pentru prevenirea apariţiei complicaţiilor local.

a.



b.

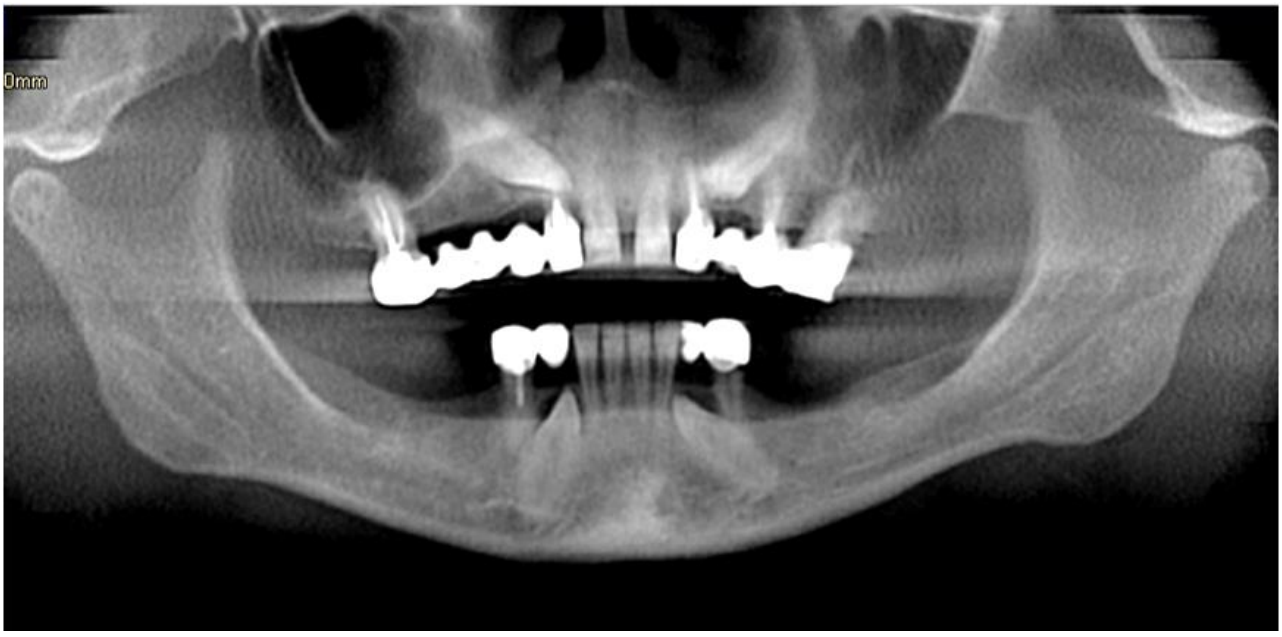
Figura 8.55: a. Hipodonţie. Radiografie panoramică efectuată la vârsta de 9 ani. Se evidenţiază agenezie dentară multiplă, bimaxilară, cu absenţa mugurilor dentari 1.5 şi 1.6, 2.5 şi 2.6, 3.1, 3.5 şi 3.6, 4.1, 4.2, 4.4., 4.5. şi 4.6; b. dinţi supranumerari cu incluziune intraosoasă în zona premolarilor mandibulari

a.

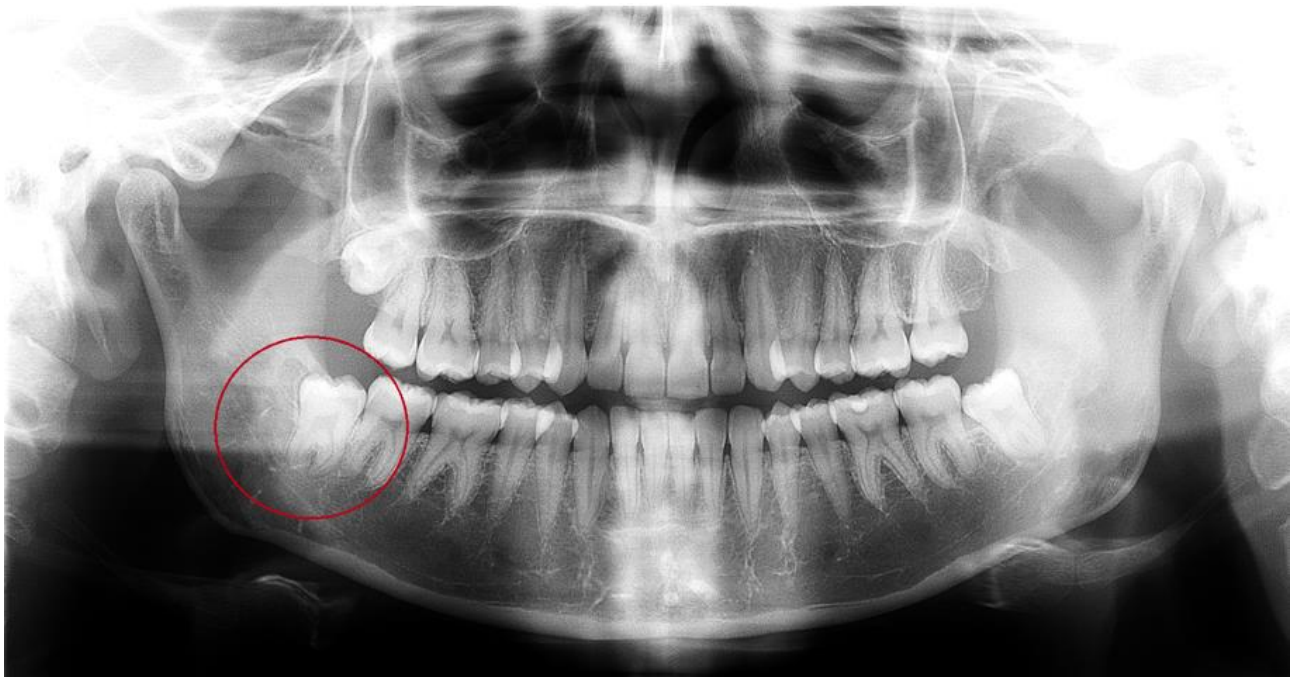
b.

Figura 8.56. a. Incluzia caninului 1.3 cu poziţie mezioangulată a coroanei dentare; b. incluzia caninului cu poziţie orizontală

a.



b.



c.

d.

Figura 8.57. a. molar de minte 4.8 neerupt, aflat în cursul procesului de erupţie; b. canini inferiori parţial erupţi sub lucrarea protetică; c. molari de minte parţial erupţi datorită lipsei spaţiului retromolar; d. 4.5 inclus intraosos în poziţie distoangulată, nefavorabilă erupţiei. Molarul temporar 8.5 este persistent, inclus intraosos. Molarul permanent 4.6 este inclus malpoziţionat, cu lipsa spaţiului de erupţie

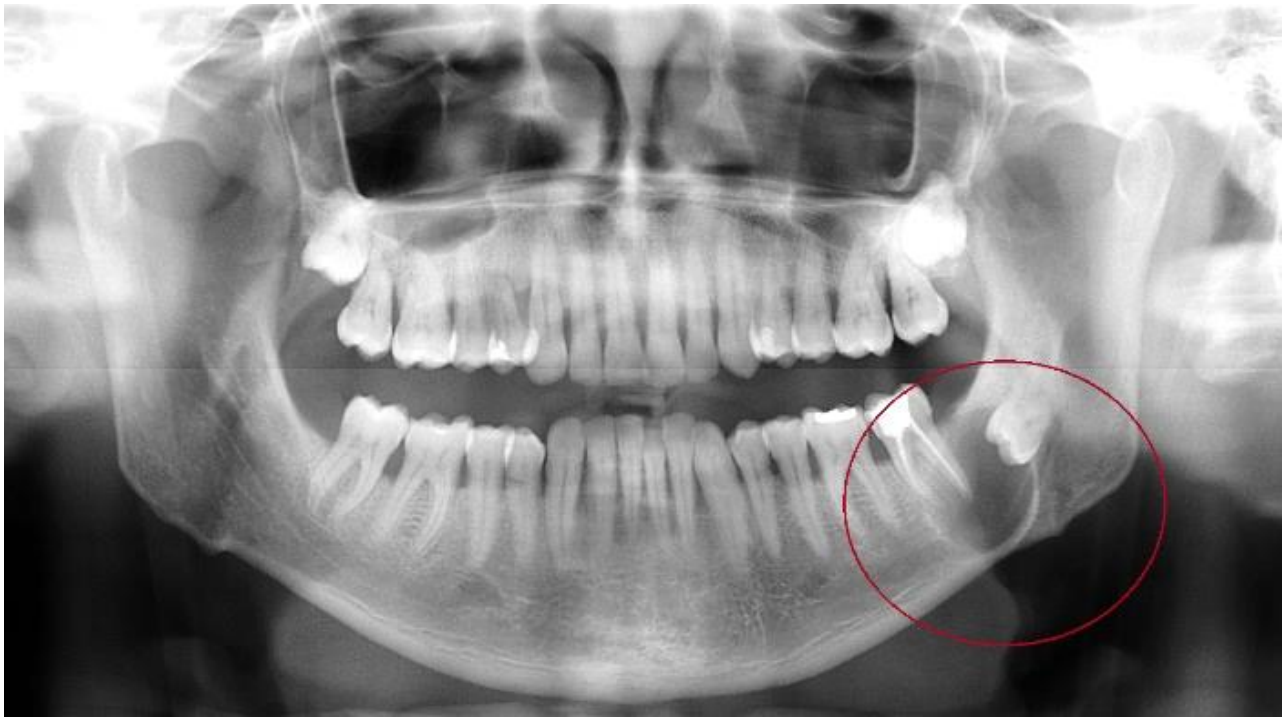


Figura 8.58. Molarul 3.8 în poziţie ectopică, inclus în ramura ascendentă a mandibulei, cu chist de erupţie pericoronar

8.6.2. Radiografia panoramică în ortodonţie

În cazul copiilor cu aparate ortodontice fixe, radiografia panoramică urmăreşte (tabelul 8.4):

- Evaluarea dentaţiei şi a anomaliilor dento-maxilare conform protocoalelor prezentate anterior
- Evaluarea stării parodontiului marginal şi identificarea unor eventuale resorbţii ale crestei osoase marginale şi a lărgirilor spaţiului periodontal ca urmare a traumei ocluzale (Figura 8.59)
- Identificarea unor resorbţii radiculare externe cauzate de tracţiunile mecanice aplicate asupra dinţilor.

Este important de reţinut că radiografia panoramică, datorită netităţii reduse şi a rezoluţiei limitate a imaginilor, are o valoare limitată pentru evidenţierea eventualelor resorbţii radiculare care pot să apară pe parcursul unui tratament ortodontic sau în vecinătatea unei incluzii dentare. Erorile de poziţionare ale pacientului în radiografia panoramică pot crea confuzii de interpretare a resorbţiilor radiculare. Dacă atitudinea capului este flectată sau dacă linia caninilor este mai apropiată de detectorul digital, dinţii frontali pot să apară micşoraţi şi să creeze impresia unei resorbţii patologice a apexurilor dentare. Diagnosticul resorbţiilor radiculare bazat doar pe imaginea radiologică bidimensională poate fi eronat, fiind obligatorie completarea radiografiei panoramice cu o examinarea CBCT cu câmp de scanare redus (FOV <10 cm).

8.6.3. Radiografia panoramică în incluzia dentară

Evaluarea incluziei dentare pe radiografia panoramică va urmări să identifice (Tabelul 8.5).

- Prezenţa foliculului dentar şi localizarea lui în arcadă (dintele se poate găsi în axul normal de erupţie, poate fi în malpoziţie sau în poziţie ectopică) (Figura 8.57)
- Poziţia coroanei dentare în arcada dentară (poziţie vestibulară sau orală). Pentru a stabili poziţia coroanei şi a rădăcinii unui dinte inclus, de obicei se recurge la o examinare CBCT (Figura 8.60) sau la completarea radiografiei panoramice cu două radiografii periapicale în incidenţe excetrice diferite (Capitolul 5)

Tabelul 8.4. Semiologie radiologică în ortodonţie pe radiografia panoramică

Parametrul descris	Variante semiologice posibile
Formula dentară	normală / întârziată faţă de vârsta fiziologică
Anomalii dentare de număr	hipodonţie/hiperdonţie (meziodens, peridens, distomolar)
Anomalii dentare formă	macrodonţia, microdonţia, taurodontismul, geminaţia, fuziunea, concrescenţa
Anomalii dentare de structură	amelogeneza imperfectă, dentinogeneza imperfectă, odontodisplazia
Anomalii dentare poziţie	incluzia, malpoziţia, ectopia dentară
dinţii prezenţi pe arcadă	carii, tratamente endodontice, parodontite apicale, parodontita cronică juvenilă
Tracţiuni ortodontice	dispozitive fixe, miniimplanturi, aparate de expansiune maxilară dilataţii ale spaţiului periodontal resorbţii radiculare externe
Chirurgie ortognatică	tipul intervenţiei chirurgicale dispozitive medicale ortodontice starea dinţilor prezenţi pe arcadă relaţia rădăcinilor dentare şi a canalului mandibular cu şuruburile de fixare chirurgicală

Figura 8.59. Pacient în cursul tratamentului ortodontic cu aparat fix mandibular. Se evidenţiază lărgiri ale spaţiului periodontal periradicular la nivelul caninilor şi a premolarilor determinate de tracţiuni dentare. Imaginea OPT arată şi continuitatea laminei dura vizibilă periradicular

- Distanţa coroanei dintelui inclus faţă de axul lui normal de erupţie
- În cazul caninilor incluşi se va estima distanţa dintre vârful cuspidului şi linia medio-sagitală precum şi axul de înclinaţie dintre canin şi linia mediosagitală
- Poziţia apexului dentar faţă de axul lui normal de erupţie (poziţie mezială sau distală)
- Gradul de formare a rădăcinii dintelui inclus
- Dimensiunea sacului follicular şi prezenţa unor eventuale chiste foliculare (Figura 8.61)
- Elemente radiologice nefavorabile erupţiei

dentare spontane (Figura 8.62)
- Elemente radiologice favorabile unei erupţii dentare spontane (Figura 8.63)
- Elemente radiologice care ridică un risc crescut de apariţie a unei resorbţii radiculare externe la dinţii adiacenţi
- Structuri patologice care interferează cu procesul eruptiv dentar
- Alte anomalii de dezvoltare a maxilarelor şi asocierea cu despicăturile osoase maxilare (despicătura unilaterală sau bilaterală) (Figura 8.64).

Tabelul 8.5. Semiologia radiologica a incluziei caninilor pe radiografia panoramică

Parametrul anatomic urmărit	Variante semiologice posibile
folicul dentar	prezent/absent malpoziţionat/ectopic
poziţia dintelui inclus	verticală, orizontală, transversală, oblică (mezioangulată, distoangulată)
poziţia coroanei faţă de axul normal de erupţie	în axul de erupţie/mezială/distală
poziţia apexului faţă de axul normal de eruptive	în axul de erupţie/mezială/distală
poziţia coroanei faţă de linia mediosagitală	distanţa (mm)
poziţia coroanei faţă de marginea liberă a crestei alveolare	distanţa (mm)
inclinaţia axului dintelui faţă de linia mediosagitală	Unghiul (grade)- $>45^0$
poziţia caninului faţă de incisivul lateral	coroana caninului se găseşte mezial fţă de incisivul lateral
sacul follicular	complet, incomplet, dilatat, chist follicular
leziuni osoase patologice	despicături palatinale, tumori, chiste, osteocondensare
şansele de erupţie	poziţie favorabilă / nefavorabilă erupţiei spontane

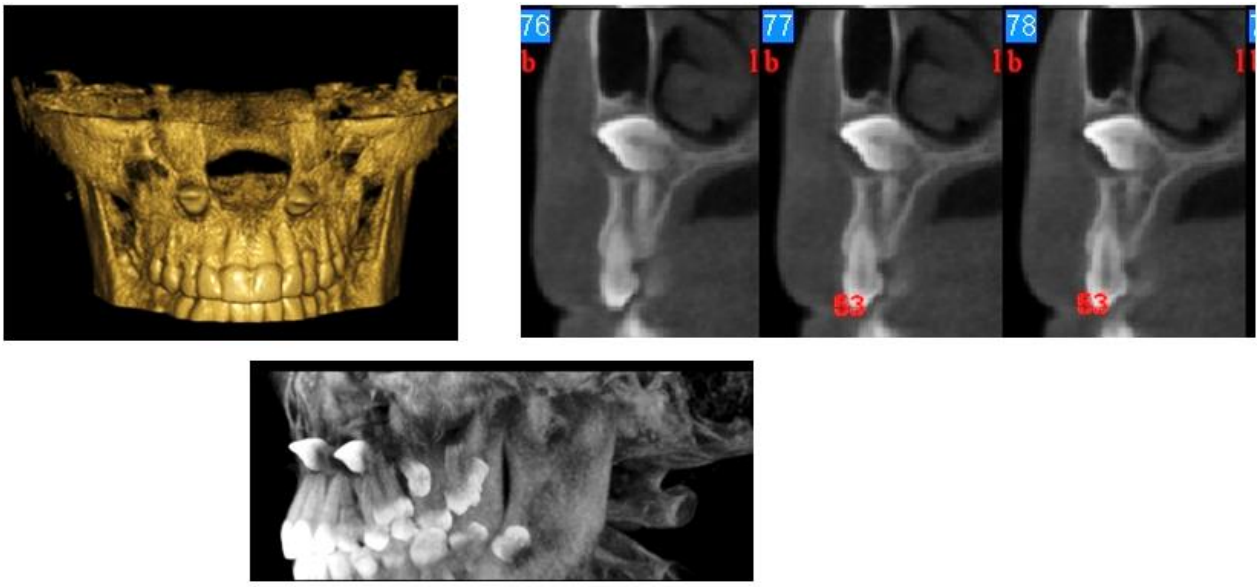


Figura 8.60. Examinare CBCT care completează evaluarea poziţiei caniilor maxilar incluşi. Se poate observa poziţia sagitală a caninilor pe reconstrucţia 3D a imaginilor (a,b) şi raportul caninilor cu rădăcinile dinţilor adiacenţi pe reconstrucţiile cross-section (c)

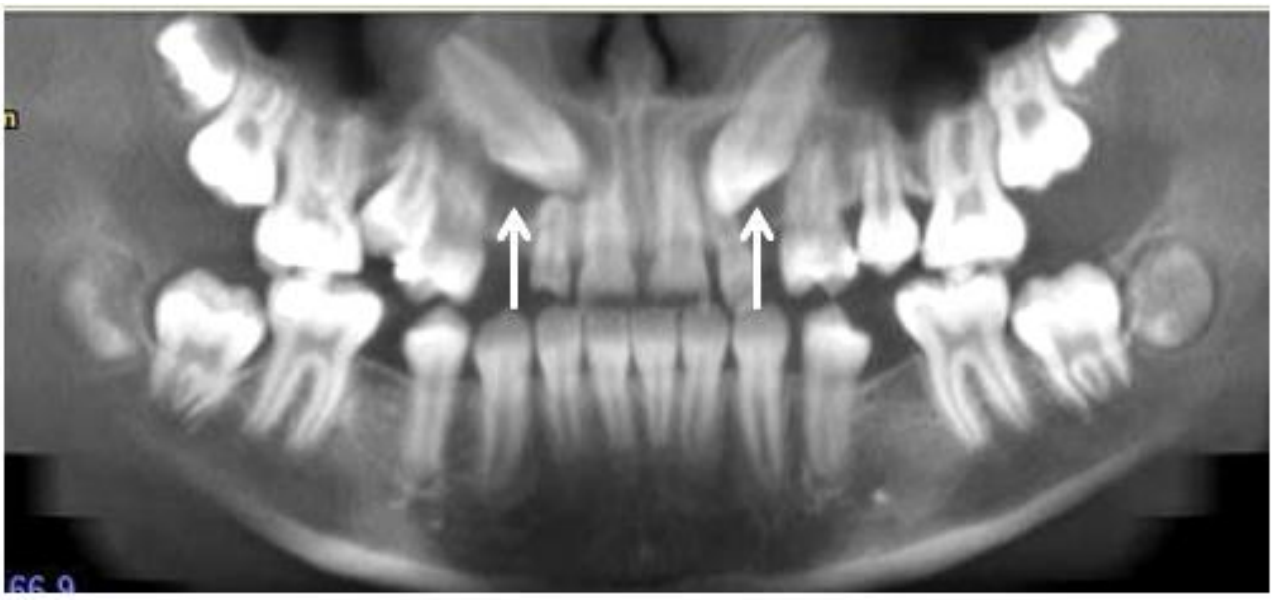


Figura 8. 61. Dilataţia sacului folicular la nivelul 1.3 şi 2.3.

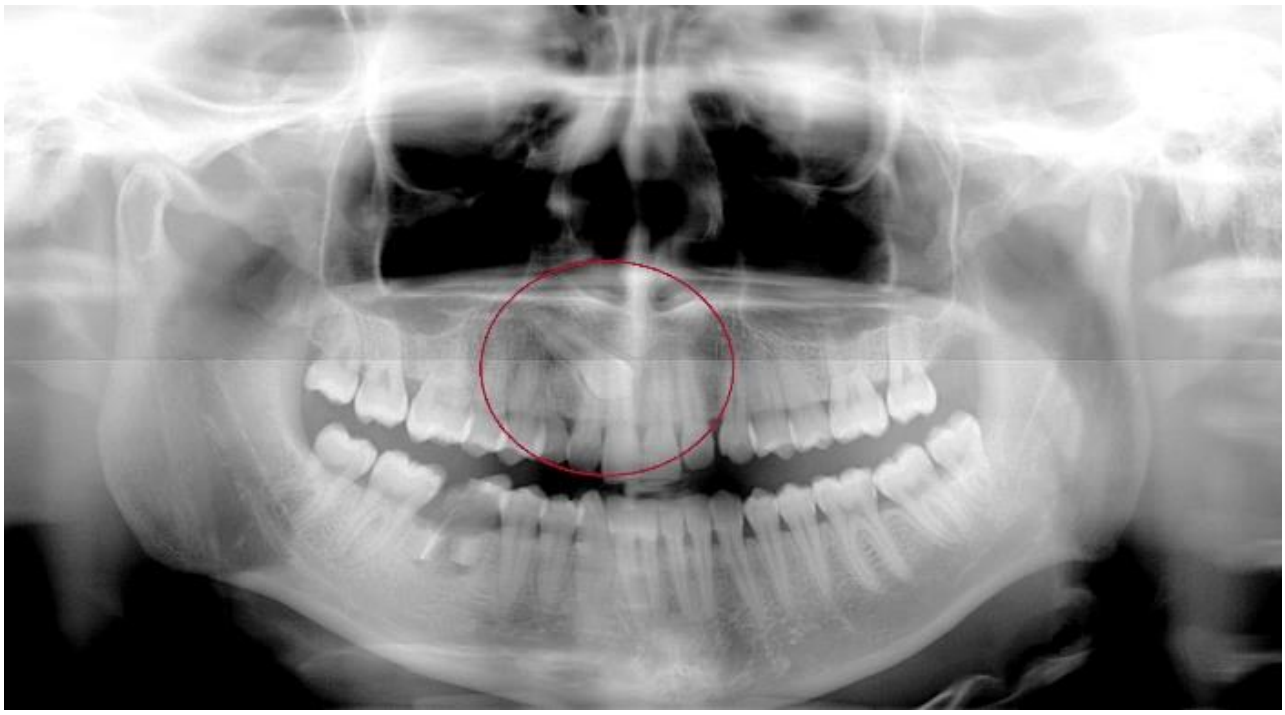


Figura 8.62. Prezenţa caninului inclus 1.3, care prezintă elemente radiologice nefavorabile erupţiei dentare spontane: apropierea coroanei de linia mediană, unghiul dintre axul canininului şi linia medio-sagitală este >45^0, lipsa spaţiului pe arcada dentară, coroana dentară se găseşte la distanţă faţă de axul normal de eruptive a caninului. Se poate observa coroana caninului care se găseşte mezial poziţionată faţă de rădăcina incisivului lateral, ceea ce indică un risc crescut de rizaliză a lui 1.2. Examinarea CBCT este indicată pentru evaluarea raporturilor caninului inclus.

Figura 8.63. Prezenţa caninului inclus 2.3. se constată prezenţa dintelui temporar 6.3 şi lipsa spaţiului de erupţie pentru canin. Poziţia caninului este însă favorabilă unei tracţiuni ortodontice, coroana găsindu-se în axul normal de eruptive şi poziţia caninului este apropiată de verticală.

Figura 8.64: Despicătura labio-palatină dreaptă cu anomalii dentare în focarul despicăturii. Examinarea CBCT trebuie să fie indicată pentru o apreciere a morfologiei crestei alveolare şi monitorizarea erupţiei dentare.

Elemente radiologice nefavorabile erupţiei dentare spontane

- lipsa spaţiului pe arcada dentară
- interpunerea intraosoasă a unor formaţiuni patologice
- poziţia palatinală a coroanei dentare
- bilateralitatea incluziei denature
- axul dintelui are o inclinaţie de $> 45^0$ faţă de linia mediană
- curburi radiculare
- poziţia ectopică
- poziţia înaltă a coroanei dentare, situată la distanţă de axul normal de erupţie.

Elemente radiologice favorabile erupţiei dentare spontane

- orientarea vestibulară a coroanei dentare
- apropierea apexului şi a cuspidului de axul normal de erupţie
- poziţia verticală a dintelui, apropiată axului de erupţie
- prezenţa unui spaţiu disponibil pe arcadă pentru erupţia dintelui inclus

Elemente radiologice care indică un risc crescut de resorbţie radiculară

- poziţia mezială a coroanei caninului faţă de rădăcina incisivului lateral
- inclinaţia axului caninului faţă de linia mediană > 45 °
- apropierea caninului de linia mediosagitală
- lipsa laminei dura la nivelul alveolei cu un contur radicular neregulat al incisivului lateral

8.6.4. Radiografia panoramică în evaluarea molarilor de minte

În cazul molarilor de minte incluşi, radiografia panoramică are rolul de a stabili (tabelul 8.6).

- Prezenţa sau agenezia mugurelui molarului trei
- Poziţia molarului inclus: oblică, orizontală, transversală, verticală, ectopică (Figura 8.65)
- Poziţia coroanei în plan vertical şi apropierea de marginea crestei alveolare – se apreciază prin raportul dintre coletul molarului trei şi rădăcina molarului secund (Figura 8.66)
- Aspectul sacului folicular – dimensiuni, dilataţii chistice foliculare
- Gradul de dezvoltare, forma şi direcţia rădăcinilor molarului trei
- Raportul rădăcinilor cu canalul mandibular (Figura 8.67) este dificil de apreciat pe examinarea panoramică. În cazul în care pe radiografia panoramică se constată că apexul molarului trei este în contact direct cu marginea superioară a canalului mandibular şi că există o deviere sau chiar îngustarea ori strangularea canalului mandibular în vecinătatea apexului dentar, se poate recomanda o examinare CBCT pentru evaluarea exactă a traiectului canalului neural.
- Leziuni de decubit ale molarului secund – prezenţa unor resorbţii radiculare externe sau carii cervicale
- Aprecierea şanselor de erupţie spontană a molarului trei (Figura 8.68).

Tabelul 8. 6. Semiologia radiologică în incluzia molarului de minte pe radiografia panoramică

Parametrul anatomic urmărit	Variante semiologice posibile
Poziţia molarului inclus	oblică (mezioangulată, distoangulată) orizontală transversal vertical ectopică
Poziţia coroanei în plan vertical	înaltă medie joasă
Morfologia radiculară	incomplete/complet formate drepte/convergente/divergente
sacul folicular	complet /incomplet nedilatat dilatat (dimensiunea în mm) chist folicular
Relaţia cu canalul mandibular	la distanţă în contact cu devierea canalului
şansele erupţiei spontane	poziţie favorabilă erupţiei poziţie nefavorabilă erupţiei
statusul molarului second	aspect deviat carii de colet resorbţii radiculare leziuni inflamatorii apicale resorbţii osoase ale crestei alveolare

Figura 8.65. Poziţia molarilor incluşi

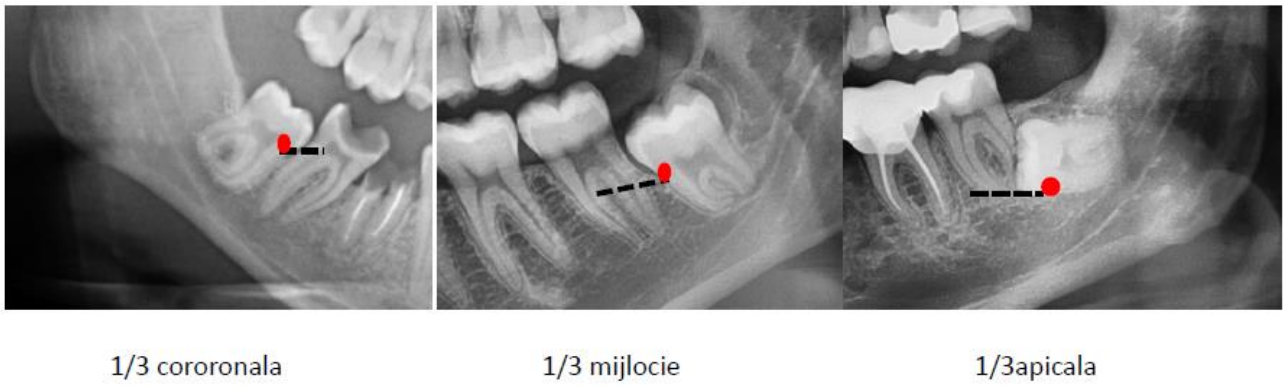


Figura 8.66. Poziţia coroanei molarilor incluşi în plan vertical

Figura 8.67. Raportul rădăcinilor molarului 3 cu canalul mandibular

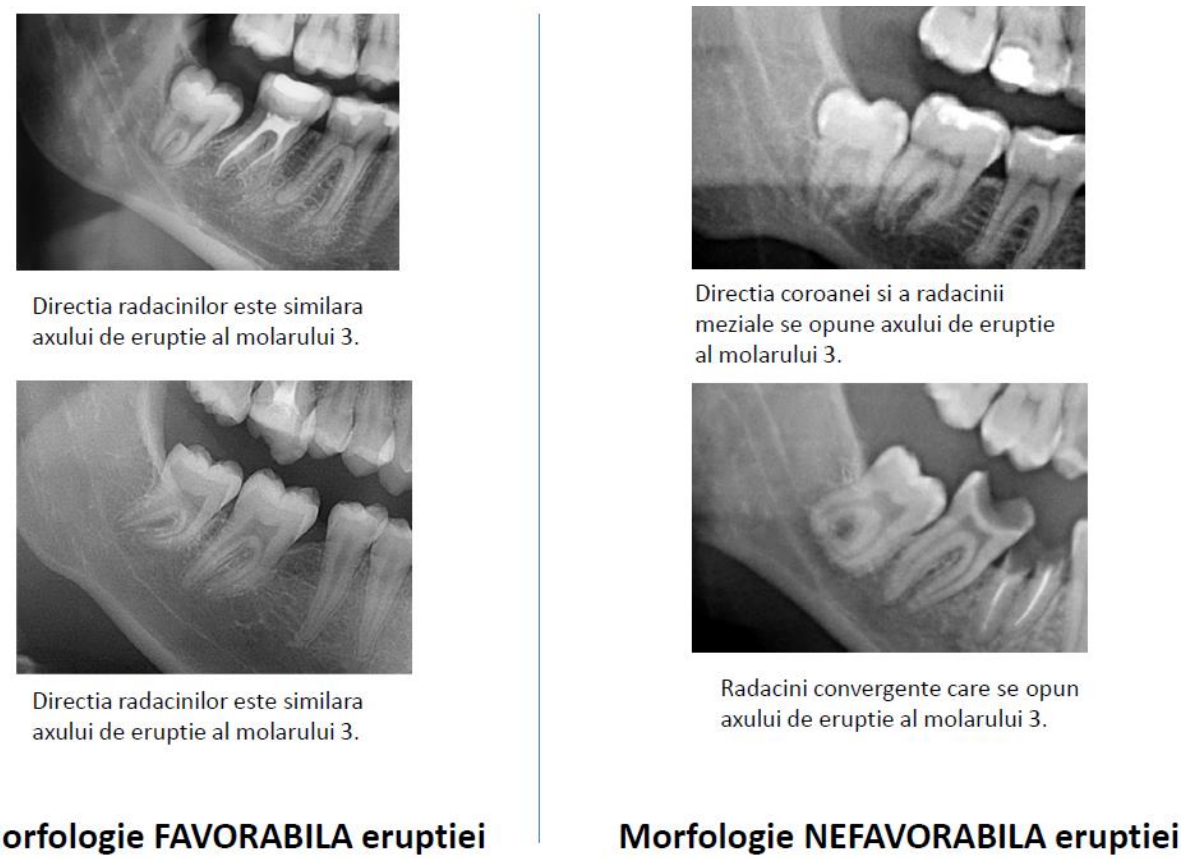


Figura 8.68. Poziţii favorabile şi nefavorabile erupţiei spontane în incluzia molarului de minte

8.6.5. Radiografia panoramică în implantologie

În etapa preimplantară, evaluarea ofertei osoase cantitative şi calitative de la nivelul crestelor alveolare este esenţială pentru realizarea unui plan terapeutic. Examinarea CBCT este metoda de elecţie pentru realizarea măsurătorilor crestei alveolare şi în planificarea implanturilor dentare. Radiografia panoramică este doar orientativă, ea poate identifica doar atrofiile importante ale crestei alveolare (Figura 8.69) şi necesitatea adiţiei osoase preimplantare. Deşi este insuficienta pentru efectuarea unui plan terapeutic, ea are ca avantaj de a evidenţia ambele arcade dentare cu o doză de expunere mai redusă faţă de examenul CBCT.

Ortopantomografele au posibilitatea efectuării unei tomografii liniare, limitată la un sector dentar sau la o hemiarcadă (zonografie) prin care se pot obţine secţiuni sagitale (vestibulo-orale) sau longitudinale (mezio-distale) cu grosime de 5 mm, la nivelul regiunii care urmează a fi implantată. Deşi aceste imagini oferă o imagine secţională şi informaţii spaţiale legate de morfologia osoasă, tehnica de obţinere a secţiunilor este anevoioasă şi rezoluţia imaginilor este foarte limitată în comparaţie cu examinarea CBCT. Post-implantar, zonografia nu evidenţiază modificările osoase perimplantare. De aceea, tomografia convenţională a maxilarelor este puţin folosită în practică la ora actuală, fiind aproape complet înlocuită de CBCT.

Valoarea ortopantomografiei este limitată în primul rând pentru că nu oferă informaţii despre diametrul şi densitatea osoasă a crestei alveolare (Figura 8.70). Un alt dezavantaj este legat de distorsiunea imaginilor şi de efectul de mărire care variază între 15-25%. Distorsiunea este mai mare în zona laterală a maxilarelor. Identificarea găurii mentoniere nu este posibilă în 50% din cazuri, iar atunci când este vizibilă pe radiografia panoramică, poziţia ei nu se poate identifica corect.

În etapa preimplantară, radiografia panoramică va preciza (Figura 8.71).

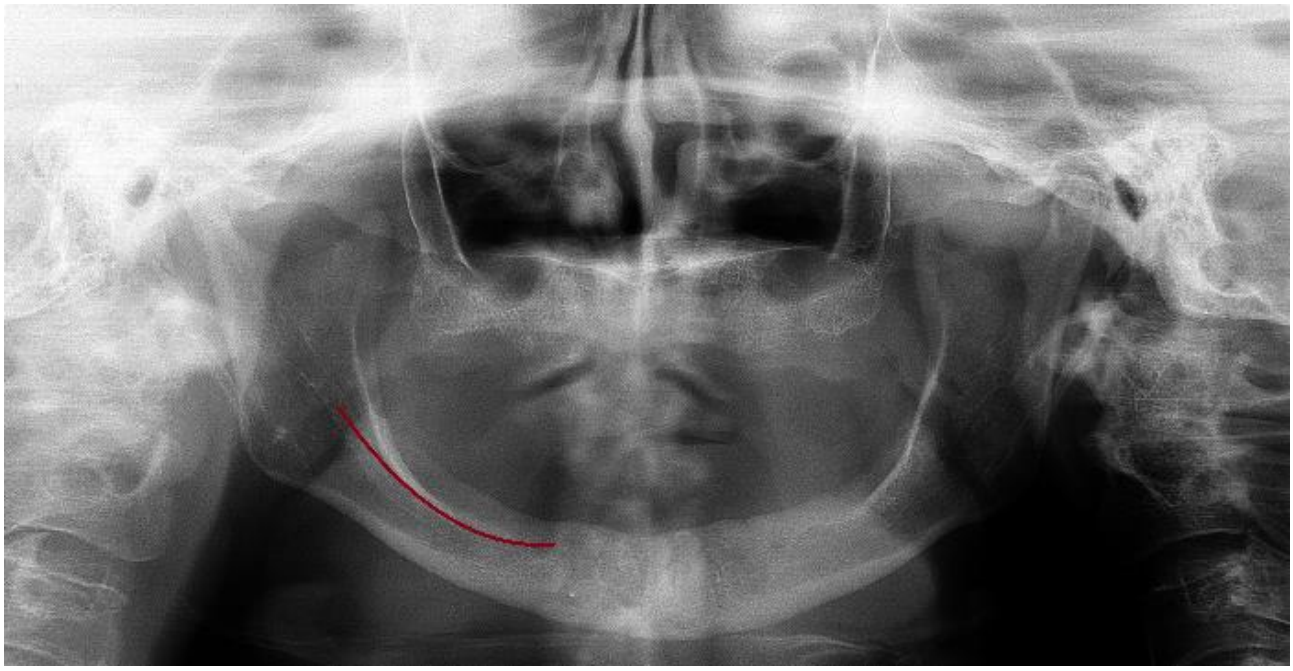


Figura 8.69. Radiografie panoramică realizată preimplantar, ce evidenţiază atrofia importantă a mandibulei şi raportul superficial al canalului mandibular cu creasta alveolară

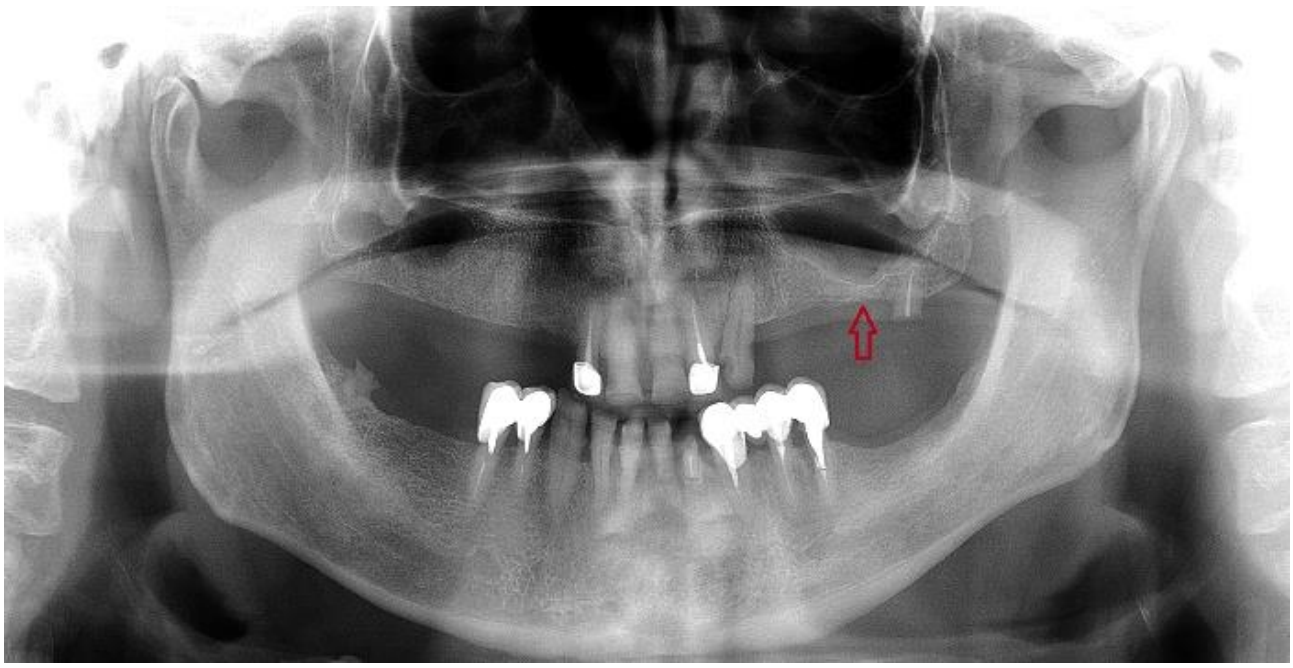


Figura 8.70. La nivelul hemiarcadei II se apreciază o reducere a înălţimii crestei alveolare, dar o apreciere a diametrului sau densităţii crestei alveolare nu este posibilă pe examinarea OPT

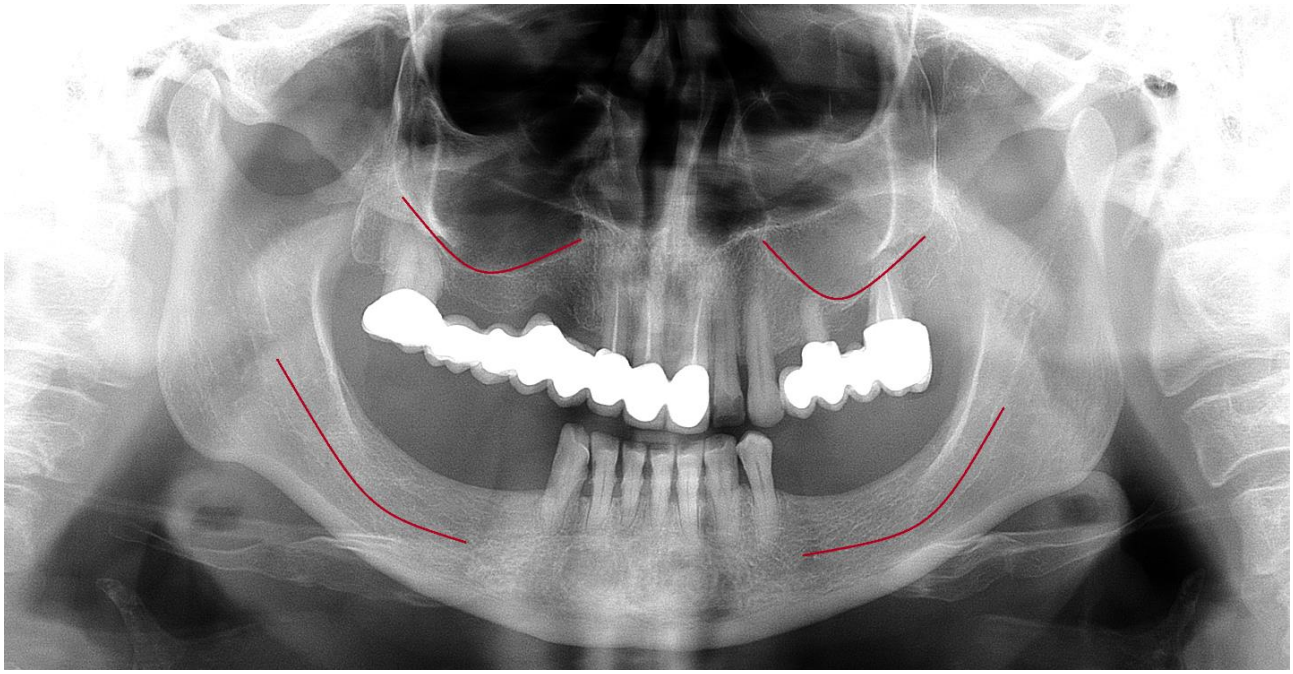


Figura 8.71. Elementele ce pot fi apreciate preimplantar în cazul unei radiografii panoramice

Figura 8.72. Aprecierea post-implantară a axul implantului faţă de axul dinţilor prezenţi, relaţia implantului cu dinţii invecinaţi precum şi relaţia implantului cu planşeul sinusului maxilar

Ortopantomografia pre-implantară

- Locul şi extinderea regiunii edentate
- Numărul şi poziţia implantelor dentare
- Poziţia şi traiectul intraosos al canalului mandibular şi al găurii mentoniere
- Poziţia planşeului sinusurilor maxilare în raport cu creasta alveolară
- Identificarea atrofiilor severe ale crestei alveolare care necesită adiţie osoasă preimplantară
- Eventuale focare inflamatorii periapicale la dinţii prezenţi pe arcadă
- Prezenţa şi tipul resorbţiilor osoase parodontale la dinţii restanţi
- Identifiacrea unor leziuni patologice intraosoase care pot interfera cu terapia implantară

Postimplantar, radiografia panoramică va identifica (Figura 8.72):

Ortopantomografia post-implantară

- Axul implantelor faţă de axul dinţilor prezenţi
- Relaţia implantelor cu dinţii învecinaţi
- Relaţia implantului cu planşeul sinusurilor maxilare sau cu fosele nazale
- Relaţia implantului cu canalul mandibular şi cu gaura mentonieră
- Prezenţa atrofiilor osoase orizontale periimplantare
- Prezenţa atrofiilor osoase verticale perimplantare
- Analiza leziunilor patologice dento-parodontale la dinţii prezenţi pe arcadă

8.6.6. Radiografia panoramică în afecţiunile oaselor maxilare

Modificările patologice osoase ale crestelor alveolare includ în principal:

- leziunile inflamatorii osoase (osteomielita, osteonecroza, inflamaţiile granulomatoase)
- tumorile osoase (tumorile chistice, tumorile benigne şi tumorile maligne)
- traumatismele maxilo-faciale cu interesarea oaselor maxilare şi a crestelor alveolare precum şi alte modificări osoase întâlnite în afecţiuni generale sistemice (insuficienţa renală, hiperparatiroidism, sarcoidoza, boala Paget etc).

Radiografia panoramică în inflamaţiile oaselor maxilare

Osteomielita oaselor maxilare se întâlneşte mai frecvent la mandibulă. Ea apare ca urmare a unor infecţii odontogene extinse în părţile moi sau ca o complicaţie a fracturilor mandibulare la pacienţii cu boli sistemice care afectează mecanismele imunocompetente de apărare ale organismului. Osteomielitele pot fi de asemenea asociate cu tuberculoza, diabetul zaharat, agranulocitoza, siklemia, anemiile severe, leucemia sau neutropeniile. Datorită morfologiei osului mandibular care prezintă o corticală îngroşată cu un periost bine reprezentat, extinderea intraosoasă a inflamaţiei în osul mandibular se face pe arii mai extinse decât în maxilarul superior.

Din punct de vedere radiologic, se întâlnesc următoarele forme de osteomielită:

- **osteomielita supurativă** – aspectul radiologic arată prezenţa a multiple imagini radiotransparente de dimensiuni variabile, imprecis delimitate, care dau un aspect de os inomogen (“os mâncat de molii”). În timp, apar fenomene de remodelare osoasă cu coexistenţa pe radiografia panoramică a unor imagini radiotransparente, mixte şi imagini radioopace (Figura 8.73).
- **osteomielita sclerozantă** – este o formă de evoluţie cronică a inflamaţiei osoase în care se poate remarca radiologic o reacţie proliferativă exacerbată, cu îngroşarea corticalei osoase şi cu reducerea diferenţierii dintre corticală şi osul spongios. Osul mandibular are un aspect îngroşat, canalul mandibular apare mai lărgit, cu ştergerea delimitării sale corticale. Aspectul radiologic poate crea confuzii cu alte afecţiuni patologice, cum ar fi osteosarcomul, sarcomul Ewing, metastazele osoase, displaziile osoase sau leziunile cemetiforme difuze (Figura 8.74).
- **osteomielita cu periostită** - este o variantă a osteomielitei supurative în care predomină o reacţie periostală lamelară. Este o formă mai frecvent întâlnită la copii şi la tineri <30 de ani şi poate determina asimetrii de dezvoltare ale oaselor maxilare (Figura 8.75).
- **osteomielita tuberculoasă** - este cauzată de agentul microbian specific Mycobacterium tuberculosis. Contaminarea maxilarelor se face pe cale hematogenă sau prin inoculare directă. Aspectul radiologic este similar cu cel din osteomielita supurativă şi este însoţită adesea de o reacţie periostală.

Osteonecroza maxilarelor este mai frecvent întâlnită sub formă de osteonecroză aseptică, determinată de consumul anumitor medicamente, în special la pacienţii trataţi timp îndelungat cu bifosfonaţi.

O alta variantă este osteoradioneroza, care apare după radioterapia recomandată în cancerele orale. Osteonecroza afectează difuz structura oaselor maxilare, fără o delimitare certă între zona afectată şi cea indemnă şi se caracterizează radiologic prin formare de sechestre osoase (os necrotic înconjurat de un halou radiotransparent) (Figura 8.76).

Radiografia panoramică în tumorile oaselor maxilare

Clasificarea leziunilor tumorale ale oaselor maxilare a suferit multe schimbări de-a lungul timpului, existând şi numeroase sisteme de clasificare formulate de diverşi autori. Cea mai recentă clasificare, larg acceptată pe plan internaţional, este clasificarea World Health Organization (WHO) publicată în 2019, care împarte tumorile osoase maxilare în leziuni tumorale inflamatorii, tumori osoase benigne şi tumori osoase maligne.

Din punct de vedere radiologic, diferenţierea tipului de tumoră este dificilă în majoritatea situaţiilor clinice, astfel încât, pentru medicul dentist practician este importantă încadrarea semiologică a tumorilor în leziuni radiotransparente, radioopace şi mixte precum şi cunoaşterea unui algoritm de decizie pe baza acestei clasificări (Figura 8.77).

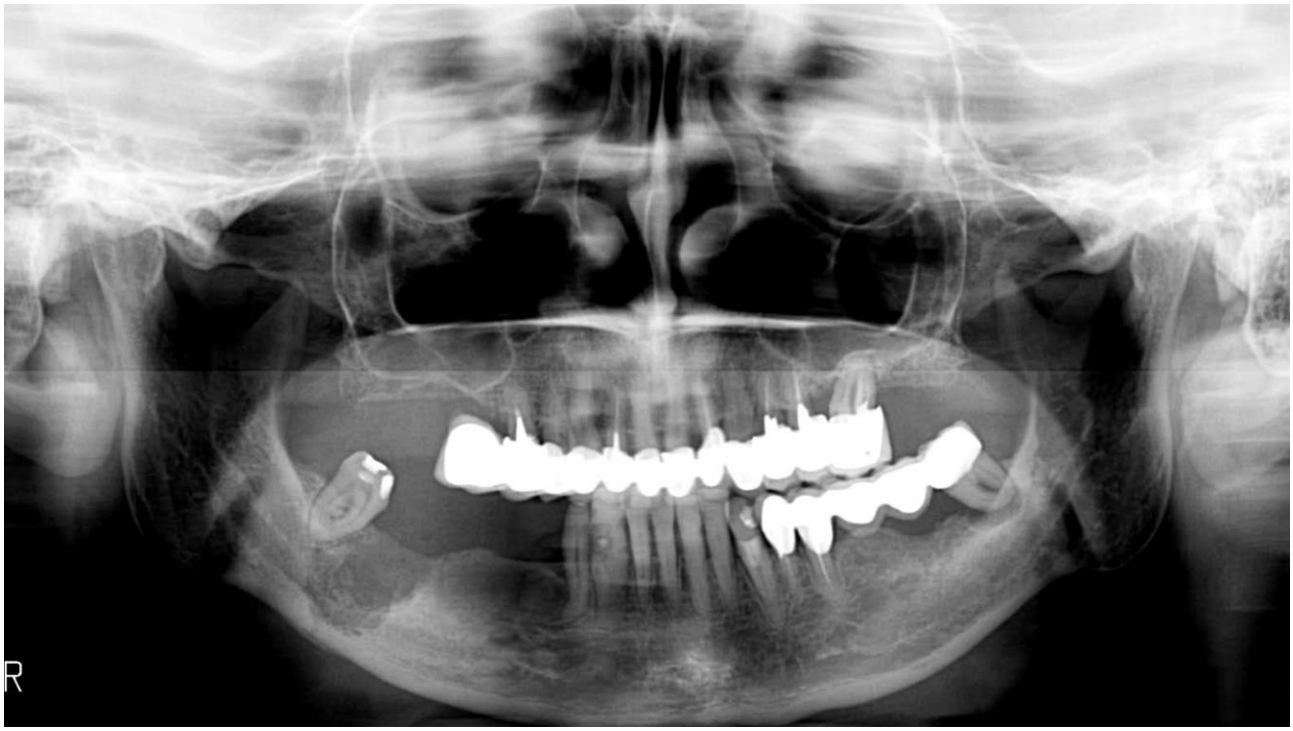
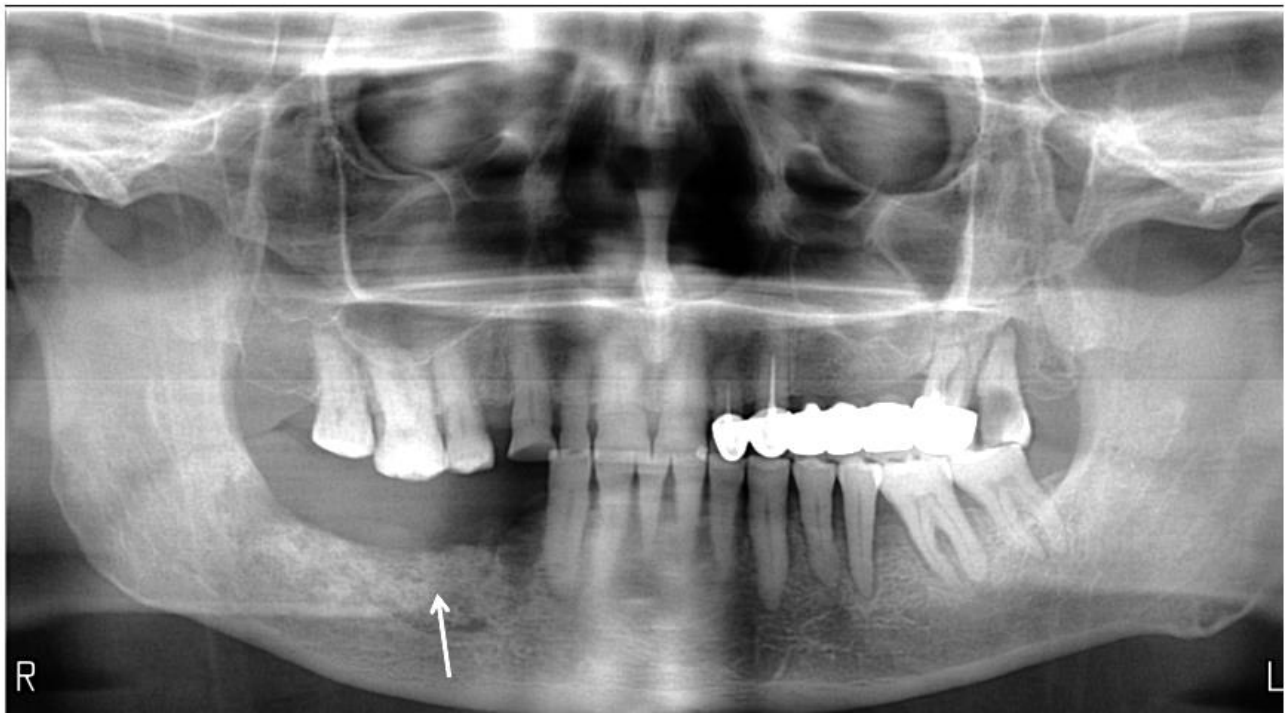


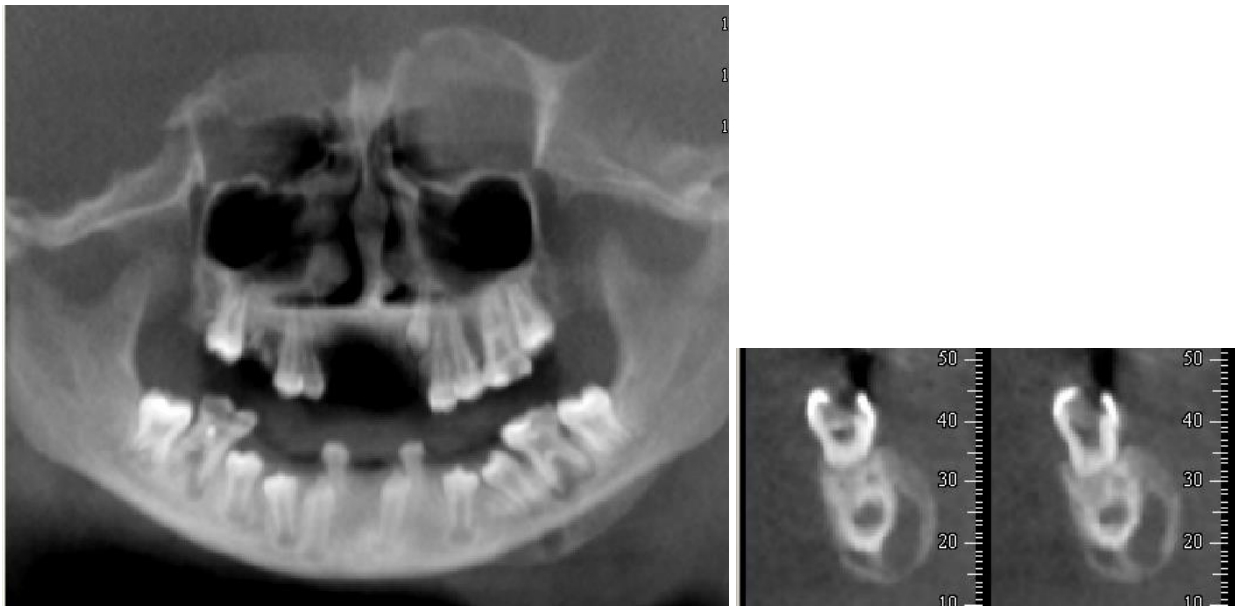
Figura 8.73. Aspectul de "os mâncat de molii", caracteristic osteomielitei supurative



a.

b.

Figura 8.74. Osteomilelita. a. Se poate observa o imagine osteocondensanata inomogena la nivelul hemimandibulei drepte b. Imagine CBCT cu aspectul unei osteomielite sclerozante



a. b.

Figura 8.75. Aspectul radiologic al osteomielitei cu reacţie periostală. a. secţiune panoramică pe care se evidenţiază îngroşarea periostului cu aspect lamelar (săgeata albă); b. secţiune cross section CBCT cu evidenţierea unui canal mandibular lărgit (*).

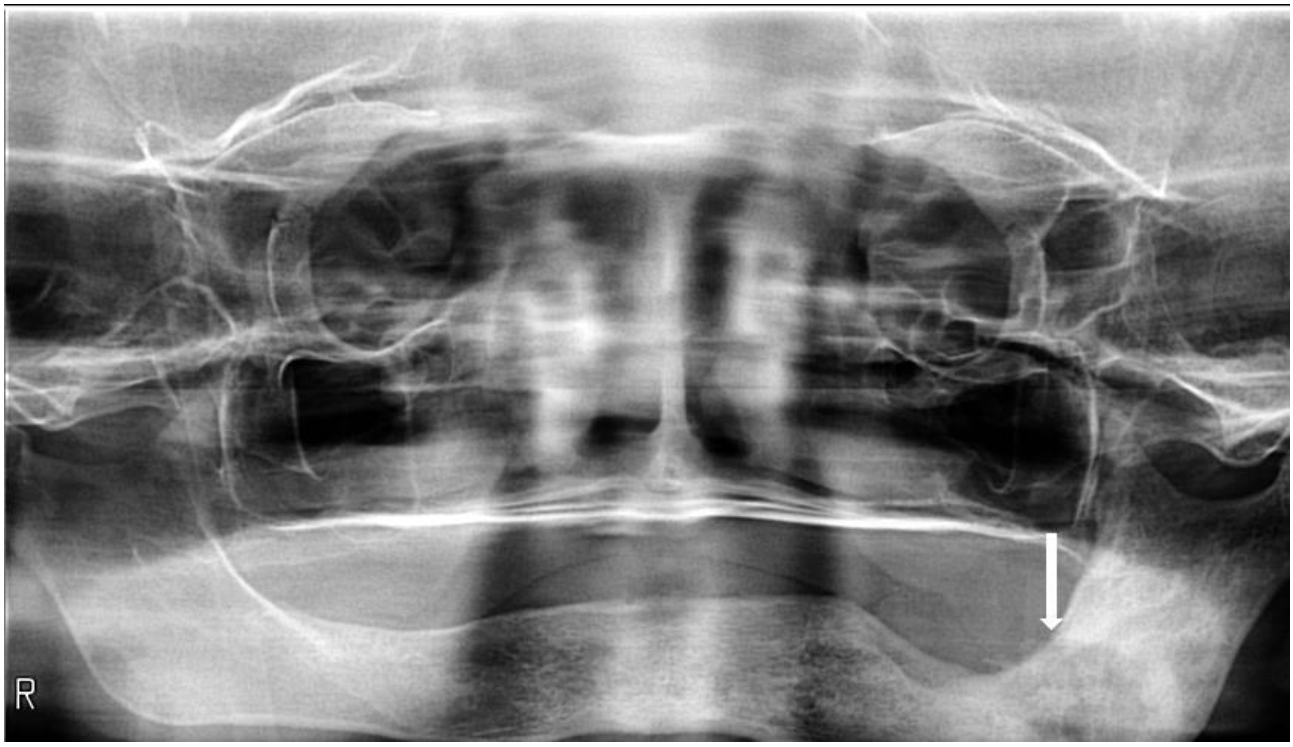


Figura 8.76. Aspectul radiologic în osteonecroza maxilarelor.

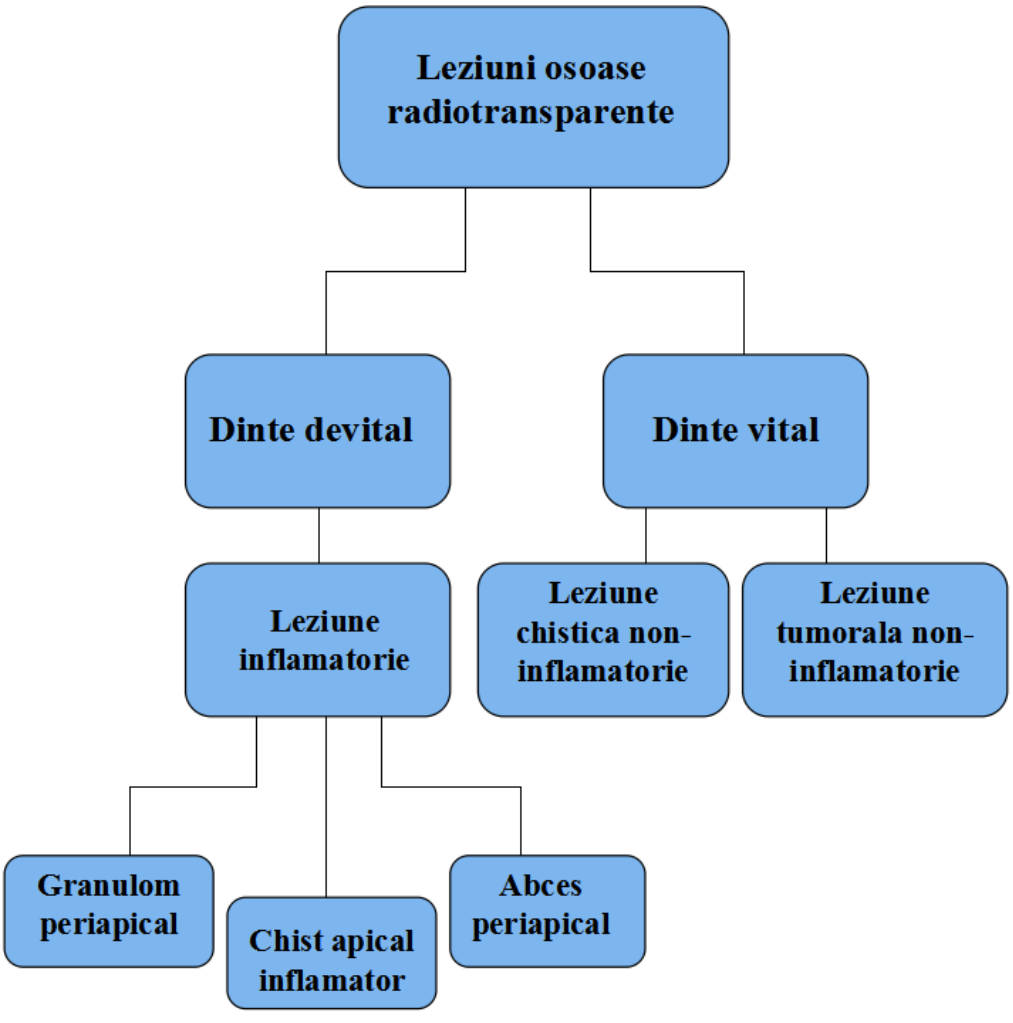


Figura 8.77. Algoritmul de raţionament diagnostic în cazul leziunilor radiotransparente osoase

Figura 8.78. Descrierea radiologică a unei formaţiuni tumorale

Orice leziune intraosoasă vizibilă ortopantomografic, indiferent de caracterul ei inflamator sau tumoral, va fi descrisă în raportul radiologic prin specificarea următoarelor elemente de descriere semiologică (Figura 8.78).

Descrierea unei leziuni tumorale a oaselor maxilare

- localizarea
- structura: radiotransparentă, radioopacă, mixtă
- forma: rotundă, ovalară
- dimensiunea
- conturul
- raportul cu structurile învecinate: dinţi, sinus maxilar, canal mandibular etc.

- localizarea tumorii – se va specifica regiunea şi arcada dentară în care se găseşte tumora;
- structura tumorii poate fi: radiotransparentă (uniloculară sau multiloculară), radioopacă sau o leziune mixtă;
- forma poate fi rotundă, ovalară, policiclică, neregulată;
- dimensiunile se apreciază prin măsurători directe, dacă radiografia este calibrată, sau prin descrierea extinderii tumorale la nivelul crestei alveolare;
- conturul formaţiunii pe radiografie poate fi important pentru diferenţierea caracterului benign sau malign al leziunii. Tumorile benigne au de obicei un contur bine delimitat, chiar scleros şi determină expansiunea osului alveolar (Figura 8.79), în timp ce formaţiunile maligne determină o osteoliză cu contururi neregulate, imprecis delimitate, care creează impresia unui "os ros" (Figura 8.80);
- raportul cu elementele învecinate este important de descris pe radiografie deoarece poate influenţa terapia şi oferă date legate de relaţia cu structurile anatomice adiacente. Corticala osoasă adiacentă tumorii poate fi integră, expansionată sau întreruptă (Figura 8.81). Extinderea tumorii în ţesuturile moi învecinate poate fi vizibilă prin prezenţa de opacităţi cu densitate de ţesuturi moi, care pot fi invadate sau impinse de către formaţiune. Raportul tumorii cu planşeul sinusului maxilar este dificil de apreciat pe radiografia panoramică, fiind necesare completări cu examinarea CBCT. Traiectul canalului mandibular poate fi inclus sau deviat în raport cu formaţiunea tumorală. Apexurile dentare sau coroanele dentare pot fi incluse în formaţiune sau alteori pot fi deviate, uneori cu evidenţierea rizalizei de compresiune.

Leziunile osoase radiotrasparente. Diagnosticul diferenţial radiologic al leziunilor tumorale radiotrasparente este prezentat în tabelul 8.7.

Chistele osoase sunt caracterizate histopatologic de o cavitate intraosoasă cu conţinut lichidian sau semisolid, care prezintă la periferie un înveliş epitelial. Radiografic, formaţiunile chistice şi unele tumori solide au un aspect radiotrasparent unilocular sau multilocular. Radiotrasparenţele uniloculare au aspectul unor cavităţi omogene intra-osoase, fără septe în interior, bine delimitate, uneori prezentând un contur scleros, cortical, la periferie (Figura 8.82).

Algoritmul decizional în formularea diagnosticului formaţiunilor tumorale radiotrasparente este prezentat în figura 8.77. Datorită frecvenţei crescute a chistelor apicale inflamatorii, la descoperirea pe radiografie a unei leziuni intraosoase, prima etapă este aceea de a identifica o cauză inflamatorie de origine odontogenă. Dacă dintele este devital sau prezintă coronar o leziune carioasă profundă sau tratamente de reconstituire coronară, leziunea radiotransparentă apicală este cel mai probabil inflamatorie: granulom periapical, chist apical inflamator, abces periapical. Dacă o leziune inflamatorie poate fi exclusă, iar vitalitatea dintelui este păstrată, coroana dentară fiind integră, leziunile chistice sau tumorale non-inflamatorii trebuie luate în considerare (tabelul 8.8).

Figura 8.79. La nivelul hemiarcadei mandibulare stângi se observă conturul net al unei formaţiunii tumorale radiotransparente, pseudoloculare, care determină expansiunea osului alveolar.

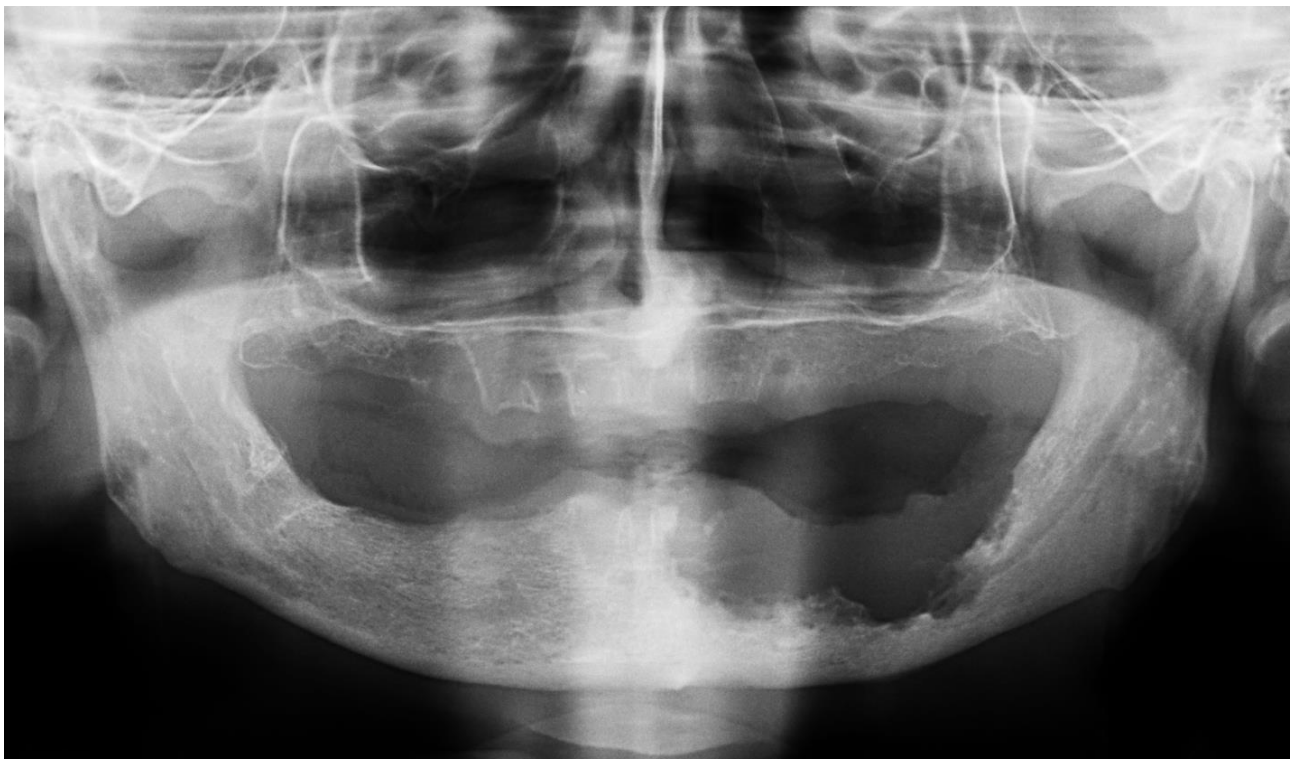


Figura 8.80. Aspectul de "os ros", caracteristic formaţiunilor tumorale maligne

Figura 8.81. Aspectul expansionat al corticalei osoase adiacente formaţiunii tumorale

Tabelul 8.7. Diagnosticul radiologic în implantologie pe radiografia panoramică

Radiografia preimplantară	Radiografia postimplantară
• Tipul edentaţiei	• Numărul şi poziţia implanturilor dentare
• Numărul şi pozitia implantelor dentare	• Axul implantelor faţă de axul dinţilor prezenţi
• Prezenţa/absenţa atrofiei severe ale crestei alveolare maxilare	• Relaţia implantului cu planşeul sinusurilor maxilare sau cu fosele nazale
• Prezenţa/absenţa atrofiei severe ale crestei alveolare mandibulare	• Relaţia implantului cu canalul mandibular şi cu gaura mentonieră
• Traiectul canalului mandibular şi a găurii mentoniere	• Prezenţa/absenţa atrofiilor osoase orizontale periimplantare
• Prezenţa unor opacităţi intrasinusale	• Prezenţa/absenţa atrofiilor osoase verticale perimplantare
• Leziuni periapicale inflamatorii la dinţii restanţi	• Analiza leziunilor patologice dento-parodontale la dinţii prezenţi pe arcadă
• Prezenţa, tipul şi gradul resorbţiilor osoase parodontale	
• Prezenţa/absenţa unor leziuni patologice intraosoase	
• Prezenţa/absenţa unor dinţi incluşi	

Figura 8.82. Radiotrasparenţa uniloculară, bine delimitată, cu un contur scleros situate la apexul unui rest radicular, aspect de chist inflamator periapical

Tabel 8.8. Leziunile chistice şi tumorale cu aspect radiotrasparent ale oaselor maxilare

Uniloculare	Multiloculare
Leziuni chistice non-inflamatorii	
Chistul dentiger	Keratochistul odontogen
Chistul periodontal lateral non-inflamator	Chistul dentiger
Chsitul glandular odontogenic	Chistul osos anevrismal
Chistul nazo-palatin	
Chistul canalului incisiv	
Chistul globulo-maxilar	
Chistul osos simplu	
Chistul Stafne	
Chistul odontogen calcificat (la debut)	
Leziuni chistice inflamatorii	
Chistul inflamator radicular	
Chistul inflamator periodontal lateral	
Tumori osoase	
Ameloblastomul (la debut)	Ameloblastomul
Fibromul cemento-osifiant	Mixomul
Cementoblastomul (la debut)	Mixomul odontogen
Dispalzia cementiformă periapicală (la debut)	Tumora brună
Fibromul odontogenic	Granulomul cu celule gigante
Granulomul cu celule gigante (la debut)	
Histiocitoza X	
Carcinomul metastatic	

Lezinile chistice mandibulare cu diametrul mai mic de 2 cm pot fi evaluate doar pe radiografia panoramică, în majoritatea cazurilor. Pentru tumorile radiotrasparente bine conturate, cu diametrul mai mare, se va recomanda IRM pentru evaluarea conţinutului şi a structurii interne a formaţiunii. Tumorile osetolitice cu contururi osoase imprecise în care dinţii "parcă plutesc", care înglobează canalul mandibular fără să îl devieze, ridica suspiciunea unei leziuni osoase maligne cu invazia crestei alveolare (Figura 8.83).

Tumorile cu structură mixtă sunt formaţiuni tumorale cu un conţinut radiotransparent care prezintă în interior calcificări sau depozite solide cu densităţi variabile. Localizarea acestor tumori poate să ajute în formularea diagnosticului diferenţial tabelul 8.9. Cele mai frecvente tumori cu structură mixtă sunt:

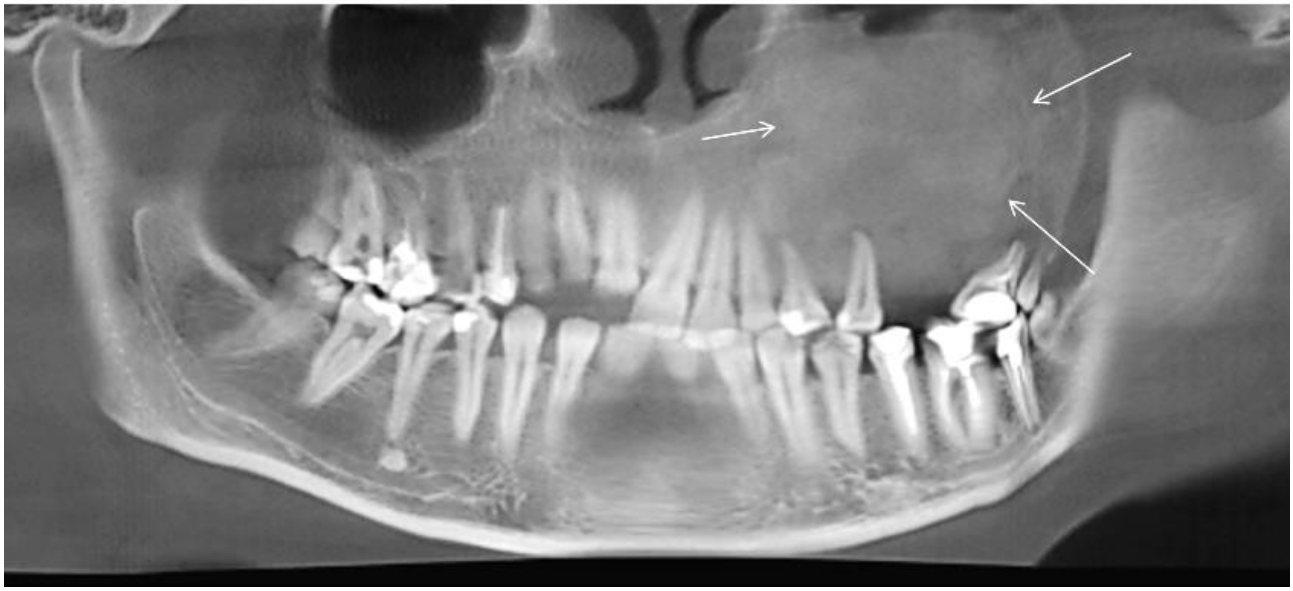
- tumora odontogenă adenomatoidă
- condromul
- osteocondromul
- leziuni ale cementului aflate în faza intermediară (Figura 8.84),
- displazia fibro-osoasă (Figura 8.85)
- fibromul osifiant (Figura 8.86).

Figura 8.83. Leziune osoasă malignă la nivelul planşeului bucal cu invazia crestei alveolare şi a canalului mandibular

Tabelul 8.9. Leziunile mixte ale oaselor maxilare

Tumori benigne cu structura mixta	Localizarea
Cementomul (faza intermediara)	Periapical
Cementoblastomul	Periapical
Masele cemetiforme	Periapical
Chist odontogen calcificat	Periapical, pericoronar
Fibrom cementoosifiant	Fără relatie cu dintii
Odontomul	Periapical, pericoronar
Displazia fibroasă	Fără relaţie cu dinţii
Cherubismul	Fără relaţie cu dinţii
Tumora odontogenă epitelială calcificată	Fără relaţie cu dinţii
Fibroodontom ameloblastic	Pericoronar, fără relaţie cu dinţii
Fibrodentinom ameloblastic	Pericoronar, fără relaţie cu dinţii
Fibrom odontogenic	Fără relaţie cu dinţii
Osteoblastom	Fără relaţie cu dinţii
Condrom	Fără relaţie cu dinţii
Histiocitoza X	Fără relaţie cu dinţii
Hematomul osifiant subperiostal	Fără relaţie cu dinţii
Hemangiom	Fără relaţie cu dinţii
Tumori maligne sau cu potential de malignizare	
Condrosarcom	Fără relaţie cu dinţii
Osteosarcom	Fără relaţie cu dinţii
Sarcom Ewing	Fără relaţie cu dinţii
Limfomul	Fără relaţie cu dinţii
Metastaze osteoblastice	Fără relaţie cu dinţii
Leziuni inflamatorii	
Boala Paget	Fără relaţie cu dinţii
Osteomielita	Fără relaţie cu dinţii
Osteonecroza	Fără relaţie cu dinţii

Figura 8.84. Leziune osoasa mixtă. Fibrom osifiant al crestei alveolare maxilare cu caracter expansiv şi cu ascensionarea planşeului sinusului maxilar drept.



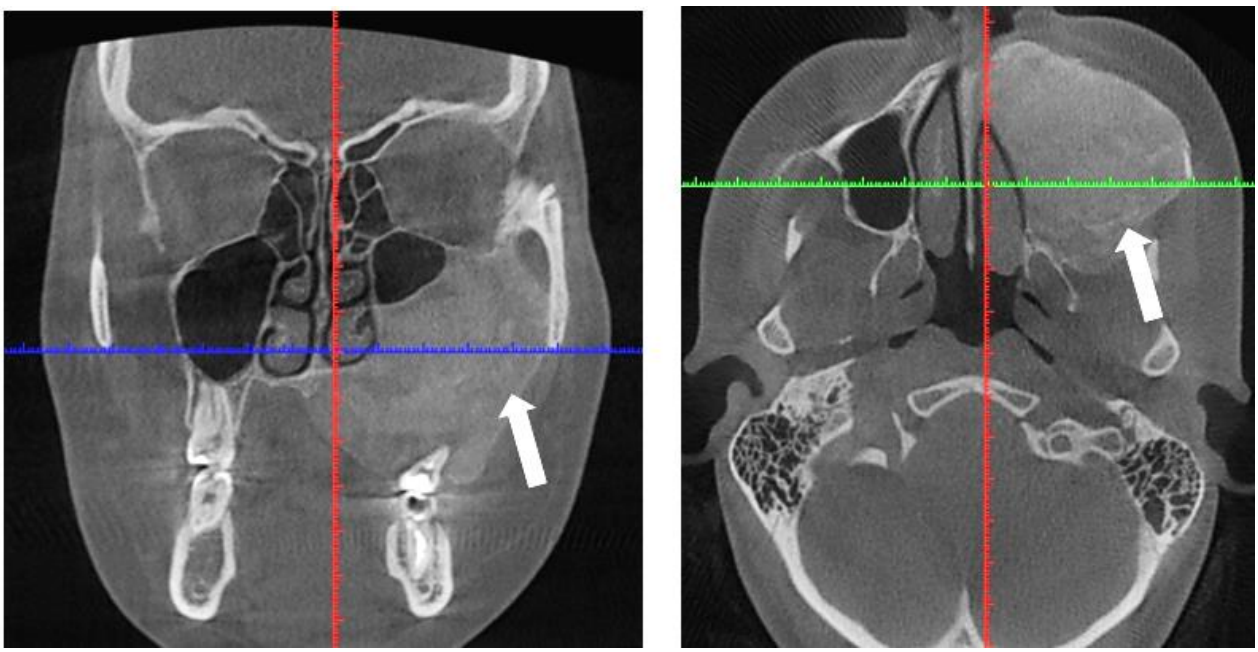


Figura 8.85. Fibrom osifiant maxilar stâng. a. radiografia panoramică. b. examinarae CBCT cu secţiune coronală; c. examianrea CBCT cu secţiune axială

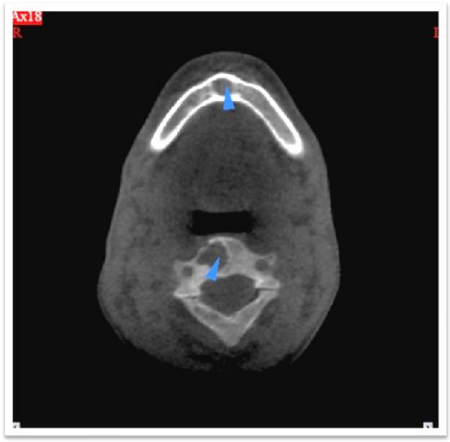


Figura 8.86. Displazie fibroasă cu interesare pluriostică şi leziuni cu aspect osteolitic situate mandibular şi la nivelul corpilor vertebrali.

Leziunile radioopace cele mai frecvente ale oaselor maxilare sunt (tabelul 8.10):

- osteoscleroza inflamatorie
- odontomul (Figura 8.87)
- leziuni cementiforme (mature) (Figura 8.88)
- osteoamele sau alte îngroşări ale corticale osoase (Figura 8.89, 8.90)
- dinţi incluşi intraosos
- metastazele radioopace cu originea la nivelul unor leziuni tumorale localizate la san, prostate (Figura 8.91).

Tabelul 8.10. Leziunile radioopace ale oaselor maxilare

Tumori benigne cu structură mixta	Localizarea
Odontomul (complex, compus)	Pericoronar, fără relaţie cu dinţii
Cementomul (matur)	Periapical
Displazia cementiforma periapicala	Periapical
Displazia fibroasa	Fără relaţie cu dinţii
Masele cemetiforme	Periapical
Exostoze, torus mandibular, torus palatin	Fără relaţie cu dinţii
osteom	Fără relaţie cu dinţii
Osteoscleroza idiopatică	Fără relaţie cu dinţii
Osteoblastom, osteom osteiod	Fără relaţie cu dinţii
Fibrom cementoosifiant	Fără relaţie cu dinţii
Condrom	Fără relaţie cu dinţii
osteocondrom	Fără relaţie cu dinţii
Tumori maligne sau cu potential de malignizare	
Condrosarcom	Fără relaţie cu dinţii
Osteosarcom	Fără relaţie cu dinţii
Metastaze osteoblastice	Fără relaţie cu dinţii
Leziuni inflamatorii	
Osteita condensantă	Periapical
Dinţi incluşi	Periapical, fără relaţie cu dinţii
Boala Paget	Fără relaţie cu dinţii
Osteomielita	Periapical, fără relaţie cu dinţii
Osteonecroza	Fără relaţie cu dinţii

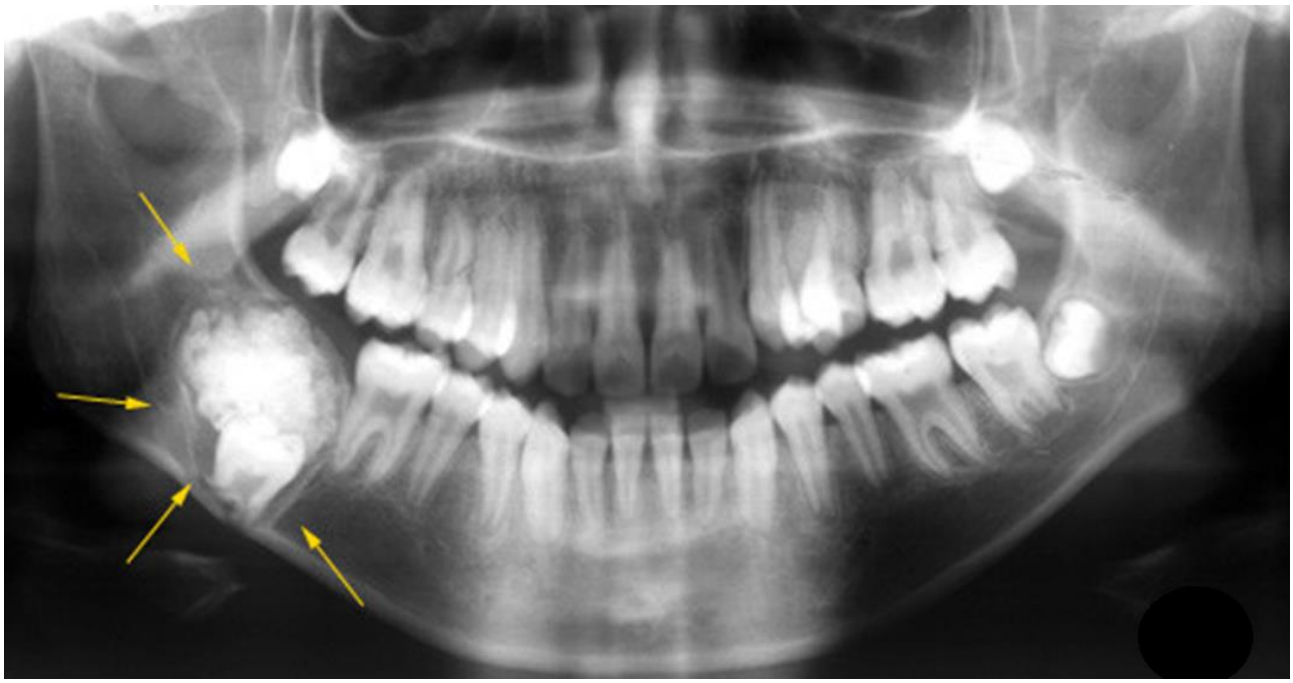


Figura 8.87. Leziune osoasă radioopacă. a. Aspect radiologic al unui odontom localizat la nivelul molarului 4.7, cu aspect radioopac şi halou radiotransparent, cu diametrul de aproximativ 4 cm, caracter expansiv; b. Premolarul inferior 3.4 prezintă rezecţie apicală cu osteoscleroză inflamatorie în jurul bontului radicular

Figura 8.88. Leziune cementiformă la nivelul dinţilor 4.7-4.8

Figura 8.89. Osteom osteoid mandibular. Se constată aspectul mixt al leziunilor pe secvenţa CBCT axială şi îngroşarea osului mandibuar

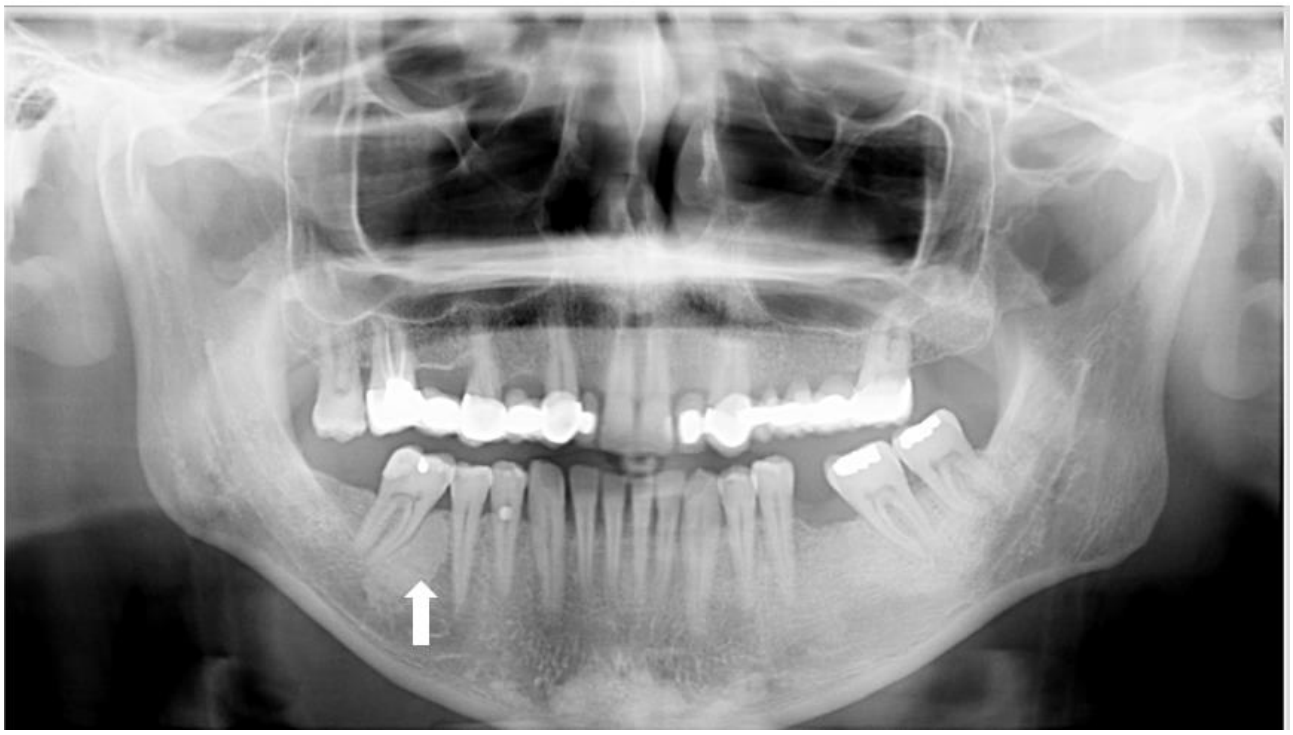
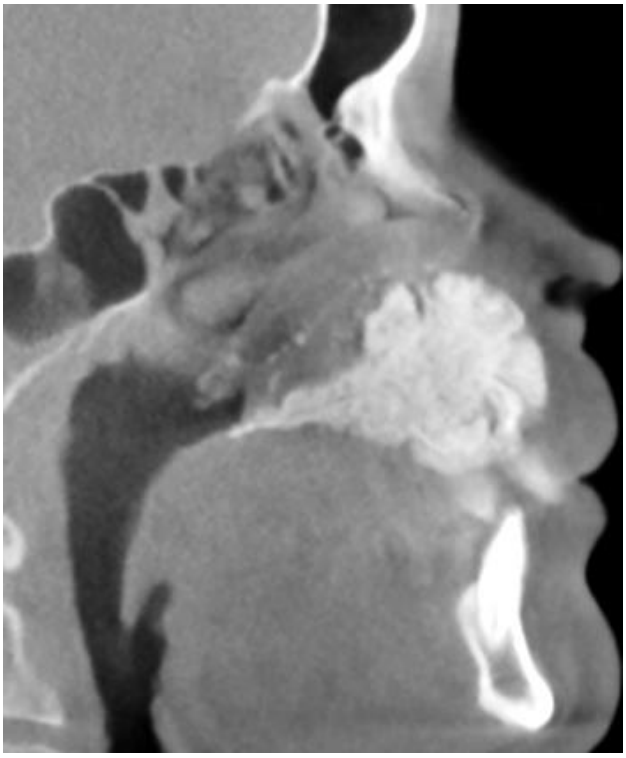
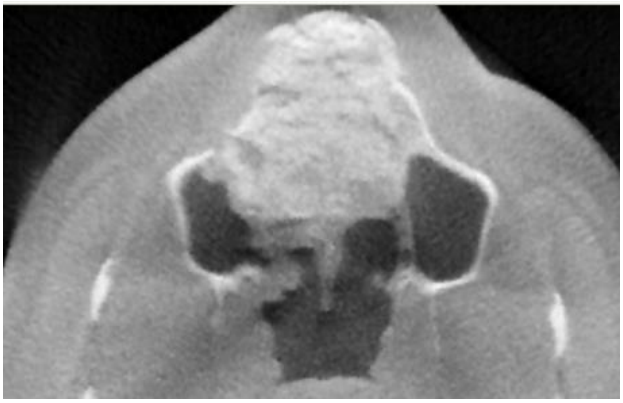


Figura 8.90. Osteom mandibular





a. b.

Figura 8.91. Osteosarcom al palatului osos. Tumora osteocondensantă radioopacă. a. secţiune sagitală CBCT; b. secţiunea axială CBCT.

Diagnosticul tumorilor mandibulare este bazat în principal pe examinarea radiografiei panoramice şi pe examenul CBCT. Pentru tumorile maxilare, examinarea CBCT sau CT este adeseori necesară, recomandarea fiind în funcţie de caracterul şi de extinderea leziunii. Examinarea IRM este complementară examenului CBCT pentru evaluarea extinderii tumorale la nivelul bazei craniului şi pentru precizarea conţinutului tumorii osoase. Examinarea IRM este superioară computer tomografieie în diferenţierea structurii şi a caracterului tumoral al leziunii.

Radiografia panoramică în traumatismele maxilo-faciale

În cazul traumatismelor mandibulare, radiografia panoramică trebuie să precizeze (Figura 8.92):

- prezenţa şi localizarea liniei de fractură: fracturi simfizare, parasimfizare, laterale, de gonion, de ramură verticală, subcondiliene şi condiliene înalte (Figura 8.93)
- traiectul liniei de fractură: oblic, vertical, orizontal, cominutiv
- prezenţa deplasărilor osoase şi a liniei interincisive
- prezenţa fragmentelor osoase intermediare şi dimensiunea lor în fracturile cominutive
- prezenţa sau absenţa dinţilor în focarul de fractură
- prezenţa stopurilor ocluzale
- eventuale complicaţii ale fracturilor: anchiloza temporo-mandibulară (Figura 8.95), osteomielita (Figura 8.96), pseudatroza.

Figura 8.92. Diagnosticul radiologic al fracturilor mandibulare

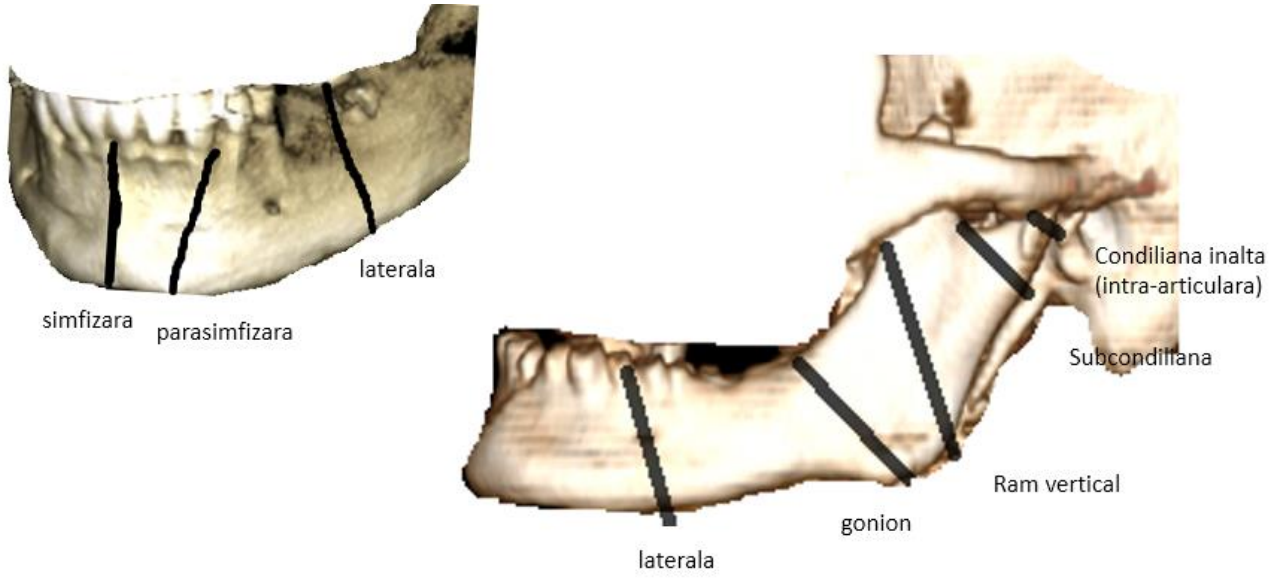
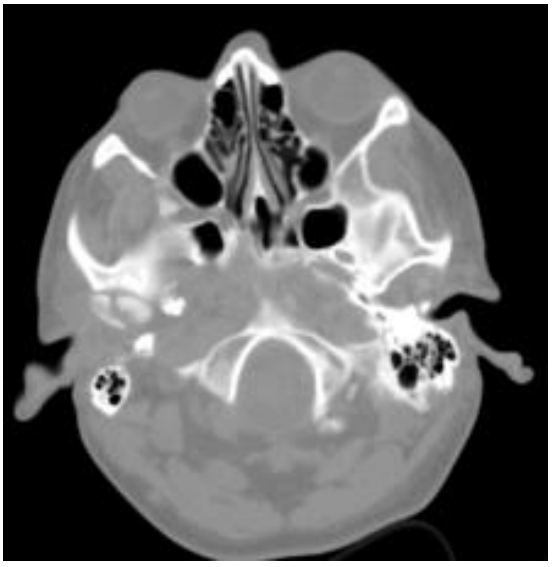
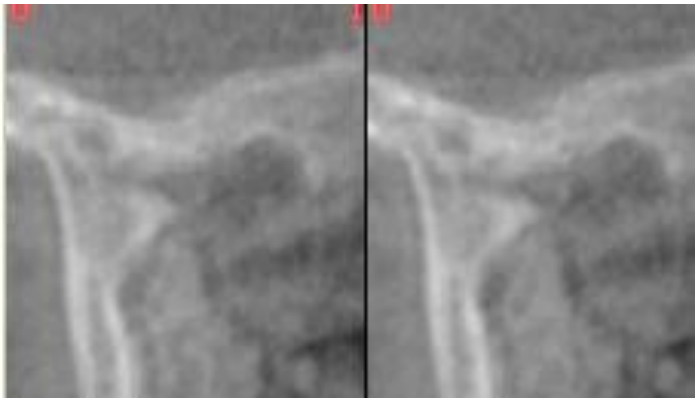


Figura 8.93. Localizarea liniei de fractură mandibulară

Figura 8.94. Examinare OPT. Fractura paramedianã stângă cu interesarea alveolei dentare 3.3 în focarul de fracturã. Se poate observa devierea liniei mediane spre stânga şi scurtarea ramurii mandibulare interesate. Se remarcă lipsa stopurilor ocluzale în regiunea laterală stânga

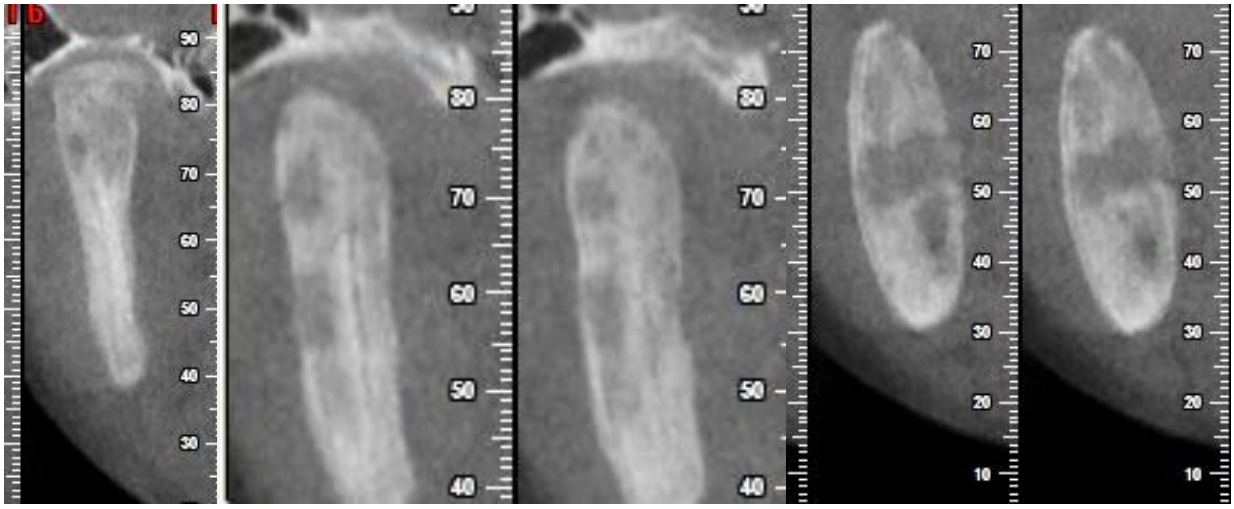




a. *b.*

Figura 8.95. Anchiloza temporo-mandibulară a. Fractura condiliana înaltă, intra-articulară care este bine vizibilă pe examinarea CBCT; b. Anchiloza temporoamandibulară post-traumatică cu deformarea capului condilian şi cu lipsa spaţiului articular.

a.



b.

Figura 8.96. Osteomielita acută care interesează ramura ascendentă mandibulară dreaptă a. radiografie panoramică; b. secţiuni CBCT la nivelul mandibulei cu aspect inomogen, pătat, datorită alternanţei focarelor de osteoliza şi osteocondensare

Radiografia panoramică este de obicei suficientă pentru a depista fracturile mandibulare cu excepţia celor din zona subcondiliană sau condiliană intraarticulară pentru care este necesară completarea cu examinare CBCT (Figura 8.97). În cazul în care sunt necesare două incidenţe radiografice, se recomandă completarea cu radiografie de craniu, incidentă Caldwell (occipito-frontala), sau se poate recurge direct la CBCT, dacă este posibil.

Pentru diagnosticul fracturilor mediofaciale, ortopantomografia are valoare limitată şi este recomandată încă de la început fie o examinarea CBCT, fie CT, dacă se suspicionează leziuni intracraniene sau afectarea altor ţesuturi parenchimatoase.

Radiografia panoramică în leziunile osoase din afecţiunile generale cronice

O serie de afecţiuni generale pot să afecteze dentiţia şi să determine modificarea structurii oaselor maxilare. Hiperparatiroidis-

mul, osteoporoza, osteodistrofia renală şi rahitismul pot cauza o demineralizare a maxilarelor cu pierderea laminei dura şi un aspect de "geam mat" al crestei alveolare (Figura 8.98). Medicul dentist trebuie să identifice aceste modificări pe radiografia panoramică şi să recomande investigaţii suplimentare.

În sclerodermia sistemică poate fi prezentă o lărgire a ligamentelor periodontal care trebuie diferenţiat de cazurile în care se practică tracţiuni ortodontice cauzatoare de astfel de modificări. În sclerodermie pot fi prezente şi eroziuni osoase la locul de inserţie a muşchilor masticatori la nivel mandibular, eroziuni la nivelul unghiului mandibular, la ataşamentul anterior ai muşchilor suprahioidieni sau eroziuni care afectează procesul coronoid.

În leucemie, în limfoame sau în sarcoamele osoase poate să apară osteoliza osoasă cu aspect de dinţi care plutesc (Figura 8.99).

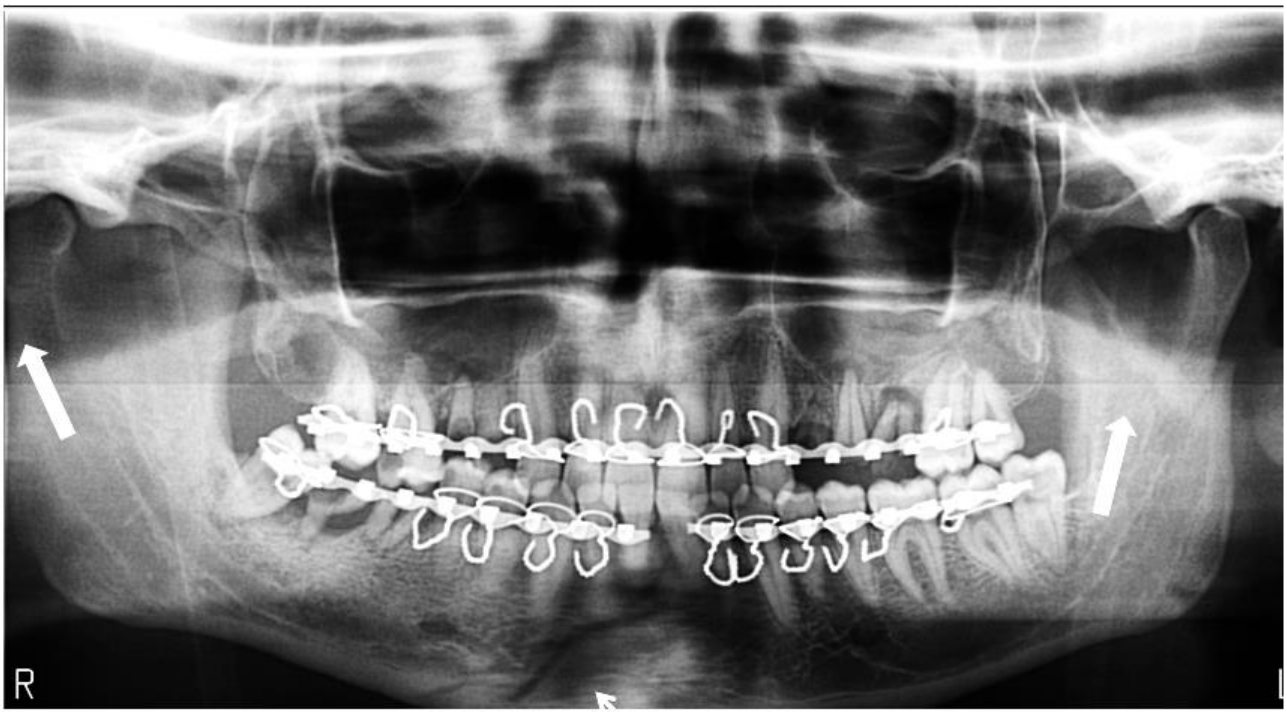


Figura 8.97. Radiografie panoramică. Fractura paramediană dreaptă (săgeata subţire); fracturi condiliene bilaterale fără evidenţierea unei linii radiotrasparente de fractură ci doar cu aspectul deformat al ramurii mandibulare. Examinarea CBCT este necesară pentru diagnsoticul şi evaluarea corectă a deplasărilor condiliene.

Figura 8.98. Edentaţie totală bimaxilară. Se poate observa osteoporoza maxilarelor cu stergerea diferenţierii corticalei osoase care delimitează canalul mandibular şi cu subţierea marginii bazilare a mandibulei

Figura 8.99. Formaţiune tumorală trigon retromolar cu mobilizarea molarului 4.7

8.7. Alte metode de explorare radiologică efectuate cu aparatul ortopantomograf

8.7.1. Radiografii de craniu

Examinările radiologice ale craniului sunt efectuate cu braţul cefalostat. Braţul cefalostat poate fi ataşat opţional la aparatul orotopantomograf şi permite realizarea de radiografii în diferite proiecţii şi incidenţe.

În practica stomatologică, cele mai frecvent utilizate incidenţe ale radiografiilor de craniu sunt: postero-anterioară (PA), postero-anterioară cu gura deschisă (incidenţa Caldwell), occipitomeatală (incidenţa Waters), radiografia laterală standard şi radiografia cefalometrică.

a. Incidenţa occipitomeatală (OM)

Incidenţa occipitomeatală (OM), sau incidenţa Waters, este o radiografie postero-anterioară a craniului care se utilizează în special pentru diagnosticul inflamaţiilor sinusale şi în traumatismele mediofaciale. Imaginea radiologică obţinută nu oferă însă date complete pentru un diagnostic de certitudine în cazul unor traumatisme mediofaciale cu interesarea planşeului orbitar sau a bazei craniului, fiind insuficientă în multe dintre cazurile examinate.

Astăzi, radiografia Waters poate fi aleasă ca o radiografie de primă intenţie pentru evaluarea patologiei sinusurilor maxilare, dar ea necesită cel mai adesea completări cu examinarea CBCT sau cu o examinarea CT a craniului.

Indicaţiile radiografiei Waters pot fi următoarele:

- Inflamaţii acute sau cronice ale sinusurilor maxilare şi ale sinusurilor frontale (Figura 8.100)
- Fracturile arcadei temporo-zigomatice (Figura 8.101)
- Fracturile complexului zigomatic
- Fracturile mediofaciale centrale Le Fort II.

Figura 8.100. Radiografie incidentă Waters cu aspect de sinuzită maxilară.

Figura 8.101. Radiografie incidentă Waters cu aspect de fractură etaj mijlociu al feţei

Protocolul de examinare este următorul (Figura 8.102):

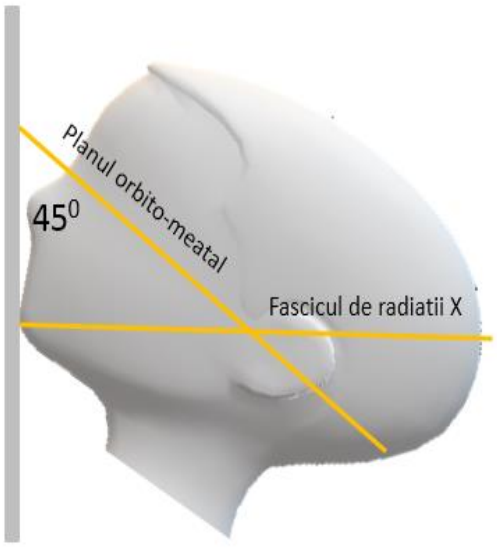


Figura 8.102. Tehnica radiografiei semiaxiale (incidenta Waters)

- Pacientul efectuează o uşoara extensie a capului, având mentonul plasat pe suprafaţa detectorului.
- Unghiul de inclinaţie dintre linia orbito-meatală a pacientului (planul lui Frankfort) şi planul vertical al detectorului este de 45^0. În incidenţa OM modificată (60^0) extensia capului este mai accentuată, cu un unghi de 60^0 a planului orbito-meatal faţă de axa verticală.
- Planul mediosagital al pacientului este vertical, fără o angulaţie laterală a capului pacientului.
- Fasciculul de radiaţii are o direcţie orizontală, poatero-anterioară, ieşind la nivelul spinei nazale anterioare a pacientului, fiind perpendicular pe casetă.

Pentru verificarea corectitudinii efectuării radiografiei Waters se vor lua în considerare următoarele **standarde de calitate**:

- ambele sinusuri maxilare sunt vizibile pe radiografie, fără suprapunerea stâncii osul temporal care este situată inferior faţă de sinusuri
- linia mediosagitală a craniului este verticală, existând o simetrie de formă şi poziţie a apofizelor coronoide

- marginea inferioară a mandibulei şi mentonul sunt cuprinse în radiografie.

Elementele anatomice vizibile pe radiografia occipitomeatală (OM) Waters sunt următoarele (figura 8.103):

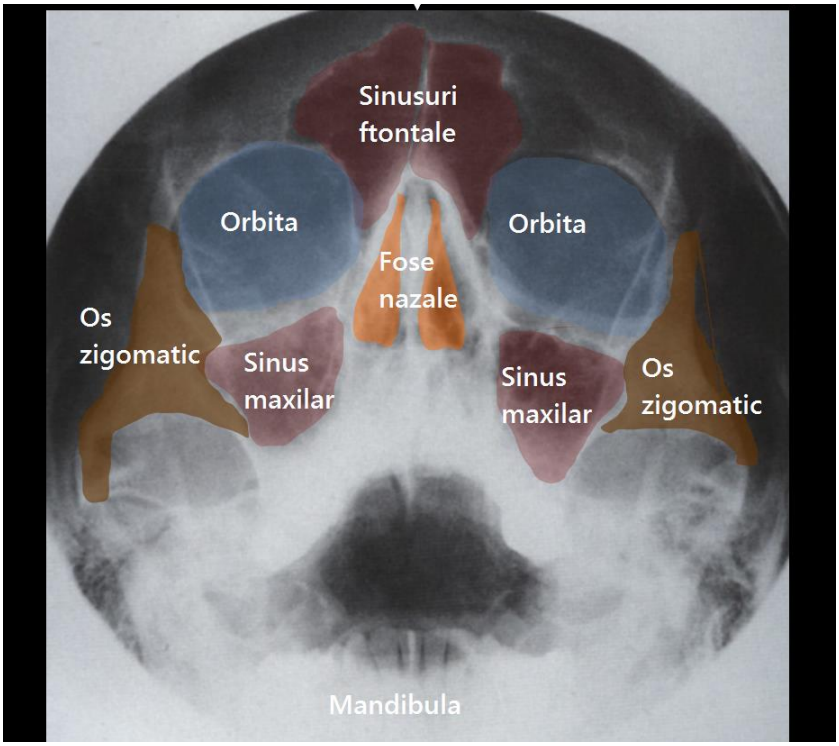


Figura 8.103. Elemente anatomice vizibile pe radiografia Waters

- *Sinusurile anterioare ale feţei*: - sunt vizibile doar sinusurile frontale, sinusurile maxilare şi o parte din celulele etmoidale anterioare în incidenţa postero-anterioară. Sinusurile prezintă o structură aerată, radiotransaprentă. Se va examina continuitatea pereţilor sinusali şi conţinutul sinusal.
- *Orbitele* sunt situate de o parte şi de alta a linieie mediane, se va examina continuitatea pereţilor osoşi. Sutura fronto-zigomatica este vizibilă pe peretele lateral al orbitei. Pereţii osoşi ai orbitelor nu sunt vizibili în totalitate, astfel încât o fractură a planşeului orbitar care nu interesează marginea infraorbitară poate să scape unui diagnostic efectuat doar pe acesata incidenta de craniu. Pe marginea infraorbitară se poate observa gaura infraorbitară, în timp ce canalul infraorbitar este proiectat în interiorul radiotransparenţei sinusurilor maxilare. Simetria şi continuitatea canalelor infraorbitare trebuie să fie evaluate radiologic deoarece absenţa lor într-un conext traumatic poate indica o fractură mediofacială care interesează planşeul orbitei.
- *Osul sfenoid* este vizibil parţial pe radiografie. Proiecţia aripii mari a sfenoidului poartă numele de *linia nenumită*. Asimetria sau discontinuitatea liniei nenumite constituie un semn al unei fracturi sau formaţiuni tumorale care interesează orbita sau baza craniului.
- *Procesul zigomatic* este vizibil pe radiografie prin proiecţia corpului osului zigomatic şi a apofizelor sale. Arcada temporo-zigomatica (ATZ) este uşor de urmărit pe această incidenţă. Fracturile complexului zigomatic sau fracturile mediofaciale centrale (Le Fort II) determină discontinuităţi ale conturului osos al procesului zigomatic.
- *Fosele nazale* apar radiologic ca două radiotrasparenţe situate de o parte şi de alta a liniei mediane. Sunt vizibile marginile anterioare ale oaselor nazale şi septul nazal.

- *Mandibula* este vizibilă pe radiografie, dar are un aspect deformat, această incidenţă nefind destinată evaluării proceselor patologice localizate mandibular.
- *Crestele alveolare* şi *arcadele dentare* deşi apar pe radiografie, datorită distorsiunii imaginii, nu pot fi interpretate radiologic.
- *Stânca osului temporal* şi *procesul mastoidian* se proiectează lateral pe radiografie, fiind dispuse inferior faţă de sinusurile maxilare. Radiografia Waters nu redă detaliile structurale ale stâncii temporalului.

Radiografia postero-anterioară a craniului (PA) (incidenţa Caldwell)

Incidenţa postero-anterioară sau incidenţa Caldwell oferă o bună vizualizare a sinusului frontal, dar şi a arcului mandibular, cu excepţia zonei condiliene înalte. Ea poate fi recomandată pentru diagnosticul inflamaţiilor sinusale şi poate completa radiografia panoramică în diagnosticul traumatismelor mandibulare. Radioopaciatatea stâncii temporalului se suprapune radiotransaprenţei sinsurilor maxilare, fiind o incidenţă care nu permite evidenţierea modificărilor patologice la nivelul sinusurilor maxilare.

Radiografia în incidenţa Caldwell este azi deseori înlocuită cu examinarea CBCT cu doză redusă, care permite obţinerea unor informaţii în cele trei planuri spaţial asupra viscerocraniului.

Indicaţiile radiografiei Caldwell pot fi următoarele:

- Anomalii de dezvoltare cu asimetrii de creştere ale oaselor maxilare
- Inflamaţii acute sau cronice ale sinusurilor frontale
- Fracturi craniene cu interesarea osului frontal
- Fracturile mandibulare cu excepţia celor condiliene intra-articulare (Figura 8.104)
- Osteoamele intrasinusale
- Mucocelul sinusal.

Figura 8.104. Evidenţierea fracturii subcondiliene drepte cu ajutorul radiografiei Caldwell

Protocolul de examinare este următorul (Figura 8.105):

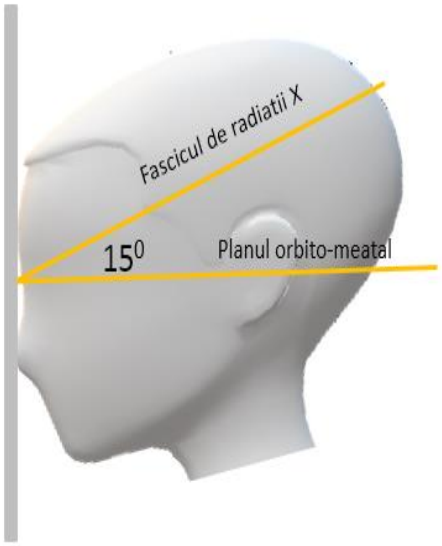


Figura 8.105. Protocolul de examinare pentru radiografia Caldwell

- pacientul se poziţionează cu fruntea şi nasul pe suprafaţa detectorului.
- linia orbito-meatală a capului este perpendiculară pe detector
- planul mediosagital al pacientului este vertical, fără o angulaţie laterală a capului
- fasciculul de radiaţii are o direcţie postero-anterioară, cu o inclinaţie de 15^0 faţă de orizontală.
- pentru a vizualiza mai bine zona subcondiliană a mandibulei, radiografia se poate efectua cu gura deschisă, în acest fel ramura vertical mandibulară coboară, zona subcondiliană detaşându-se de opacitatea creată de mastoidă şi de stânca osului temporal.

Verificarea corectitudinii radiografiei Caldwell se bazează pe următoarele **standarde de calitate**:

- ambele sinusuri frontale sunt vizibile pe radiografie
- linia mediosagitală a craniului este verticală, existând o simetrie de formă şi poziţie a apofizelor coronoide
- liniiile nenumite sunt simetrice faţă de linia mediană
- orbitele sunt bine vizibile, stânca osului temporal fiind proiectată inferior de orbite
- marginea inferioară a mandibulei şi mentonul sunt cuprinse în radiografie.

Elementele anatomice vizibile pe radiografia postero-anterioară (PA) Caldwell sunt (Figura 8.106):

- *sinusurile frontale*: - sinusurile frontale sunt bine vizibile pe această incidenţa de craniu. Aspectul lor poate fi asimetric. Se examinează continutul sinusal care în mod normal este aeric, radiotransparent
- *Celulele etmoidale* sunt bine vizibile pe acesată incidenţă, radiotrasparenţa lor fiind proiectată medial faţă de orbite
- *Orbitele* sunt situate de o parte şi de alta a liniei mediane, se potate examina conturul osos al orbitei şi prezenţa unor eventuale întreruperi de contur
- *Crista Galli* – se gaseşte pe linia mediană
- *Fosele nazale* apar radiologic ca două radiotrasparenţe situate de o parte şi de alta a liniei mediane
- *Mandibula* este vizibilă pe radiografie, se va examina continuitatea osului mandibular şi a marginii bazilare a mandibulei.

Radiografia PA Caldwell efectuată cu gura deschisă, permite evidenţirea mobilităţii fragmentelor osoase în traumatismele mandibulare şi evidenţiază mai bine zona subcondiliană joasă. Totuşi, condilul mandibulei şi zona subdondiliană înaltă de la nivelul colului anatomic mandibular rămân inabordabile radiologic pe această incidenţă, fiind necesară completarea cu examinarea CBCT.

Radiografia laterală a craniului

Incidenţa laterală redă în principal contururile osoase anterioare ale scheletului facial. Pe această incidenţă, sinusurile paranazale drept şi stâng sunt suprapuse. Ea oferă o imagine de ansamblu a scheletului cranian, dar datorită suprapunerii celor două părţi, dreapta şi stânga, ea oferă puţine detalii pentru a face posibil un diagnostic radiologic.

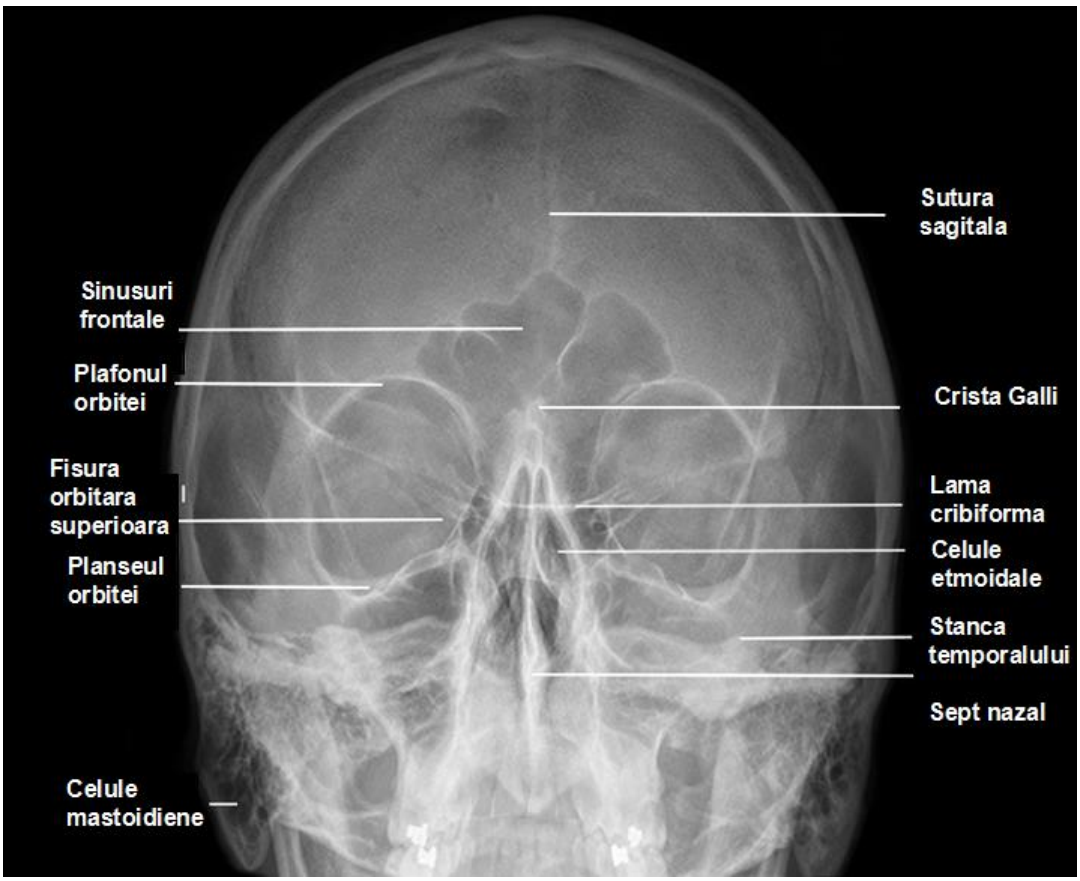


Figura 8.106. Elementele anatomice vizibile pe radiografia Caldwell

Indicaţiile radiografiei laterale de craniu pot fi:

- Fracturile Le Fort I, în care se pot evidenţia deplasările procesului alveolar superior
- Fracturile oaselor nazale
- Evidenţierea patologiei sinusurilor sfenoidale
- Modificările de formă şi de structură ale şeii turceşti
- În evaluarea anomaliilor de creştere ale oaselor maxilare şi pentru evidenţierea raporturilor intermaxilare în zona frontală (Figura 8.107).

Protocolul de examinare este următorul:

- Pacientul se poziţionează cu partea dreaptă a feţei în contact cu suprafaţa detectorului
- Linia orbito-meatală a capului este orizontală

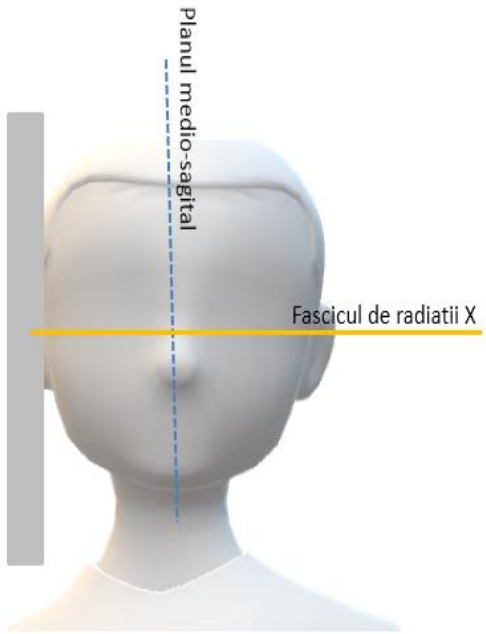


Figura 8.107. RGR laterală craniu

- Planul mediosagital al pacientului este vertical, fără o angulaţie laterală a capului
- Fasciculul de radiaţii are o direcţie laterală, cu o inclinaţie de 0^0 faţă de orizontală, va fi

proiectat la poarta de intrare la 4 cm deasupra CAE.

Verificarea corectitudinii radiografiei laterale a craniului se bazează pe urmatoarele **standarde de calitate**:

- cele două margini inferioare ale ramurilor orizontale mandibulare se suprapun perfect, nu există un decalaj la nivelul marginii bazilare mandibulare
- oasele nazale şi conturula anterior al maxilarului, mentonul şi dinţii frontali, precum şi vertexul sunt cuprinse în examinare
- marginea inferioară a mandibulei şi mentonul sunt cuprinse în radiografie.

Elementele anatomice vizibile pe radiografia laterală a craniului sunt (Figura 8.108):

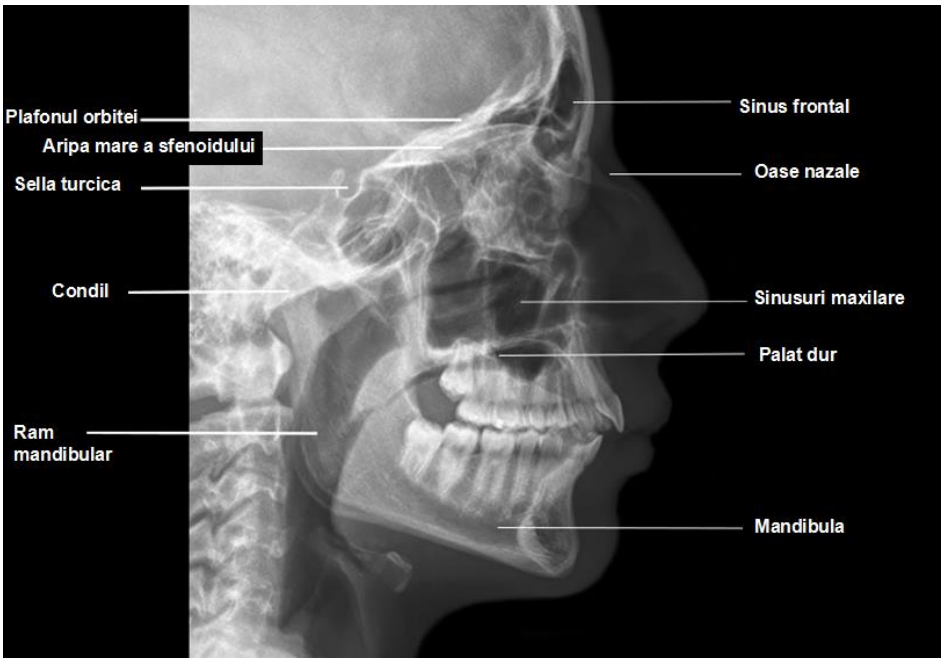


Figura 8.108. Elementele anatomice vizibile pe radiografia laterală a craniului

- *sinusurile paranazale* – sunt bine vizibile, dar sunt suprapuse cu cele de pe partea opusă. Pe aceasta incidenţă se poate observa peretele anterior al sinusurilor frontale şi maxilare care nu era vizibil de incidenţele waters şi Caldwell
- *baza craniului* – se pot identifica clivusul, şaua turcească cu fos pituitara, procesele clinoide anterioare, procesele clinoide posterioare şi dorsumul selar
- *orbitele* dreapta şi stânga se suprapun, este vizibil peretele inferior al orbitelor
- *palatul osos*- apare ca o radioopacite liniară
- *rinofaringele* – este o coloana aerică radiotrasnparentă proiectată inferior faţă de clivus şi anterior faţă de colaoana vertebrală
- *oasele nazale* se suprapun pe această incidenţă, dar oferă o bună vizualizarea a deplasărilor osoase în caz de fractură a oaselor nazale
- *mandibula* deşi este vizibilă pe radiografie, suprapunerea armurilor mandibulare nu permite un diagnostic radiologic al fracturilor mandibulare. Se poate utiliza o variantă a acestei radiografii în care capul pacientului este înclinat oblic, într-o parte, existând un unghi de înclinaţie între planul mediosagital al pacientului şi planul vertical al casetei. În acest mod, cele două ramuri mandibulare orizontale sunt detaşate şi se pot evidenţia fracturile laterale ale mandibulei.

Semiologia leziunilor patologice vizibile pe radiografiile de craniu:

- anomalii de dezvoltare ale oaselor maxilare

- asimetrii osoase maxilare
- opacităţi intrasinusale: inflamaţii sinusale, hemosinus, calcificări intrasinusale, formaţiuni tumorale care interesează sinusurile feţei
- discontiuitatea pereţilor osoşi sau a liniei nenumite apare în fracturile mediofaciale sau în formaţiuni tumorale cu interesare osoasă a bazei craniului
- devierea sau asimetria canalelor infraorbitare în context traumatic constituie un semn de interesare a planşeului orbitar
- devierea liniei nenumite asociată unei lărgiri a marginii anterioare orbitare constituie un semn patognomonic în neurofibromatoza tip I. Alterări ale liniei nenumite apar şi în tumorile care interesează baza craniului sau apexul orbitar (ex. neuroblastomul).

8.7.2. Radiografia cefalometrică

Radiografia cefalometrică este examenul complementar necesar la începerea unui tratament ortodontic, pentru diagnosticarea discrepanţelor dentare şi scheletale.

De la apariţia sa până în prezent, radiografia cefalometrică din incidențe diferite (laterală, din față, axială) a fost utilizată în mod constant pentru studiul structurilor osoase și cutanate faciale, având o contribuţie importantă în stabilirea diagnosticului şi a planului de tratament. Un alt beneficiu major al acestei tehnici de radiografie este acela de a evidenţia evoluția și progresele tratamentului ortodontic, creşterea cranio-facială, de a previziona creşterea individuală a fiecărui pacient și a vizualiza obiectivele de tratament.

Radiografia cefalometrică de profil evidențiază modificările scheletice în plan sagital și vertical, relațiile între structurile osoase și dentare, precum și corelația cu profilul cutanat cu identificarea abaterilor de la valorile considerate normale. Diagnosticul ortodontic și elaborarea planului de tratament, nu se realizează exclusiv pe baza analizei cefalometrice, aceasta fiind complementară în elaborarea diagnosticului.

Radiografiile cefalometrice sunt adeseori necesare pentru anumiţi pacienţi care sunt supuşi tratamentului ortodontic. O radiografie cefalometrică trebuie efectuată în următoarele situaţii:

- la sfârşitul tratamentului cu dispozitivul funcţional, pentru a observa poziţia în care se află incisivii inferiori.
- la sfârşitul tratamentului pre-chirurgical în cazurile ortodontice.
- imediat înainte de terminarea tratamentului cu dispozitivul orthodontic fix, pentru a evalua poziţia incisivilor inferiori.

Când se evaluează poziţia incisivilor inferiori, radiografia cefalometrică este recomandată numai dacă informaţia schimbă decizia ortodontului cu privire la mecanica de finisare a regimului de retenţie.

Analiza cefalometrică presupune localizarea precisă a unor puncte de referinţă, care reprezintă intersecţii, linii sau suprapuneri ale structurilor anatomice ca rezultat al proiecţiei radiologice, şi stabilirea poziţiei maxilarelor în raport cu baza craniului în sens vertical şi sagital, studierea relaţiilor dintre maxilar şi mandibulă, observarea relaţiilor dento-osoase în corelaţie cu ţesuturile moi.

Metodele de analiză cefalometrică pot să fie:

- **manuale** - se utilizează hârtie de calc care se suprapune peste radiografie şi se trasează conturul structurilor tegumentare și osoase;
- **digitale** – se utilizează software-uri cefalometrice computerizate (Dolphin®, Romexis Planmeca®, AudaxCeph® etc.). Perfecţionarea programelor de cefalometrie computerizată prezintă următoarele avantaje: posibilitatea limitării erorilor de interpretare şi rapiditatea cu care se pot realiza aceste interpretări. Reducerea majoră a timpului necesar interpretării unei teleradiografii prin metoda computerizată, comparativ cu tehnica convenţională (manuală), este posibilă deoarece sistemele de cefalometrie computerizată

necesită doar digitalizarea punctelor craniometrice, toate celelalte trasee și variabile fiind efectuate automat, de către programul specializat (Figura 8.109).

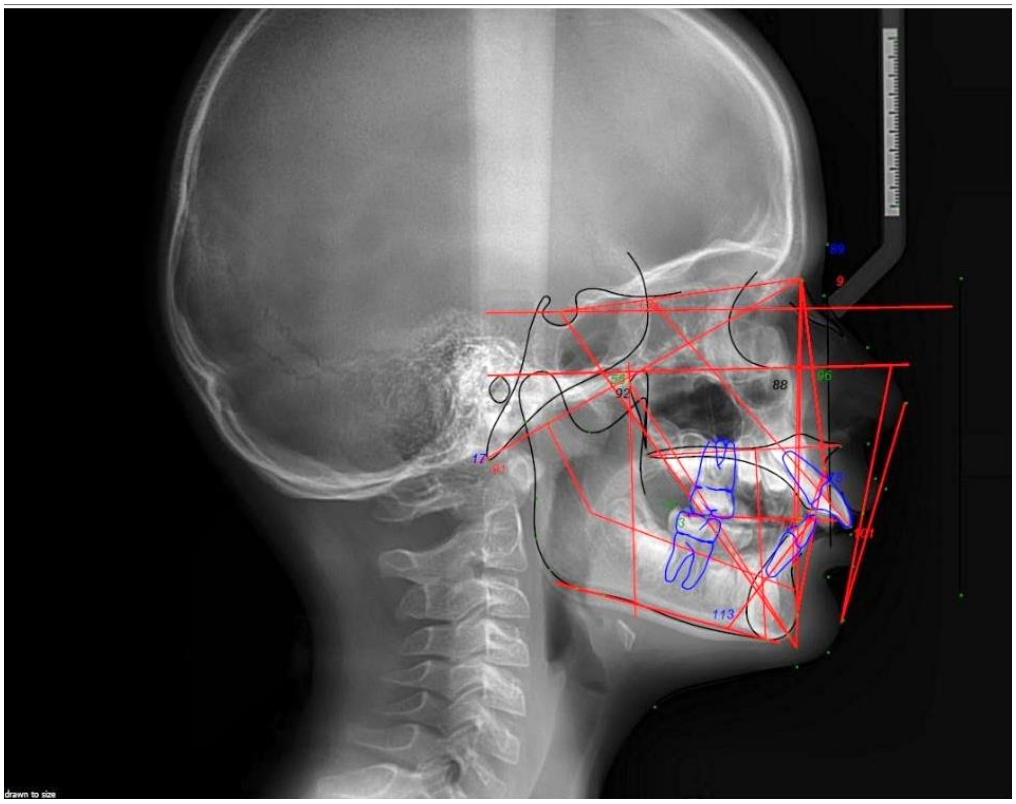


Figura 8.109. Trasee cefalometrice - analiza teleradiografiei de profil cu software-ul Dolphin®

- **Punctele cefalometrice**

Punctele cefalometrice pot fi localizate pe linia mediană sau paramedian (Figura 8.110) :
Nasion (N) – punctul cel mai anterior pe sutura fronto-nazală;
Sella (S) – mijlocul șeii turcești;
Porion (Po) – punctul cel mai superior al conductului auditiv extern;
Orbitale (Or) – cel mai decliv punct al marginii inferioare a orbitei;
Spina nazală anterioară (SNA) – punctul cel mai anterior al spinei nazale;
Spina nazală posterioară (SNP) – cel mai posterior punct al palatului dur;
Prostion (Pr) – punctul cel mai infero-anterior al arcadei alveolare superioare;
Punctul A – punctul cel mai posterior al concavității maxilarului;
Infradentale (Id) – punctul cel mai supero-anterior al arcadei alveolare inferioare;
Punctul B – punctul cel mai decliv al concavității simfizei mentoniere;
Pogonion (Pog) – punctul cel mai anterior al simfizei mentoniere;
Gnation (Gn) – cel mai antero-inferior punct al mentonului;
Gonion (Go) – punctul postero-inferior și lateral al unghiului mandibular;
Hioid (Hy) – muchia superioară a corpului hioidului. (1, 2, 4)

- **Planuri de referinţă în cefalometrie**

Pe baza punctelor cefalometrice se trasează planuri, cele mai importante sunt (Figura 8.111):
Planul cranial : S-N (Sella – Nasion);
Planul Frankfurt : Po-O (Porion – Orbitale);
Planul palatinal : SNA-SNB;

Planul mandibular : Go-Me;
Planul ocluzal: linia care bisectează ocluzia primilor molari și trece prin punctul de înjumătățire al overbite-ului sau a spațiului dintre incisivii centrali, în situațiile care prezintă ocluzie deschisă frontală. După Ricketts: linia care trece prin cât mai multe puncte de contact ale suprafeţelor ocluzale ale dinţilor superiori şi inferiori, ea reprezentând înjumătățirea lineară a curbei lui Spee;
Planul facial: N-Pog (Nasion – Pogonion);
AXA Y: S-Gn (Sella – Gnathion).

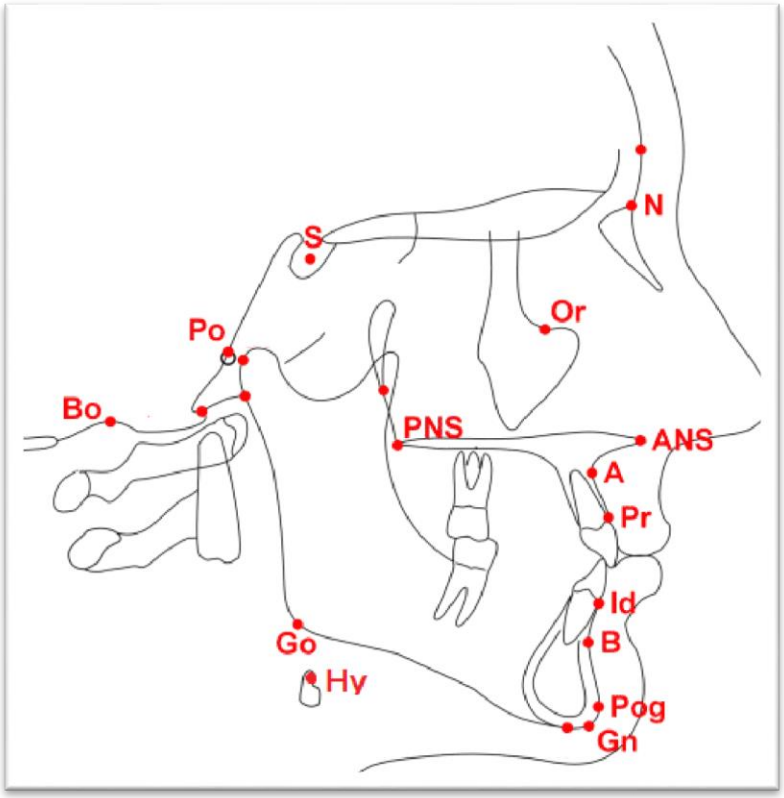


Figura 8.110. Reprezentarea schematică a principalelor puncte cefalometrice

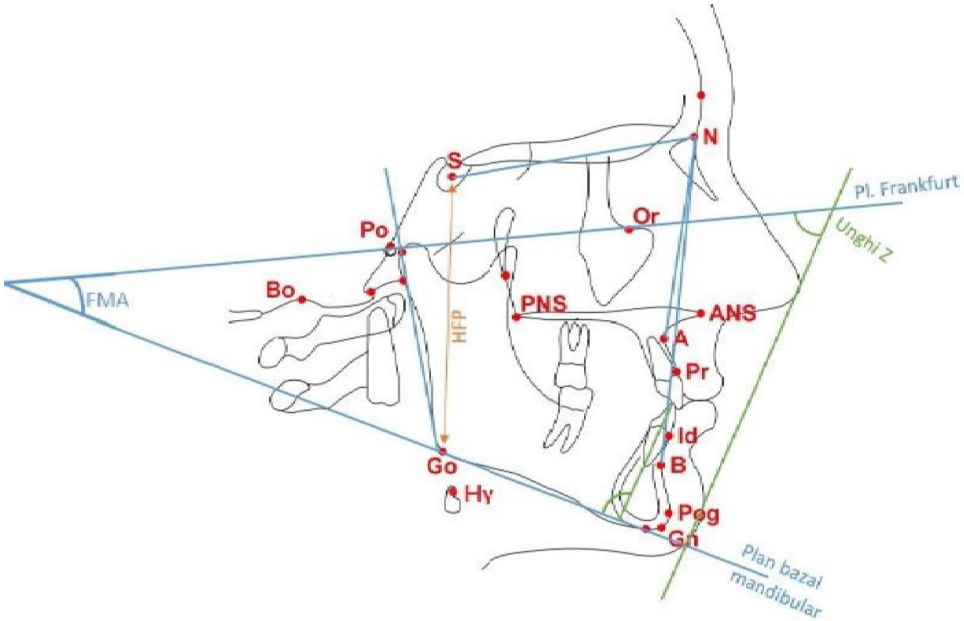


Figura 8.111. Reprezentarea schematică a principalelor planuri de referință

- **Metode de analiză cefalometrică**

Planurile astfel trasate permit măsurători liniare (distanța unui punct cefalometric față de un anumit reper) și măsurători angulare (relația unei structuri anatomice cu un reper cefalometric).

Au fost dezvoltate numeroase analize cefalometrice cu scopul de a stabili criterii şi standarde ce pot defini un ideal al proporţiilor faciale. Pe baza măsurătorilor lineare şi unghiulare putem determina poziţia verticală şi sagitală a maxilarelor faţă de baza craniului şi între ele, relaţia acestora cu structurile dentare, relaţiile interdentare şi evaluarea ţesuturilor moi.

Exemplificăm câteva analize cefalometrice, utilizate frecvent în activitatea practică.

Analiza lui Steiner

Planul de referință utilizat este Sella – Nasion (S-N).

Evaluează poziția maxilarului și a mandibulei în sens sagital, în raport cu baza craniului și unul față de celălalt.

SNA. Unghiul SNA evaluează poziția în plan sagital a maxilarului față de baza craniului. Valoarea normală este de 82° ± 2°.

Valori mai mari ale unghiului SNA se asociază cu prognatismul maxilar, iar valori mai mici ale unghiului SNA se asociază cu retrognatismul maxilar.

SNB. Unghiul SNB evaluează poziția în plan sagital a mandibulei față de baza craniului. Valoarea normală este de 80 ± 2°

Valori mai mari ale unghiului SNB se asociază cu prognatismul mandibular, iar valori mai mici ale unghiului SNB se asociază cu retrognatismul mandibular.

ANB. Unghiul ANB evaluează raportul în plan sagital al mandibulei față de maxilar, în relație cu baza craniului. Valoarea normală este de 2°.

Valori mai mari ale unghiului ANB se asociază cu clasa II scheletică, iar valori mai mici ale unghiului ANB se asociază cu clasa III scheletică.

Valori normale ale unghiurilor în analiza lui Steiner

SNA: 82° ± 2°
SNB: 80 ± 2°
ANB: 2°

Analiza Witts

Descrie poziţia relativă a maxilarului faţă de mandibulă în plan medio-sagital şi se obţine prin măsurarea distanţei dintre punctele de pe planul ocluzal rezultate în urma trasării a două perpendiculare pe planul ocluzal, emergente din punctele A respectiv B. Când punctul B este situat înaintea punctului A rezultă o valoare negativă.

Valorile numerice asociate relațiilor scheletale după WITTS sunt:
Relație Clasa I : +1 mm până la +2 mm
Relație Clasa II : +3 mm şi peste
Relație Clasa III : -2 mm şi mai puţin.

Analiza Tweed

La baza metodei de analiză este triunghiul lui TWEED format din intersecția următoarelor planuri:

Planul Frankfurt: Porion-Orbitale;

Planul mandibular: Gonion-Menton;

Axul incisivilor inferiori-trece prin marginea incizală şi prin apexul acestora.

În *triunghiul lui Tweed* se analizează unghiurile specifice:

Unghiul FMA. Permite aprecierea tipologiei scheletice în sens vertical. Valoarea normală : 25 ±3°

FMA în limitele normale, tiparul de creştere este normodivergent;

FMA este mai mare de 28°, tiparul de creştere este hiperdivergent;

FMA este mai mic de 22°, tiparul de creştere este hipodivergent.

Unghiul IMPA. Permite aprecierea situării incisivilor inferiori în raport cu baza osoasă. Valoarea medie a unghiului este de 88 ±2°.

IMPA mai mare de 90°, incisivii inferiori sunt înclinați spre vestibular;

IMPA mai mic de 86°, incisivii inferiori sunt înclinați spre oral.

Unghiul FMIA. Permite aprecierea situării incisivului mandibular în schema facială. Valoarea medie a unghiului este de 67 ±3°

FMIA mai mare de 70°, incisivii sunt înclinați spre oral;

FMIA mai mic de 64°, incisivii sunt înclinați spre vestibular.

Unghiul interincisiv

Exprimă angulația reciprocă dintre incisivii maxilari și mandibulari, independent de bazele osoase. Valoarea normală este de 130° ± 5°.

Valoare mai mare de 135°, incisivii sunt înclinați spre oral;

Valoare mai mică de 125°, incisivii sunt înclinați spre vestibular.

Valorile normale ale unghiurilor din analiza Tweed:

Unghiul FMA: 25 ±3°
Unghiul IMPA: 88 ±2°
Unghiul FMIA: 67 ±3°
Unghiul interincisiv: 130° ± 5°

Analiza Down

Analiza Downs utilizează planul Frankfurt ca plan de referință și descrie parametrii scheletali și dentari, dintre care cei mai importanți sunt:

Unghiul facial semnifică poziția antero-posterioară a mandibulei în relație cu partea superioară a feței, fiind format de intersecția liniei faciale (NPog) cu planul Frankfurt. Valoarea medie pentru acest unghi este de 87.8° (82°-95°).

Unghiul de convexitate este format prin intersecția liniei A- Pog cu linia N-A. Valoarea medie este de 0° (– 8.5° + 10°). Valorile negative sugerează un profil prognatic, iar valorile pozitive sunt asociate cu un profil retrognatic.

Unghiul planului A-B indică relația intermaxilară în concordanță cu planul facial și este unghiul format prin intersecția liniei N-Pog cu planul A-B. Valoarea medie este -4.6° (-9°-10°).

Axa - Y (axa de creștere) este reprezentată de unghiul antero-inferior al intersecției dintre linia S-Gn cu planul Frankfurt. Valoarea medie pentru acest unghi este de 59.4° (53°-66°).

Unghiul mandibular este format prin intersecția dintre planul Frankfurt și planul mandibular. Valoarea medie este de 21.9° (17°-28°).

Poziția incisivului maxilar este un parametru liniar rezultat prin măsurarea distanței dintre marginea incizală a incisivului central superior și linia A-Pog.

Valoarea medie a distanței este de 2,7 mm, minimum fiind de -1 mm și maximum de + 5 mm. Dacă marginea incizală este în fața liniei A-Pog atunci distanța are valoare pozitivă și se asociază cu o înclinație spre vestibular a incisivilor. Dacă marginea incizală este în spatele liniei A-Pog atunci valoarea va fi negativă, iar înclinația incisivilor va fi spre palatinal.

Valorile normale ale parametrilor măsurați în analiza Down:

Unghiul facial: 87.8° (82°-95°)
Unghiul de convexitate: 0° (– 8.5° + 10°)
Unghiul planului A-B: -4.6° (-9°-10°)
Axa – Y: 59.4° (53°-66°)
Unghiul mandibular: 21.9° (17°-28°)
Poziția incisivului maxilar: 2,7 mm (min -1 mm și max + 5 mm).

Valorile cefalometrice reprezintă linii ghid care trebuie coroborate cu examenul clinic, examenul funcțional, analiza modelelor de

studiu pentru a elabora un diagnostic corect și complex, precum și a obiectivelor și mijloacelor de tratament.

8.7.2.1. Standarde de calitate in radiografia cefalometrică

1. Pregătirea pacientului este adecvată
    a. Planul Frankfurt este perpendicular pe film
    b. Fără erori de poziţionare în planul sagital
    c. Fără erori de poziţionare în planul ocluzal
    d. Dinţii se găsesc în ocluzia naturală
    e. Buzele sunt relaxate
2. Fără erori de poziţionare a pacientului
    a. Fără erori de poziţionare antero-posterioare
    b. Fără erori de poziţionare pe planul sagital
    c. Fără erori de poziţionare în planul ocluzal
    d. Poziţionare exactă a canalului auditiv extern cu ajutorul unui dispozitiv de poziţionare.
3. Acoperirea anatomică este corectă
    a. Vizibilitatea tuturor punctelor de trasare cefalometrice cerute pentru analize.
    b. Vizibilitatea tuturor structurilor scheletice anterioare şi a ţesuturilor moi.
4. Calitatea imaginii radiologice este adecvată
    a. Densitatea şi contrastul imaginii radiologice sunt adecvate
    b. Nu există erori de developare
    c. Nu există erori de expunere
    d. Inscripţionarea filmului este adecvată.

Sumar

- radiografia panoramică oferă o imagine de ansamblu a arcadelor dentare şi a structurilor anatomice invecinate
- tubul radiogen generează un fascicul de radiaţii X, orientat cu o uşoară angulaţie cranială, iar colimarea fasciculului de radiaţii are forma unei fante liniare
- generatorul de radiaţii X descrie o mişcare rotaţională, semicirculară, în jurul capului pacientului, deplasând-se în cursul unei expuneri radiologice de la o articulaţie temporo-mandibulară la cea din partea opusă
- detectorii digitali utilizaţi în radiografia panoramică pot fi de două tipuri: flat-panel (FP) şi intensificatori de imagine de tip CCD
- echipamentele radiologice panoramice dispun de un plan focal şi doar structurile care se găsesc situate în planul focal al aparatului vor fi redate clar pe radiografie
- etapele realizării unei radiografii panoramice sunt foarte importante în vederea obţinerii unei imagini radiologice lipsite de erori şi utile în diagnostic
- radiografia panoramică este o examinare radiologică cu numeroase indicaţii în ortondonţie şi chirurgie maxilo-facială
- radiografia cefalometrică este frecvent utilizată în ortodonţie pentru analiza discrepanţelor dentare şi scheletale.
- interpretarea radiografiei cefalometrice este făcută în general de medicul ortodont şi implică realizarea şi interpretarea măsurătorilor cefalometice.
- măsurătorile cefalometrice sunt efectuate manual sau automat, cu ajutorul unor programe specializate de analiză cefalometrică.

Referințe

Bahaziq A, Jadu FM, Jan AM, Baghdady M, Feteih RM. A Comparative Study of the Examination Pattern of Panoramic Radiographs Using Eye-tracking Software. J Contemp Dent Pract. 2019 Dec 1;20(12):1436-1441.

Celik E, Polat-Ozsoy O, Toygar Memikoglu TU. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. Eur J Orthod. 2009 Jun;31:241-6.

Durao AP, Morosolli A, Pittayapat P, Bolstad N, Ferreira AP, Jacobs R. Cephalometric landmark variability among orthodontists and dentomaxillofacial radiologists: a comparative study. Imaging Sci Dent. 2015 Dec;45(4):213-20.

Fabian Huettig and Detlef Axmann Reporting of dental status from full-arch radiographs: Descriptive analysis and methodological aspects World J Clin Cases. 2014 Oct 16; 2(10): 552–564.

Hardt CR, Gröndahl K, Lekholm U, Wennström JL. Outcome of implant therapy in relation to experienced loss of periodontal bone support: a retrospective 5- year study. Clin Oral Implants Res 2002; 13: 488-494

Jeon KJ, Han SS, Lee C, Choi YJ, Jung HI, Kim YH. Application of panoramic radiography with a multilayer imaging program for detecting proximal caries: a preliminary clinical study. Dentomaxillofac Radiol. 2020 May 4:20190467

Konen E1, Faibel M, Kleinbaum Y, Wolf M, Lusky A, Hoffman C, Eyal A, Tadmor R.

The value of the occipitomental (Waters') view in diagnosis of sinusitis: a comparative study with computed tomography. Clin Radiol. 2000 Nov;55(11):856-60.

Lindhe J. Clinical Periodontology and Implant Dentistry. Copenhagen: Munksgaard, 1998 35 Nyman S, Lindhe J. Examination of patients with periodontal disease. In: Lindhe J, Karring T, Lang NP, editors. Clinical Periodontology and Implant Dentistry. Copenhagen: Munksgaard, 2003: 403-413

Nardi C, Vignoli C, Pietragalla M, Tonelli P, Calistri L, Franchi L, Preda L, Colagrande S. Imaging of mandibular fractures: a pictorial review. Insights Imaging. 2020 Feb 19;11(1):30

Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. Endod Dent Traumatol 1986; 2: 20-34

Patel PS, Shah JS, Dudhia BB, Butala PB, Jani YV, Macwan RS. Comparison of panoramic radiograph and cone beam computed tomography findings for impacted mandibular third molar root and inferior alveolar nerve canal relation. Indian J Dent Res. 2020 Jan-Feb;31(1):91-102.

Peltola JS, Ventä I, Haahtela S, Lakoma A, Ylipaavalniemi P, Turtola L. Dental and oral radiographic findings in first-year university students in 1982 and 2002 in Helsinki, Finland. Acta Odontol Scand 2006; 64: 42-46

Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary Orthodontics. 5th edition. St Louis: Editura Elsevier; 2012; p. 127 – 133.

Sarika GUPTA, Neelkant PATIL, Jitender SOLANKI, Ravinder SINGH, and Sanjeev LALLER Oral Implant Imaging: A Review Malays J Med Sci. 2015 May-Jun; 22(3): 7–17.

Soikkonen K, Ainamo A, Wolf J, Xie Q, Tilvis R, Valvanne J,Erkinjuntti T. Radiographic findings in the jaws of clinically edentulous old people living at home in Helsinki, Finland. Acta Odontol Scand 1994; 52: 229-233

Szalma J, Vajta L, Lovász BV, Kiss C, Soós B, Lempel E. Identification of Specific Panoramic High-Risk Signs in Impacted Third Molar Cases in Which Cone Beam Computed Tomography Changes the Treatment Decision. J Oral Maxillofac Surg. 2020 Mar 20. pii: S0278-2391(20)30305-0.

Szuhanek C, Schiller E, Grigore A, Popa A. Ghid de ortodonție. Timişoara: Editura Victor Babeş; 2019. p. 38-69.

Țărmure V., Şerbănescu A., Elemente de diagnostic și tratament în ortodonție, Cluj-Napoca: 2017. p. 61-69.

Uysal T., Baysal A., Yagci A. – Evaluation of speed, repetability, and reproducibility digital radiography with manual versus computer-assisted cephalometric analyses. Eur J Orthod 2009; 31:523-528;

Wright JM, Vered M. Update from the 4th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumours: Odontogenic and Maxillofacial Bone Tumors. Head Neck Pathol. 2017 Mar;11(1):68-77.

Yeung AWK, Mozos I. The Innovative and Sustainable Use of Dental Panoramic Radiographs for the Detection of Osteoporosis. Int J Environ Res Public Health. 2020 Apr 3;17(7)

Teste recapitulative

1) Ce este planul focal?
2) Care sunt dezvantajele radiografiei panoramice?
3) Care sunt criteriile poziţionării pacientului la ortopantomograf?
4) Ce este o imagine fantomă?
5) În cazul unei radiografii panoramice, aspectul asimetric al ramurilor ascendente mandibulare poate fi un indiciu important în depistarea unei patologii?
6) Ce ştiţi despre netitatea radiografiei panoramice?
7) În ce situaţii este indicată radiografia panoramică în implantologie?
8) În cazul în care suspectaţi o sinuzită maxilară cronică, ce tip de examinare radiologică aţi indica?
9) Care sunt caracteristicile imagistice ale unei formaţiuni tumorale osoase benigne ?
10) Ce informaţii ne aduce radiografia panoramică în cazul molarilor de minte incluşi?

Capitolul 9
Examinarea CBCT. Noțiuni de tehnică și aplicații

Autor: Raluca Roman

Cuprins

9.1. Caracteristicile generale ale examinării CBCT
9.1.1. Considerentele tehnice ale echipamentului
9.1.2. Câmpul de expunere, FOV
9.2. Imaginea CBCT
9.2.1 Formarea imaginii CBCT
9.2.2 Redarea imaginii CBCT. Reconstrucții
9.2.3 Calitatea imaginii CBCT
9.3. Artefacte în CBCT
9.4. Tehnica de efectuare a examinării CBCT
9.5. Erori de efectuare a expunerilor CBCT. Standarde de calitate ale imaginii CBCT
9.6. Aplicaţiile CBCT în medicina dentară
9.7. Noţiuni de dozimetrie în examinarea CBCT. Criterii de selecție

Obiective

1. Principiile de bază ale examinării CBCT
2. Caracteristicile sistemelor CBCT
3. Tipurile de scanare şi selectarea acestora în funcţie de diagnostic
4. Modalităţile de vizualizare ale imaginilor CBCT
5. Reconstrucţiile individualizate
6. Calitatea imaginii CBCT
7. Artefacte posibile întâlnite în examinările CBCT
8. Tehnica de efectuare a examinării CBCT
9. Aplicațiile tehnicii în medicina dentară
10. Noţiuni de dozimetrie CBCT

Termeni cheie

algoritm de reconstructie
artefacte
DICOM
fascicul conic
gantry
maximum intensity projection
minimum intensity projection
pixel
rezolutie
Scout
voxel

9.1. Caracteristicile generale ale examinării CBCT

Cone beam computer tomografia (CBCT), numită şi computer tomografie volumetrică dentară, este o explorare imagistică tri-dimensională derivată din computer tomografia clasică (CT), care utilizează radiaţiile X ca mod de formare a imaginii radiologice. Iniţial a fost gândită pentru alte domenii medicale (domeniului angiografiei, ortopedic), dar ulterior ea a fost

implementată şi în imagistica oncologică, radioterapie şi în radiodiagnosticul dentar.

La începutul secolului XXI, examinarea CBCT îşi consolidează pe deplin locul în imagistica dentară, fiind un instrument important nu doar în radiodiagnostic ci şi în chirurgia ghidată şi realizarea modelelor anatomice tridimensionale, cu diferite aplicaţii în medicina dentară digitală. Dezvoltarea de software-uri de îmbunătăţire a imaginii, de eliminare a artefactelor, de echipamente cu utilizare a unor parametri de expunere mult mai reduşi comparativ cu cei din CT, a făcut ca această tehnică să fie folosită pe scară largă în dignosticul dento-maxilo-facial.

Printre avantajele majore ale tehnicii este că poate produce extrem de rapid, cu iradiere minimă şi cu echipamente compacte, de dimensiuni relativ reduse, o imagine completă, tridimensională, a oaselor maxilare şi a dentiţiei. Acurateţea geometrică a datelor face ca această tehnică să surmonteze distorsionările de imagine caracteristice radiografiilor clasice sau ortopantomografiei, oferind posibilitatea individualizării reconstruirii imaginilor, în funţie de necesităţi.

După cum îi spune şi numele, CBCT este o examinare cu fascicul conic, diferit de cel liniar îngust, folosit în computer-tomografia clasică, lucru care permite obţinerea întregului volum de date la o singură expunere a regiunii scanate.

Există însă şi dezavantaje, unul dintre cele mai pregnante fiind vizualizarea doar a ţesuturilor dure, deci insuficienta evaluare a structurilor moi din regiunea maxilo-facială.

Avantajele CBCT

- echipament compact, de dimensiuni reduse, foarte uşor de utilizat
- iradiere redusă, achiziţie rapidă
- imagine tridimensională a arcadelor dentare
- posibilitate de adaptare a FOV-ului la dimensiunea regiunii de interes
- reconstruiri panoramice ale arcadelor
- reconstruiri multiplanare non-ortogonale, interactive, individualizate
- reconstruiri specifice pentru orbită, sinusuri, ATM
- imagini de tip cross-section pentru planning implantar
- constitue baza imagistică pentru planningul chirurgical în implantologie, ortodonţie, chirurgie ortognatică

Dezavantajele CBCT

- rezoluţia de contrast redusă - nediferenţierea structurilor ţesuturilor moi
- prezenţa artefactelor
- acurateţe limitată a valorilor UH specifice pentru cuantificarea densităţii osoase
- zgomot crescut la scanări cu FOV mic
- iradiere crescută faţă de expunerile 2D intraorale şi panoramice

9.1.1. Considerente tehnice ale echipamentului

Ambele tehnici de computer tomografie, CT şi CBCT, folosesc ca mod de obţinere a imaginilor, informaţia dată de atenuarea unui fascicul de radiaţii X la trecerea acestuia prin ţesuturi, unde este parţial absorbit. Diferenţierea faţă de radiografia clasică, care reprezintă tot o hartă a atenuării fasciculului în obiect, constă printre altele, în numărul de pasaje, deci de achiziţii primare, obţinute la mişcarea sincronă

a cuplurilor tub-detector în jurul obiectului, şi în modul de combinare, prin algoritmi informatici, a setului de date imagistice 2D.

Aparatele CBCT sunt compuse din sursa de radiaţii X (tub Röntgen) cu toate caracteristicile cunoscute (capitolul 2) şi din detectori digitali ai radiaţiei. Diferenţa majoră între cele două tehnici tomografice, CT respectiv CBCT, porneşte de la construcţia de bază a echipamentului.

În **computer tomografia clasică**, în funcţie de generaţia aparatului, acesta constă într-un dispozitiv de dimeniuni mari, în formă de inel, numit gantry, care conţine un număr variabil de surse de radiaţii şi de detectori, dispuşi în aliniament, sub forma unui inel parţial sau complet. Cuplul sursă-detectori execută mişcări de rotaţie în jurul segmentului de examinat, în timp ce masa de examinare pe care se găseşte plasat pacientul, glisează în interiorul gantry-ului. Datorită numărului mare de detectori, echipamentele mai poartă numele de multidetector computer tomography, MDCT.

Fasciculul de radiaţii în examinarea CT este de tip evantai, îngust, iar secţiunile obţinute sunt transversale (axiale), perpendiculare pe axul longitudinal al segmentului scanat. Regimul de expunere este unul ridicat, în general pentru scanarea regiunii cefalice utilizându-se un regim de expunere cu tensiune de 120 kV şi o intensitate a curentului ce diferă de la un echipament la altul (în funcţie de numărul de canale), cu valori ce pot varia de la 140-400 mAs, sau chiar mai mari (Figura 9.1).

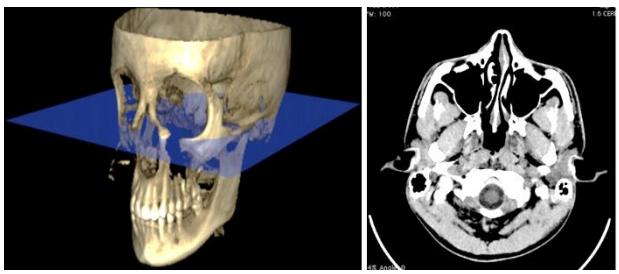


Figura 9.1. Reprezentare schematică a modului de obţinere a secţiunilor în CT

Comparativ cu examinarea CT, **echipamentul CBCT** foloseşte un fascicul de radiaţii X cu geometrie conică, mai larg, provenit de la o sursă unică de radiatii X, cu o frecvenţă relativ joasă, tensiunea în tub fiind similară ortopantomografiei, cuprinsă între 80-120 kV. Intensitatea curentului la filamentul catodic este foarte redusă, cuprinsă între 5 şi 12 mA, ceea ce oferă un regim de iradiere scăzut. Detectorul digital în CBCT este unul cu suprafaţă mai largă faţă de detectorii din CT clasică.

În cursul examinării CBCT, cuplul tub-detector efectuează, o rotaţie completă, de 360^0, în jurul axului longitudinal al capului pacientului, cu expunere efectivă de 180^0 de grade. Datorită conicităţii fasciculului şi a suprafeţei largi a detectorului digital, se obţine un volum de informaţie complet al segmentului cranian examinat (Figura 9.2).

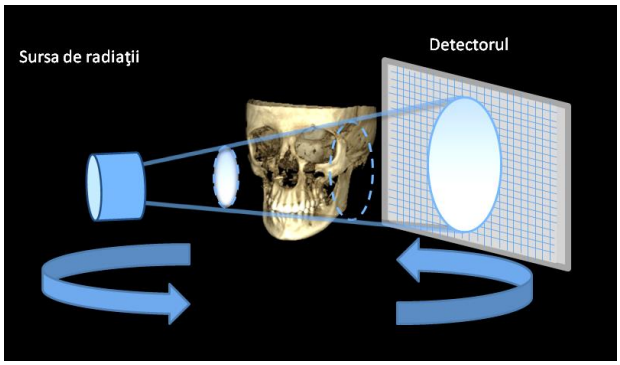


Figura 9.2. Reprezentare schematică a geometriei conice a fasciculului în CBCT şi mişcarea sincronă a cuplului tub-detector

În timpul rotaţiei, expunerea nu este continuă, existând mai multe cicluri expunere-captare a semnalului, sacadate, la trecerea pe circumferinţa de rotaţie. Detectorul recepţionează astfel, în mod gradual, atenuarea specifică a fasciculului de radiaţie la fiecare pasaj, în diferite puncte, sub forma unui set de date primare, de bază. Informaţia este transmisă computerului în timp real. La o examinare completă, cele câteva sute de astfel de seturi de imagini bidimensionale, sunt integrate digital de computerul echipamentului, redându-se în final

atenuarea caracteristică fiecărui mic element absorbant din volum.

Elementul de volum scanat poartă numele de „**voxel**" şi defineşte cel mai mic volum cu atenuare specifică din segmentul examinat, căruia i se atribuie un **pixel** de imagine digitală. Termenul provine din asocierea de termeni volume-pixel, sau pixel oferit unui volum.

Intermitenţa expunerii, cu existenţa unor spaţieri în timp, duce la o reducere a producerii de căldură în aparat, şi deci, la o necesitate mai mică de echipamente de răcire în construcţia echipamentului. Expunerea intermitentă are şi un rol important în reducerea efectivă a iradierii per expunere, cu opţiuni de reducere suplimentară a iradierii în cazuri speciale (de exemplu la copii). În interiorul sistemului tub-detector, capul pacientului rămâne imobilizat în aceeaşi poziţie, pe întreg parcursul expunerii.

Regimul de expunere, în termeni de kV şi mA, poate fi ales manual, în funcție de segmentul examinat, vârsta pacientului, patologia examinată şi regiunea de interes. Optimizarea protocolului de expunere este o etapă importantă în realizarea examinării, şi face parte din programele de asigurare a calităţii în radiodiagnosticul dentar (capitolul 13). Parametrii de expunere pot fi setaţi şi în mod automat de către aparat, după achiziționarea imaginii de tip scout, pre-expunere.

Tipurile de detectori ale echipamentelor CBCT

Detectorii în CBCT sunt de 2 tipuri, CCD și Flat-panel. Caracteristicile acestora sunt redate în tabelul 9.1 în mod comparativ.

1. **Detectorii CCD (charged coupled device)** - au fost primii utilizați în componența aparatelor CBCT. Sunt detectori care au în construcție ca element de scintilație oxisulfidul de Gadoliniu și un intensificator de imagine.

2. **Detectorii tip Flat-panel -** fac parte din generația mai nouă și preferabilă în construcția aparatelor datorită avantajelor pe care le prezintă. Sunt compuși din fosfodiode pe o placă siliconică, având ca element de scintilație iodura de cesiu.

În tabelul 9.2 sunt redate comparativ caracteristicile de bază ale echipamentelor CBCT, respectiv CT și diferențele dintre acestea.

9.1.2. Câmpul de expunere. FOV

Unul dintre elementele de bază pentru înţelegerea tehnicii examinării CBCT, este câmpul de expunere, așa numitul field of view (FOV). Acesta reprezintă aria de interes care va fi acoperită în cursul scanării, și se setează la debutul examinării, în funcție de indicația de diagnostic. Dimensiunea FOV-ului va influența gradul de iradiere a pacientului, dar și rezoluția imaginilor. Unul din marele avantaje ale examenului CBCT față de MDCT este posibilitatea de a ajusta FOV-ul doar la regiunea de interes. Limitarea FOV-ului în mod intrinsec constă în reducere prin colimare mecanică plumbată sau electronică, cu eliminarea datelor primare captate de detector din periferia regiunii de interes. Echipamentul efectuează aceeaşi cursă în jurul capului pacientului, însă se aliniază astfel încât segmentul de examinat să fie ajustat în centrul aliniamentului sursă-detector, iar fasciculul este colimat la dimeniunea setată.

În examinarile CBCT, FOV-ul este în strânsă legătură cu dimensiunea detectorului, astfel încât tipurile de FOV sunt proprii fiecărui aparat. Figura 9.3 exemplifică diferitele dimensiuni ale FOV-ului și suprafața acoperită de câmpul de expunere.

Tabelul 9.1. Detectorii utilizați în CBCT

Caracteristici comparative	detector CCD	detector Flat-panel
element de scintilație	oxisulfid de Gd	CsI:T1
distorsiunea periferică a imaginii	crescută	redusă
rezoluție spațială	crescută	bună
rezoluție de contrast	mai scăzută	crescută
zgomotul imaginii	crescut	redus
acurateţe măsuratori	mai scazută	crescută
doza de iradiere	mai scăzută	mai crescută

Tabelul 9.2. Caracteristicile sistemelor CBCT şi CT în mod comparativ

Caracteristica	CBCT	CT
tipului fasciculului	conic	liniar, evantai
geometria achiziţiei	volumetrică 3D	secvenţială sau spirală
tip de reconstrucţii	planuri standard, 3D, multiplanare individualizate	3D, planuri standard
rotaţii	una, maxim 2 la FOV larg	multiple
iradiere	redusă (extra-opţiuni low-dose)	mare (există opţiuni low –dose însă rămân la un nivel mai mare decît în CBCT)
detector	flat-panel de silicon amorf CCD	rânduri multiple (8,64,128,256) de detectori SSD (1000-2000 de solid state detectors)
dimensiune aparat	reduse, sistem compact	mari
poziţia pacientului	șezut, ortostatism (există și sistem cu decubit dorsal)	decubit dorsal
fereastra de țesut	fereastră osoasă	ferestre pentru diferite țesuturi

Examinările CBCT pot fi clasificate în funcție de dimensiunea FOV-ului astfel:

1. CBCT de regiune dento-alveolară (FOV foarte mic, 5-6 cm sau mai mic) utilizabil și pentru articulaţia temporo-mandibulară;
2. CBCT pentru o arcadă, maxilară sau mandibulară (FOV mic, 5-7 cm), când informaţiile vizează un segment mai larg.
3. CBCT bimaxilar, (FOV mediu, 8-12 cm) care cuprinde mandibula şi maxilarul superior, până la nivelul cornetelor inferioare nazale
4. CBCT maxilo-facial (FOV larg 12-15 cm), cu extinderea câmpului de expunere până la nasion;
5. CBCT cranio-facial (FOV extralarg, dimensiune peste 15-25 cm) cuprinde întreg craniul, obținut prin computerizarea a 2 rotații-expuneri combinate, de FOV larg. Este utilizat în chirurgia maxilo-facială.

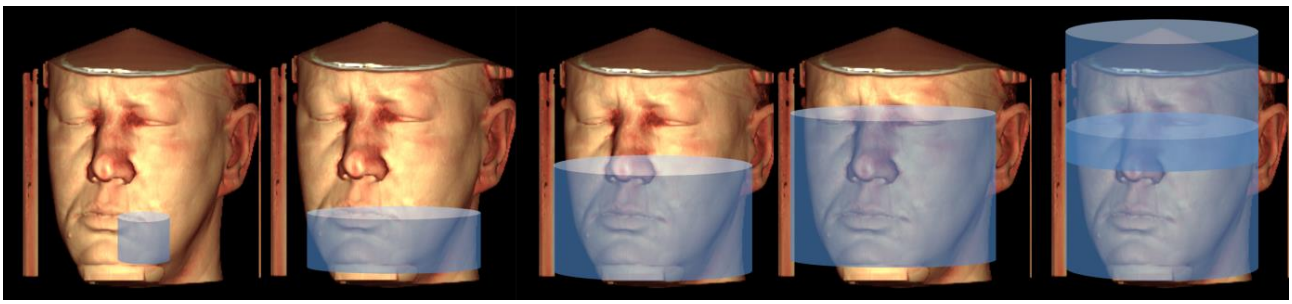


Figura 9.3. Reprezentare schematizată a acoperirii în suprafață a diferitelor câmpuri de expunere (FOV) utilizate în CBCT

În funcție de lărgimea FOV-ului sau de tipul de examinare CBCT ales din cele redate mai sus, iradierea rezultată va fi mai mică sau mai mare. Ea variază între 189-600 mSV pentru FOV mic şi ajunge până la 1800 mSv sau chiar mai mult, în cazul expunerilor cu un FOV mare.

Dimensiunea FOV-ului va influența și rezoluția imaginii, volumul de date achiziționat fiind atribuit unei matrici a computerului standard. Cu cât volumul de date este mai mic (FOV mic), matricea computerului (și alocarea nivelelor de gri pe pixelii de imagine) va fi distribuită unor elemente de dimensiuni mai mici din segmentul examinat, deci unor diferențe de atenuare mai mici. Odată cu creșterea FOV-ului, distribuirea matricii se va face la elemente din volum (voxeli) mai mari, cu scăderea rezoluției spațiale.

9.2. Imaginea CBCT

Cone beam computer tomografia, fiind o examinare tridimensională, redă volume. Rezoluția imaginii CBCT, și deci capacitatea de a distinge detalii, este determinată de elementul individual din volumul de date, numit **voxel** și de dimensiunea acestuia.

Voxelul este cel mai mic element de volum, ce poate fi distins pe o imagine tridimensională. Așa cum a fost menționat și mai sus, termenul provine din alăturarea termenilor volume-pixel.

În examinarea **MDCT** convenţională, voxelul are formă de paralelipiped dreptunghic non-izotrop, cea mai mare dimensiune a lui fiind grosimea secţiunii axiale. Deşi suprafața voxelului poate fi de până la 0,625 mm², adâncimea este de obicei de ordinul a 1-2 mm, aceasta fiind dată de grosimea secțiunii.

În examinarea **CBCT**, voxelul este izotrop, de formă cubică, având lungimi egale în toate cele trei dimensiuni. Acest lucru produce o rezoluţie mult mai mare decât în cazul CT-ului convenţional, la dimensiuni foarte reduse, şi permite reconstruiri ale imaginii, în multiple planuri. Dimensiunea voxelului depinde în mod esențial de dimensiunea pixelului pe aria detectorului, deci de rezoluția acestuia. În CBCT intervalul de dimensiuni posibile ale voxelului variază de la aparat la aparat, cu valori între 0,07 şi 0,4 mm. Cu cât este mai mic voxelul cu atât rezoluția spațială a imaginii va fi mai mare (Figura 9.4).

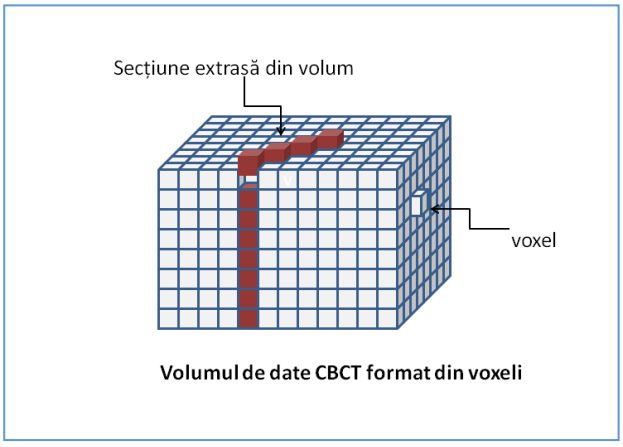


Figura 9.4. Reprezentare grafică a volumului de voxeli obținut la expunerea CBCT și reconstruirea prin extragere a unei secvențe de date din volum

9.2.1. Formarea imaginii CBCT

La nivelul detectorului de imagine, informația percepută este sub forma fotonilor de radiaţie care au efectuat pasajul prin segmentul examinat, deci detectorul va percepe indirect atenuarea fasciculul de radiații. Fiecare element de la nivelul detectorului va transmite computerului un grad de atenuare pe fiecare traseu, deci o sumă a atenuării unui element cubic din segmentul examinat, care va cuprinde mai multe țesuturi. La fiecare rotaţie a aparatului se generează între 100 şi 600 de proiecţii 2D, fiecare cu sute de mii de pixeli de date. Computerul va utiliza un algoritm de calculare matematică, identic cu cel folosit de aparatele de tip computer-tomograf, pentru a combina aceste date şi a atribui fiecărui voxel din volumul 3D de date creat, corespondent unui mic volum de pe traseu, o valoare de atenuare specifică. Computerul va converti apoi valorile atenuării fiecărui voxel, în nivele de gri corespondente.

În metoda matematică iterativă de calcul şi reconstrucţie a imaginii se folosesc o serie de parametri importanţi ai aparatului respectiv și ai examinării efectuate (FOV, spot focal, spectrul conului de radiaţii, variabilitatea fotonilor, gradul de împrăştiere şi geometria detectorului).

După un interval de timp, de la câteva secunde până la 2-5 minute, imaginea volumului achiziționat este redată pe display-ul computerului, în mod specific fiecărui producător sau software de redare interactivă a imaginilor CBCT.

Algoritmii de reconstrucţie computaţională a datelor primare achiziționate pot fi diferiţi, în funcţie de echipamentul CBCT, şi stau la baza formării volumului tridimensional de date. Cel mai utilizat şi primul introdus este algoritmul Feldkamp, căruia i-au urmat algoritmi mai avansaţi, de îmbunătăţire a imaginii, cu reducerea artefactelor şi a distorsionărilor de imagine.

Algoritm Feldkamp
- Primul introdus în practică
- Uşor de implementat
- Acurateţe crescută pentru regiunile centrale ale imaginii
- Distorsiune crescută în regiunile periferice în plan transversal (axial)
- Rezoluţie scazută la periferie în plan longitudinal

Metoda de reconstrucţie iterativă
- Metodă recent introdusă
- Reducerea artefactelor
- Distorsiune redusă inclusiv în zonele periferice
- Necesită calculatoare performante pentru analiza datelor

9.2.2. Redarea imaginii CBCT

Chiar dacă sunt implementate în practică un număr foarte mare de aparate CBCT, fiecare cu software-ul său specific de explorare a datelor, fereastra redată pe displayul calculatorului conține, în mod standardizat, imagini clasice în cele trei planuri ortogonale, coronal, axial și sagital, în seturi de secţiuni bi-dimensionale continue (Figura 9.5). Aceste imagini sunt setate la o grosime standard pentru fiecare aparat, de cele mai multe ori la dimensiunea voxelului.

Secțiunile de referință în CBCT sunt:
1. secțiunile standard CBCT – sunt cele în plan coronal, sagital și axial
2. reconstrucțiile panoramice
3. reconstrucțiile „cross-section” - perpendiculare pe axul trasat individual
4. imaginile 3D , cu diferite opțiuni de vizualizare a părților moi și a structurilor osoase

La acestea se adaugă orice modalități de reconstruire non-ortogonală, dedicate diferitelor structuri de evaluat, în general efectuate din

opțiunile de cross-section, pe un traseu stabilit prin structura dorită.

Posibilităţi de reconstrucţie non-ortogonală în CBCT

1. secțiuni pentru orbită
2. secțiuni pentru ATM
3. secțiuni pentru sinusuri
4. secțiuni individualizate în traumatisme, leziuni osoase etc.

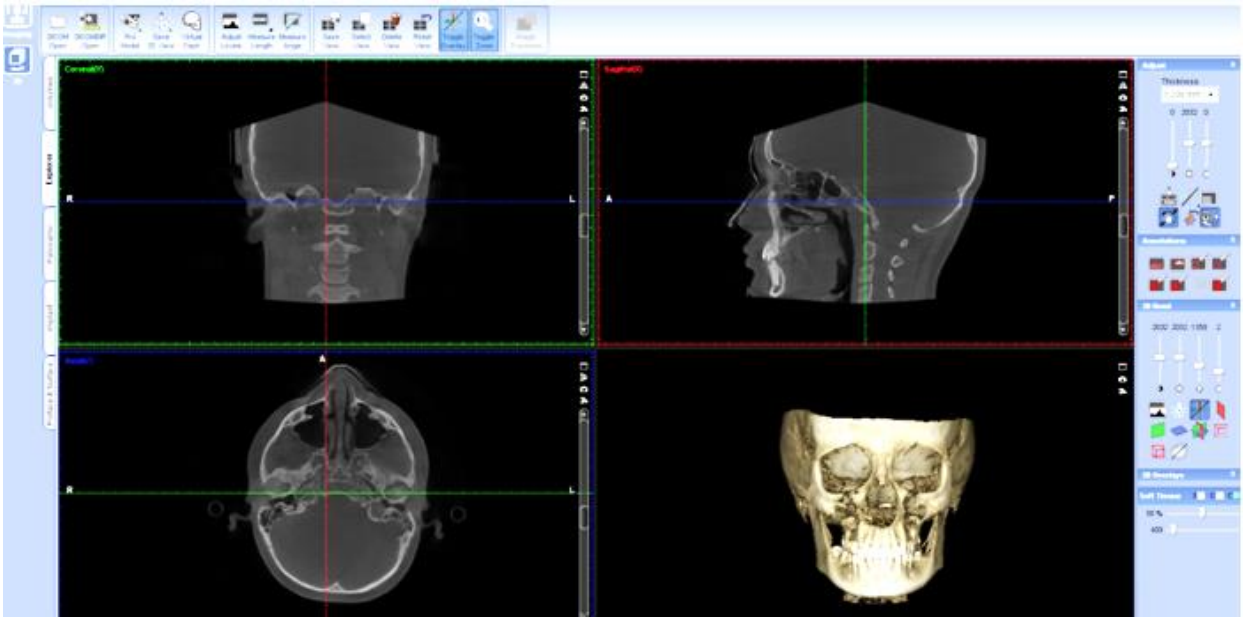


Figura 9.5. Afișajul pentru explorarea de bază a unui CBCT Planmeca în cele 3 planuri standard, și rendering 3D MIP

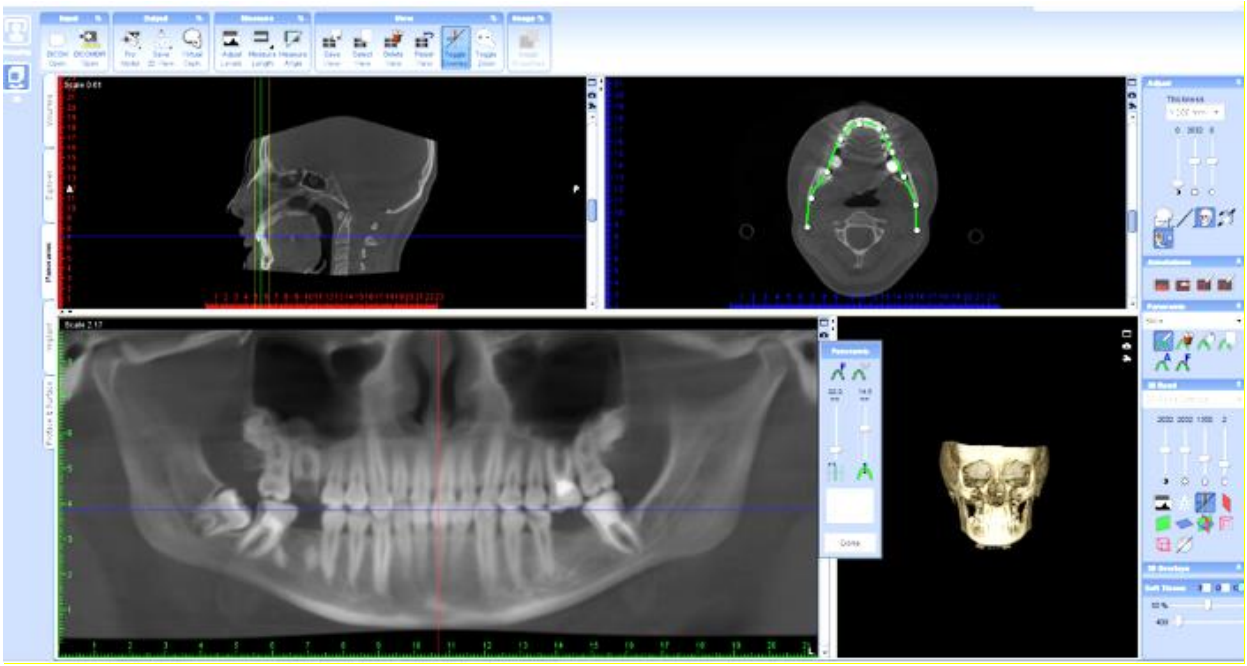


Figura 9.6. Redarea unei imagini panoramice din volumul de date, după un traseu individualizat, efectuat pe secțiunea axială, cu setarea grosimii acestuia la 14 mm, pentru a cuprinde ambele arcade. Traseul vizibil pe secțiunea axială se află în mijlocul celor 14 mm grosime

Datorită naturii izotropice a voxelului, software-ul echipamentului CBCT permite obţinerea de secţiuni individualizate, multiplanare non-ortogonale. Aceste secţiuni fie sunt afişate de computer prin randarea atenuărilor maximale detectate (de exemplu redarea unei reconstrucţii panoramice în funcţie de structura osoasă mandibulară), fie se realizează manual, de către fiecare examinator. Practic, există o infinitate de modalităţi şi de planuri de recontrucţie posibile în CBCT, aceste imagini fiind construite în funcţie de structura anatomică sau patologia clinică examinată.

Calculatorul va extrage valorile de atenuare ale voxelilor din volumul de date primare și va etala o imagine bidimensională corespunzătoare traseului setat, făcând o medie aritmetică a atenuărilor voxelilor vecini prezenți în grosimea secvenței. În figura 9.6 este exemplificată redarea unei imagini panoramice din volumul de date, după un traseu individualizat, efectuat pe mijlocul crestei alveolare mandibulare de pe secțiunea CBCT axială. Calculatorul generează un set de reconstrucţii panoramice corespunzătoare curbei trasate manual, din care s-a ales redarea unei imagini cu o grosime mare a planului de reconstrucţie (dimensiune 14 mm), pentru a cuprinde în imagine, ambele arcade dentare.

Este important de reținut că, toate tipurile de reconstrucții reprezintă extragerea, din volumul de date primar (din cubul de voxeli), a unui set de valori de atenuare, pe traseul efectuat pe imaginea axială, cu alegerea unei anumite grosimi (care poate fi de un voxel grosime sau mai mulți).

Dacă secțiunea are o grosime mai mare decât dimensiunea unui voxel (de exemplu grosimea a doi sau mai mulți voxeli), imaginea redată va prezenta ca densitate o medie aritmetică a atenuărilor voxelilor adiacenți, cuprinși în grosimea de reconstrucția setată. Această caracteristică a imagisticii secționale poartă numele de **volum parţial**, și poate interveni în diagnostic. De exemplu, în cazul unei secţiuni cu grosime crescută, o structură subţire, cum este peretele sinusului maxilar, poate fi redată ca discontinuă, datorită sumării parţiale a aerului situat intrasinusal şi a ţesutului moale din vecinătate, care sunt cuprinse în grosimea seţiunii. Acelaşi lucru se poate petrece când se doreşte evaluarea unei posibile rizalize produsă de un canin inclus asupra incisivului lateral. Dacă nu se realizează secţiuni extrem de fine, structurile se pot suma, neputându-se face diferenţierea contururilor.

Această medie aritmetică a atenuării nu reprezintă valoarea reală a structurii vizualizate, și cu cât secțiunea este mai groasă, cu atât media aritmetică a atenuării se va efectua din mai mulți voxeli, scăzând definirea individuală a unor structuri fine, deci scăzând rezoluția imaginii.

- **Secţiunile CBCT standard**

Secţiunile standard, comune fiecărui echipament, sunt date de redarea volumului în plan coronal, sagital și axial. Acestea sunt redări bidimensionale în secţiuni continue a întregului volum de date (Figura 9.5). Se pot efectua setări suplimentare, din bara de unelte, aşa cum se poate vedea în figurile 9.7, 9.8 şi 9.9, alegând diferite valori de grosime a secţiunilor, dimensiune a spaţiului dintre secţiuni, precum şi modul de redare a uneia sau mai multor imagini consecutive din setul de secţiuni pe aceeaşi fereastră de vizualizare. Redarea mai multor imagini este de obicei utilizată atunci când se doreşte printarea pe film a examinării.

a. Secţiunea coronală redă imagini bidimensionale în planul frontal al capului, perpendicular pe planul orizontal, oferind secţiuni dinspre anterior înspre posterior, afişajul fiind cel clasic cu structurile din partea stângă a pacientului afişate în dreapta imaginii (Figura 9.7) .

b. Secţiunea axială redă imagini bidimensionale transversale, perependiculare pe axul vertical al volumui scanat, afişajul fiind cel clasic tomografiei computerizate, cu structurile din partea stânga a pacientului afişate în partea dreaptă a imaginii (Figura 9.8).

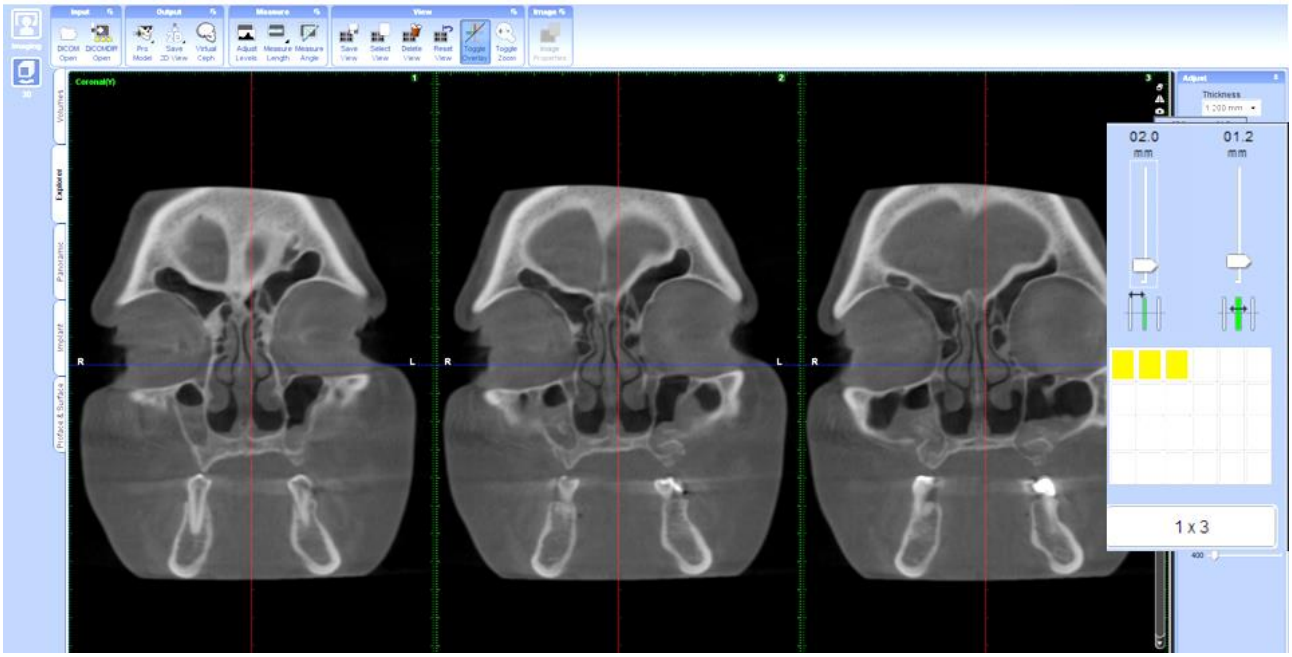


Figura 9.7. Redarea setului de imagini coronale din volumul de date, cu setarea grosimii secţiunilor la 1,2 mm, cu un pas de 2 mm, şi afişaj de câte 3 imagini continue pe fereastră

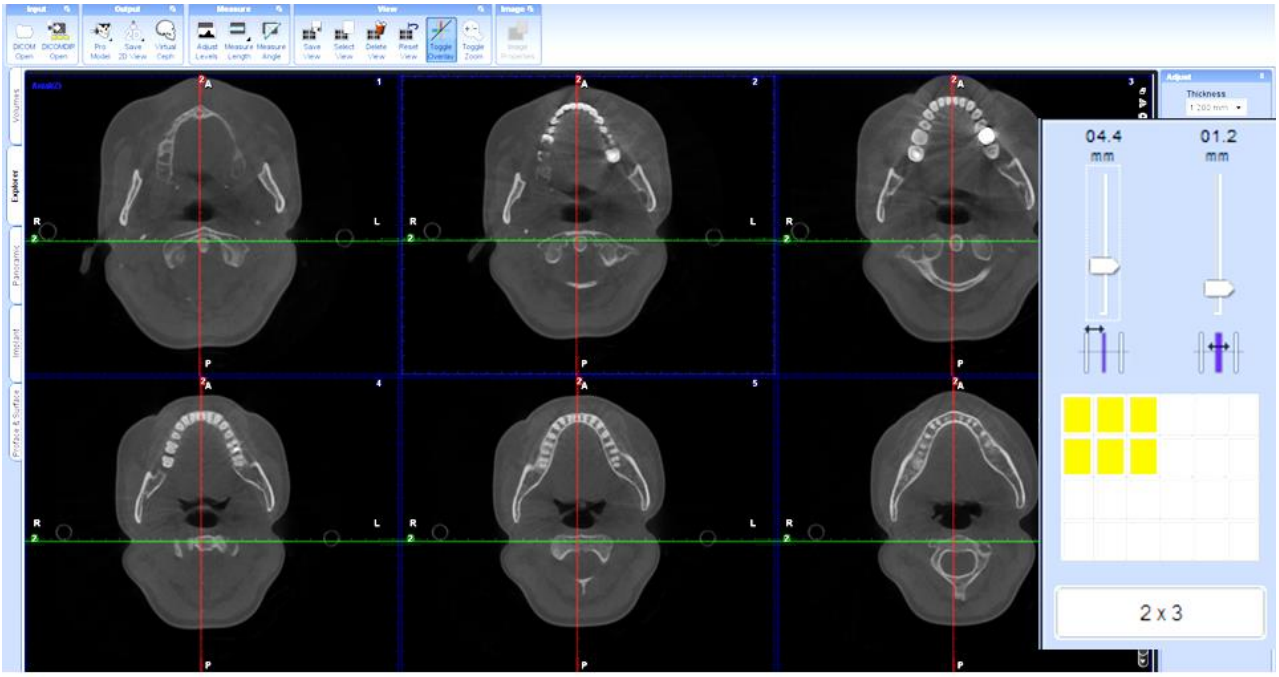


Figura 9.8. Redarea setului de imagini axiale din volumul de date, cu setarea grosimii secţiunilor la 1,2 mm, cu un pas de 4,4 mm, şi afişaj de câte 6 imagini continue pe fereastră

c. Secţiunea sagitală redă imagini bidimensionale în planul sagital al capului, perpendicular pe planul orizontal şi coronal, oferind secţiuni dinspre stânga înspre dreapta, cu structurile posterioare afişate în dreapta imaginii (Figura 9.9).

- **Reconstrucţia CBCT panoramică şi cele de tip cross-section**

Reconstrucţia panoramică oferă medicului dentist imagini familiare, fiind similară ca aspect cu imaginea ortopantomografică, însă cu diferenţa că aceasta nu cuprinde în imagine decât voxelii aflaţi în grosimea traseului efectuat pentru reconstruire. Pentru a obţine acest tip de redare a

imaginii, în fereastra axială se trasează manual, punct cu punct, utilizând icoana specifică din bara de unelte a soft-ului, curba arcadei osoase care se doreşte a fi evaluată, trecând prin interiorul osului, la distanţă egală de cele două corticale (Figura 9.10). Datorită curburii diferite a mandibulei faţă de arcada maxilară, traseul efectuat pe mandibulă nu va cuprinde în imaginea panoramică decât parţial segmentele laterale din arcada maxilară, reciproca fiind valabilă. La alegerea unei grosimi mari a secţiunii, imaginea poate reda ambele arcade însă cu reducerea semnificativă a rezoluţiei (Figura 9.11).

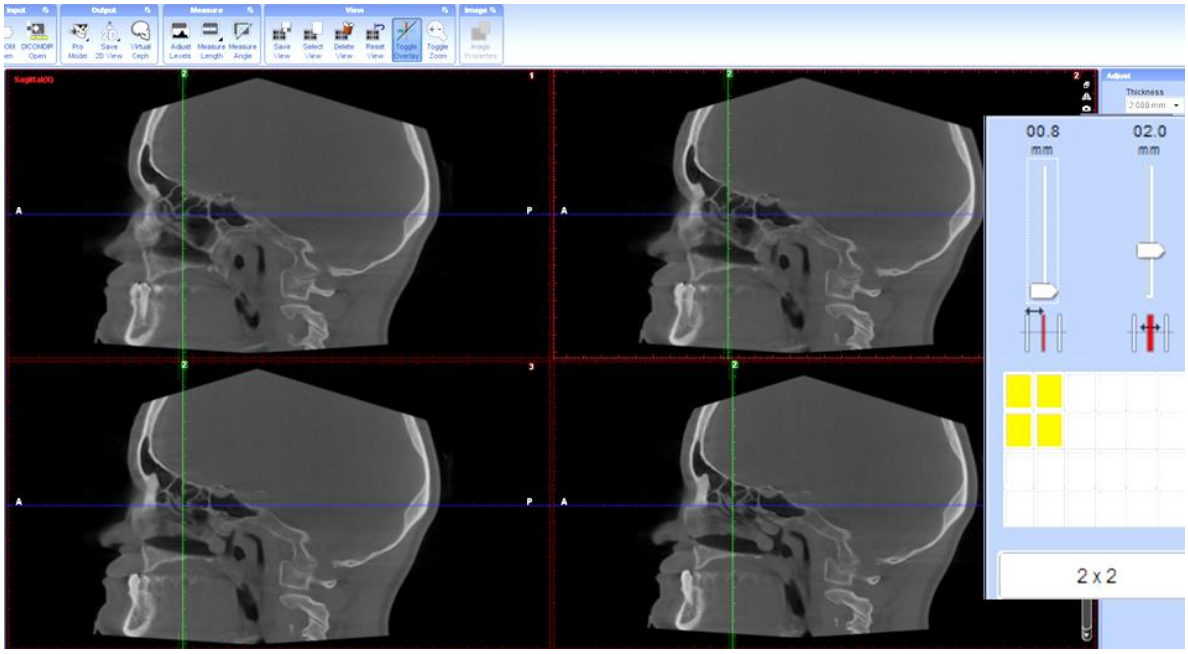


Figura 9.9. Redarea setului de imagini sagitale din volumul de date, cu setarea grosimii secţiunilor la 2 mm, cu un pas de 0,8 mm, şi afişaj de câte 4 imagini continue pe fereastră

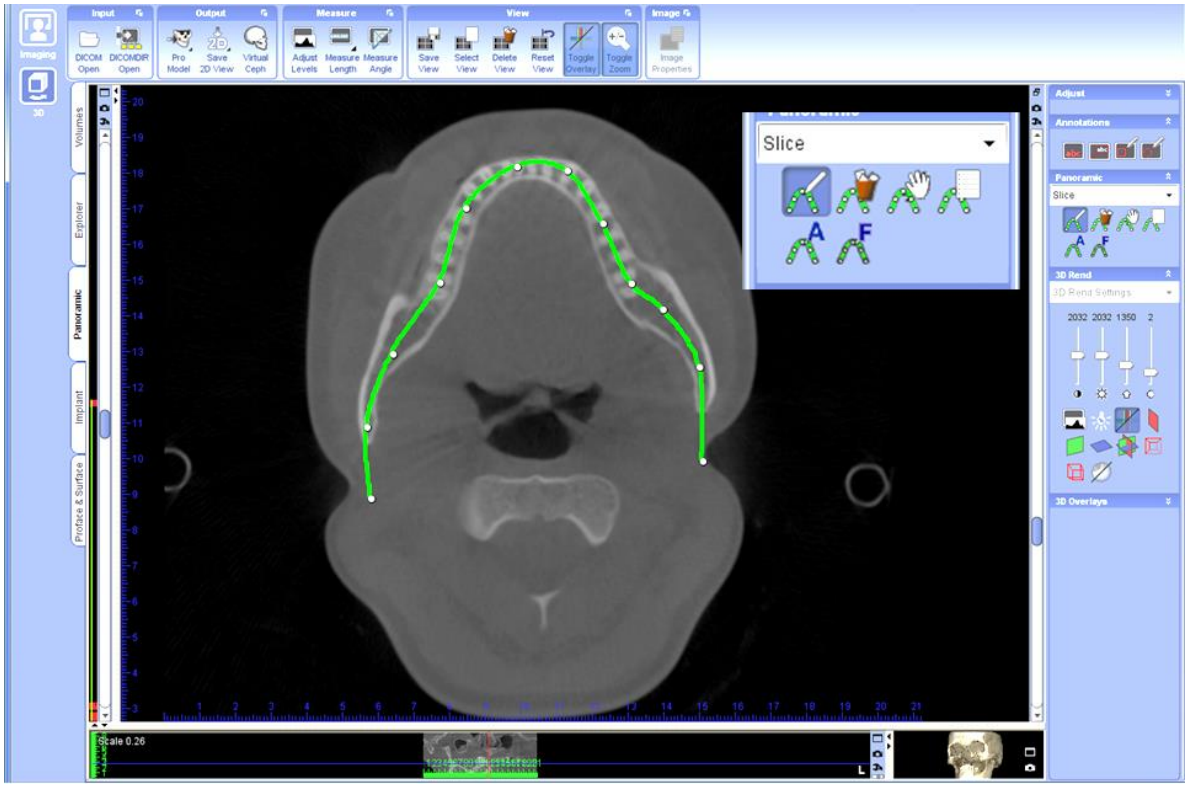


Figura 9.10. Trasarea, pe secţiunea axială, a curbei necesare pentru obţinerea reconstrucţiei panoramice

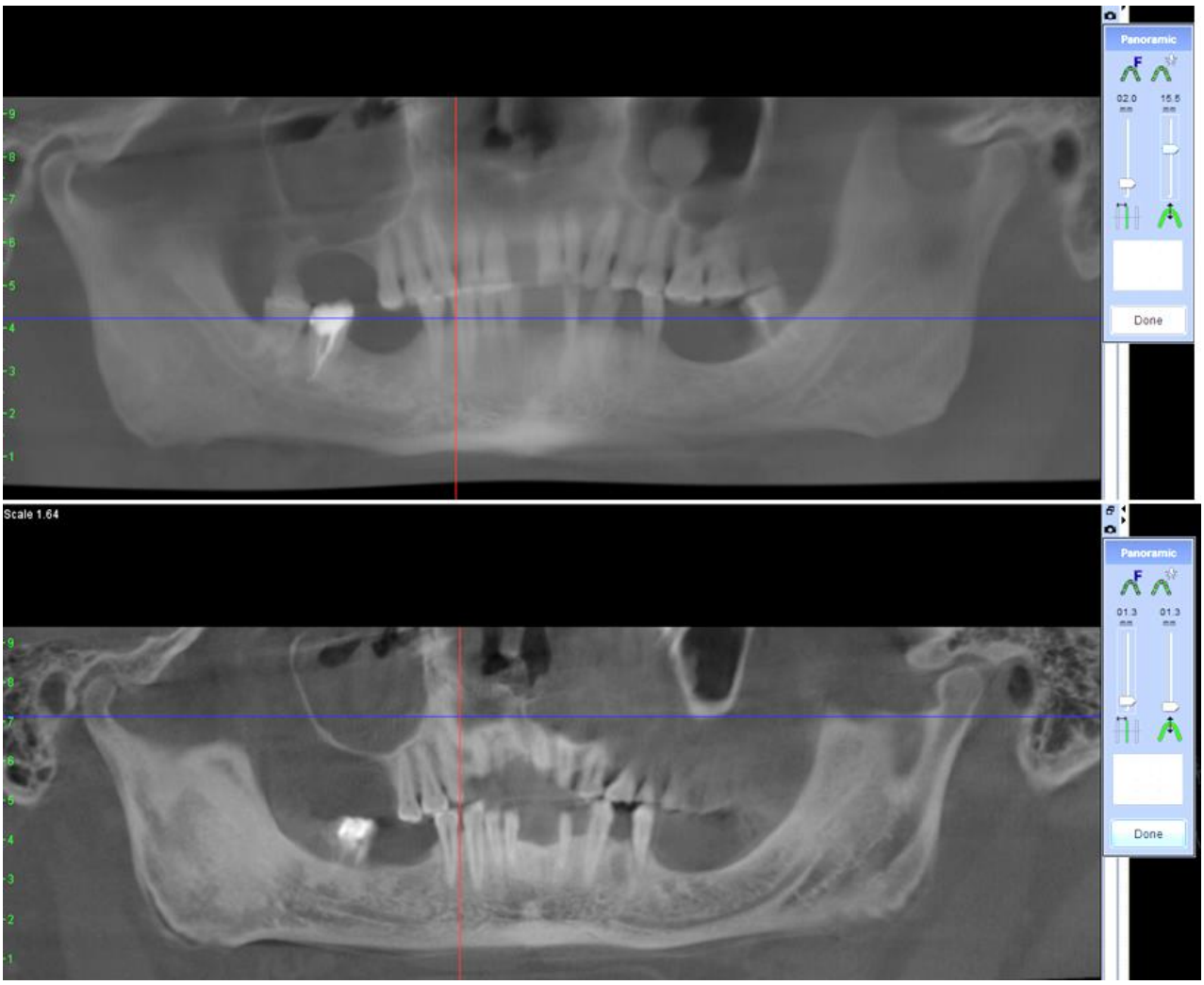


Figura 9.11. Redarea recosntrucţiei panoramice, după un traseu individualizat, cu setarea grosimii acestuia la 15 mm în imaginea de sus, observându-se ambele arcade, şi cu o grosime de 1,3 mm în imaginea de jos, unde se pierd regiunile laterale maxilare, precum şi molarii 3 mandibulari, situaţi lingual faţă de traseul reconstrucţiei

Dacă se doreşte o evaluare a arcadei maxilare, se trasează în acelaşi mod, curba arcadei maxilare. Reconstrucţiile panoramice sunt utile pentru o vedere de ansamblu a dentiţiei, a eventualelor incluzii dentare şi a relaţiei acestora cu structurile învecinate, pentru localizarea în relaţie cu dentiţia a unor formaţiuni înlocuitoare de spaţiu osos.

Alegerea grosimii şi intervalului pentru reconstrucţiile imaginilor CBCT

Cu cât grosimea secțiunii este mai mică, chiar egală cu dimensiunea voxelului, secțiunile vor fi mai subțiri, iar redarea valorilor de gri pe imagine se va apropia de atenuarea reală a elementul respectiv, rezoluția va fi crescută.

În figura 9.12 este exemplificată aceeași curbă panoramică trasată pe secțiunea axială ca cea din figura 6, însă redarea imaginii panoramice s-a efectuat cu setarea grosimii acesteia la dimensiune de 0,4 mm, fiind vizibile, în imaginea 2D, doar structurile aflate strict în traseul submilimetric efectuat. Claritatea structurilor este însă mult mai bună, eliminându-se volumul parțial al atenuărilor.

Aceste noțiuni sunt valabile pentru fiecare imagine 2D afișată de software-ul aparatului CBCT, atât pentru secțiunile de referință cât și pentru reconstrucțiile multiplanare.

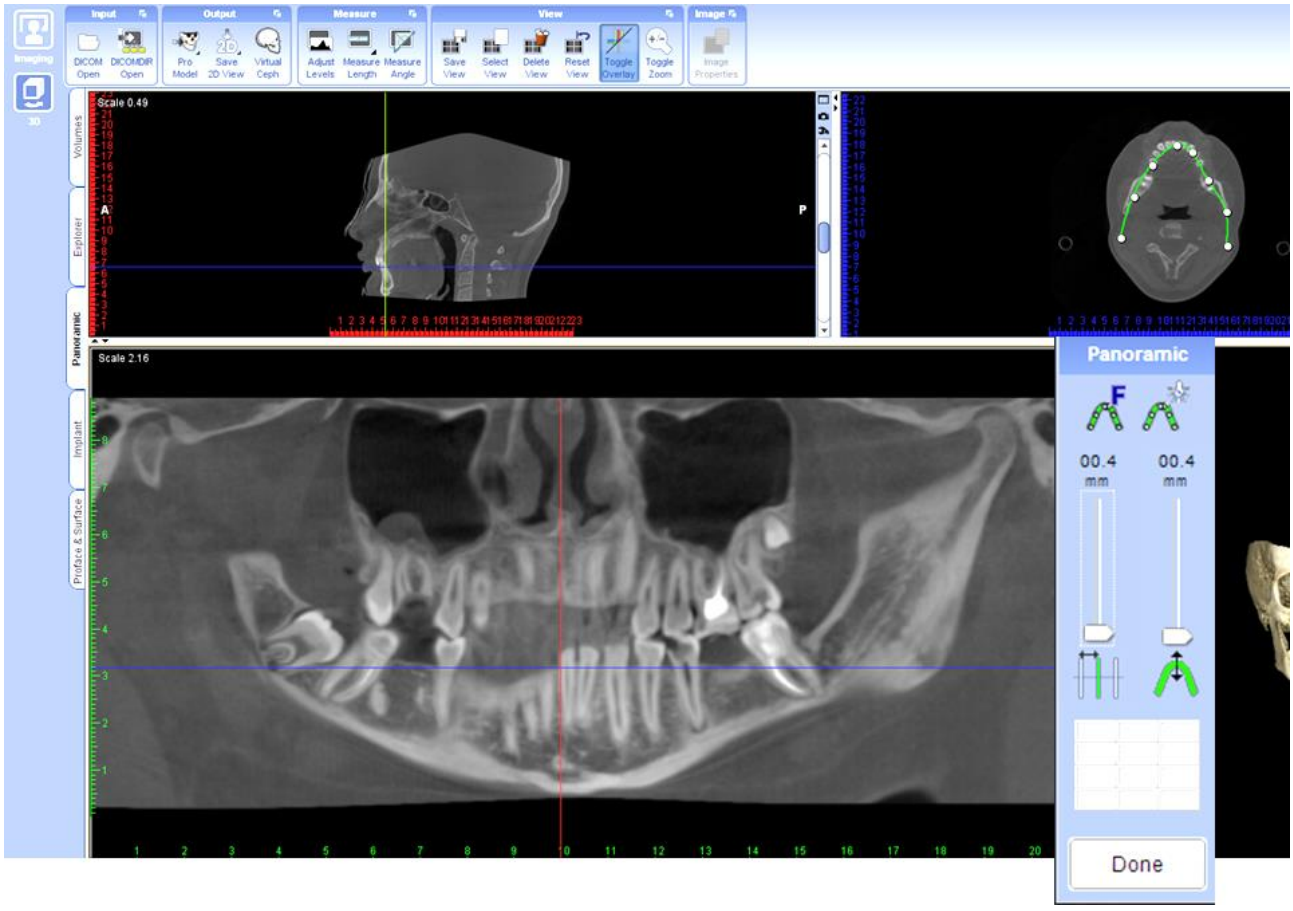


Figura 9.12. Redarea unei imagini panoramice din volumul de date, după un traseu individualizat efectuat pe secțiunea axială, cu setarea grosimii acestuia la 0,4 mm, fapt care aduce în imaginea 2D doar structurile aflate strict în traseul submilimetric vizibil pe secțiunea axială

La fiecare reconstruire este necesar a se seta, pe lângă grosimea secțiunii, și pasul dintre secțiunile redate, precum și lărgimea imaginii, astfel încât structurile de interes să fie vizibile în întregime. Cu cât pasul este mai mare, se vor obţine mai puține secțiuni sau felii din volum, dar se vor pierde informații, iar cu cât este mai redus, se vor vizualiza mai multe felii, însă acestea vor reda și infomații din felia anterioară. Pentru o vizualizare optimă pasul dintre secțiuni este important să nu fie mai mare decât grosimea secțiunii. Dacă acesta este egal cu grosimea, se vor obține secțiuni continue.

Lărgimea secțiunii se referă la cât de mult este redat pe secțiune înspre marginile volumului achiziționat, aceasta putându-se limita la câțiva cm, în cazul evaluării pre- implantare, sau la întregul volum achiziționat, atunci când se folosesc secțiunile pentru evaluarea orbitei sau a altor regiuni mai largi (Figura 9.13).

Reconstrucțiile de tip cross-section, sunt extrageri ale informației din volum, pe un plan perpendicular pe traseul efectuat pe secțiunile axiale, oricare ar fi acesta. În mod general se utilizează reconstruiri tip secțiune în axul arcadei, pentru a putea efectua măsurători reale ale dimensiunilor structurilor osoase, în vederea poziționării unor viitoare implante dentare endo-osoase. În figura 9.14.a. este exemplificată redarea reconstrucţiilor cross-section pe traseul pentru reconstrucţia panoramică, cu alegerea în ordinea din fereastra de unelte a pasului între secţiuni, a lărgimii secţiunii şi a grosimii acesteia.

Imaginile sunt redate succesiv în fereastra de redare, în funcţie de cât de multe panouri sunt setate a fi afişate, cu aspectul vestibular afişat în stânga imaginii, iar cel oral în dreapta.

O altă opţiune disponibilă în ferestrele de reconstrucţie ,,cross,, este posibilitatea marcării canalului nervului alveolar inferior, utilizat ca

reper pentru măsurarea înălțimii crestei osoase preimplantar. Se efectuează prin punctare pe reconstrucția panoramică, presetată la o grosime fină, de 0,04 -1 mm, pentru acuratețea poziției. După trasare, canalul apare marcat pe secțiunile cross din fereastra afișată, așa cum este redat în figura 9.14.b. În același cadru de setări se poate observa un set de setări pentru implante, acestea oferind opțiunea de a alege macheta unui implant și poziționarea acestuia în structura osoasă (Figura 9.14.c).

Secțiunile de tip cross sunt cele pe care se efectuează aprecierea preimplantară a ofertei osoase, oferind uneltele necesare pentru măsurarea înălțimii, grosimii și angulației crestei osoase (Figura 9.14.d).

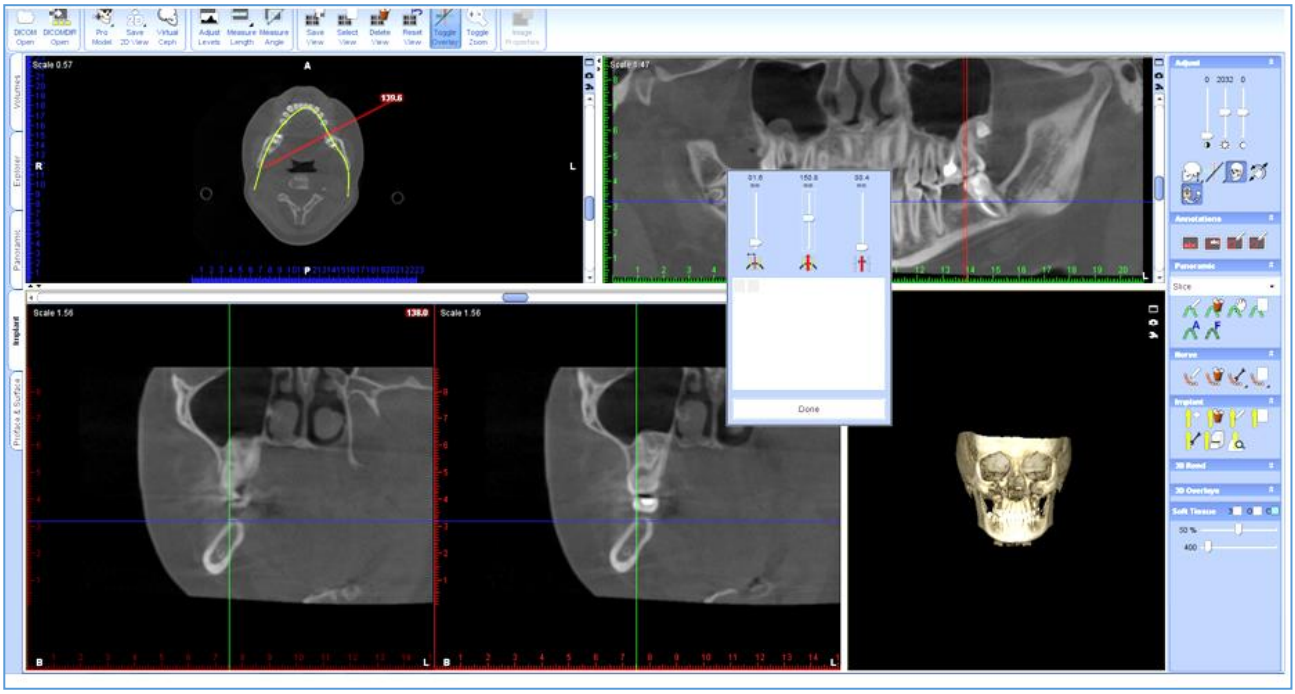


Figura 9.13. Redare secțiuni de tip cross-section, cu o lărgime a imaginii de 150 mm

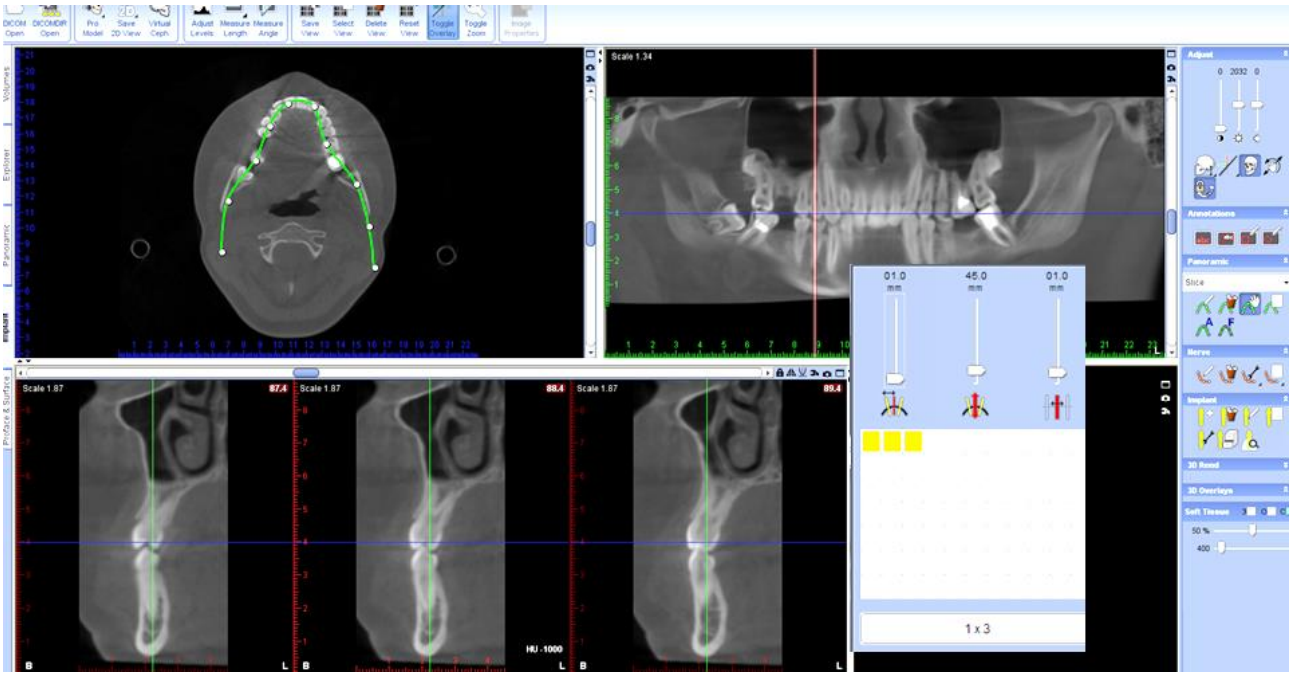


***Figura 9.14.a**. Redarea setului de reconstrucții cross-section la o grosime de 1 mm, pas de 1 mm și lărgimea imaginii de 4,5 cm*

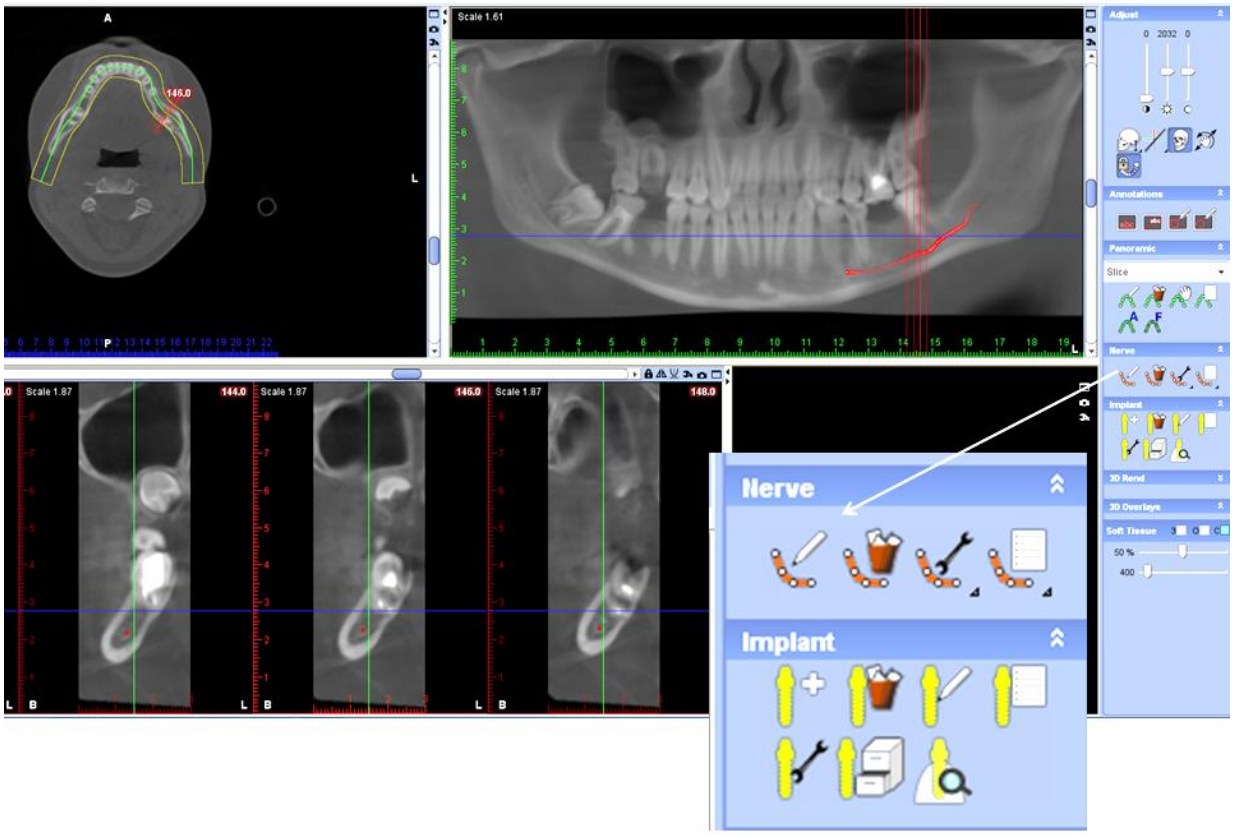


Figura 9.14.b. Redarea setului de reconstrucții cross-section, cu punctarea pe reconstrucţia panoramică a traseului canalului nervului alveolar inferior la nivelul hemimandibulei stângi, şi observarea acestuia marcat pe secţiunile cross

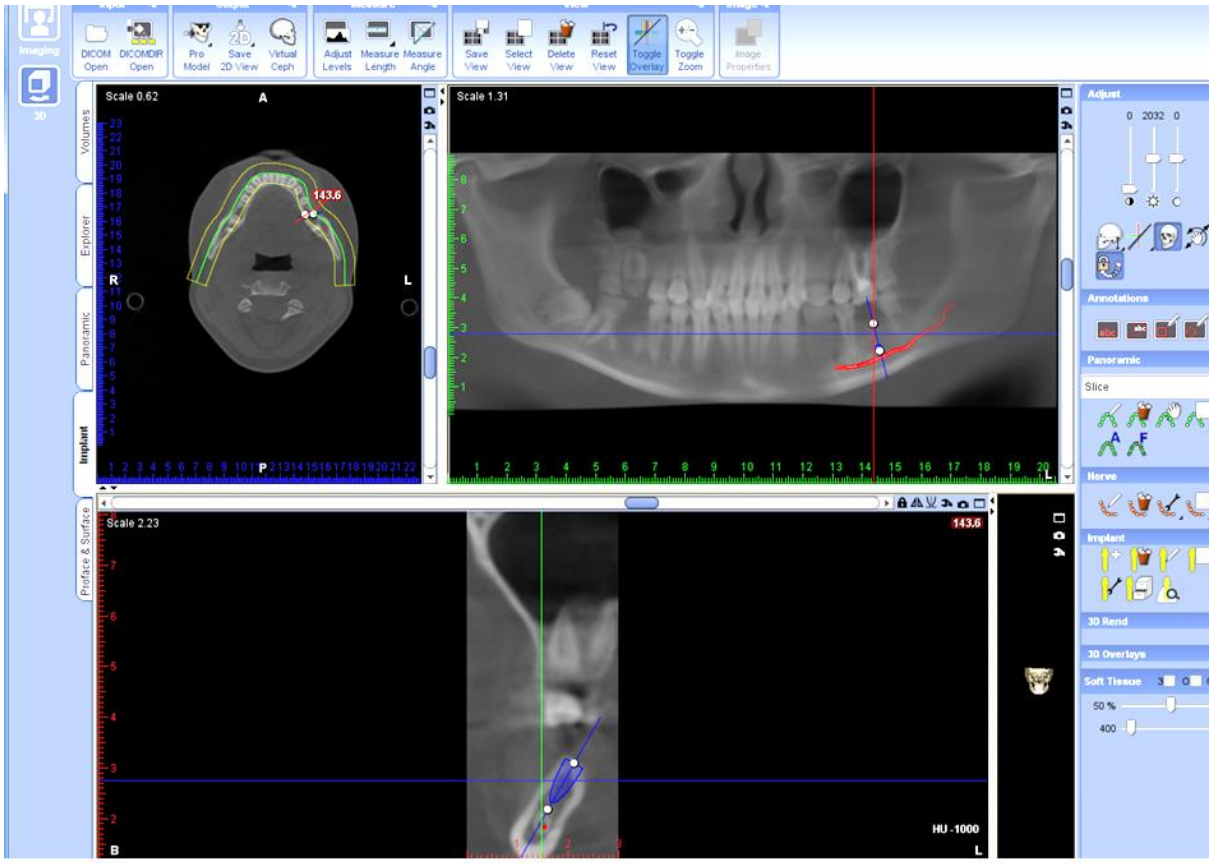


Figura 9.14.c. Poziționarea estimativă a unei machete de implant intraosos pe o regiune edentată, ales din boxa de unelte, și evaluarea poziției acestuia în toate planurile

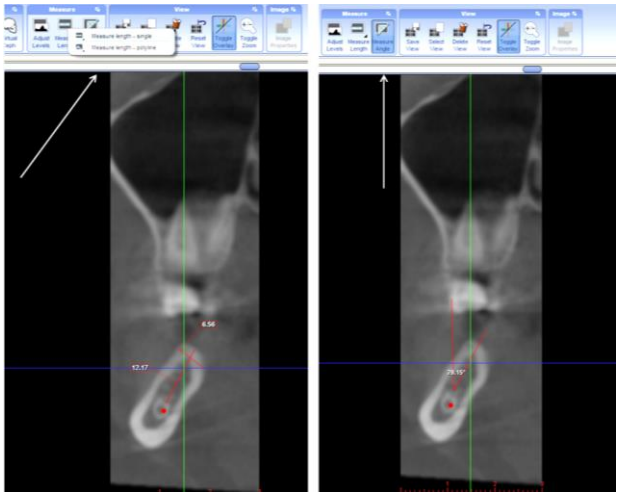


Figura 9.14.d. Secțiuni tip cross-section în care este exemplificat modul de efectuare a măsurătorilor volumului osos preimplantar: măsurarea înălțimii, grosimii și angulației crestei osoase

- **Reconstrucţiile 3D CBCT**

Afișajul volumetric, aspectul 3D al volumului achiziționat, se referă la redarea de tip **maximum intensity projection (MIP)** sau **minimum intensity projection**, prin integrarea unui număr mare de voxeli adiacenţi şi redarea sumei atenuării lor. Redarea suprafețelor (rendering de suprafață) este o redare indirectă a volumului, prin setarea automată a unor praguri de atenuare a voxelilor aleși din ruta imaginară de la ochiul examinatorului până la un punct din volumul achizitionat şi reprezentarea pe imagine doar a valorii celei mai crescute, restul atenuărilor voxelilor aflaţi sub acea valoare, fiind eliminate. Prin același mecanism, se pot elimina valorile înalte de absorbţie, specifice osului, şi se poate reda, sub formă de rendering de suprafață, aspectul facial al pacientului, reprezentând doar voxelii cu atenuare sub 200 UH (Figura 9.15). Există mai multe tipuri de redări ale volumului cu diferite grade de opacitate în funcție de atenuările alese din traseu. Prin aceste mecanisme de eliminare a atenuărilor specifice, se explică şi lipsa unor structuri osoase foarte fine, chiar dacă acestea sunt integre în realitate (cum ar fi peretele anterior al sinusului maxilar).

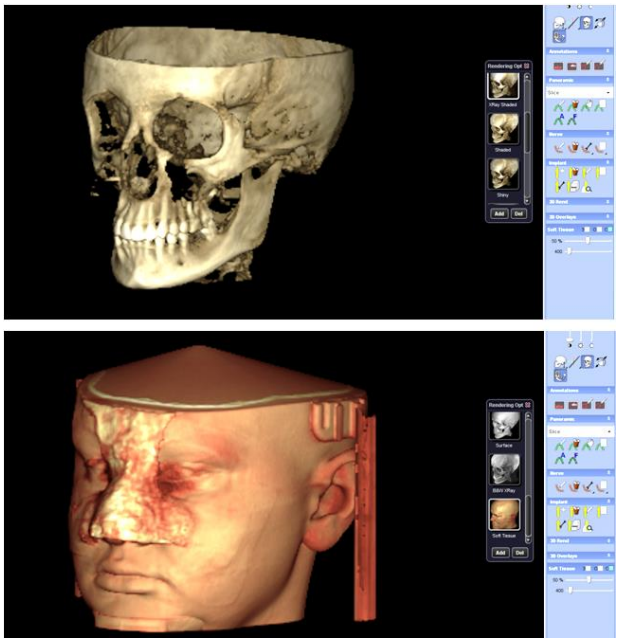


Figura 9.15. Imaginea tridimensională. Redare comparativă a volumului în atenuare de structură osoasă (grad de opacitate înaltă-shiny)-imaginea superioară, și redarea aspectului tegumentar, a conturului facial–imaginea inferioară

Redarea 3D are utilitate ca privire de ansamblu, pentru vizualizarea generală a morfologiei regiunii examinate, cum ar fi articulația temporo-mandibulară, vizualizarea anomaliilor arcadelor, utilă în ortodonție, a simetriei faciale, în traumatismele maxilo-faciale și în eventuale afecțiuni majore. Permite o evaluare de planificare a unor intervenţii chirurgicale maxilo-faciale, sau evaluări postoperatorii. Nu permite o apreciere de detaliu, neevaluând corect toate elementele, motiv pentru care evaluarea unei examinări necesită întotdeauna examinarea imaginilor secționale.

- **Reconstrucțiile pentru orbită**

Pentru evaluarea orbitei, și a patologiei acesteia, sunt necesare reconstrucții manuale în funcție de înclinația anatomică a orbitei, atât în plan oblic coronar, cât și oblic sagital. Pentru obținerea secțiunilor oblic coronare, se trasează axul orbitei și se obțin secțiuni perpendiculare pe acesta (Figura 9.16.a). Pentru obținerea planurilor oblic sagitale se efectuează trasee manuale care să secționeze axul orbitei transversal, traseul putând fi curb prin marginea

infraorbitară (Figura 9.16.b). Se obțin secțiuni care nu sunt pararlele între ele, ci perpendiculare pe traseu. Este necesar pentru ambele tipuri de secționări să se seteze lărgimea panoului de afișaj suficient de largă pentru a cuprinde întreaga orbită.

- **Secțiunile pentru ATM**

Secțiunile pentru articulația temporo-mandibulară se efectuează prin trasare a planului de secționare oblic în diametrul latero-lateral al condilului și înclinația sa specifică, obținându-se atât imagini coronale prin ATM comparative stâng-dreapta, cât și imagini sagitale în același mod comparativ (Figura 9.17).

- **Secțiunile pentru sinusuri** vizează în special complexul osteo-meatal, care prezintă variabilități de anatomie extrem de largi. Se efectuează reconstruind imagini panoramice coronale și ale fiecarei unități osteomeatale și ale cavității sinusale (Figura 9.18).
- **Secțiunile utilizate în endodonție**, sunt în special cele de tip cross-section, cu alegerea însă a planului de secționare în funcție de morfologia individuală a dintelui vizat
- **Secțiuni utilizate în incluzii** vizează în special relațiile dintelui inclus cu structurile învecinate, mai ales relația molarului 3 mandibular cu canalul mandibular. Pentru acestea se efectuează reconstrucții panoramice cu traseu prin molarul 3, precum și recosntrucții oblice individualizate
- **Secțiuni individualizate în traumatisme**, sau leziuni osoase tumorale sau chistice, se efectuează reconstruind multiplanar regiunea vizată, astfel încât să fie acoperite toate elementele necesare unui diagnostic complet.

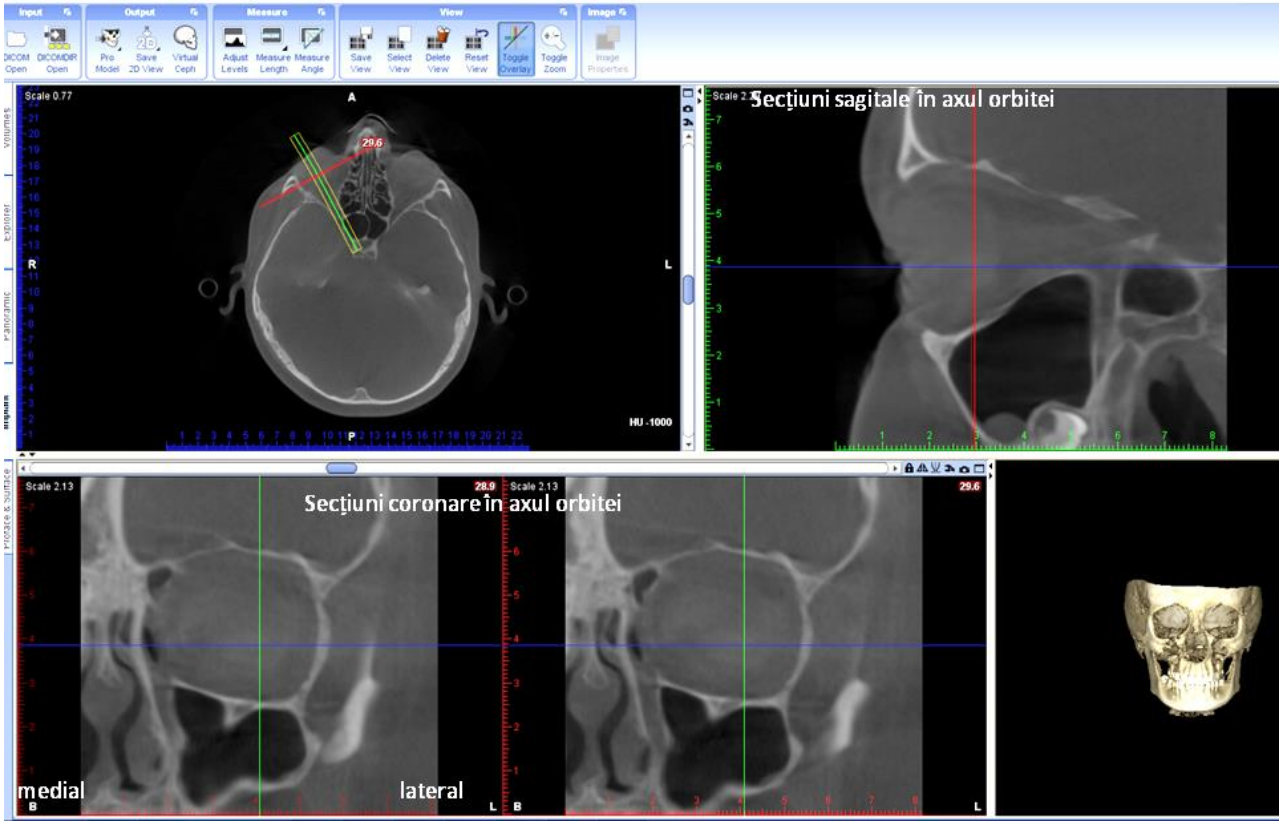


Figura 9.16.a. Reconstrucții oblic coronare ale orbitei, efectuate perpendicular pe traseul verde al axului orbitar, vizibil în imaginea axială (dreapta sus)

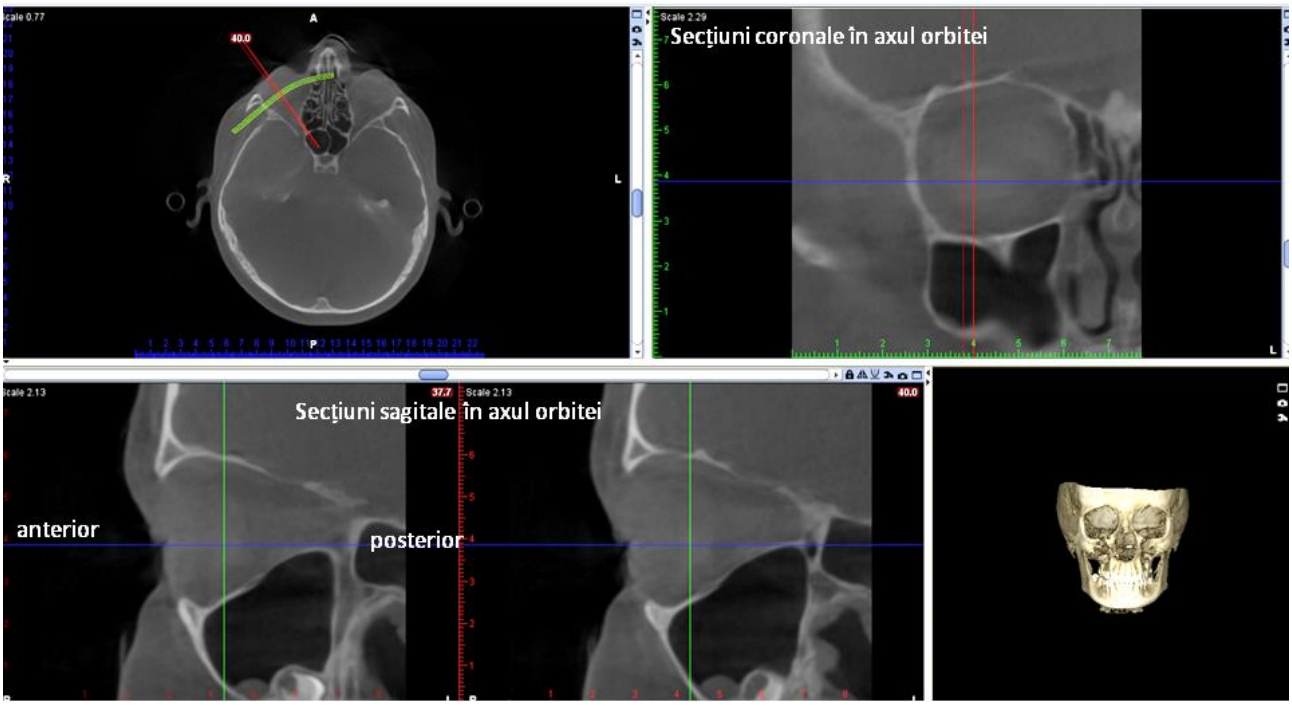


Figura 9.16.b. Reconstrucţii oblic sagitale ale orbitei, efectuate perpendicular pe traseul verde al axului orbitar, vizibil în imaginea axială (dreapta sus)

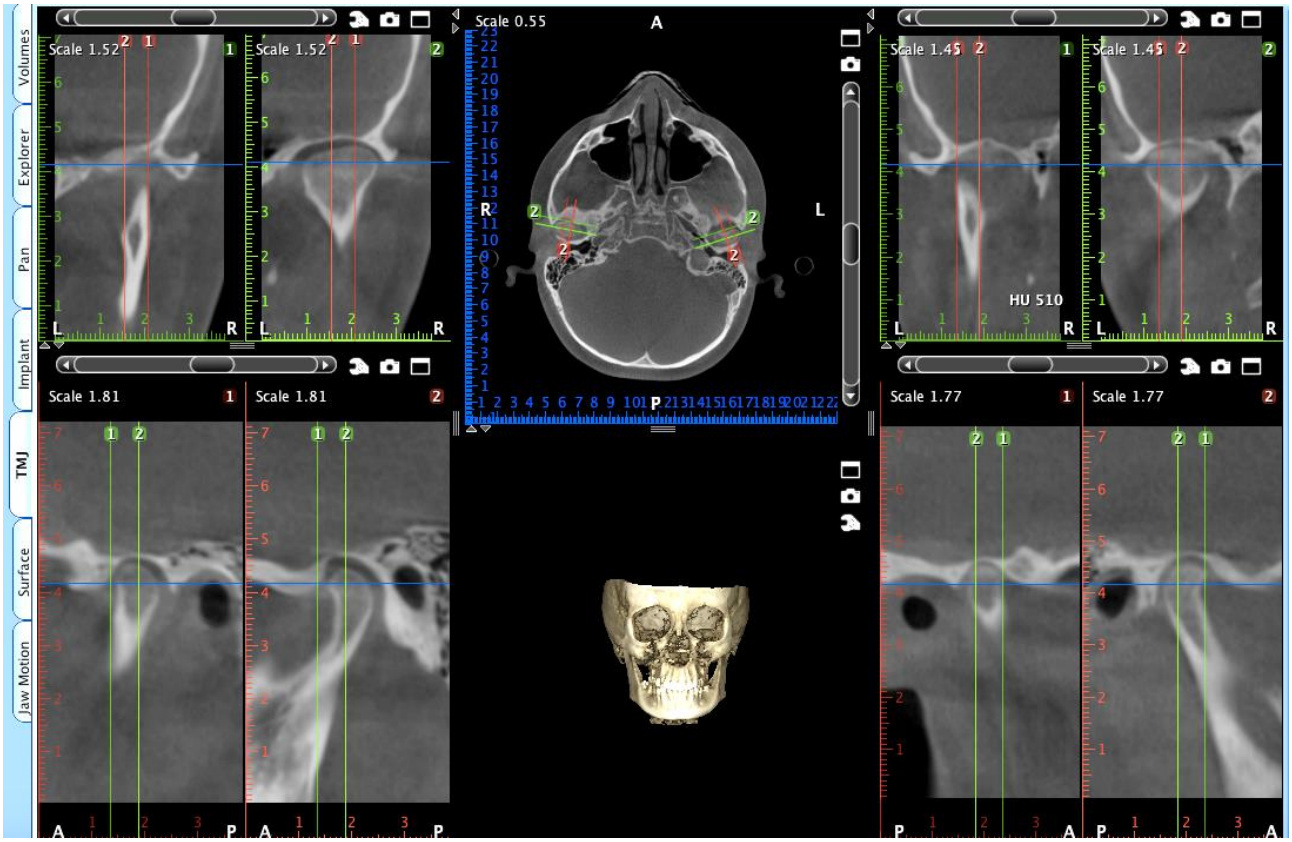


Figura 9.17. Reconstrucţiile specifice comparative pentru ATM, în plan coronar şi sagital al articulaţiei

9.2.3 Calitatea imaginii CBCT

Pentru a răspunde necesităților de diagnostic, imaginile CBCT trebuie să aducă suficiente elemente structurale și de detaliu. Calitatea imaginii poate fi rezumată la câteva caracteristici: zgomotul imaginii, rezoluția imaginii și prezența sau absența artefactelor.

Aspectul unei imagini CBCT poate fi intrepretat fie subiectiv de către examinator, și în acest context depinde de capacitatea vizuală și sensibilitatea acestuia de a distinge elemente fine, fie obiectiv prin teste de asigurare a calității.

Testele de asigurare a calităţii imaginii radiologice sunt măsurători specifice realizate cu obiecte numite „fantom", care testează uniformitatea, omogenitatea și rezoluția imaginii precum și prezența artefactelor.

9.2.3.1. Zgomotul imaginii CBCT

Este un factor determinant al calității imaginii și se referă la orice fluctuație nedorită a pixelilor, apărută pe imaginea unei structuri altfel omogene.

Factorii care influențează zgomotul imaginilor CBCT sunt:

- distribuția neuniformă a fotonilor în fasciculul de raze X
- radiația X împrăștiată
- dimensiunea voxelilor
- protocolul de expunere

Prezența zgomotului în CBCT este atribuită variațiilor valorilor voxelilor față de medie, datorat fluctuaţiilor apărute în distribuția fotonilor în fasciculul de raze X. O distribuție neuniformă a acestora va duce la inomogenități marcate ale nivelelor de gri pe o structură uniformă. O parte din zgomotul caracteristic al imaginilor CBCT se datorează și radiației împăștiate, mult mai amplă față de alte examinări.

Zgomotul se apreciază prin SNR, sau signal-to-noise ratio, care reprezintă raportul dintre semnal și zgomot, adică dintre cantitatea de radiaţii care ajunge la detector și fluctuaţiile statistice ale nivelelor de atenuare în matricea de pixeli. Zgomotul depinde de dimensiunea voxelului și de factorii de expunere.

Cu cât dimensiunea voxelului selectat este mai redusă, cu atât zgomotul va fi mai mare, printr-un SNR mai mic, datorită faptului că mai puțini fotoni care compun semnalul pe voxel vor ajunge la detector, iar fluctuația în distribuirea fotonilor se va exprima mai evident. La dimensiunea voxelului mai mare, fluctuația fotonilor nu va avea expresie atât de evidentă la nivelul detectorului, imaginea fiind mult mai omogenă.

Extrapolând, FOV-ul, prin relația sa directă cu voxelul, are influență asupra zgomotului. O examinare cu FOV mic va fi mult mai zgomotoasă decât o examinare cu un FOV larg.

Al doilea factor care influențează zgomotul este cantitatea de radiații, în termen de mAs, pentru că determină cantitatea de fotoni din fasciculul de iradiere. Cu cât avem o valoare mai mare a mAs la tub, cu atât vom avea mai mulți fotoni, și o fluctuație potențial mai redusă. Deci creșterea mAs reduce zgomotul imaginii, însă cu o iradiere mai crescută.

9.2.3.2 Rezoluţia imaginii CBCT

Se corelează direct cu eficiența diagnosticului, și ca la orice imagine digitală, este de două tipuri, rezolutie spațială și rezoluție de contrast.

- **Rezoluţia spaţială**

Rezolutia spațială reprezintă capacitatea echipamentului de a permite detecția separată a detaliilor, distingerea clară a două structuri adiacente, apropiate, de dimensiuni foarte reduse.

Factorii care influențează rezoluția spațială a imaginilor CBCT:

- dimensiunea voxelului
- geometria de expunere la radiații
- radiația împrăștiată
- mișcarea pacientului
- fluxul de mișcare al cuplului sursă-detector
- dimensiunea spotului focal
- numărul de imagini de bază
- algoritmul de reconstrucție.

Rezoluția spațială se măsoară în perechi de linii detectabile pe un milimetru (lp/mm). Se apreciază prin obținerea imaginii unor structuri fine cu patern liniar, la variate tipuri de rezolutii în lp/mm. Datorită dimensiunilor reduse ale voxelilor, echipamentele CBCT prezintă o rezolutie spațială crescută, obținută cu doze reduse de iradiere. Rezoluția echipamentelor moderne CBCT este de 5 perechi de linii pe milimetru (lp/mm), în timp ce rezoluția spațială a echipamentelor MDCT este ceva mai mică, de aproximativ 2-3 lp/mm.

Rezoluția spațială va fi cu atât mai crescută cu cât dimensiunea voxelului este mai mică, permițând diagnostic de finețe. Iradierea însă va fi crescută. Un voxel de dimensiune mai mare va duce la o rezoluție spațială mai redusă, însă cu beneficiul scăderii iradierii.

- **Rezoluția de contrast**

Rezoluția de contrast în CBCT se referă la diferența medie de semnal între două regiuni ale imaginii. Un echipament, cu rezoluție de contrast crescută, permite detectarea celei mai mici diferențe între atenuări specifice apropiate, care aparțin unor structuri examinate apropiate și afișarea acestora separată, prin nuanțe diferite de gri.

Contrastul este măsurat în unități Hounsfield (UH), o unitate reprezentând un anumit nivel specific de absorbție a radiației. Valorile de contrast sunt redate pe o scală de UH, extinsă de la -1000 la peste 2000, cu valoare de referință 0 pentru densitatea apei. Diferitele valori de absorbție ale structurilor prezente în organism sunt redate în tabelul 9.3. Valorile de atenuare negative vor avea alocate nuanțe progresiv mai închise spre negru, iar cele de peste 0 vor trece prin diferite nuanțe de gri, progresiv mai deschise, până la alb total.

Tabel 9.3. Valorile de atenuare în unități Hounsfield ale diferitelor structuri

Structura	Valoare UH
Metale diferite	peste 20000
Aluminiu	+2000
Osos cortical	>1000 (+1800-1900)
Os spongios	+300-400
SNC	+ 20-45
Mușchi	+ 35-55
Sânge (hemoragie)	+ 30-40
Fluide	+10-15, +20
Apa, LCR	0
Țesut adipos	- 30-120
Ceara auriculară	< 0
Aer	-1000

În examinarea CBCT, pragul de diferențiere al valorilor de atenuare este de 10 UH. Din acest motiv, datorită alocării setului de valori de atenuare obținute în fereastră osoasă largă (-1000- +2000), capacitatea distingerii diferențelor de absorbție ale structurilor moi, cu atenuări în unități Hounsfield situate sub 10 UH nu poate fi realizată. Echipamentele CBCT reușesc să afișeze diferențe ale valorilor de contrast peste 10 UH. În comparație, sistemele MDCT permit afișajul unor diferențe a valorilor de contrast care se apropie de 1 UH, în funcție de fereastra aleasă (Figura 9.18 și 9.19).

Calitatea și performanța imaginii este apreciată mult mai specific utilizând variabila Contrast to Noise Ratio (CNR), calculată ca raportul dintre diferențele de semnal a 2 elemente alăturate, raportat la deviația standard a zgomotului.

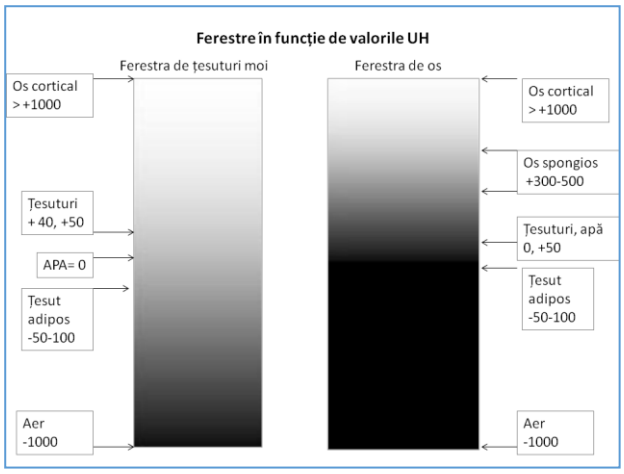


Figura 9.18. Reprezentarea atribuirii în mod diferit a intervalelor de nuanțe de gri în fereastra de parenchim comparativ cu fereastra osoasă, pentru diferite structuri din organism

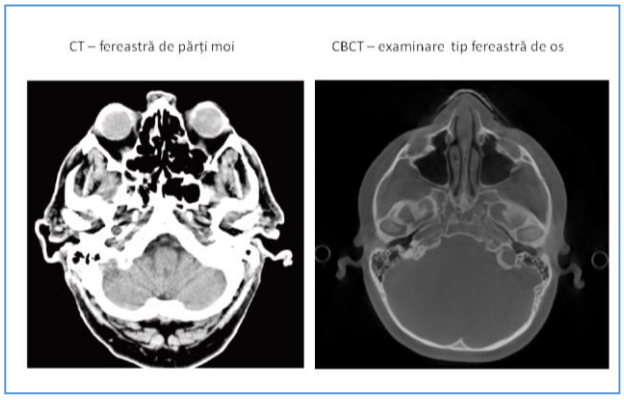


Figura 9.19. Aspect comparativ CT fereastra de părți moi și CBCT, cu redarea structurilor osoase

Factorii care influențează rezoluția de contrast a imaginilor CBCT:

- protocolul de expunere (kV, mAs)
- radiația împrăștiată
- dimensiunea FOV-ului

Factorii care influențează sau limitează rezoluția de contrast în CBCT sunt parametrii de expunere, kV și mAs, mult mai reduși comparativ cu CT. Pe lângă acești factori intervine și radiația împrăștiată semnificativă, specifică combinației segment de examinat mare - geometrie conică a fasciculului de radiații – suprafață mare a detectorului. Radiațiile secundare, apărute intrinsec în obiect, vor ajunge la detector, contribuind la creşterea zgomotului imaginii și reducerea rezoluției de contrast.

9.3. Artefacte în examinarea CBCT

Imaginea CBCT poate fi afectată de prezența artefactelor, detalii suplimentare care nu reprezintă imagini reale. Artefactele sunt relativ puține în CBCT, iar echipamentele moderne sunt dotate cu soft-uri de reducere a acestora.

Artefactele imaginilor CBCT

- artefactul de inel
- artefactul de întărire a fasciculului, sau „beam hardening”
- artefactul de extincție, sau de absență a valorilor
- artefactul de „aliasing”
- artefacte de mișcare

1. Artefactul de inel – este un artefact comun CBCT și CT; apare atunci când există imperfecțiuni de calibrare a detectorului. Acest artefact apare ca o imagine circulară, albă, dublată de o linie neagră, vizibil pe secțiunile axiale, deci în axul de mișcare al aparatului, situat în apropierea isocentrului echipamentului. Apariția acestui artefact impune intervenția echipei de service, cu recalibrarea echipamentului (Figura 9.20).

2. Artefactul de întărire a fasciculului, sau „beam hardening”, apare datorită unei schimbări bruște a energiei fotonilor incidenți, la trecerea printr-o structură extrem de absorbantă (os foarte dens, smalț cu grosime mare, metal, implante, materiale opace din tratamentele endodontice). Fotonii cu energie joasă din fascicul vor fi atenuați selectiv în obiect, trecând doar cei cu energie înaltă. Fasciculul, imediat după elementul atenuant, va

fi mult „întărit”. Se prezintă fie ca aspect de „streaking”, benzi liniare albe şi negre multiple, fie sub forma de „cupping” imagine de bandă fals luminoasă însoțită de umbră întunecată central, de-a lungul periferiei unui obiect (Figura 9.21 şi 9.22).

Figura 9.20. Artefactul de inel caracteristic examinărilor CT și CBCT în caz de decalibrare a aparatului

Figura 9.21. CBCT FOV larg. Artefacte de întărire tip scatter și cupping vizibile atât la nivelul materialului de tratament endodontic, dar și la nivelul smalțului dentar, cu aspect de benzi întunecate, radiare, pe traseul fasciculului de radiații

Reducerea acestor artefacte de întărire a fasciculului în obiect, se moderează prin filtre metalice, care întăresc fasciculul de fotoni înainte de a întâlni segmentul de examinat.

Există fantoame specifice care se utilizează la calibrarea fasciculului, pentru a ameliora artefactele de întărire a acestuia. Aceste artefacte pot fi reduse în mod eficient și prin creșterea tensiunii tubului, deci prin creșterea kV-ului la consolă, realizând un fascicul cu o mai mare penetrabilitate a obiectelor dense sau cu număr atomic crescut.

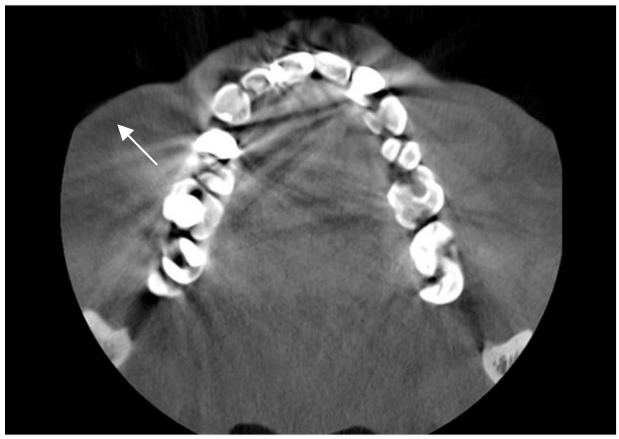


Figura 9.22. CBCT FOV mediu. Artefacte de întărire grosiere tip scatter și cupping, vizibile la nivelul materialelor de obturație, cu aspect de benzi întunecate și benzi strălucitoare, radiare, pe traseul fasciculului de radiații

3. Artefactul de extincție, sau de absență a valorilor, se datorează, în mod similar, absorbției extreme în elemente foarte absorbante (metale, coroane, implante, tratamente endodontice), detectorul înregistrând, imediat după structura absorbantă, o valoare a radiației de 0 sau foarte redusă. În special în cazul tratamentelor endodontice și a implantelor dentare este importantă recunoașterea prezenței acestor artefacte, pentru a nu interpreta eronat o absență de substanță adiacent elementului absorbant (Figura 9.23).

Figura 9.23. CBCT reconstrucție cross-section. Artefact de extincție de-a lungul tratametului endodontic

4. Artefactul de „aliasing”, apare mai ales la examinările cu FOV mic și este prezent ca un pattern de linii divergente, radiare, mai evidente în periferia imaginii. Cauza acestui artefact este tocmai geometria conică largă a fasciculului de radiații. În centrul imaginii există omogenitate, datorită faptului că, la nivelul voxelilor centrali, apropiați de sursă, există mult mai multe pasaje ale radiației comparativ cu voxelii periferici, apropiați de detector, detectorul interpretând, pentru voxelii centrali, interpolări mult mai crescute ca număr (Figura 9.24).

5. Artefacte de mișcare, cu apariţia de neclarități ale detaliilor, prin înregistrarea unor atenuări care pot fi necorespondente cu dispunerea reală în obiect a aliniamentului de voxeli. Cu cât dimensiunea voxelului este mai mică, cu atât orice mișcare fină în cursul expunerii va duce la crearea unui semnal eronat la nivelul detectorului. Aspectul imaginii poate prezenta inclusiv contururi duble ale structurilor osoase (Figura 9.25).

Figura 9.24. CBCT secțiune axială. Artefact de aliasing sub formă de linii fine ușor divergente, aspect radiar, nedectabile la centrul imaginii

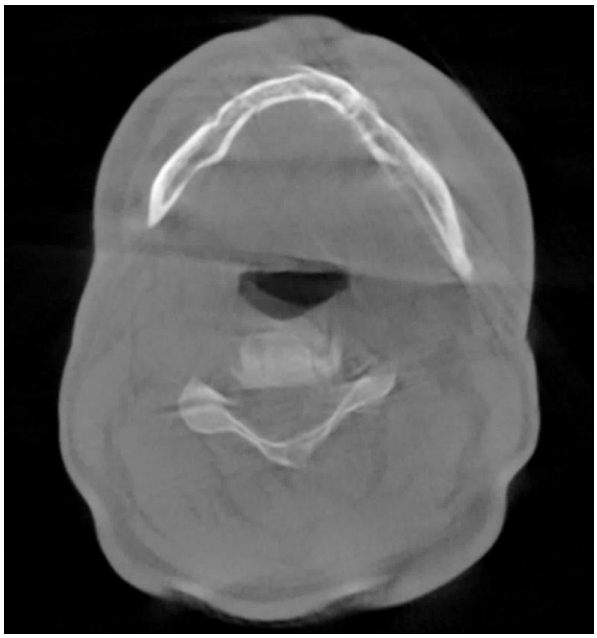


Figura 9.25. CBCT secțiune axială. Artefact de mișcare a pacientului în cursul expunerii, cu dedublarea contururilorși scăderea rezoluției imaginii.

9.4. Tehnica de efectuare a examinării CBCT

Ca în orice examinare imagistică, există mai mulţi paşi care trebuie efectuaţi.

Etapele realizării examenului CBCT:

- verificarea indicației radiografiei și analiza critică a justificării radiografiei
- obținerea consimțământului informat al pacientului
- alegerea protocolului de expunere (FOV, dimensiune voxel, kV, mAs)
- pregătirea expunerii
- poziționarea pacientului
- expunerea propriu-zisă
- încheierea expunerii și eliberarea pacientului
- procesarea imaginilor CBCT
- stocarea imaginilor CBCT
- raportul radiologic

1. Verificarea indicaţiei, a tipului de examinare necesar, FOV, cerut de către clinician. Pe indicaţia de examinare trebuie să existe diagnosticul de suspiciune sau motivaţia examinării (de ex. în vederea reconstituirii protetice cu implant dentar).

În situaţia în care nu există nici o indicaţie cu privire la FOV-ul de scanare, tehnicianul radiolog trebuie să contacteze medicul trimiţător, pentru a optimiza examinarea în corelaţie cu diagnosticul vizat. În cazul în care nu poate fi contactat clinicianul, medicul radiolog, responsabil de examinare, poate lua decizia examinării celei mai optime pentru diagnostic.

2. Obţinerea consimţământului informat al pacientului, căruia i s-au explicat în mod clar şi pe înţelesul său, efectele posibile ale expunerii, dar şi beneficiile pentru diagnosticul de care acesta are nevoie în vederea tratamentului. De asemenea, pacientul este informat şi depre modul de efectuare a tehnicii şi ce trebuie să respecte în timpul efectuării examinării, pentru a minimiza potenţialele artefacte.

3. Pregătirea pacientului. Datorită multiplelor artefacte care pot apărea, legat de structuri foarte dense, absorbante, se îndepărtează toate elementele metalice prezente în câmpul de scanare: cercei, piercing-uri, ochelari, agrafe metalice, proteze mobile. Se realizează radioprotecţia pacientului prin purtarea şorţului de plumb.

4. Tehnicianul introduce datele pacientului în aplicaţia computerului şi alege la nivelul panoului de comandă, FOV-ul optim şi regimul de expunere, în concordanţă cu tipul de pacient (dimensiune, vârstă, gen).

În principiu, dimensiunea FOV-ului trebuie să fie adaptată patologiei pentru care s-a recomandat explorarea imagistică, precum și vârstei pacientului. Alegerea unui câmp de scanare cât mai mic este necesară la copii, pentru a reduce doza de iradiere în expunerile CBCT.

Scanările cu FOV mic (înălțimea câmpului de scanare < 10 cm) vor permite evaluarea leziunilor dento-parodontale. Ele sunt utilizate de obicei în endodonție sau în ortodonție, pentru identificarea resorbțiilor radiculare și a poziției dinților incluși. Pot fi recomandate și în implantologie pentru evaluarea ofertei osoase, pe arii edentate reduse, la un grup restrâns de dinți.

Câmpurile de scanare medii (FOV mediu cu înălțimea cuprinsă între 10 și 15 cm) se utilizează în special în implantologie, pentru efectuarea reconstrucțiilor multiplanare care permit efectuarea de măsurători la nivelul crestelor alveolare.

Examinările CBCT cu câmp larg de scanare (FOV cu înaltime >15 cm) permit evidențierea sinusurilor paranazale și a afecțiunilor care interesează scheletul mediofacial și osul mandibular.

5. Pacientul, aşezat sau în ortostatism, în funcţie de aparat, va fi poziţionat cu mentonul pe dispozitivul specific pentru bărbie şi cu planurile topografice ale capului aliniate cu cele ale aparatului (sub forma de spoturi liniare luminoase), în general cu axul vertical al capului perpendicular pe sol şi alinierea planului Frankfort orizontal. Poziţia este menţinută de dispozitive de susţinere parietale, astfel încât, în cursul expunerii, să scadă riscul apariţiei chiar şi a mişcărilor fine, date de respiraţie sau ritmicitate cardiacă. Pacientul este rugat să menţină arcadele dentare în contact sau pot fi folosite dispozitive de silicon, menţinute între arcade, lucru care ajută la evitarea suprapunerii coroanelor celor două arcade. Pacientul este instruit să respire liniştit şi să rămână nemişcat pe parcursul întregii examinări, care poate dura de la 13 secunde la FOV mic până la 30 de secunde în cazul unui FOV mare, cu dublă expunere.

6. Operatorul va trece în camera de expunere, unde va declanşa expunerea precursoare examinării, numită „Scout", realizată printr-o rotaţie a cuplului tub-detector cu o iradiere scurtă, similară unei radiografii laterale de craniu, care va confirma că segmentul de examinat se află în câmpul de expunere. După această verificare, operatorul va declanşa expunerea propriu-zisă.

7. După finalizarea expunerii, pacientul este îndepărtat din aparat şi se aşteaptă construirea imaginii şi redarea ei pe display-ul computerului, perioadă care poate dura de la câteva secunde până la câteva minute.

După ce examinarea a fost efectuată tehnic, aceasta va fi însoţită de un rezultat, buletin de interpretare, elaborat de un medic specialist. Acesta va cuprinde datele de identificare ale pacientului, regimul de expunere, DAP-ul, precum şi interpretarea efectivă a examinării, atât din punctul de vedere al a anatomiei şi variantelor sale, cât şi al patologiei prezente.

Medicul care evaluează cazul va identifica în primul rând imaginile secţionale efectuate în cele trei planuri geometrice principale – axial, coronal şi sagital. Ulterior, medicul care analizează imaginea radiologică va efectua secţiuni suplimentare de reconstrucţie multiplanară, orientate după planuri curbe sau oblice trasate în funcţie de patologia evaluată şi necesare diagnosticului.

Este important de reţinut că, în situaţia în care s-a efectuat un FOV larg, toate structurile prezente în examinare necesită a fi evaluate (fose craniene, bază de craniu, rino- şi oro-faringe). Acest lucru impune ca medicul evaluator să cunoască aspectele anatomiei radiologice CBCT specifice regiunii şi a modificărilor potenţiale.

9.5. Erori de efectuare a expunerilor CBCT. Standarde de calitate ale imaginii CBCT

Ca în orice tehnică imagistică, pe lângă artefactele discutate mai sus, există posibilitatea apariţiei şi a unor erori. Posibilele erori tehnice, precum şi efectele lor potenţiale, sunt cuprinse în tabelul 9.4.

Evaluarea calităţii imaginilor CBCT trebuie efectuată constant de către tehnicianul radiolog şi periodic într-un audit la 6 luni, în echipă cu medicul radiolog şi fizicianul, înregistrându-se toate cauzele de neconformitate. Examinarea este considerată acceptabilă atunci când nu prezintă erori în pregătire, poziţionare şi expunere, sau există erori minime. Examinarea este considerată inacceptabilă când aceste erori sunt prezente în mod evident, reducând capacitatea de evaluare corectă a structurilor. În procesul de auditare a examinărilor imagistice se acceptă un procent de maxim 10% imagini de calitate inacceptabilă.

Tabelul 9.4. Erori posibile în CBCT şi efectele acestora

Categoria erorii	Cauza	Efect
Pregătire pacient	neîndepărtarea obiectelor metalice	artefacte de scatter şi de tip streaking
	nepoziţionarea corectă a markerilor pt planningul preimplantar	markerii metalici nu sunt relationaţi cu situl, necesită repetare
Expunere	factori de expuneri prea mici	imagine cu zgomot mare, palidă şi fără contrast
Poziţionare	imobilizare insuficientă care duce la artefacte de mişcare	imagine flu, fără netitate
	pacient poziţionat incorect în aparat	regiunea de interes nu se află în FOV
Reconstrucţia imaginii	trasare incorectă a secţiunii sau alegere incorectă a grosimii pt ,,panoramică"	nu se vizualizează complet aria de interes
	ajustare insuficientă/ incorectă a luminozităţii/contrastului	incapacitatea de a identifica anumite elemente anatomice, mai ales cele mici, cu densitate redusa

Modul de auditare a calităţii imaginilor CBCT se efectuează prin comparare cu un set de imagini standard, de referinţă, de la examinări CBCT de înaltă calitate şi prin analiza imaginilor considerate neconforme, în funcţie de criterii de calitate stabilite, şi determinarea factorilor cauzatori.

Criteriile de calitate ale imaginii CBCT urmărite sunt:

- evidenţierea unei geometrii optime a imaginii - imaginea să fie nedeformată, aria principală de interes să fie în centrul câmpului de vizualizare, sau în apropierea acestuia, ţinând cont de distorsionarea periferică caracteristică
- o acoperire anatomică corectă - zona de interes să fie inclusă în volumul de scanare
- alegerea FOV-ului optim - limitat la zona de interes, deci cea mai mică dimensiune compatibilă cu situaţia diagnostică respectivă, disponibilă la echipament, generând astfel iradierea cea mai redusă
- pregătire şi instruire adecvată a pacientului - să nu existe corpuri metalice detașabile, ex. cercei, ochelari, proteze; să nu se observe artefacte de mișcare, care dovedesc necooperarea pacientului
- fără erori de poziționare a pacientului în câmpul de scanare
- o densitate și un contrast bune precum şi un zgomot cât mai redus – prin utilizarea factorilor adecvaţi de expunere
- tehnici de prelucrare a volumului de date şi reconstrucţii optime diagnosticului vizat - alegere corectă a traseului pentru reconstrucţii personalizate în funcţie de caz şi de diagnostic
- cunoaşterea tehnicilor de postprocesare - ajustarea caracteristicilor imaginii în vederea observării cât mai optime a structurilor anatomice.

9.6. Aplicaţiile CBCT în medicina dentară

CBCT, prin detaliile tridimensionale şi multiplanare pe care le oferă, a devenit una din tehnicile imagistice care are utilitate majoră în mare parte din ramurile medicinei dentare.

***Implantologie*.** Datorită capacităţii de redare 3D a structurii osoase, CBCT a revoluţionat domeniul implantologiei, oferind răspuns în ce priveşte volumul osos al unui sit preimplantar, precum şi structura osului în termeni de densitate. Reconstrucţiile cross-section, perpendiculare pe curbura crestei alveolare, permit măsurători de acurateţe şi evaluări de fineţe ale anatomiei, cu trasări ale a canalului nervului alveolar inferior şi aprecieri corecte ale relaţiilor cu structurile anatomice de vecinătate (sinusul maxilar sau cavităţile nazale).

Datele, în format DICOM, pot fi încărcate în software-uri specializate, pentru crearea de modele preimplantare şi printare 3D de ghiduri chirurgicale pentru medicul implantolog.

Traumatologie. Evaluarea corectă a traumatismelor maxilo-faciale impune vizualizarea structurilor, fără a exista suprapuneri. În CBCT este optim redată în mod tri-dimensional întreaga anatomie a masivului facial, putându-se evalua corect deplasările fragmentelor fracturate. Limitarea constă în incapacitatea redării complete a modificărilor structurilor moi care pot fi interesate în cadrul traumatismului.

Chirurgia maxilo-facială. Evaluarea preoperatorie a leziunilor înlocuitoare de spaţiu osos, tumorale sau chistice, cu distrucţia sau remodelarea osului, se realizează cu succes prin reconstrucţiile oferite de CBCT, medicul chirurg putând planifica intervenţia chirugicală în mod optim.

Datele DICOM obţinute la examinarea CBCT sunt folosite în tehnicile de prototipare rapidă, „rapid-prototyping", tehnici de fabricare de bio-modele, dimensional la scară anatomică, prin printare 3D asistată de calculator. Aceste bio-modele sunt utilizate în reconstrucţiile cranio-faciale, fie post-traumatice majore, fie în chirurgia diformităţilor cranio-maxilo-faciale.

Ortodonţie şi chirurgia ortognatică. Tratamentul anomaliilor de ocluzie, beneficiază în evaluările pre şi post-terapeutice, de datele obţinute prin examinarea CBCT, existând soft-uri suplimentare specifice, dedicate efectuării măsurătorilor cefalometrice. De asemenea, o utilitate deosebită a acestei tehnici, este evaluarea incluziilor dentare, CBCT oferind toate datele legate de poziţia dintelui inclus, relaţiile cu dinţii şi structurile învecinate şi de complicaţiile posibile.

9.7. Noţiuni de dozimetrie în examinarea CBCT. Criterii de selecţie

Comparativ cu examinările bidimensionale din radiologia dentară, radiografiile intra- și extraorale, iradierea utilizată în CBCT este cu mult mai crescută. Comparativ cu examinarea panoramică, doza efectivă în cursul unei examinări CBCT poate fi de 5-15 ori mai ridicată. Variabilitatea dozelor este dată atât de FOV ales, de regimul de expunere setat pentru fiecare pacient, dar și de dimensiunea voxelului.

De exemplu, la o examinare cu FOV larg, cu un voxel de 0,4 mm și regim de expunere de 87 kV și 8 mA, produsul DAP are o valoare de 1065 mGy x cm^2. O examinare cu FOV mediu, cu un voxel mic, de 0,15 mm, efectuat cu 88 kV și 9 mA pentru reducerea zgomotului, valoarea DAP este de 1060 mGy x cm^2, deci similară în cele două examinări. La un FOV mic, dar cu utilizarea de regim low-dose, valoarea DAP poate ajunge la valori mult mai reduse.

De aceea este important ca la fiecare examinare să existe o justificare clară a indicaţiei de examinare CBCT, o alegere corectă a dimensiunii voxelului şi a FOV-ului în funcţie de suspiciunea diagnostică şi de regiunea vizată a fi evaluată.

Pentru a avea o imagine mai clară asupra iradierii în CBCT, dacă efectul iradierii unei radiografii panoramice, în termeni de risc, este similar cu cel al expunerii la fondul natural de iradiere de câteva zile, în CBCT acest risc este similar cu cel al expunerii suplimentare la fondul natural de iradiere timp de câteva luni. Comparativ cu o examinare standard CT a capului, dozele utilizate în CBCT sunt de aproximativ 10 ori mai reduse.

Tabelul 9.5. redă valorile de iradiere comparative între diferite tehnici şi echivalentul acestora la expunerea naturală, date ce reies din programul SedentexCT şi ghidul Radiation Protection: Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology. Evidence-based Guidelines, 2011. www.sedentexct.eu

Recomandările cheie pentru o examinare CBCT optimă sunt:

- Pregătire corectă (poziţionare, îndepărtare obiecte metalice, proteze mobile) şi o instruire optimă a pacientului
- În timpul examinării trebuie să se utilizeze cel mai mic volum compatibil cu situaţia clinică respectivă, astfel încât pacientul să fie iradiat cât mai puţin
- Alegerea regimului optim de expunere.

Având în vedere toate avantajele tehnicii, dar şi potenţialul risc, examinarea CBCT nu trebuie să înlocuiască radiografia panoramică sau radiografiile intra-orale. Recomandările cheie pentru o practică corectă în ceea ce priveşte utilizarea examinării CBCT, în conformitate cu principiul ALARA, sunt:

1. Aceasta trebuie să fie justificată pentru fiecare pacient individual, doar cu indicaţie de diagnostic clară, anamneză şi examen clinic efectuat înaintea examinării de către medicul trimiţător
2. Trebuie să demonstreze că beneficiile pentru diagnosticul pacientului depăşesc potenţialul risc, adică aduce noi informaţii, necesare managementului terapeutic al pacientului
3. Este necesar să fie folosită doar atunci când informaţia adusă de CBCT nu poate fi obţinută cu ajutorul unei examinari cu doză de iradiere mai scăzută (intra-orală sau extra-orală)
4. Examinarea CBCT nu este o tehnică de rutină, trebuie ca medicul dentist să fie conştient că ea prezintă un potenţial de risc pentru pacient, chiar dacă acesta este mai redus decât cel al examinării CT
5. Pentru o funcţionare optimă şi reducerea riscurilor, echipamentele necesită teste de asigurare a calităţii periodice, efectuate atât de tehnicianul care utilizează echipamentul, cât şi de fizician, la intervale de timp prestabilite.

Tabelul 9.5. Doze de iradiere în imagistica maxilo-facială

Examinare radiologica	*Doza efectivă (µSv)*	*Echivalentul iradierii naturale de fond (circa 2200 µSv/ year)*
Radiografie intra-orală	< 1.5	< 24 ore (1 zi)
Radiografie cefalometrică	< 6	*24 ore (1 zi)*
OPT	*2.7-24*	*1-4 zile*
CBCT - dento-alveolar	*11-674 (m=61)*	*2 zile - 4 luni (m = 10 zile)*
CBCT cranio-facial	*30-1073 (m=87)*	*5 zile-6 luni (m = 14 zile)*
MultisliceCT	*280-1410*	*2-8 luni*

Sumar

- CBCT foloseşte un fascicul de radiaţii X cu geometrie conică, provenit de la o sursă unică de radiaţii X, care este captată de un detector larg, plan, obţinându-se informaţie volumetrică (3D) completă a segmentului examinat
- Două caracteristici importante ale sistemelor CBCT sunt FOV (câmpul de scanare) şi voxelul (dimensiunea acestuia), existând o relaţie proporţională între aceste două elemente.
- În CBCT sunt redate cu acurateţe mare structurile dense (dentare, osoase), neputându-se face evaluări corecte asupra ţesuturilor moi
- În funcție de indicația de diagnostic se setează FOV- aria de interes care va fi acoperită în cursul scanării. Dimensiunea FOV-ului influențează gradul de iradiere a pacientului în mod direct, un FOV mare ducând la o doză efectivă mai crescută, precum și rezoluția imaginilor, care creşte cu reducerea FOV-ului, prin reducerea voxelului
- Imaginile CBCT se redau în seturi de secţiuni bi-dimensionale continue şi în mod 3D. Secţiunile standard sunt în cele trei planuri ortogonale clasice, coronal, axial și sagital, cele de tip reconstrucții panoramice şi reconstrucții ,,cross-section", perpendiculare pe axul trasat individual.
- Reconstrucţiile multiplanare, individualizate fiecărui pacient reprezintă unul din atuurile CBCT. Acestea sunt reconstrucțiile pentru ATM, orbită, sinusuri şi multiplanare în diferite regiuni și patologii de interes
- Imaginea CBCT trebuie să aibă o calitate bună. Aceasta înseamnă o rezoluție spațială înaltă, care depinde invers proporţional de dimensiunea voxelului, un zgomot cât mai redus, o acoperire bună a regiunii de interes și absența artefactelor
- Artefactele posibile întâlnite în examinările CBCT sunt artefactul de inel, cel de întărire a fasciculului, sau ,,beam hardening", artefactul de extincție, sau absență a valorilor, artefactul de ,,aliasing" și artefactele de mișcare
- Tehnica de efectuare a examinării CBCT necesită urmărirea corectă a mai multor pași, pentru evitarea erorilor posibile, de la obținerea consimțământului informat, la pregătirea pacientului, alegerea câmpului de scanare optim pentru regiune și a parametrilor de expunere necesari până la postprocesarea imaginilor, cu efectuarea reconstrucțiilor necesare diagnosticului.
- Aplicațiile CBCT sunt multiple, tehnica fiind utilizată în special în implantologie, traumatologia și chirurgia maxilo-facială, dar și în ortodonție și chirurgia ortognatică precum și în endodonție.
- Dozele utilizate în CBCT sunt mult mai reduse decât cele din CT, însă de câteva ori mai mari decât în imagistica 2D dento-maxilară. Acest lucru face ca această tehnică să fie utilizată doar în cazuri justificate corect și cu respectarea principiilor de radioprotecție.

Referinţe

Abramovitsch K., Rice D., Basic Principles of Cone beam computed tomography. Dent Clin N Am., 2014; 58:463-484

Angelopoulos C., Scarfe W.C., Farman A.G., A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am., 2012; 20(1):1-17

Feldkamp L.A., Davis L.C., Kress J.W., Practical cone-beam algorithm. J Opt Soc Am A., 1984; 1:612–9.

Jaju P., Cone Beam Computed Tomography: A Clinician's Guide to 3D Imaging. Jaypee Brothers Medical Publishers, India, 2015

Miracle A,C., Mukherji S.K., Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. AJNR Am J Neuroradiol, 2009; 30(6):1088-95.

Radiation Protection: Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology. Evidence-based Guidelines, 2011. www.sedentexct.eu

Scarfe W.C., Farman A.G,. What is cone-beam CT and how does it work? Dent Clin North Am. 2008; 52(4):707-30.

Suomalainen A., Kiljunen T., Käser Y., et al., Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. Dentomaxillofac Radiol, 2009; 38(6):367-78.

White S.C., Pharoah M.J., Oral Radiology. Principles and Interpretation. Mosby Elsevier, 6th ed

Wischmann H.A., Luijendijk H.A., Meulenbrugge H.J., et al., Correction of amplifier nonlinearity, offset, gain, temporal artifacts and defects for flat-panel digital imaging devices. In: Antonuk LE, Yaffe MJ (Eds). Medical Imaging 2002: Physics of Medical Imaging—proceedings of SPIE, vol. 4682. San Diego (CA): SPIE; 2002. pp. 427-37.

Verificarea cunoştinţelor

1. Care este relaţia dintre dimensiunea voxelului şi rezoluţia spaţială a imaginii CBCT?
2. La examinarea unei regiuni dentare, deci cu alegerea unui FOV mic, cum va fi iradierea pacientului? Dar zgomotul imaginii?
3. La scăderea valorii mA din consola echipamentului CBCT, cum va fi influenţat zgomotul imaginii CBCT?
4. Cum trebuie să fie setată grosimea secţiunii şi pasul dintre secţiuni pentru a avea continuitate şi a nu pierde structuri?
5. Dacă grosimea secţiunii este mai mică decât pasul dintre secţiuni care va fi consecinţa? Dar invers?
6. La setarea unui traseu prin mandibulă, imaginea panoramică, cu o grosime de 1 mm, cum va fi afişată structura osului alveolar maxilar?
7. Când este necesar un buletin de interpretare radiologică al examinării CBCT?
8. Care dintre factorii de expunere poate fi ajustat pentru a ameliora artefactele de întărire a semnalului?
9. De ce nu este corectă aprecierea integrării osoase a unui implant pe examinarea CBCT?
10. Cum este iradierea în CBCT comparativ cu examinarea CT? Dar faţă de radiografia panoramică?

Capitolul 10
Anatomia secţională CBCT a craniului

Autori: Mihaela Hedeşiu, Raluca Roman

Cuprins

10. **Anatomia secţională CBCT a craniului**
10.1. Anatomia şi semiologia CBCT a neurocraniului
10.2. Anatomia şi semiologia CBCT a viscerocraniului
10.3. Anatomia şi semiologia CBCT a bazei craniului
10.3.1. Structurile bazei craniului
10.3.2. Fosele şi cavităţile bazei craniului
10.3.3**.** Semiologia bazei craniului
10.4. Orbita
10.5. Cavităţile nazale
10.6. Sinusurile paranazale
10.7. Anatomia CBCT şi semiologia urechii
10.8. Spaţiile aeriene ale faringelui
Tabel sumativ: Anatomia CBCT în secţiunile standard axiale, coronale şi sagitale ale craniului
Referințe

Obiective

Recunoaşterea delimitărilor anatomice ale foselor craniene, ale oaselor şi suturilor care alcătuiesc baza craniului
Identificarea pe imaginile CBCT a foselor, cavităţilor şi găurilor de la nivelul bazei craniului
Înţelegerea comunicărilor care există între fosele bazei craniului
Cunoaşterea anatomiei secţionale a orbitei şi a cavităţilor nazale
Recunoaşterera anatomiei şi a căii de drenaj a sinusurilor paranazale
Identificarea elementelor anatomice ale stâncii temporalului
Recunoaşterea elementelor de semiologie CBCT în patologia bazei craniului, orbitelor, sinusurilor paranazale şi a osului temporal
Recunoşterea limitelor spaţiilor aeriene ale faringelui

Termeni cheie

Aditus ad antrum
Antrum mastoidian
Apeduct cohlear
Apeduct vestibular
Apofizele pterigoide
Arcada temporo-zigomatică (ATZ)
Articulaţia temporo-mandibulară (atm)
Canal acustic intern
Canal carotidian
Canal vidian (pterigopalatin)
Canale semicirculare
Canalul facialului
Canalul incisiv
Canalul nervului optic
Fosa Rosenmuller
Fosa temporală
Frontal
Gaura infraorbitară
Gaura jugulară
Gaura occipitală mare
Gaura ovală
Gaura rotundă
Gaura ruptă
Gaura spinoasă
Gaura stilomastoidiană
Gaura supraorbitară
Hioid
Hipofaringe
Nerv accesor
Nerv glosofaringian
Nerv trigemen
Nerv vag
Nervul hipoglos
Nervul mandibular
Nervul maxilar
Neurocraniu
Occipital
Orificiul palatin mare şi mic
Orofaringe
Palatin
Parietal
Proces stiloid

Cohleea	Hipotimpan	Scutum
Conduct auditiv extern	Lama ciuruita a etmoidului	Sfenoid
Epitimpan	Lamina papiraceea	Sinusuri paranazale
Etmoid	Lanţ osicular	Spina nazală anterioară
Fereastra ovală	Mandibulă	Şaua turcească
Fereastra rotundă	Mastoida	Tegmen tipmani
Fisura pietroscuamoasă	Maxilă	Temporal
Fisura pietrotimpanică	Membrana timpanică	Torus tubaris
Fisura timpano-mastoidiană	Mezotimpan	Vestibul
Fosa infratemporală	Modiol	Viscerocraniu
Fosa pterigopalatină	Nazofaringe	Zigomatic

Examinarile CBCT, cu câmp de scanare larg (FOV >15 cm), sunt capabile să redea în totalitate anatomia secţională a oaselor craniene. Scheletul cranian este alcătuit din 23 de oase care constituie două părţi distincte: *neurocraniul*, care adăposteşte encefalul şi *viscerocraniul,* care conţine organele de simţ, oasele feţei şi segmentele iniţiale ale aparatului respirator şi digestiv.

10.1. Anatomia şi semiologia CBCT a neurocraniului

Neurocraniul este alcătuit din 4 oase nepereche: - osul frontal, etmoidul, sfenoidul şi occipitalul şi 4 oase pereche – două oase parietale şi două oase temporale. La nivel cranian se pot delimita două zone: calvaria (bolta craniană) şi baza craniului (Figura 10.1).

Osul frontal

Osul frontal este situat median şi contribuie la formarea cavităţii nazale şi a porţiunii superioare a orbitelor. Se pot descrie două porţiuni ale osului frontal: *porţiunea solzoasă* (verticală), care face parte din bolta craniană şi *scobitura etmoidală* (orizontală), care contribuie la formarea bazei craniului. Anterior, osul frontal conţine două cavităţi aerice, asimetrice, *sinusurile frontale* (Capitolul 10.6).

Semiologia modificărilor CBCT:

- întreruperea conturului osos al porţiunii solzoase a frontalului şi a pereţilor, anterior şi posterior ai sinusurilor frontale în traumatisme, tumori, mucocel, inflamaţii sinusale (Figura 10.2)
- îngroşarea pereţilor sinusului frontal în sinuzitele cronice, boala Paget etc. (Figura 10.3)
- modificarea conţinutului sinusurilor paranazale (hemosinus, îngroşări periferice ale mucoasei sinusale, secreţii, calcificări) (Figura 10.4).

Osul etmoid

Etmoidul este situat pe linia mediană, în scobitura etmoidală a frontalului şi contribuie la formarea orbitelor, a foselor nazale şi a bazei craniului (Figura 10.5). Părţile componente ale etmoidului sunt: lama verticală, lama orizontală şi două mase laterale. *Lama verticală* a etmoidului cuprinde o porţiune superioară (*Crista galii*) pe care se inseră coasa creierului şi o porţiune inferioară (lama perpendiculară), care participă impreună cu vomerul, la formarea septului nazal. *Lama orizontală* a etmoidului este numită şi *lama ciuruită*, prezentând cca. 25-30 de orificii prin care trec filetele nervului olfactiv (I). *Masele etmoidale laterale* conţin o serie de cavităţi aerice, cu dimensiuni variabile, celulele etmoidale (Capitolul 10.6).

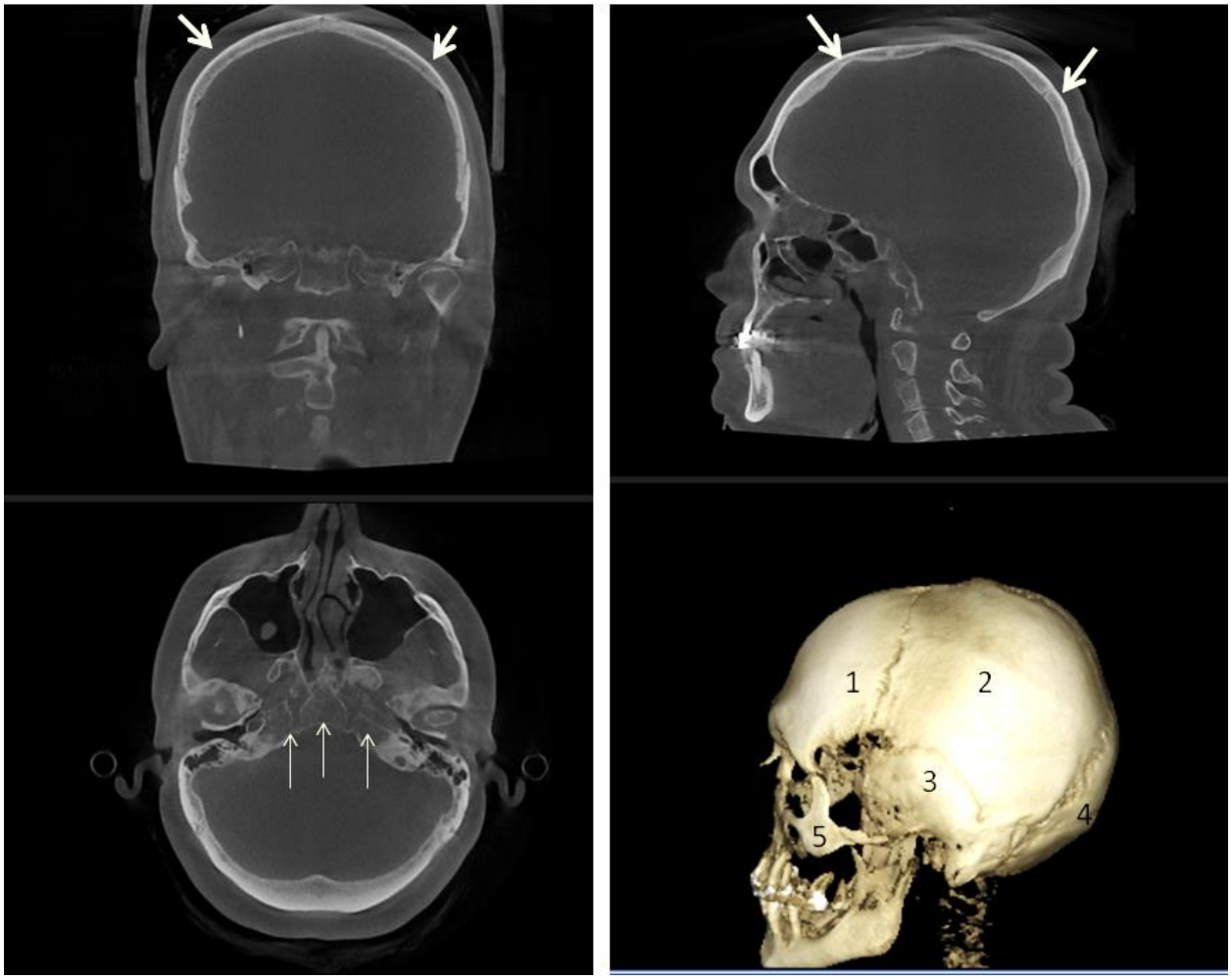


Figura 10.1. Examinare CBCT. Fereastra de afişaj a celor 3 planuri ortogonale. Calvaria (săgeți groase), baza de craniu (săgeți subțiri). Redarea 3D cu oasele craniului, osul frontal (1), os parietal (2), os temporal (3), occipital (4) și suturile dintre acestea vizibile la exterior.

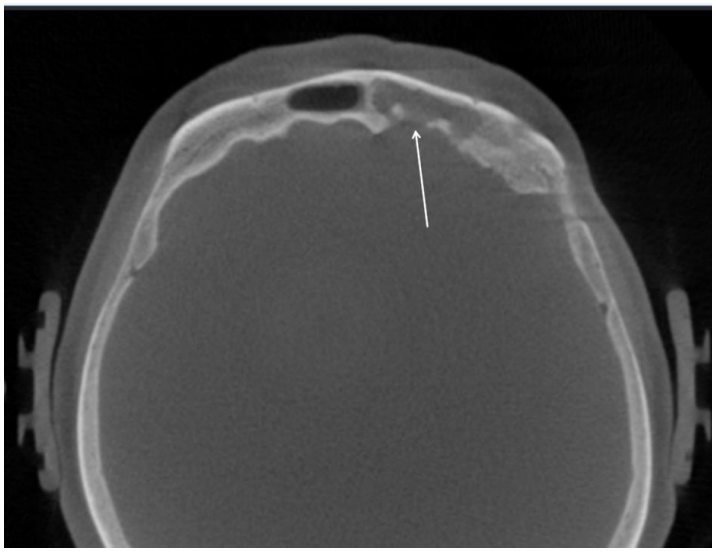


Figura 10.2. CBCT. Secțiune axială cu evidențierea întreruperii conturului osos la nivelul peretelui posterior al sinusului frontal stâng, cu pierederea completă a aerării acestuia

Figura 10.3. CBCT secțiune coronală. Îngroșarea peretelui sinusului frontal stâng (săgeata lungă) și modificarea conținutului, cauzată de acumularea de secreţii în cadrul unei inflamații sinusale (săgeata întreruptă). Se constată și înlocuirea cu conținut dens a aerului din sinusul maxilar stâng (săgeata scurtă)

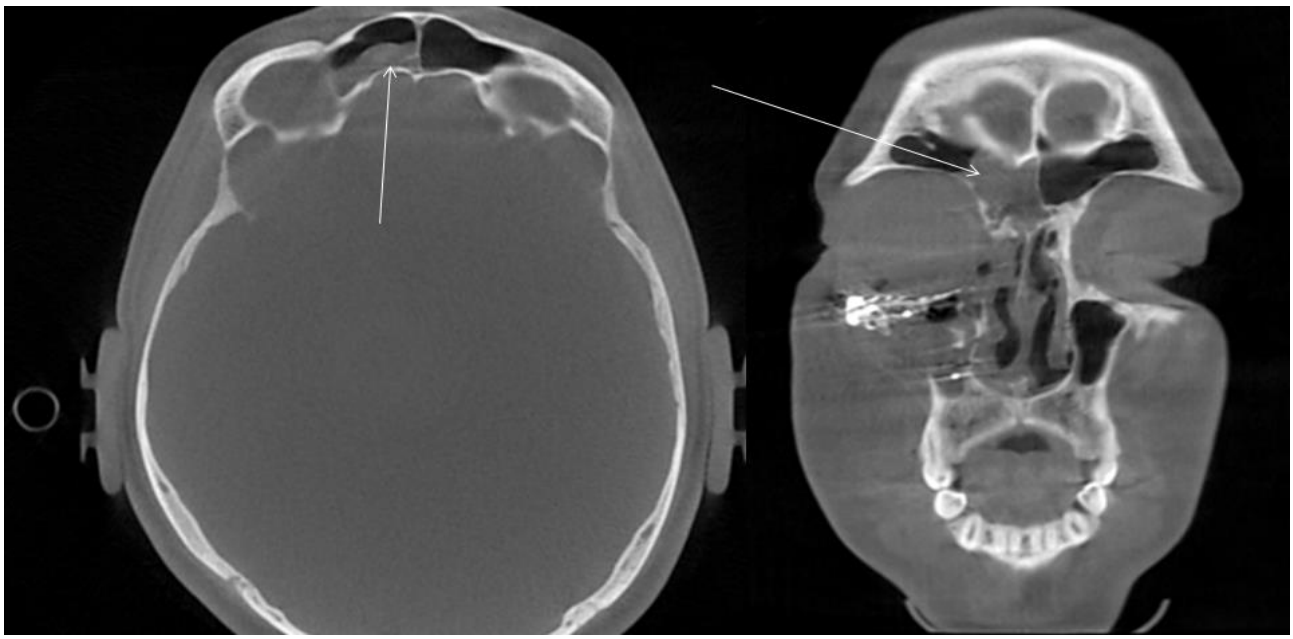


Figura 10.4. CBCT postoperator pentru fractură de complex nazo-orbitar stâng. Secțiune axială și coronară cu evidențierea acumulării hemoragice la nivelul sinusului frontal drept (săgeata)

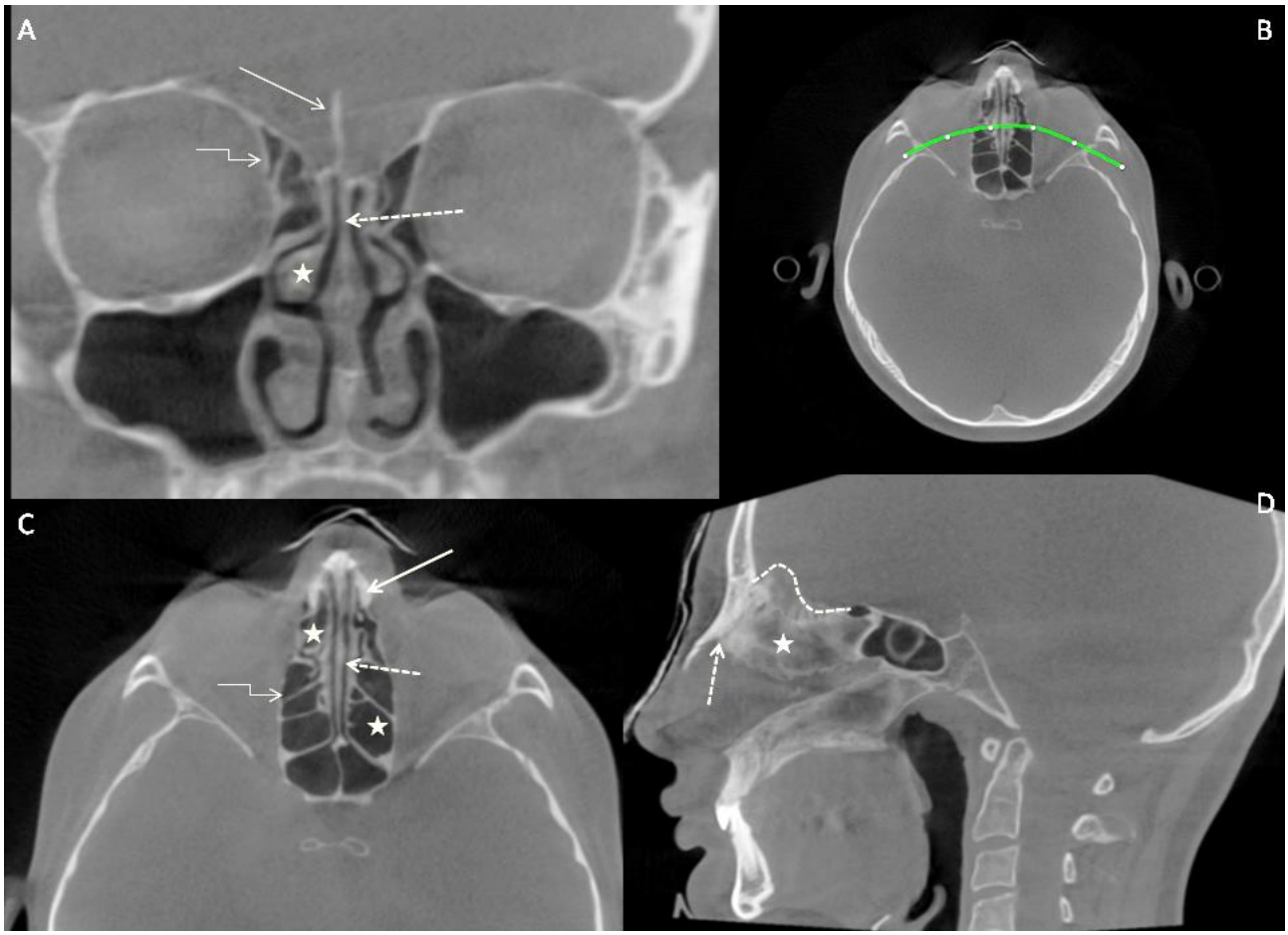


*Figura 10.5. Examinare CBCT. **A**. Reconstrucţie oblic coronală prin orbite și etmoid după traseul din imaginea B. Se observă lama perpendiculară (săgeată întreruptă) cu porțiunea superioară, Crista galli (săgeată continuă), lamina papiraceea (săgeată frântă) și cornetul nazal mijlociu (asterix); **B**. Imaginea care redă trasarea reconstrucției pe secțiune axială; **C**. Secțiune axială cu evidenţierea, medio-sagital a porțiunii superioare a lamei verticale și adiacent, bilateral de aceasta, șanțurile lamei ciuruite; lateral celulele etmoidale (asterix) care delimitează prin lamina papiraceea, peretele medial al orbitei (săgeată frântă) **D.** Reconstrucţie medio-sagitală prin lama verticală (asterix), cu delimitarea superioară a Cristei galli (linie întreruptă) și anterior a suturii frontoetmoidale (săgeată întreruptă)*

***Figura 10.6**. Examinare CBCT. Secţiuni sagitală şi coronală cu evidenţierea prezenţei aspectului de dehiscenţă a plafonului etmoidal.*

Semiologia modificărilor CBCT

- dehiscenţele bazei craniului (Figura 10.6)
- dehiscenţa peretelui medial al orbitei cu hernierea conţinutului orbitar (Figura 10.7)
- fractura peretelui medial al orbitei cu prezenţa de emfizem orbitar (Figura 10.8)
- modificarea conţinutului celulelor etmoidale (hemosinus, îngroşări periferice ale mucoasei sinusale, secreţii, calcificări) (Figura 10.9).

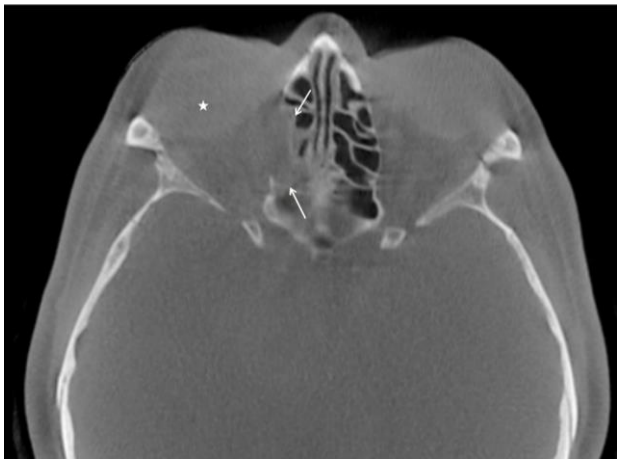


***Figura 10.7**. Examinare CBCT. Secţiune axială, cu evidenţierea dehiscenţei peretelui medial al orbitei drepte, cu hernierea înspre celulele etmoidale a ţesutului moale orbitar (săgeţi), cu asterix fiind marcat globul ocular.*

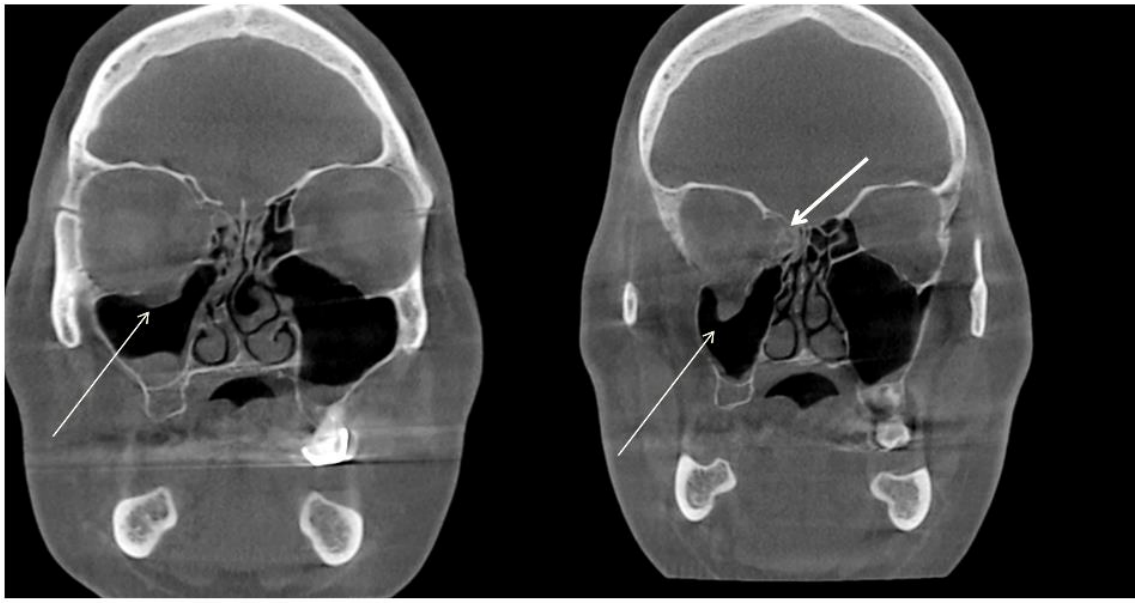


Figura 10.8. CBCT reconstrucție coronală, cu dehiscența postraumatică a planșeului orbitei drepte (săgeată fină) și fractura peretelui medial al orbitei (săgeată groasă)

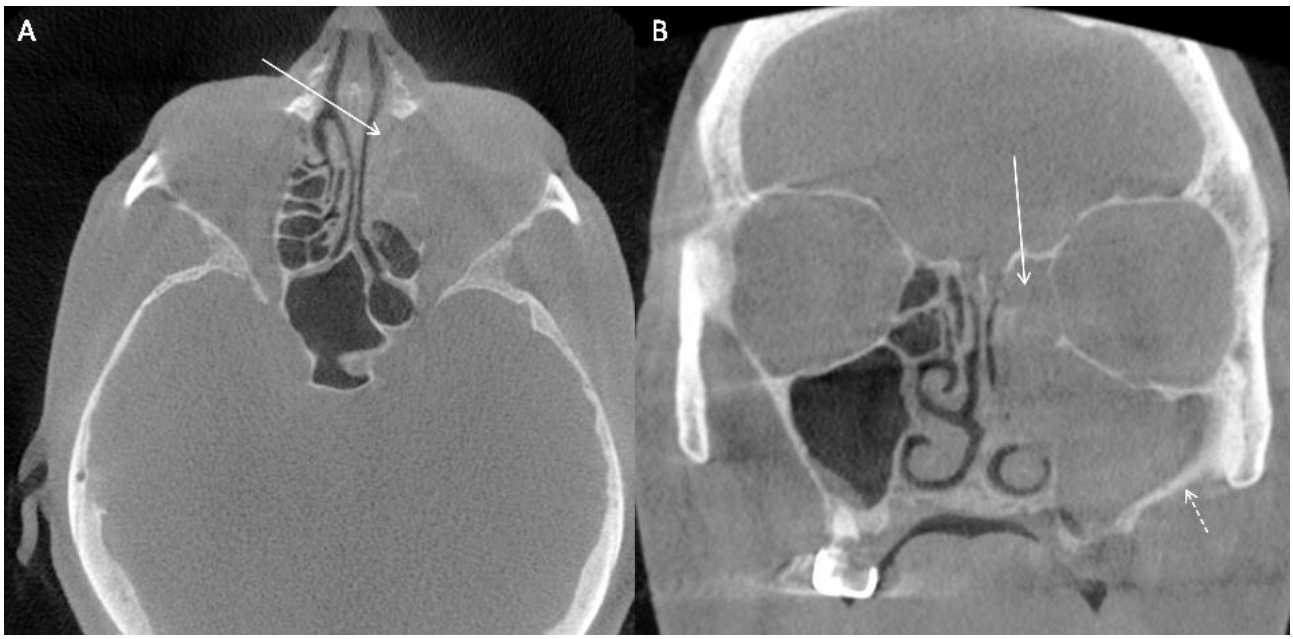


***Figura 10.9**. Examinare CBCT. A. secţiune axială. B. secţiune coronală. Se poate observa conţinutul dens al celulelor etmoidale anterioare şi îngroşarea pereţilor sinusului maxilar, sugestivă pentru inflamaţie cronică sinusală.*

Sfenoidul

Osul sfenoid este un os nepereche, situat în neurocraniu, pe linia mediană, alcătuit dintr-un corp şi trei prelungiri: aripa mare, aripa mică şi apofizele pterigoide (Figura 10.10).

Corpul sfenoidului are pe faţa endocraniană o depresiune, *şaua turcească* (sella turcica) în care se găseşte glanda hipofiză. Fosa hipofizară prezintă posterior dorsum-ul selar şi procesele clinoide posterioare. Faţa posterioară a dorsumului selar se continuă cu porţiunea bazilară a occipitalului, împreună cu care formează clivusul (Figura 10.11).

Aripile mici ale sfenoidului au formă triunghiulară şi iau parte la formarea peretelui superior al orbitei, pe care se găseşte fisura orbitară superioară. Baza lor este străbătută de canalul optic prin care trec nervul optic (II) şi artera oftalmică.

Aripile mari ale sfenoidului se desprind lateral din corpul osului sfenoid. La nivelul aripilor mari sfenoidale se pot identifica radiologic mai multe orificii neurale. Cea mai anterioară este *gaura rotundă* (foramen rotundum), străbătută de nervul maxilar, ramura a nervului trigemen (V_2); *gaura ovală* (foramen ovalae) este străbătută de nervul mandibular (V_3) şi face comunicarea dintre spaţiul endocranian şi fosa infratemporală; *gaura spinoasă* (foramen spinosum) este traversată de artera meningee mijlocie şi se găseşte postero-lateral faţă de gaura ovală (Figura 10.12).

Apofizele pterigoide au aspectul a două lame verticale, una laterală şi alta medială, care se desprind din partea inferioară a corpului sfenoidului. Cele două lame se unesc anterior şi delimitează, împreună cu peretele posterior al sinusului maxilar, *fosa pterigo-palatină*. Posterior, cele două lame pterigoide au un traiect divergent, între ele găsindu-se fosa pterigoidă în care se inseră muşchiul pterigoidian medial. Baza proceselor pterigoide este traversată de canalul pterigoidian (*canalul Vidian*) prin care trec nervul şi artera Vidiană. Pe faţa laterală a lamei pterigoide laterale, se inseră muşchiul pterigoidian lateral (Figura 10.13).

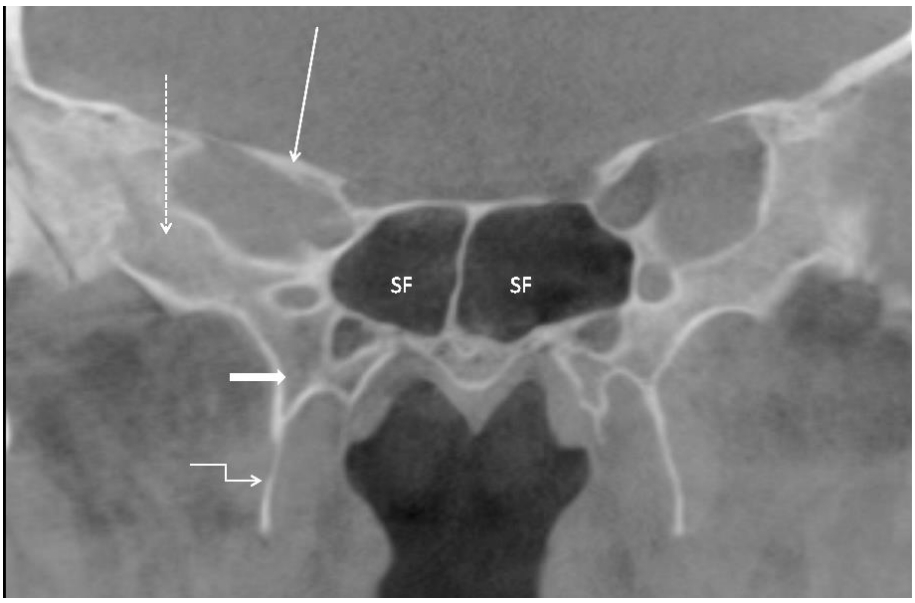


***Figura 10.10**. CBCT reconstrucție coronală prin osul sfenoid. Sunt notate aripa mică dreaptă (săgeata subțire), aripa mare dreaptă (săgeata întreruptă), sinusul sfenoidal (SF), baza apofizelor pterigoide din dreapta (săgeata groasă) și apofiza pterigoidiană laterală dreaptă. Parțial este vizibilă și apofiza medială.*

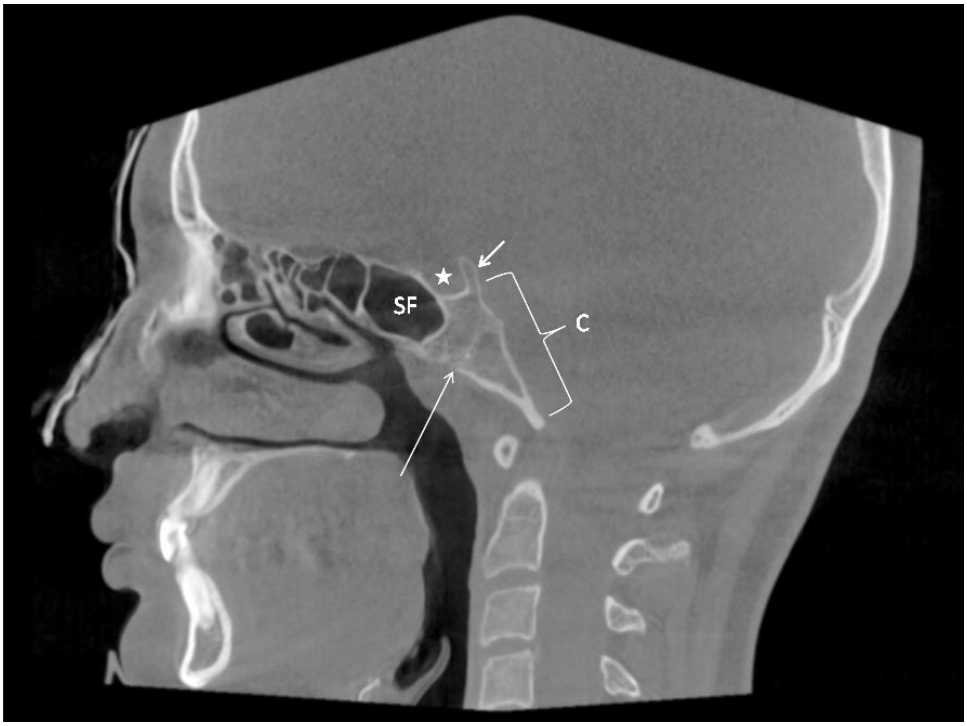


***Figura 10.11**. Secțiune sagitală CBCT la nivel medio-sagital. Se observă șaua turcească (asterix), anterior de ea, sinusul sfenoidal (SF), dorsumul selar (săgeata scurtă), și clivusul clivusul cu evidențierea sincondrozei sfenoocipitale (săgeata subțire) ce unește osul sfenoid cu occipitalul la acest nivel*

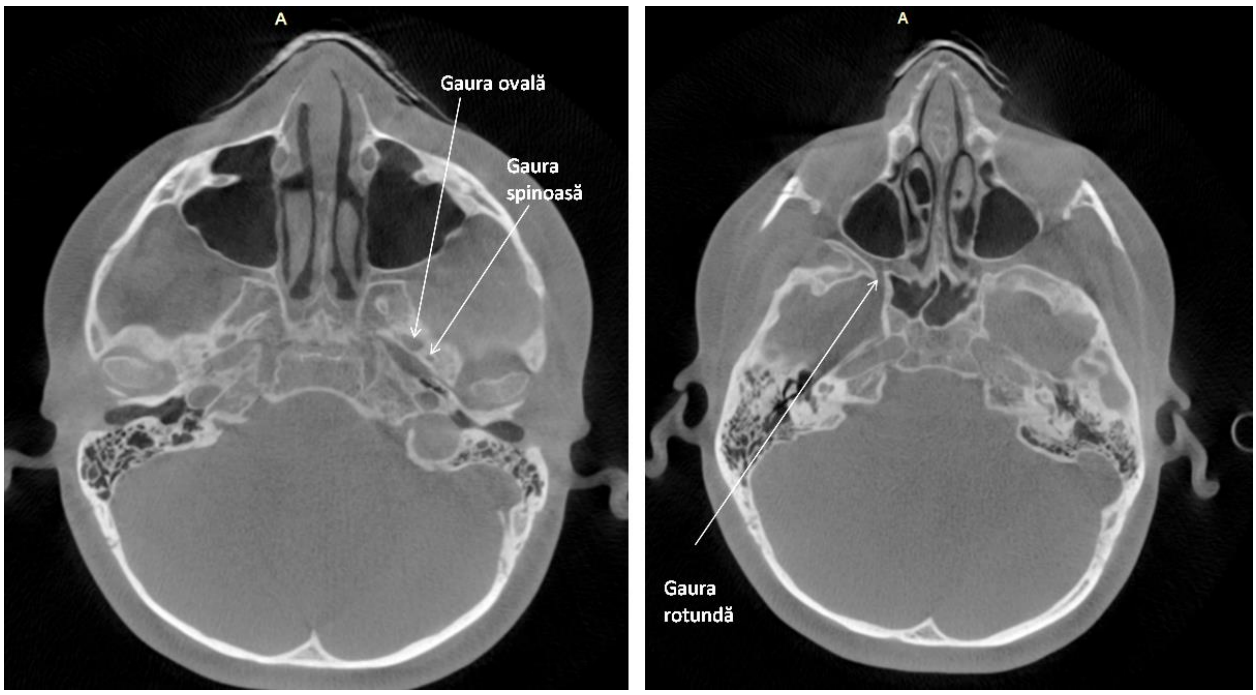


***Figura 10.12**. CBCT Secțiune axială la nivelul bazei de craniu. Se observă gaura ovală și spinoasă pe prima secțiune, la nivelul condililor mandibulari, iar gaura rotundă pe secțiune situată cranial de prima*

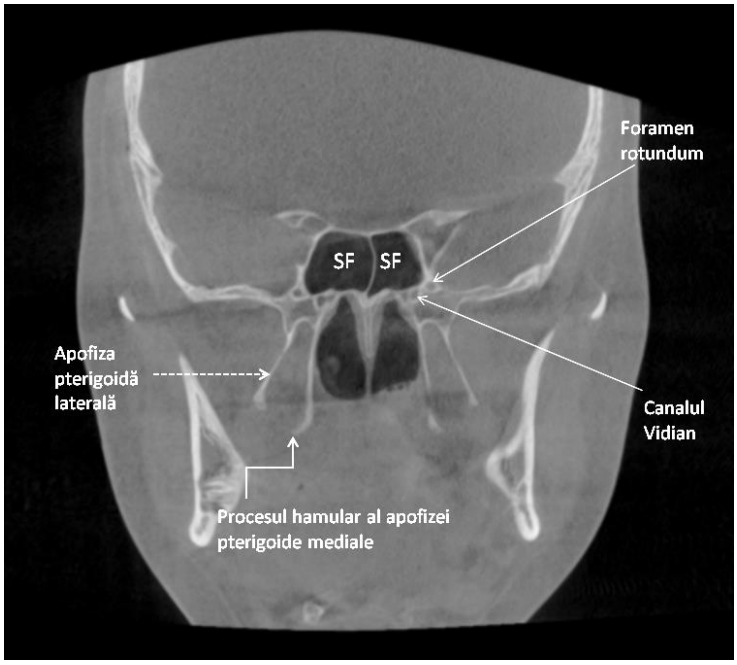


Figura 10.13. CBCT reconstrucție coronală la nivelul corpului osului sfenoid. Se observă foramen rotundum lateral și canalul Vidian în secțiune axială, precum și apofizele pterigoide laterală și medială, cea din urmă cu procesul hamular vizibil în secțiune

Semiologia modificărilor CBCT:

- modificările de formă ale șeii turcești pot atrage atenția asupra unor procese patologice la nivelul glandei hipofize.
- fractura sau eroziunea apofizelor pterigoidiene (Figura 10.14.a).
- lărgirea fosei pterigopalatine poate semnifica prezența extinderii unei tumori din vecinătate (Figura 10.14.b)
- asimetria, eroziuni ale găurii rotunde sau ale găurii ovale (Figura 10.14.c)
- eroziuni ale clivusului (Figura 10.14.b)
- eroziunea pereților canalului Vidian (Figura 10.14.b).

Figura 10.14. a. CBCT secţiune coronală. Fractura lamelor pterigoide laterală şi medială drepte, în cadrul unui traumatism de etaj mijlociu, cu fractura Le Fort II

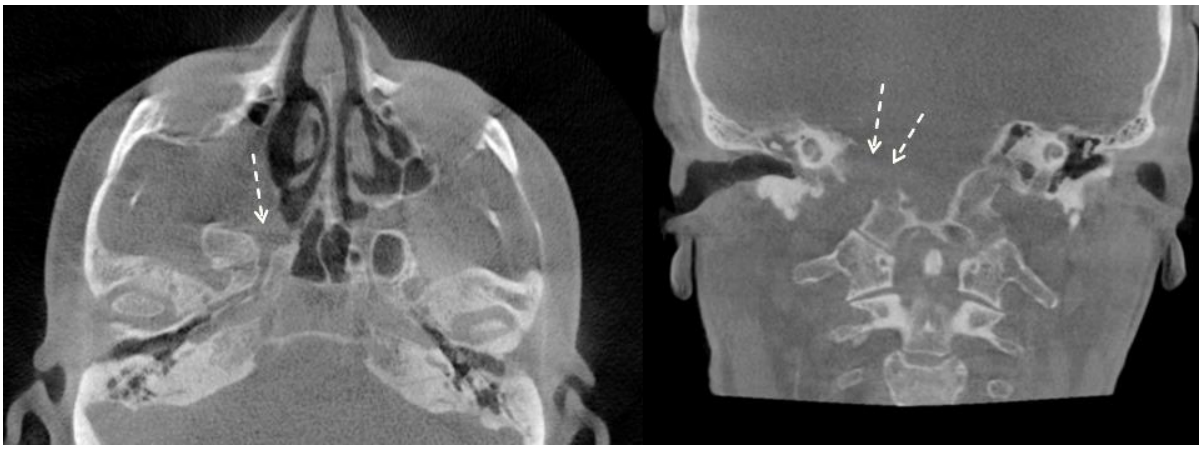


Figura 10.14. b. CBCT. Imaginea din dreapta redă o secţiune axială cu evidenţierea lărgirii fosei pterigopalatine şi erodarea canalului Vidian în cadrul unei tumori maligne. Imaginea din stânga redă o secţiune coronală cu vizualizarea osteolizei osului sfenoidal.

Figura 10.14. c. CBCT în cadrul unei displazii fibro-osoase pe dreapta. Secțiune axială și coronară cu evidențierea asimetriei de poziţie şi morfologie a găurilor rotunde (săgeţi pline), precum și modificările profunde de structură osoasă ce interesează osul sfenoid versant drept, inclusiv procesul pterigoidian drept (asterix plin), precum și stânca temporalului (asterix gol) şi osul zigomatic (săgeata intreruptă). Se notează şi modificarea morfologiei sinusului sfenoidal drept.

Occipitalul

Osul occipital este un os nepereche, situat pe linia mediană, în partea posterioară a neurocraniului. El prezintă *gaura occipitală mare*, de formă ovală, care realizează comunicarea canalului vertebral cu cavitatea neurocraniului. Gaura occipitală conţine bulbul rahidian şi este străbătută de nervii accesori (XI) şi de arterele vertebrale (Figura 10.15).

Temporalul

Osul temporal este un os pereche, situat lateral la nivelul neurocraniului, între osul sfenoid (anterior), parietal (superior) şi occipital (posterior). Osul temporal are mai multe porţiuni: porţiunea solzoasă, porţiunea timpanică, porţiunea pietroasă (stânca temporalului), procesul stiloidian şi mastoida (Figura 10.16.A.).

Porţiunea solzoasă a osului temporal are inserate pe suprafaţa sa externă, fascia temporală şi muşchiul temporal. Pe această faţă se află procesul zigomatic, care se uneşte anterior cu procesul temporal al osului zigomatic, formând împreună *arcada temporo-zigomatică* (ATZ) (Figura 10.16.C). Baza porţiunii solzoase a temporalului prezintă o proeminenţă, *tuberculul articular*, cu aspect convex în plan antero-posterior. În cursul mişcărilor de deschidere ale gurii, condilul mandibular efectuează o mişcare iniţială de rotaţie în interiorul cavităţii articulare glenoide, urmată de o mişcare de translaţie, în timpul căreia, condilul mandibular se va deplasa anterior, plasându-se sub eminenţa articulară a osului temporal. Fosa mandibulară (*fosa glenoidă*) împreună cu tuberculul articular sunt acoperite de un fibrocartilaj, ele articulându-se cu capul condilian mandibular, constituind împreună *articulaţia temporo-mandibulară* (ATM) (Figura 10.16.B.). Pe faţa medială a porţiunii solzoase a osului temporal, între aceasta şi stânca temporalului, se găseşte *fisura pietroscuamoasă*.

Porţiunea timpanică a osului temporal formează cea mai mare parte a conductului auditiv extern. Această porţiune are formă de jgheab, cu o extremitate laterală numită *porul acustic extern*, şi o extremitate internă care prezintă *şanţul timpanic*, pe care se inseră membrana timpanică (Figura 10.17). Faţa inferioară a porţiunii timpanice corespunde fosei mandibulare şi ATM.

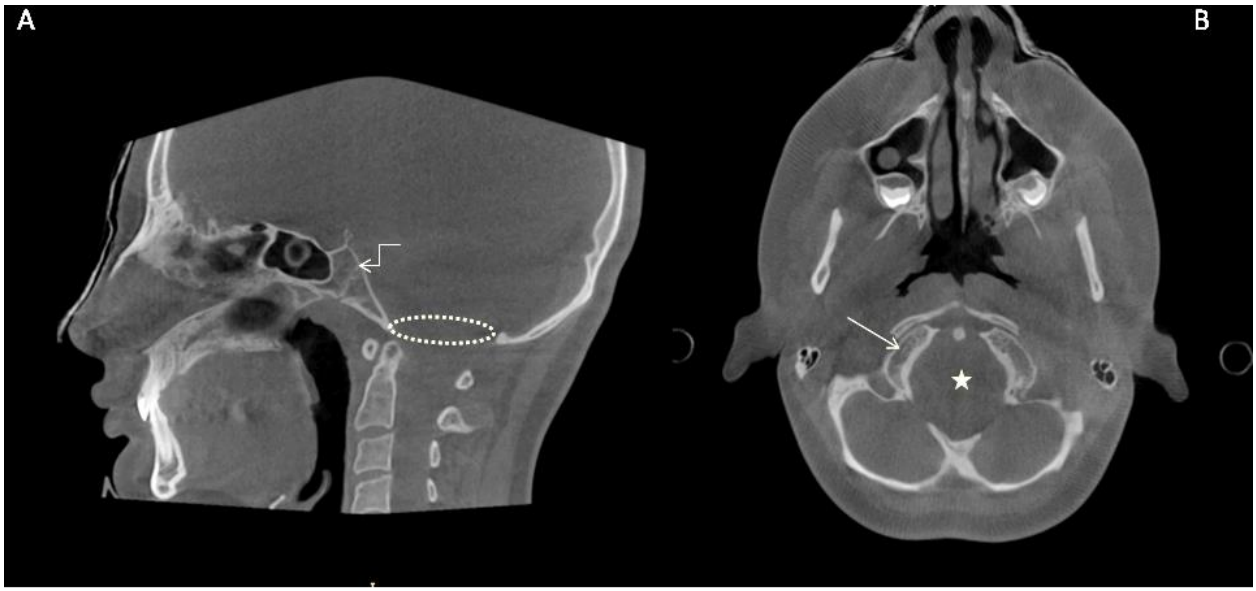


Figura 10.15. Examinare CBCT. A. Reconstrucţie sagitală cu evidenţierea sincondrozei sfeno-occipitale (săgeata frântă) şi a găurii occipitale, foramen magnum (linie punctată). B. Imagine axială cu evidenţierea condililor occipitali (săgeata) şi a foramen magnum cu conţinutul nervos (asterix)

*Figura 10.16. Examinare CBCT. **A**. Reconstrucţie coronală, fiind marcate stânca temporalului (săgeata groasă) şi porţiunea solzoasă (săgeata fină). **B.** Reconstrucţie sagitală, cu porţiunea timpanică şi mastoida (săgeata frântă) şi anterior cavitatea glenoidă, parte de ATM. **C.** Reconstrucţie axială cu evidenţierea porţiunii solzoase (săgeata fină), a procesului zigomatic al temporalului care formează ATZ prin sutura cu osul zigomatic (săgeata frântă) şi stânca (săgeata groasă). **D** și **E.** Reconstrucţii cross-section în axul stâncii, cu observarea apexului mastoidian, parțial pneumatizat în acest caz (săgeata frântă) și procesului stiloidian (săgeata fină)*

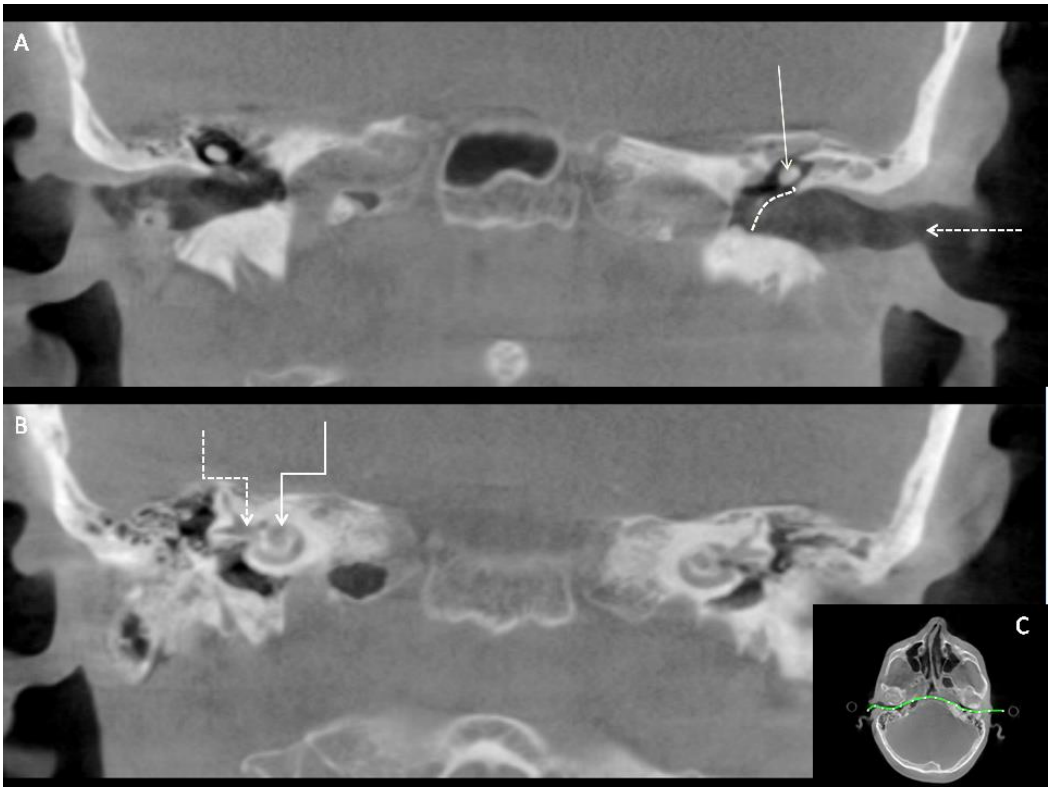


*Figura 10.17. CBCT, reconstrucții panoramice individualizate în planul porțiunii timpanice a temporalului, ce evidențiază **A.** în secțiune anterioară: porul acustic extern (săgeata frântă), poziția membranei timpanice (linie întreruptă) și capul ciocanului (săgeata); **B.** secțiune posterioară cohleea (linie frântă continuă) și vestibulul cu emergența canalelor semicirculare (linie frântă întreruptă); **C.** imaginea ce redă trasarea reconstrucției pe secțiune axială*

Pe faţa medială a porţiunii timpanice se delimitează mai multe fisuri:

- *fisura pietro-timpanică (fisura Glaser)*, prin care iese din cavitatea timpanică nervul coarda timpanului;
- *fisura pietro-scuamoasă*, situată între porţiunea timpanică şi scuama temporalului
- *fisura timpano-mastoidiană*, situată între extremitatea laterală a porţiunii timpanice şi mastoidă, traversată de o ramura a nervului vag.

Porţiunea pietroasă a osului temporal (*stânca temporalului*) are forma unei piramide cu vârful îndreptat anterior şi medial.

Faţa anterioară a stâncii este endocraniană şi delimitează posterior fosa cranială mijlocie. Pe această faţă se găseşte, în apropierea vârfului stâncii temporalului, *impresiunea trigemenului* care conţine ganglionul Gasser al nervului trigemen (V) (Figura 10.18). Lateral de impresiunea trigemenului se găseşte *eminenţa arcuată,* care este o ridicătură determinată de canalul semicircular anterior al urechii interne. Peretele superior al cavităţii timpanice se numeşte *tegmen tympani*, de la acesta plecând o creastă osoasă (*creasta tegmentală*), care se insinuează între stâncă şi porţiunea timpanică, formând fisura pietro-timpanică şi fisura pietro-scuamoasă (Figura 10.18). Între eminenţa arcuată şi impresiunea trigemenului, se pot observa două orificii: *hiatul canalului facialului*, corespunzător genunchiului de pe traiectul acestui nerv, şi *hiatul canalului nervului petros mare şi mic*.

Faţa posterioară a stâncii temporalului este tot endocraniană şi corespunde cerebelului. Aici se evidenţiază orificiul şi *canalul acustic intern, fosa arcuată* şi *apeductul vestibular* (Figura 10.19, 10.20).

Faţa inferioară a stâncii temporalului este exocraniană şi prezintă, *procesul stiloid* şi *gaura stilo-mastoidiană,* prin care trece nervul facial. Medial de acesta, se găseşte gaura jugulară care conţine *vena jugulară internă* şi *canaliculul mastoidian* (Figura 10.21.B). *Gaura jugulară* este divizată în două compartimente: unul posterior pentru vena jugulară şi altul anterior, care este traversat de nervii glosofaringian (IX), vag (X) şi accesor (XI). În zona cea mai medială a feţei inferioare a stâncii temporalului se poate identifica *canalul carotidian,* prin care artera carotidă internă pătrunde intracranian. Gaura jugulară este despărţită de canalul carotidian, printr-o creastă proeminentă, pe care se găseşte *foseta ganglionului inferior al nervului glosofaringian* (IX).

Vârful stâncii prezintă orificiul intern al canalului carotidian şi formează împreună cu aripa mare a sfenoidului, *gaura ruptă*.

Baza stâncii dă naştere *procesului mastoidian*, locul de inserţie a muşchilor sternocleidomastoidian, spleniul capului şi lungul capului. În mastoidă se găsesc cavităţi pneumatizate, căptuşite de mucoasă, numite celule mastoidiene. Se poate remarca o cavitate mastoidiană mai largă, numită *antrul mastoidian*, care comunică cu cavitatea timpanică printr-un canal scurt şi îngust, *aditus ad antrum* (Figura 10.21.A*)*.

Semiologia CBCT a osului temporal

- fractura scuamei sau a stâncii osului temporal (Figura 10.22.a)
- eroziuni sau osteoliza osului temporal (tumori, otomastoidită) (Figura 10.22.b)
- osteoscleroza osului temporal (displazie fibroasă, osteopetroza, fibrom osifiant, determinări secundare, menigiom) (Figura 10.22.c)

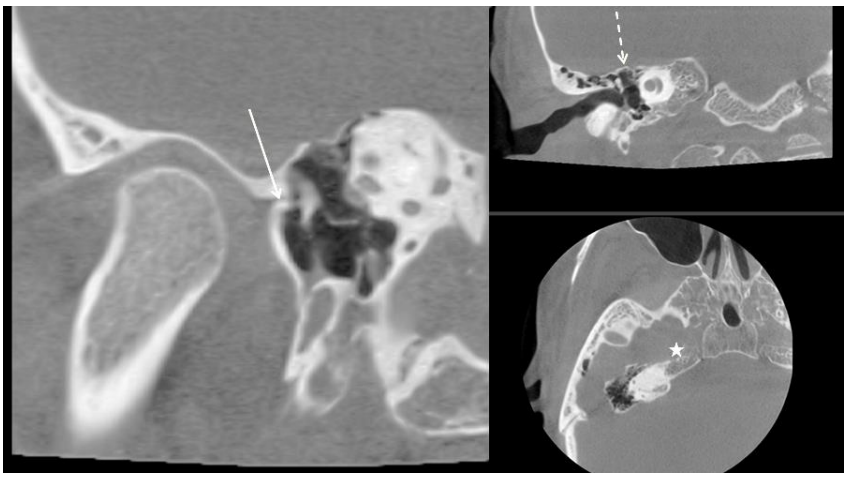


Figura 10.18. CBCT FOV ureche dreaptă. Reconstrucție oblic sagitală, secțiune coronală și axială, cu notarea fisurii pietro-timpanice (săgeata), a tegmen tympani (săgeata punctată) și a impresiunii trigemenului (asterix)

Figura 10.19. CBCT imagine axială la nivelul osului temporal fiind vizibile posterior de ATM: antrul mastoidian (A), mânerul ciocanului (săgeata întreruptă), apeductul vestibular (săgeata plină), o parte din canalul semicircular posterior imediat antero-lateral (săgeata frântă) și canalul carotidian situat anterior și medial (asterix)

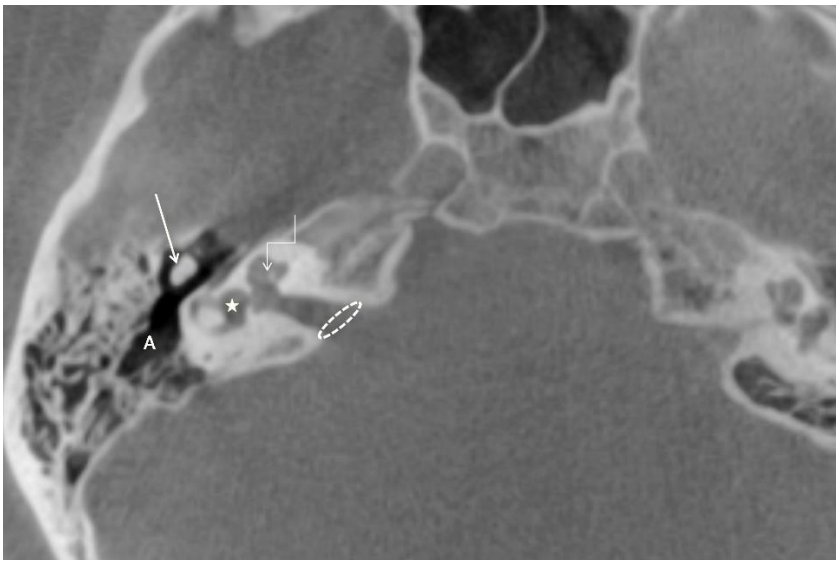


Figura 10.20. CBCT imagine axială la nivelul osului temporal: antrul mastoidian (A), în urechea medie capul ciocanului și al nicovalei, fără a se evidenția delimitarea dintre acestea (săgeata), utricula (asterix), cohleea cu opacitatea punctiformă a modiolului central (săgeata frântă) și porul acustic intern, de deschidere al canalului auditiv intern (linie curbă întreruptă)

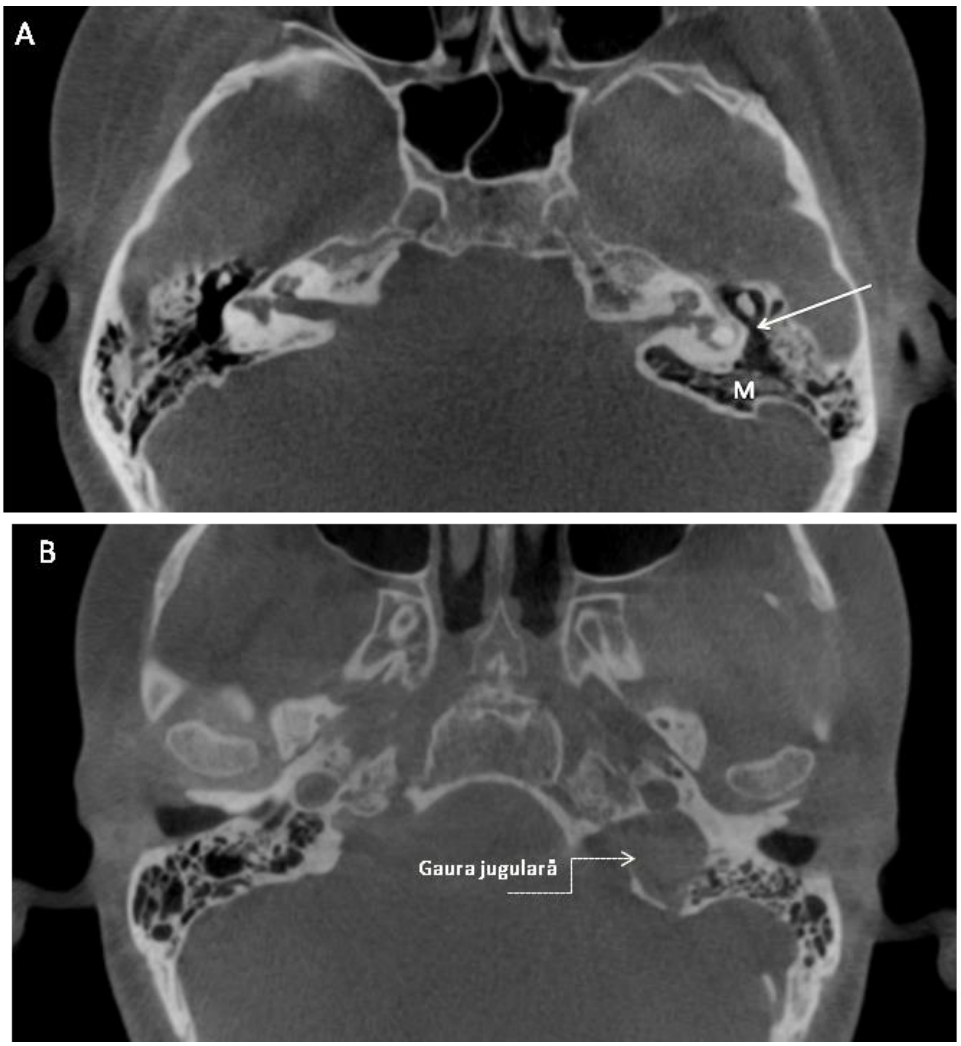


*Figura 10.21. CBCT secţiuni axiale la nivelul stâncii. **A.** aditus ad antrum (săgeata) şi mastoida (M); **B**. secţiune axială imediat caudală cu evidenţierea medial a găurii jugulare stângi*

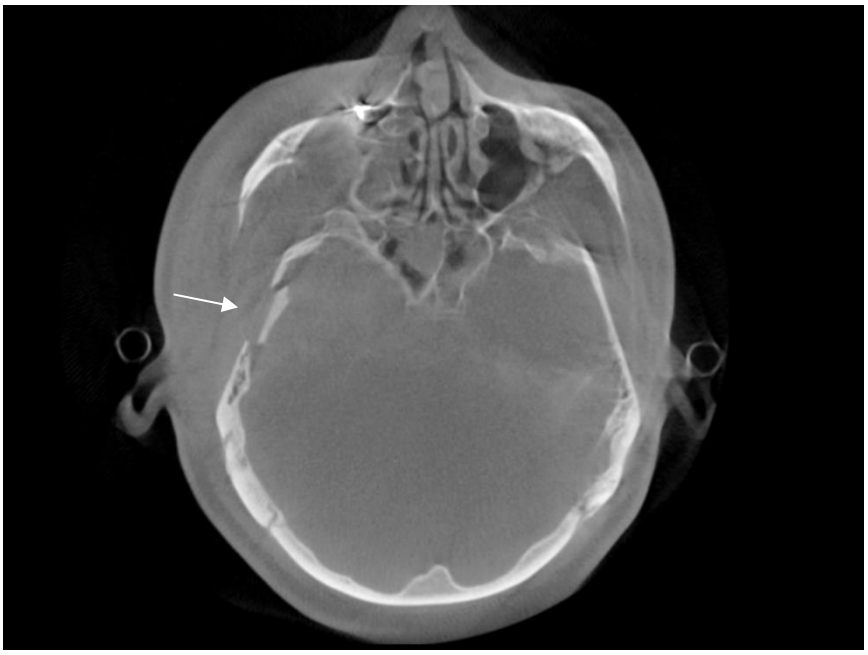


Figura 10.22.a. CBCT, secţiune axială la nivel imediat superior de stâncă. Fractura porţiunii scuamoase a osului temporal drept, cu înfundarea fragmentului intermediar (săgeata)

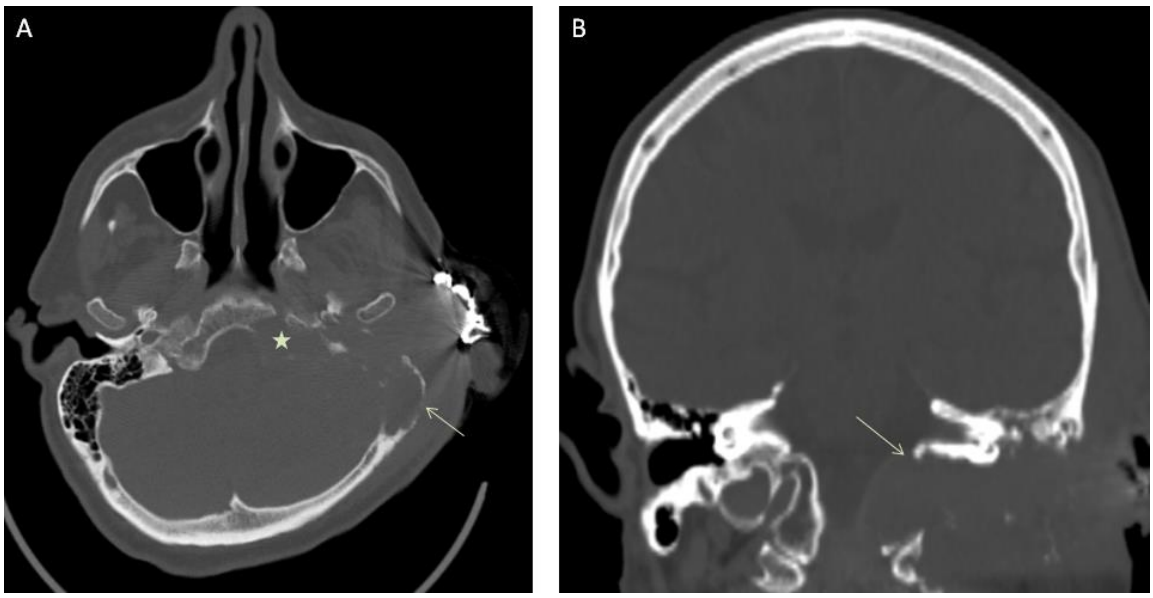


Figura 10.22.b. A. CBCT. Secţiune axială, cu evidenţierea osteolizei osului temporal stâng (porţiunea solzoasă şi stânca temporalului) (săgeata) şi a procesului mastoidian, cu extindere spre baza craniului și clivus (asterix) B. secţiune coronală, cu evidenţierea eroziunii bazei craniului în stânga, în cadrul unui carcinom scuamos (săgeata)

10.2. Anatomia şi semiologia CBCT a viscerocraniului

Viscerocraniul cuprinde oasele care intră în componenţa scheletului facial şi include oase nepereche (vomerul, mandibula) şi oase pereche (cornetul inferior, osul nazal, osul palatin, maxila, zigomaticul, osul lacrimal).

Vomerul

Vomerul este un os nepereche, în formă de plug, situat pe linia mediană a scheletului facial. El delimitează posterior cavităţile nazale şi intră în alcătuirea septului nazal.

Cornetul nazal inferior

Cornetul nazal inferior este un os pereche, de forma unei lamele răsucite, asemănătoare unui cornet de hârtie (Figura 10.23). Face parte din cavitatea nazală şi este situat sub concha mijlocie a etmoidului. Prin faţa sa laterală, delimitează împreună cu peretele lateral al cavităţii nazale, meatul nazal inferior. Cornetul nazal prezintă prelungiri, care se unesc cu maxila (anterior), cu lama perpendiculară a palatinului (posterior), cu osul lacrimal (superior) şi cu procesul unciform al etmoidului. Marginea inferioară a cornetului nazal este liberă şi proemină către meatul inferior al cavităţii nazale.

Osul nazal

Osul nazal este un os pereche, are dimensiuni reduse şi participă la formarea scheletului nasului (Figura 10.24). Oasele nazale delimitează prin marginea inferioară *apertura piriformă* a cavităţilor nazale. Marginea superioară se articulează cu osul frontal, la nivelul glabelei, prin sutura fronto-nazală. Oasele nazale se unesc între ele pe linia mediană, iar lateral se articulează cu procesul frontal al maxilei, formând împreună cu acesta peretele anterior al piramidei nazale.

Osul lacrimal

Oasele lacrimale sunt oase pereche, de dimensiuni reduse şi formă patrulateră, situate pe linia mediană a viscerocraniului. Intră în alcătuirea peretelui medial al orbitei şi a peretelui lateral al cavităţii nazale. Pe peretele lateral prezintă o creastă osoasă care delimitează şanţul lacrimal al maxilei. Osul lacrimal formează suturi osoase cu osul frontal (superior), cu maxila şi cornetul inferior (inferior), cu etmoidul (posterior) şi cu procesul frontal al maxilei (anterior).

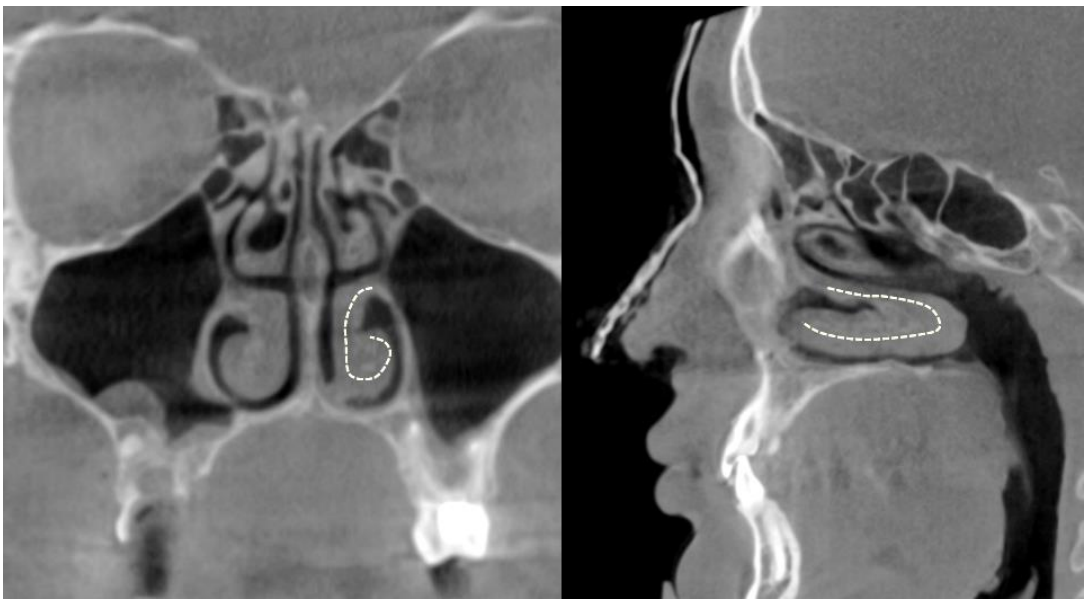


Figura 10.23. CBCT secțiune coronală și sagitală cu evidențierea morfologiei cornetului nazal inferior (linie punctată)

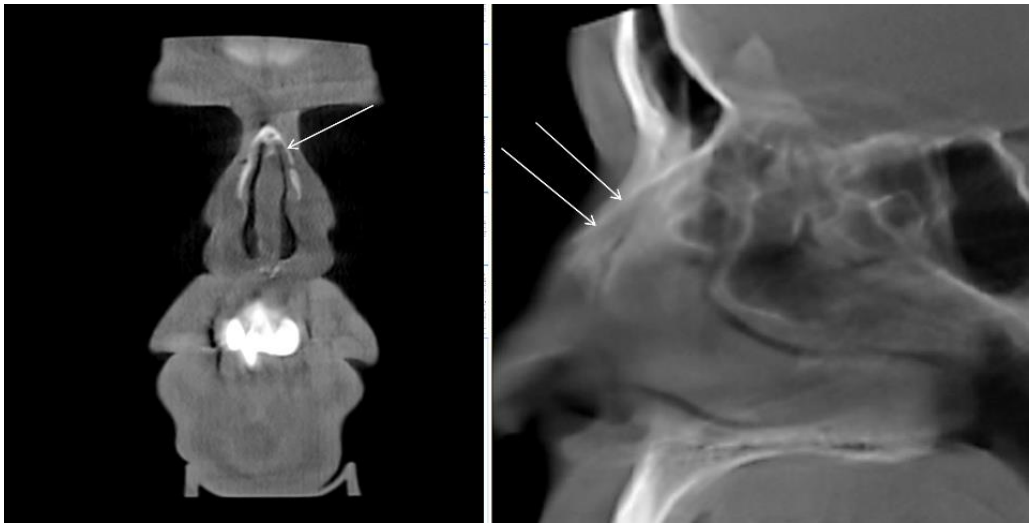


Figura 10.24. CBCT. Evidențierea oaselor nazale (săgeți) în secțiune coronală și oblic sagitală. În ambele secțiuni se poate observa sutura cu procesul frontal al osului maxilar

Osul palatin

Este un os pereche, situat pe linia mediană, în porţiunea posterioară a cavităţii orale. Este format din două lame perpendiculare între ele, lama verticală şi cea orizontală (Figura 10.25). *Lama orizontală* intră în constituţia treimii posterioare a palatului osos, fiind unită anterior cu procesul palatin al maxilei. Pe faţa inferioară a lamei orizontale se poate evidenţia *orificiul palatin mare*. Marginea posterioară a lamei orizontale este liberă, acoperită de fibromucoasa palatului moale. *Lama perpendiculară* a osului palatin se uneşte cu tuberozitatea maxilei (lateral) şi cu procesul pterigoidian al sfenoidului (posterior). Medial, formează peretele lateral al cavităţii nazale.

Osul palatin prezintă în plus, trei procese osoase: orbital, sfenoidal şi piramidal. *Procesul orbital* este situat anterior de scobitura sfenopalatină şi ia parte la formarea fosei pterigopalatine. *Procesul sfenoidal* formează, împreună cu corpul sfenoidului, gaura sfenopalatină, care permite comunicarea fosei pterigo-palatine cu cavitatea nazală. Gaura sfenopalatină conţine artera sfeno-palatină şi ramuri nervoase destinate mucoasei nazale. *Procesul piramidal* se găseşte la unirea lamei orizontale cu lama perpendiculară. El pătrunde

în incizura dintre lamele pterigoidiene medială şi laterală şi este străbătut de două canale palatine mici, care se deschid pe faţa inferioară a osului palatin, langă orificiul palatin mare de pe lama orizontală.

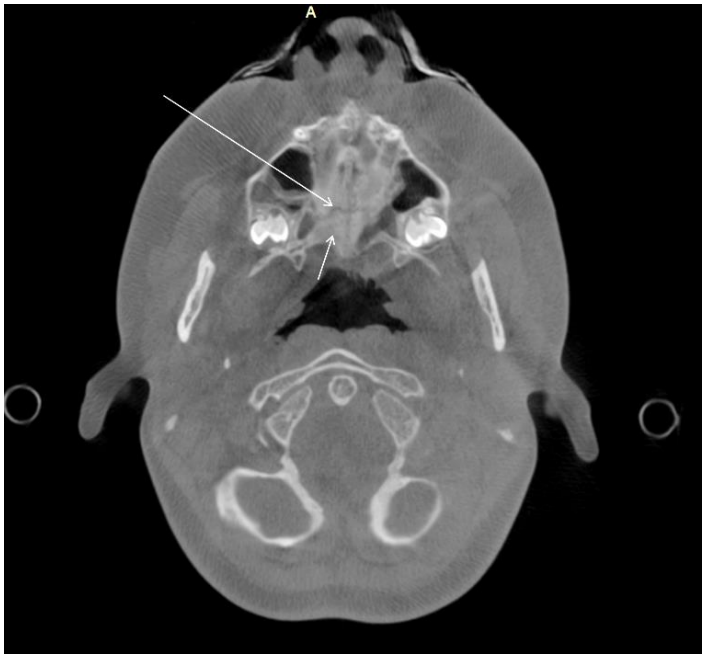


Figura 10.25. CBCT secțiune axială fină la nivelul lamei orizontale a osului palatin (săgeata scurtă) evidențiindu-se anterior sutura cu osul maxilar. Se observă osul palatin stâng și parțial cel drept, acesta neputând fi cuprins în secțiune datorită unei fine asimetrii.

Osul zigomatic

Osul zigomatic, sau malarul, este un os lat pereche, formând scheletul mediofacial lateral, şi asigură suportul osos al pometilor (Figura 10.26). Prezintă trei procese: procesul temporal, orbital şi frontal. Procesul temporal se uneşte posterior cu osul temporal formând ATZ. Procesul orbital formează cu aripa mare a sfenoidului şi cu corpul maxilei peretele inferior al orbitei. Procesul frontal se articulează cu osul frontal (*sutura fronto-zigomatică*) şi cu aripa mare a sfenoidului.

Maxila

Maxila este un os pereche, situat mediofacial (Figura 10.27). Cele două oase maxilare se unesc pe linia mediană, formând sutura intermaxilară. Intră în constituţia următoarelor structuri: palatul osos, cavitatea bucală, cavitatea nazală, orbita, fosa infratemporală, fosa pterigopalatină. Se poate evidenţia un corp şi 4 procese.

Baza *corpului* maxilei este orientată spre cavitatea nazală şi prezintă şanţul lacrimal şi *hiatul semilunar* (hiatul maxilar), acesta din urmă fiind un orificiu delimitat de 4 oase: etmoid (superior), cornet inferior (inferior), palatin (lateral) şi lacrimal (medial). Corpul prezintă pe faţa anterioară fosa canină şi *gaura infraorbitară*, orificiul de deschidere al canalului infraorbitar, străbătut de artera şi nervul intraorbitar, ramură din nervul maxilar (V2). Faţa posterioară a corpului maxilei corespunde fosei infratemporale, prezintă tuberozitatea maxilei şi delimitează, împreună cu lama perpendiculară a palatinului, canalul palatin mare. Tuberozitatea maxilară prezintă mai multe orificii alveolare, care se continuă în interiorul maxilei cu *canalele alveolare*. Faţa superioară a corpului maxilei formează planşeul orbital, traversat de *canalul infraorbitar*. Vârful maxilei priveşte lateral şi dă naştere procesului zigomatic maxilar. Marginea inferioară a osului maxilar constituie *procesul alveolar*, care conţine arcadele dentare (Figura 10.27).

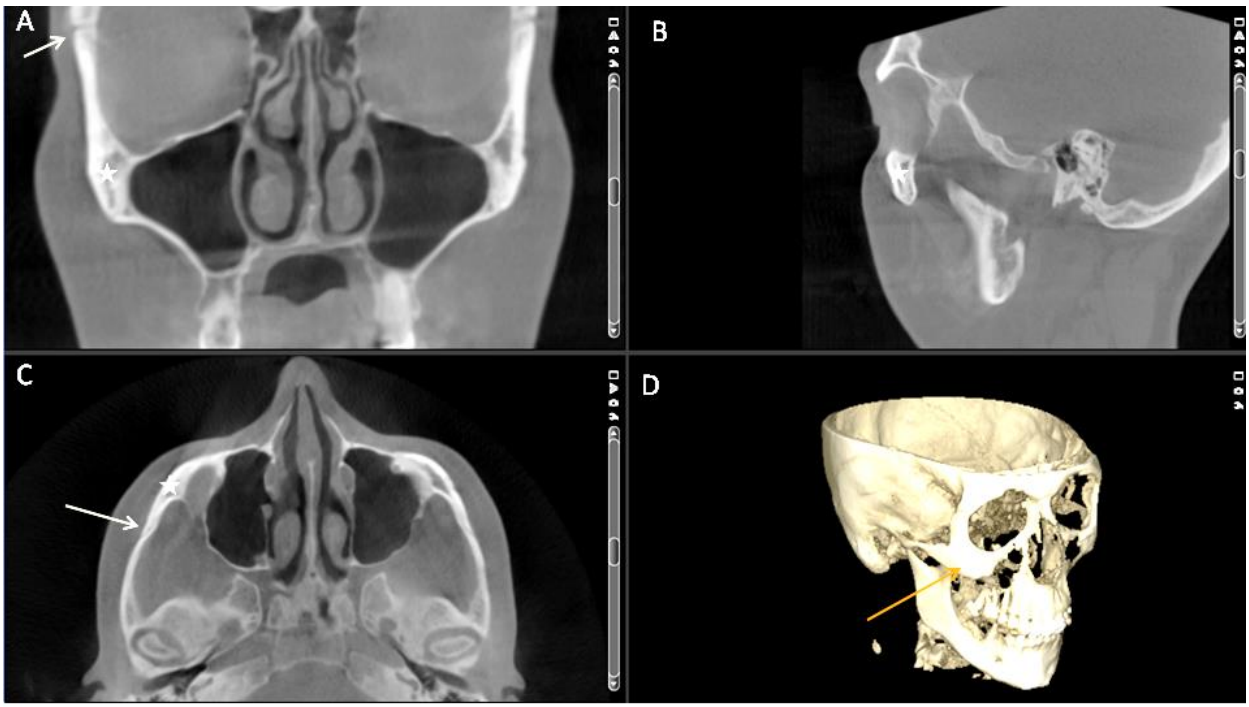


*Figura 10.26. CBCT fereastra de explorare cu secțiunile la nivelul osului zigomatic. **A**. secțiune coronală - os zigomatic (asterix) și sutura fronto-zigomatică (săgeata); **B.** secțiune sagitală - os zigomatic (asterix); **C.** Secțiune axială - os zigomatic (asterix) și sutura temporo-zigomatică (săgeata) la nivelul ATZ; **D.** Reconstrucția 3D - os zigomatic (săgeata)*

Figura 10.27. CBCT cu redarea osului maxilar; axiale: cu sutura intermaxilară și gaura incisivă în imaginea dreapta sus (săgeată) și procesele alveolare (săgeată punctată) în imaginea dreapta jos; secțiune coronală în stânga sus, cu notarea procesului frontal (săgeata); reconstrucție 3D cu observarea spinei nazale anterioare (săgeata frântă)

Procesul palatin al osului maxilar face parte din planşeul foselor nazale şi palatul osos. Cele două procese palatine se unesc pe linia mediană, formând sutura palatină. În partea anterioară a marginii mediale există un şant, care împreună cu cel de partea opusă, creează *canalul incisiv*, în forma de Y, descris anterior la nivelul găurii incisive. Pe marginea anterioară se găseşte *spina nazală anterioară* (Figura 10.27). Marginea posterioară formează, împreună cu lama orizontală a oaselor palatine, sutura palatină.

Procesul frontal al osului maxilar se îndreaptă în sus, unde se uneşte superior cu osul frontal, contribuind la formarea peretelui lateral al foselor nazale. Pe faţa internă a procesului frontal se găsesc două creste osoase: creasta etmoidală (superioară), care se articulează cu cornetul mijlociu, şi creasta conchala (inferior), articulată la cornetul inferior. Marginea posterioară a procesului frontal se dedublează inferior, formând creasta lacrimală anterioară.

Procesul alveolar al osului maxilar are forma unui arc osos, cu concavitatea deschisă postero-medial. El prezintă depresiuni osoase, crestele alveolare, în care se găsesc implantaţi dinţii. Marginea liberă a crestei alveolare prezintă septurile interdentare, iar la dinţii pluriradiculari se poate observa şi prezenţa septurilor interradiculare (Figura 10.27).

Procesul zigomatic se îndreaptă către osul zigomatic, formând sutura zigomatico-maxilară.

Osul maxilar adăposteşte în interior sinusul maxilar, pereţii sinusali fiind subţiri, străbătuţi de canale vasculare înguste.

Mandibula

Mandibula (maxilarul inferior) este un os nepereche, formând treimea inferioară a scheletului facial. Anatomic se descriu un corp şi două ramuri verticale, dreaptă şi stângă (Figura 10.28).

Figura 10.28. CBCT, reconstrucția 3D, cu înclinații diferite ale volumului MIP cu evidențierea anatomiei osului mandibular

Corpul mandibulei are o formă de potcoavă, cu concavitatea situată către cavitatea orală. Este format din baza mandibulei şi creasta alveolară. Pe linia mediosagitală, cele două hemimandibule se unesc, formând simfiza mentonieră care se termină în jos cu protuberanţa mentonieră, existând largi variaţii individuale ale conformaţiei mentonului. În porţiunea laterală, faţa vestibulară a mandibulei prezintă orificiul de deschidere a canalului mandibular, gaura mentonieră, situată între apexurile dentare ale premolarilor inferiori.

Pe faţa lingual a mandibulei se poate observa o creastă osoasă care serveşte inserţiei muşchiului milohioidian, numită *creasta milohioidiană* sau linia oblică internă. Porţiunea osoasă situată inferior de creasta milohioidiană prezinta o depresiune, *fosa glandei submandibulare*, care adăposteşte glanda salivară. Anterior, faţa orală a simfizei mentoniere prezintă nişte proeminenţe osoase (spina mentonieră) pe care se inseră muşchii geniogloşi şi muşchii geniohioidieni.

Ramurile verticale ale osului mandibular prezintă inserţiile osoase ale muşchilor masticatori: muşchiul maseter, inserat pe faţa laterală, şi muşchiul pterigoidian medial, situat pe faţa orală a ramului mandibular. Aceşti muşchi menţin, ca într-o chingă musculară, osul mandibular, controlând mişcările masticatorii mandibulare.

Marginea superioară a ramurii verticale prezintă un proces osos de formă ascuţită, *procesul coronoid*, separat de procesul condilian al mandibulei printr-o depresiune, numită *incizura sigmoidă*. *Procesul condilian* continuă în sus ramura verticală a mandibulei, îndreptându-se către fosa mandibulară (cavitatea glenoidă) a osului temporal, cu care formează articulaţia temporo-mandibulară (ATM) (Figura 10.29).

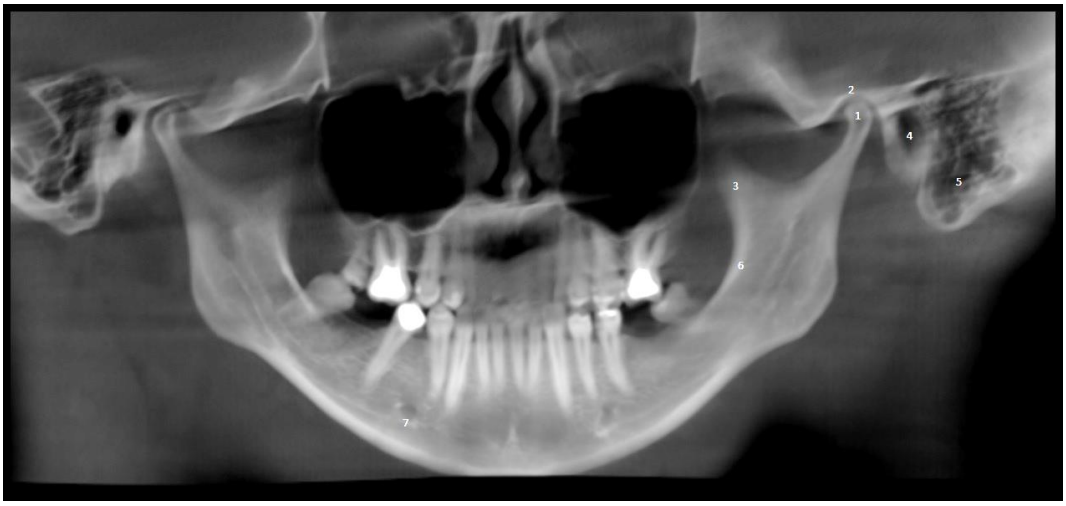


Figura 10.29. CBCT FOV larg. Reconstrucţie panoramică de grosime 16 mm prin arcada mandibulară; 1. condilul mandibular; 2. cavitatea glenoidă a osului temporal; 3. apofiza coronoidă; 4. orificiul auditiv extern; 5. mastoida; 6. creasta oblică externă; 7. gaura mentonieră

Osul hioid

Hioidul este un os median, nepereche, vizibil în partea anterioară şi superioară a gâtului (Figura 10.30). Planul de secţiune de la nivelul hioidului este reperul de separaţie dintre orofaringe, situat superior şi hipofaringe, situat inferior faţă de hioid. Pe hioid, se inseră muşchii limbii, ai faringelui, muşchii suprahioidieni şi subhioidieni. Osul hioid alcătuieşte împreună cu cele două procese stiloide, şi cu ligamentele stilohioidiene, aparatul hioidian, cu rol funcţional important în masticaţie, deglutiţie, vorbire şi respiraţie.

Osul hioid are forma de U, format dintr-un corp şi patru prelungiri, numite coarne. Coarnele mari se îndreaptă posterior şi lateral, iar coarnele mici se îndreaptă cranial şi posterior.

Semiologia CBCT a viscerocraniului

- anomalii de dezvoltare şi despicături ale oaselor maxilare (Figura 10.31)
- fracturi ale oaselor scheletului mediofacial (Figura 10.32) sau ale mandibulei (figura 10.33)
- formaţiuni tumorale radiotrasparente uniloculare (Figura 10.34), multiloculare (Figura 10.34, 10.35), radioopace (Figura 10.36) sau mixte (Figura 10.37)
- leziuni invazive osoase cu caracter tumoral (Figura 10.38)
- leziuni degenerative osoase sau producţii osoase (exostoze, osteofitoze) (Figura 10.39)
- modificări difuze ale structurii osoase (osteomielite, osteonecroze, displazie fibro-osoasă, displazie cemento-osoasă) (Figura 10.40)
- îngroșări periostale (osteomielite, osteosarcoame) (Figura 10.41).

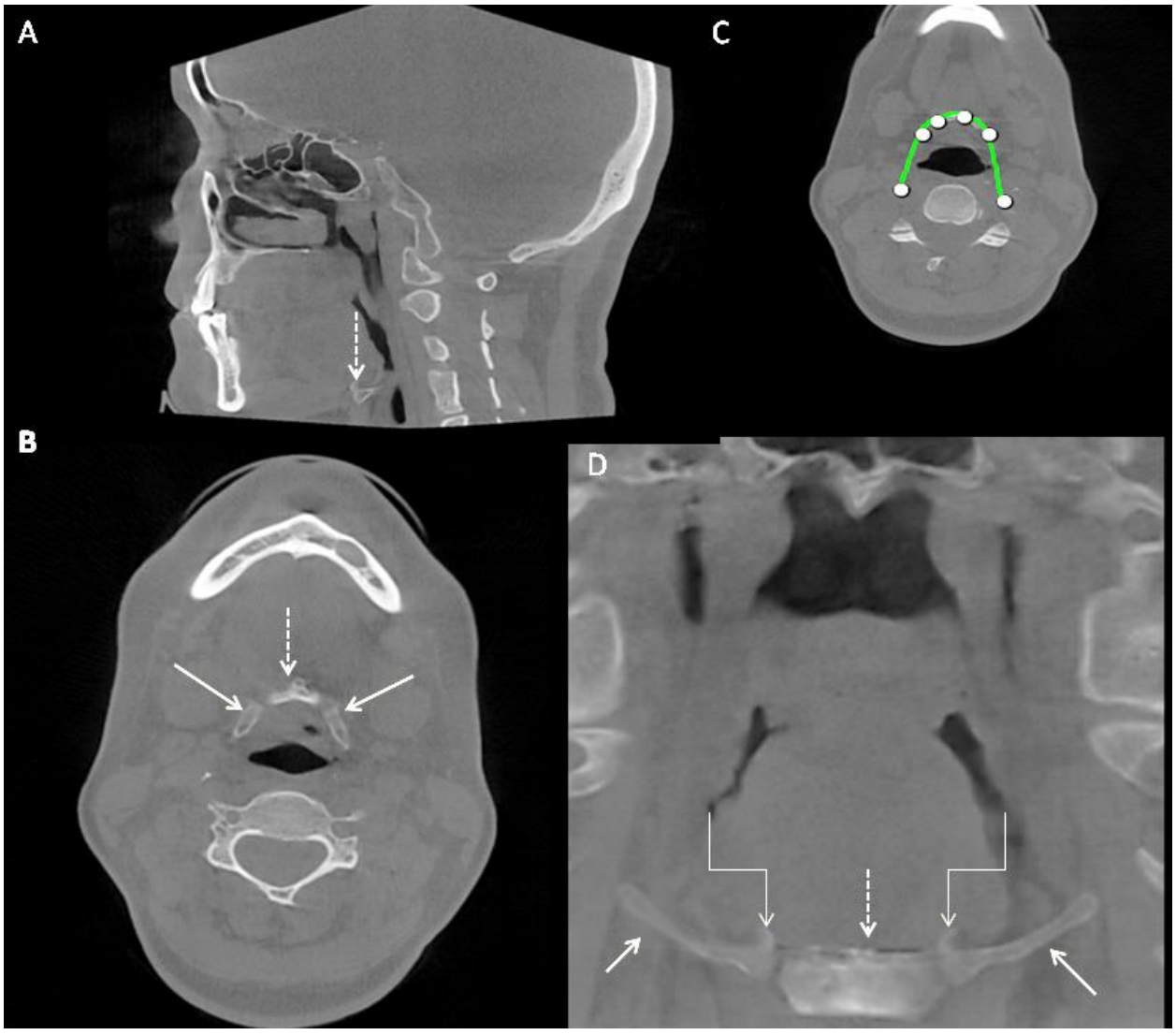


Figura 10.30. CBCT cu redarea osului hioid; A. Secțiune sagitală prin osul hioid (săgeată întreruptă) B. Secțiune axială cu observarea corpului (săgeată întreruptă) și cele două coarne mari (săgeți) C. Trasarea curbei panoramice de reconstruire a imaginii prin osul hioid (săgeata); D. Reconstrucția panoramică obținută cu observarea desfășurată a osului hioid cu toate componentele sale: corp (săgeata întreruptă), coarnele mari (săgeți pline) și coarnele mici (săgeți frânte)

Figura 10.31. CBCT secţiune axială şi coronală. Aspect de despicătură osoasă nazo-palatinală anterioară stângă, cu discontinuitatea osoasă evidentă şi la nivelul peretelui fosei nazale. Sunt prezente şi anomalii dentare de număr şi poziţie.

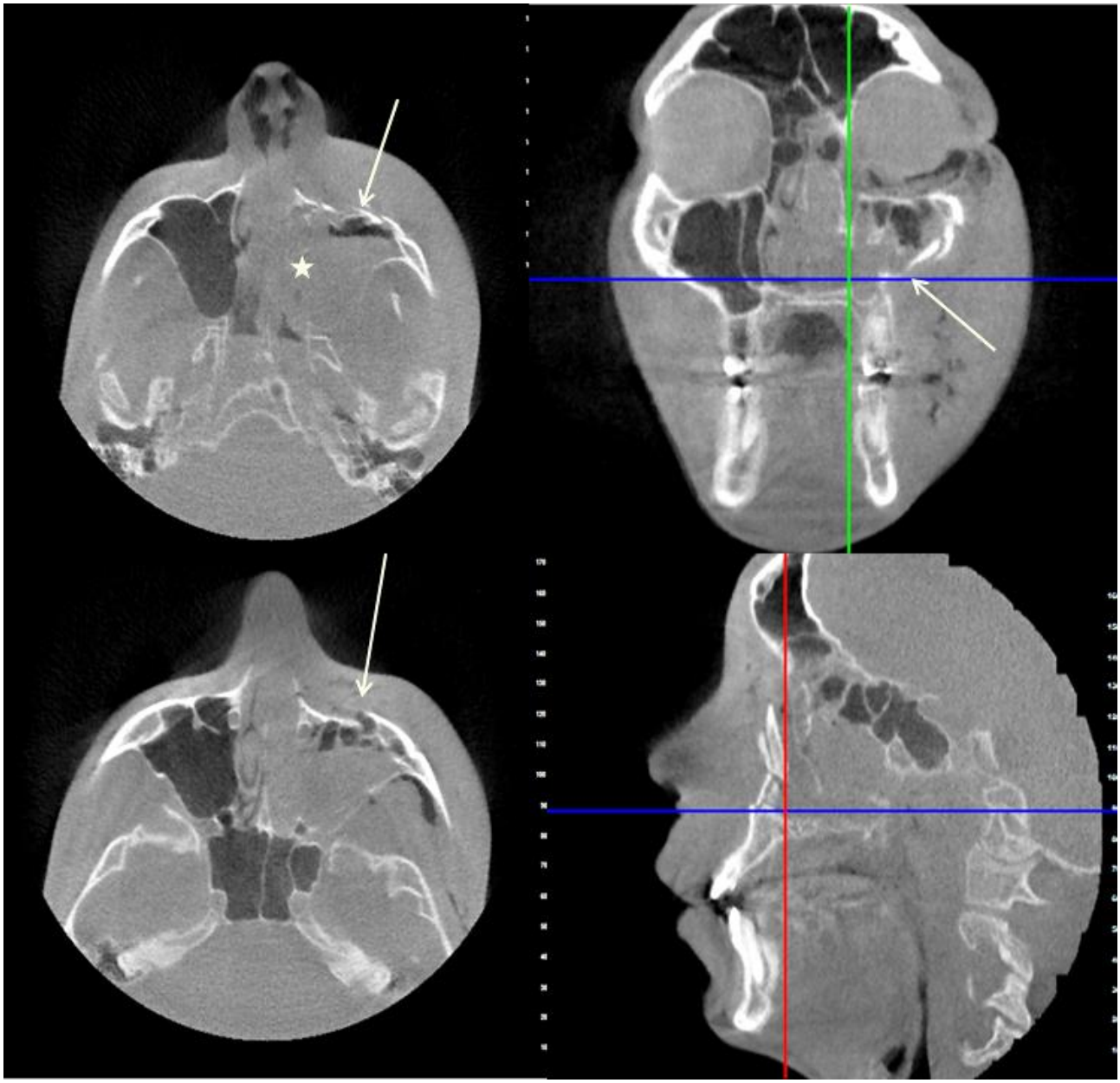


Figura 10.32. CBCT secţiuni axiale, coronale şi sagitale. Traumatism medio-facial cu fractură complexă zigomatico-orbitară stângă, fractura pereţilor sinusului maxilar, anterior (săgeţi) şi medial (asterix), hemosinus marcat, şi emfizem subcutanat şi intraorbitar.

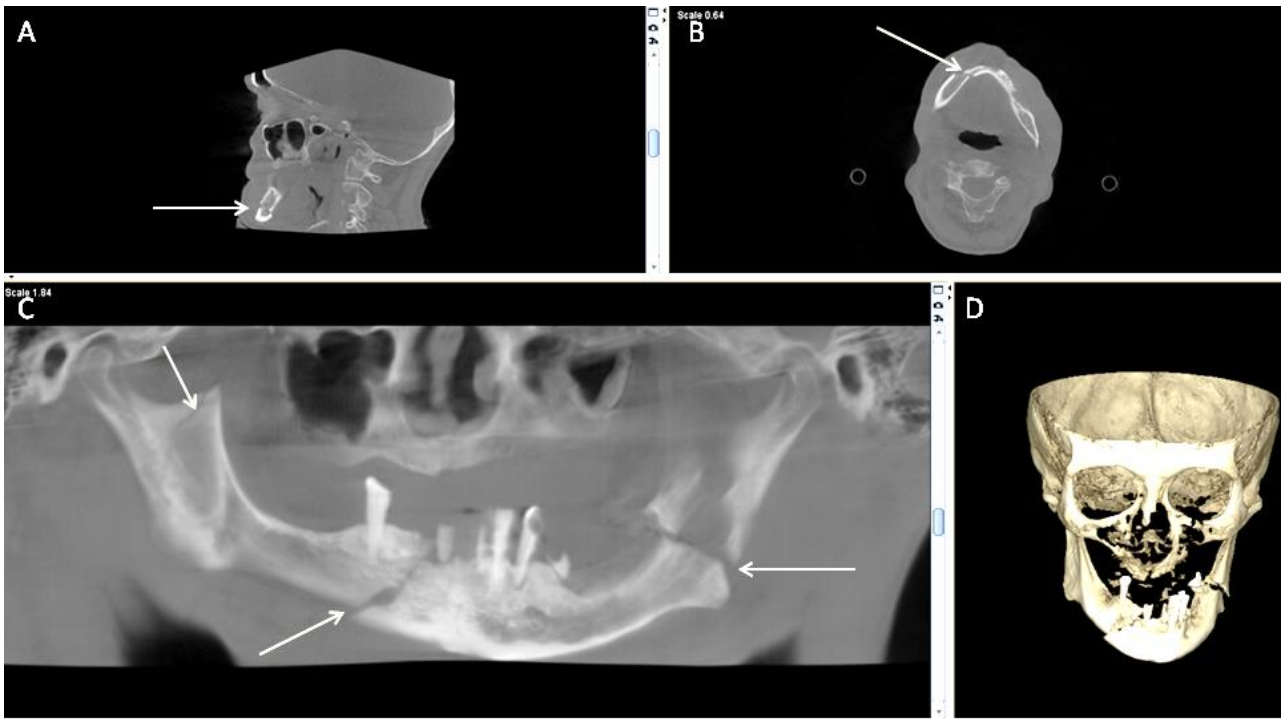


Figura 10.33. CBCT fereastra de afișaj pentru reconstrucția panoramică pentru evidențierea în planuri multiple a fracturilor de mandibuală (săgeți). ***A.*** *secțiune sagitală.* ***B.*** *secțiunea axială* ***C.*** *reconstrucția panoramică* ***D.*** *rendering 3D*

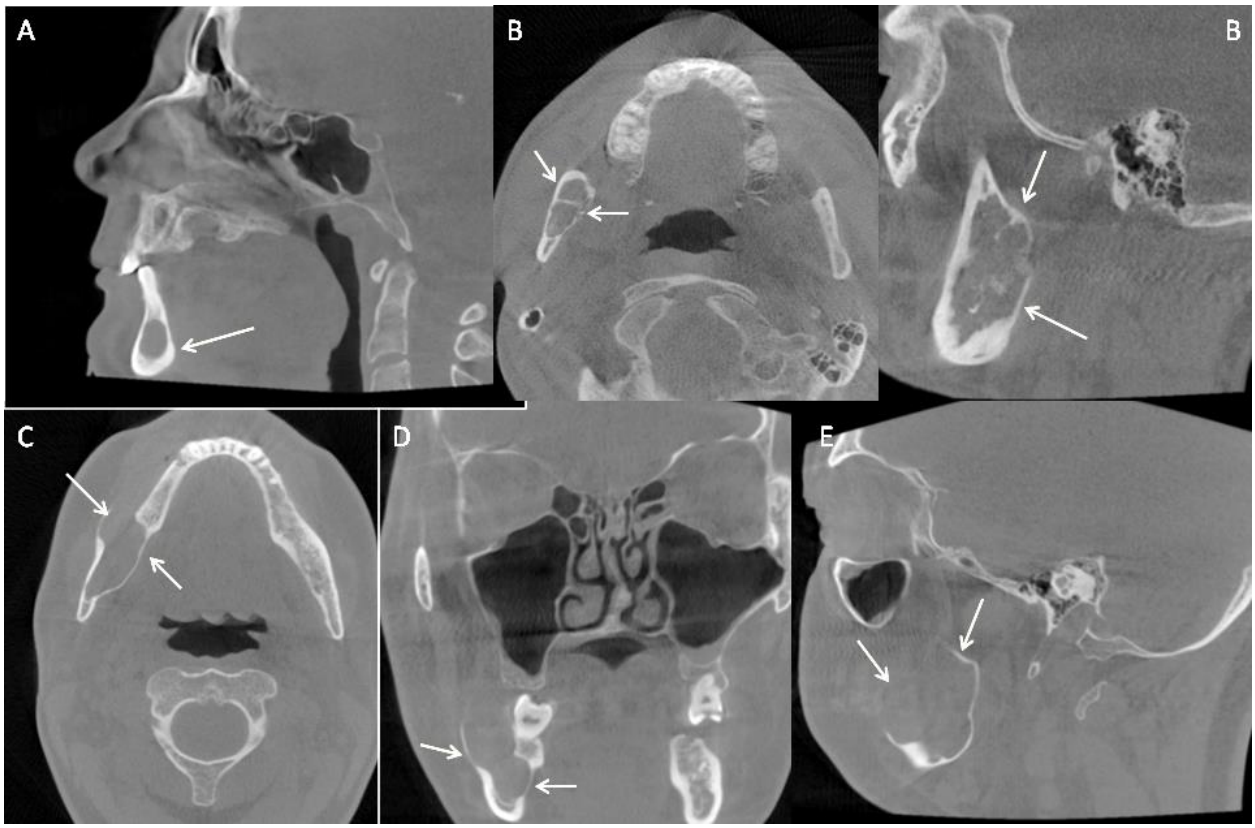


Figura 10.34. CBCT. Formațiuni radiotransparente uniloculare, multiloculare și pseudoloculare. ***A****. Sectiune sagitală, imagine uniloculară mentonieră fără efect de masă semnificativ, aspect de chist osos.* ***B și C****. Secțiuni axială și sagitală ce redau aspectul multilocular, cu septații, a unei formațiuni mandibulare stângi, cu expansiune osoasă, diagnostic histopatologic de ameloblastom.* ***D, E și F.*** *Formațiune chistică hemimandibulară dreaptă cu diagnostic histopatologic de keratochist odontogen, cu aspect pseudolocular. Se poate observa întreruperea continuității corticalei osoase vestibulare și la nivel ocluzal, deplasarea și comprimarea canalului mandibular și includerea apexului radicular al molarilor*

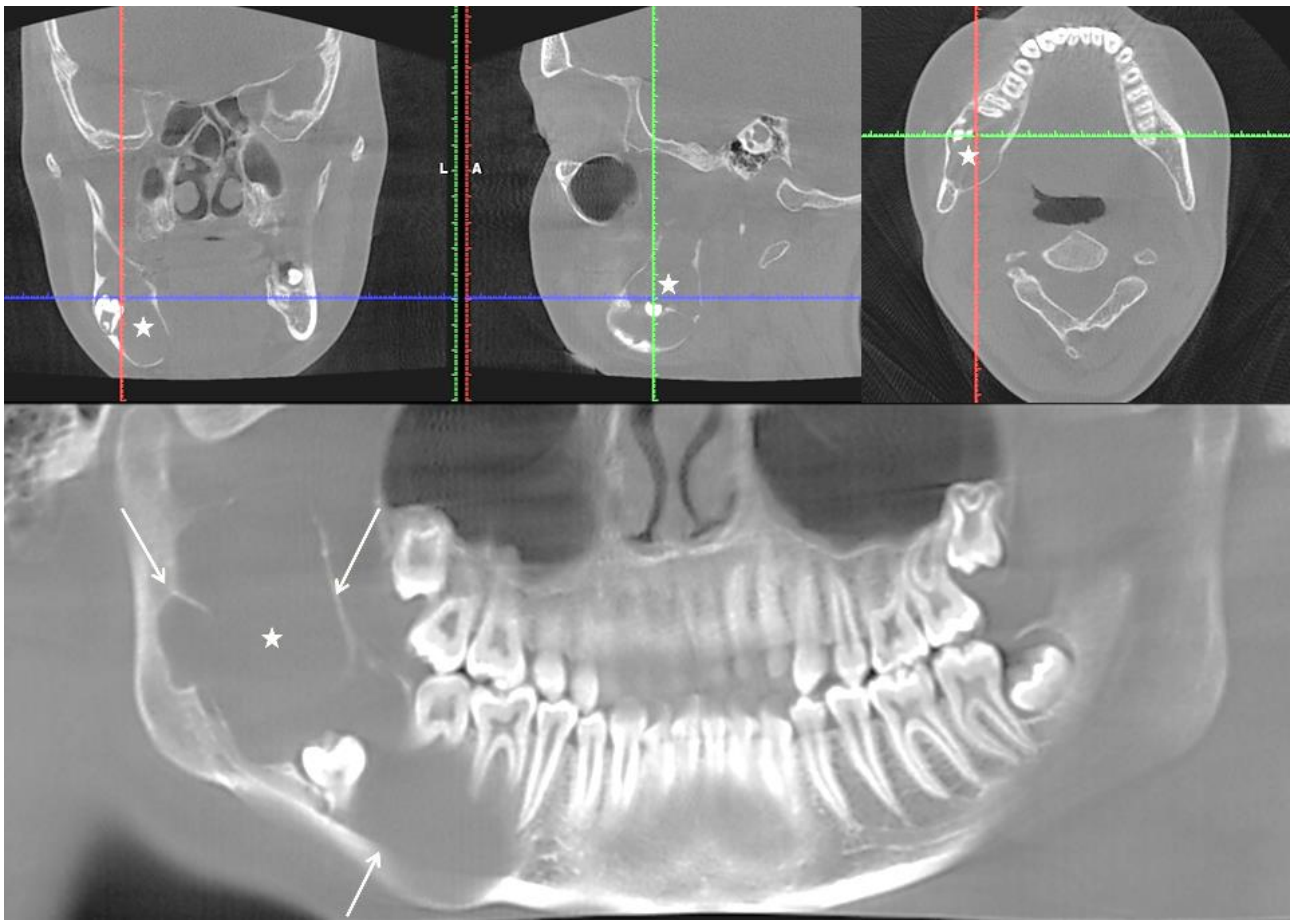


Figura 10.35. CBCT Secţiunile coronală, sagitală şi axială precum şi reconstrucţia panoramică pentru evidenţierea în planuri multiple a unei formaţiuni chistice dezvoltată mandibular drept (asterix) cu contur polilobulat, pseudoloculară (săgeţi).

*Figura 10.36. Examinare CBCT. **A** secțiune axială **B.** secțiune sagitală și **C.** secțiune coronală. Se observă mandibular drept o formațiune radioopacă, hiperdensă, cu halou hipodens, formată din multiple structuri dentare, aspect tipic pentru un odontom compus*

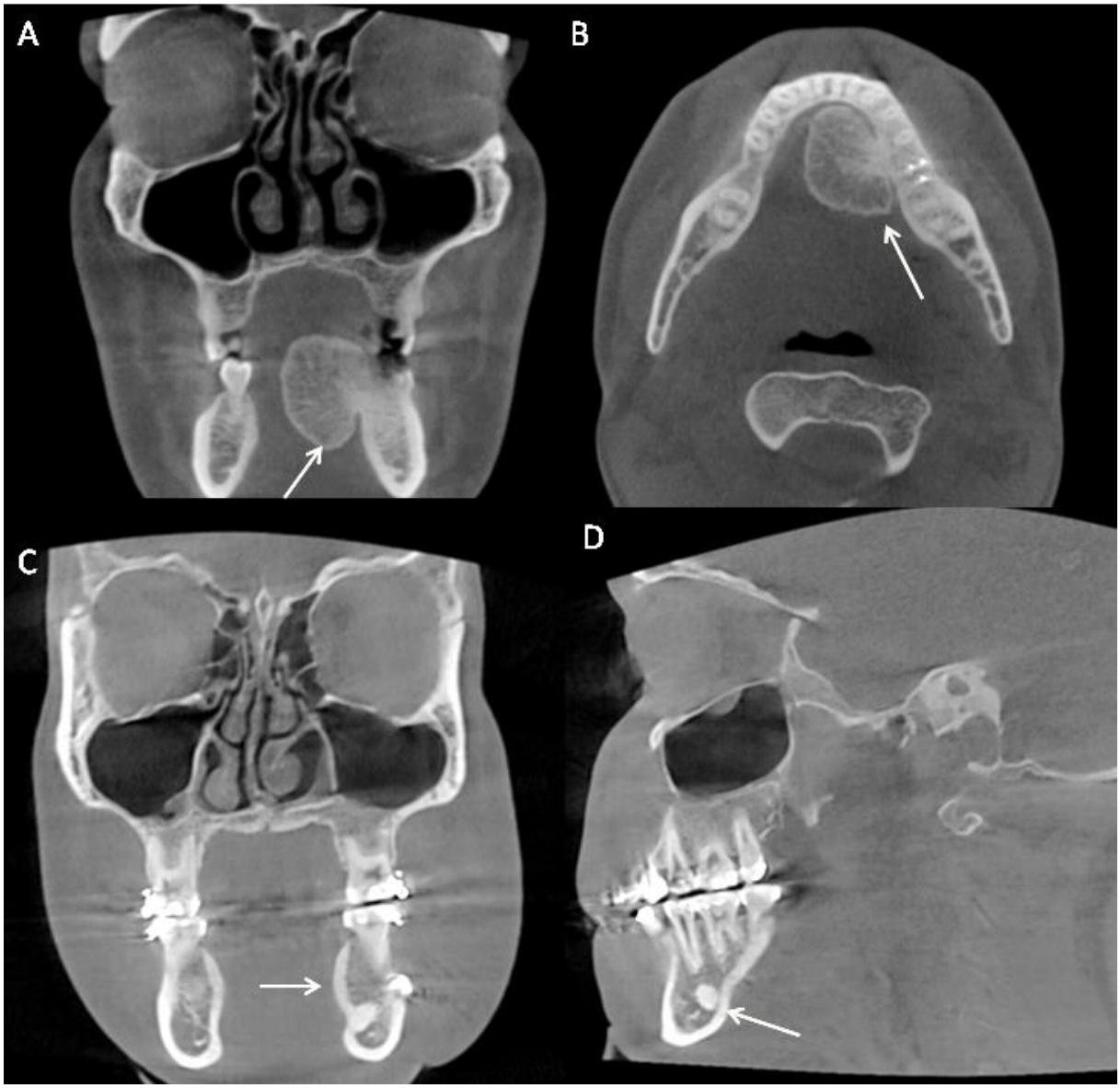


*Figura 10.37. Examinări CBCT. **A** și **B** Secțiune coronală și axială, cu prezența la nivelul hemimandibulei stângi a unei formațiuni cu aspect mixt, contur net, pedunculată cu atașament la corticala orală mandibulară și dezvoltare endo-orală, cu trabecule osoase vizibile, aspect caracteristic pentru un osteocondrom (săgeți). **C și D**. Secțiune coronală și sagitală cu evidențierea la nivel mandibular stâng a unei imagini hiperdense osoase endosteale, rotundă, omogenă, cu caractere de osteom (săgeți)*

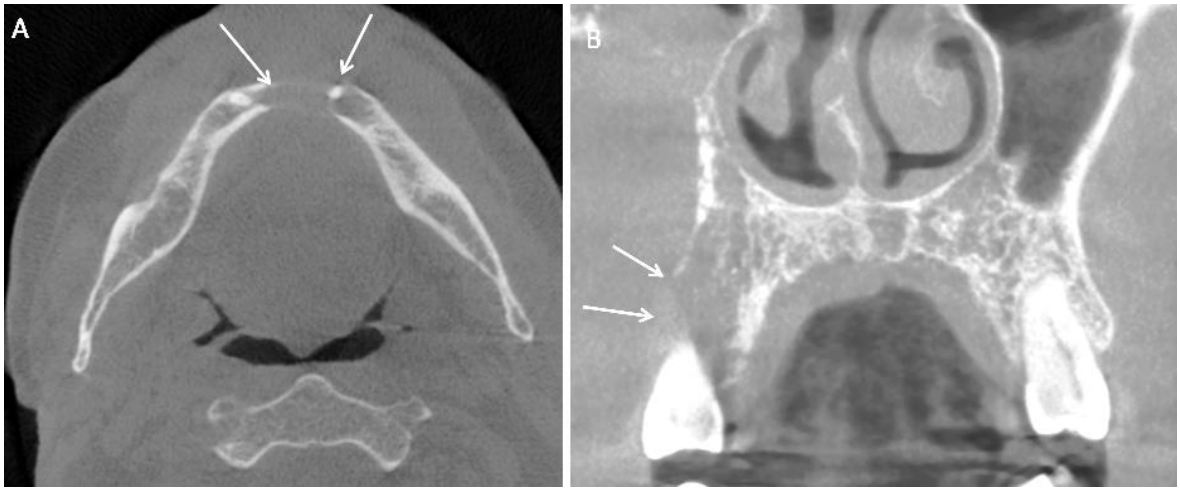


Figura 10.38. Examinare CBCT. A secțiune axială la nivel mandbular și B. secțiune coronală la nivel maxilar, care redau caracterul distructiv al leziunilor maligne, cu pierderea substanței osoase prin liză, cu aspectul de dinți care ,,plutesc" (săgeata).

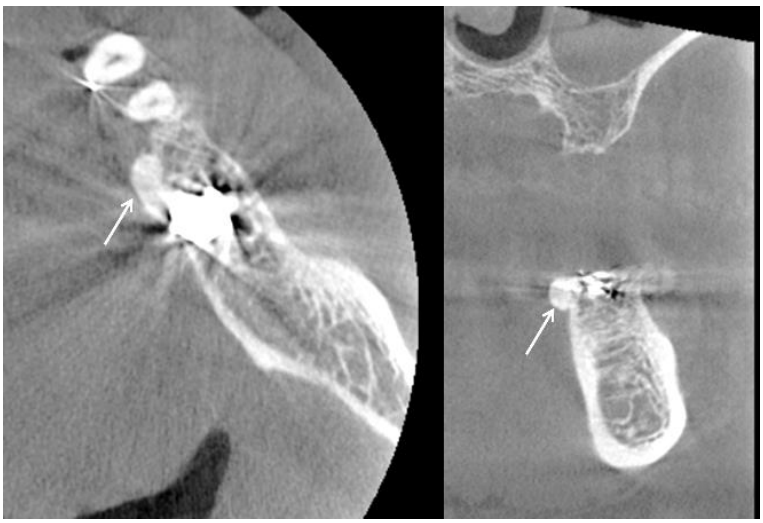


Figura 10.39. CBCT secțiune axială și coronală cu evidențierea unei imagini hiperdense (săgeata), omogene, placate la nivelul corticalei orale a crestei alevolare, în regiune molară, net conturată, aspect de torus

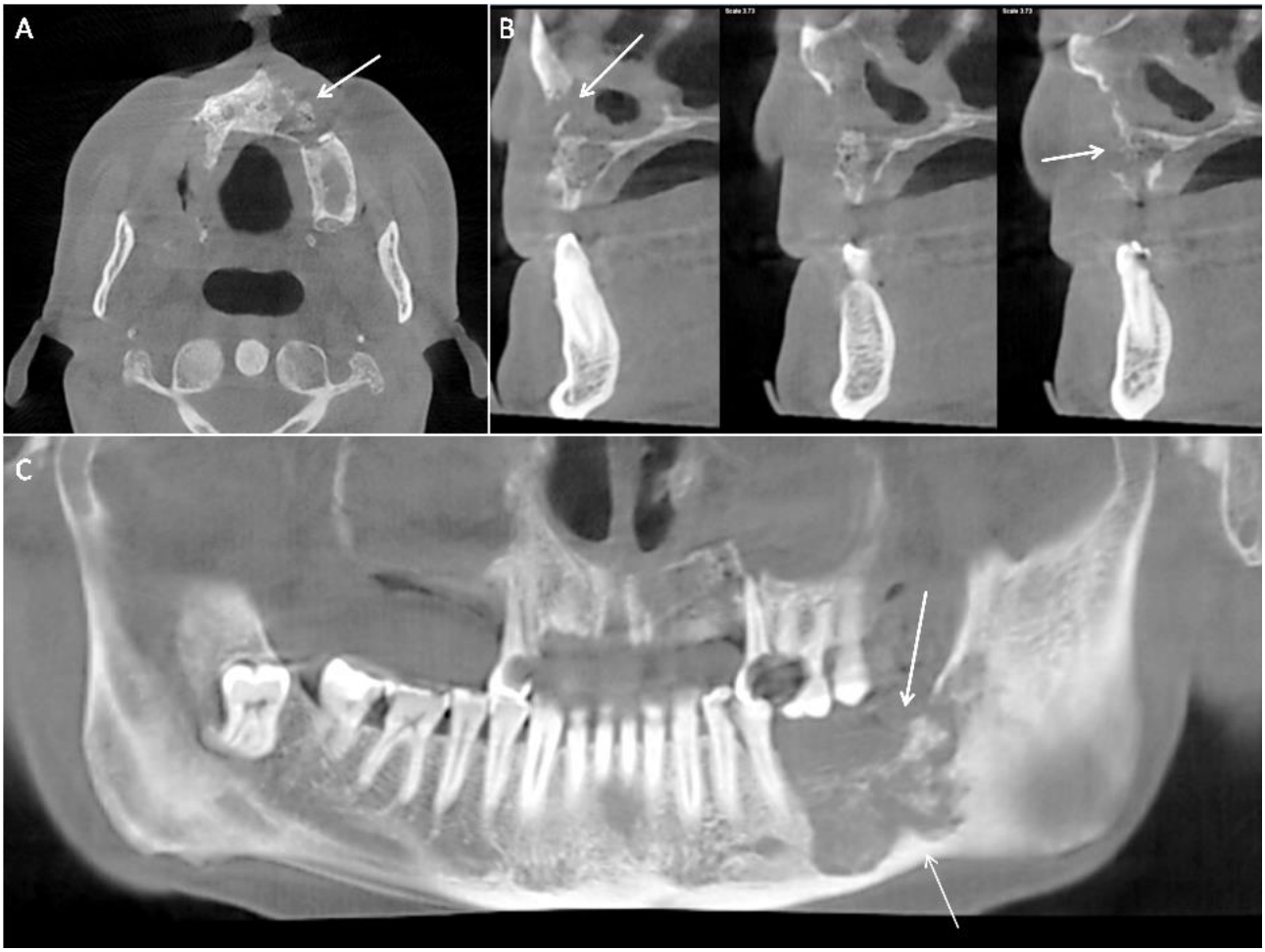


*Figura 10.40. Modificări difuze de distrucție a structurii osoase, apărute în osteonecroza în urma terapiei cu bifosfonați **A**. imagine axială cu aspectul modificat al procesului alveolar maxilar stâng, **B**. imagini cross-section în aceeași regiune, cu evidențierea distrucției osoase maxilare și a peretelui anterior sinusal **C**. reconstrucție panoramică cu aspect de osteonecroză și la nivel mandibular stâng*

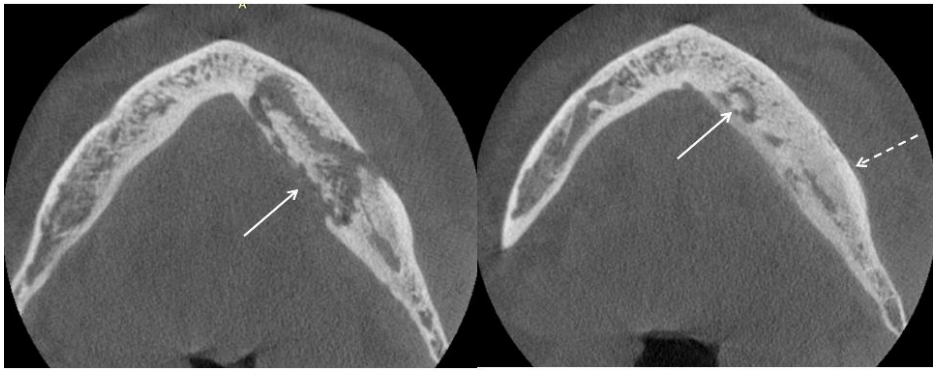


Figura 10.41. CBCT secțiuni axiale. Modificări difuze ale structurii osoase mandibulare, cu aspect de osteonecroză cu sechestru osos (săgeata) si fistule, caracteristic în osteomielită. Se notează reacția periostală prezentă (săgeata întreruptă)

10.3. Anatomia şi semiologia CBCT a bazei craniului

10.3.1. Structurile bazei craniului

Baza craniului formează planşeul cavităţii craniene şi separă structurile cerebrale de cele ale gâtului şi ale feţei.

Structuri osoase

Structurile osoase şi suturile care formează baza craniului sunt prezentate în tabelul 10.1.

Tabelul 10.1. *Oasele şi suturile care alcătuiesc baza craniului*

Structuri osoase	Suturi
frontal	Fronto-etmoidală
etmoid	Sfeno-frontală
sfenoid	Sfeno-etmoidală
parietal	Sfeno-petrozală
temporal	Sfeno-scuamoasă
occipital	Pietro-scuamoasă

Fosele craniene

Suprafaţa internă a bazei craniului este împărtită de către creasta sfenoidală (situată anterior) şi de stânca osului temporal în 3 regiuni diferite: fosa craniană anterioară, mijlocie şi posterioară (Figura 10.42), fiecare având structuri anatomice şi o semiologie specifică (Tabelul 10.2).

Fosa craniană anterioară. Limita anterioară a fosei craniene anterioare este dată de lama cribriformă a etmoidului, de osul frontal şi de aripile mici ale sfenoidului. Posterior, fosa cerebrală anterioară, se întinde până la aripa mică a sfenoidului.

Fosa craniană mijlocie adăposteşte lobul temporal, limita sa anterioară fiind dată de aripa mică a sfenoidului, procesele clinoide anterioare şi marginea anterioară a şanţului chiasmatic. Posterior este delimitată de suprafaţa anterioară a stâncii temporale şi de dorsul selar, iar lateral de scuama temporalului, aripa mare a sfenoidului şi osul parietal.

Fosa craniană posterioară adăposteşte cerebelul. Limita anterioară a fosei este suprafaţa stâncii temporalului, iar cea posterioară este osul occipital. Lateral, este delimitată de porţiunea scuamoasă a osului temporal şi de procesul mastoidian.

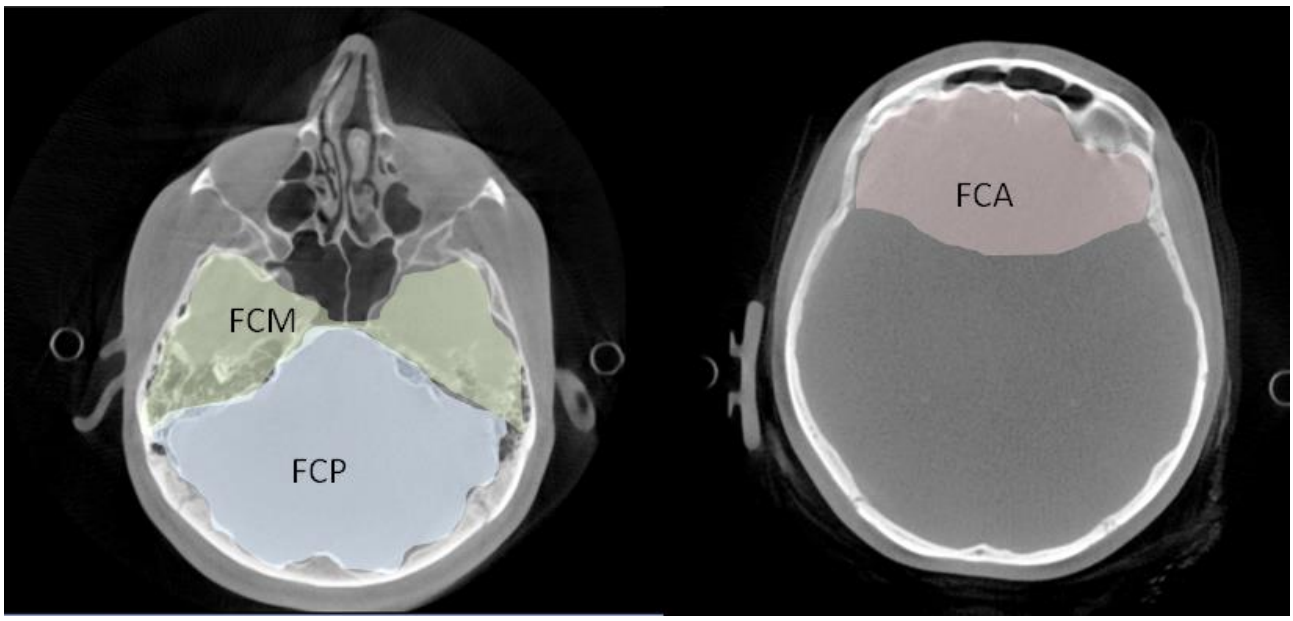


Figura 10.42. CBCT secţiuni axiale. Reprezentare schematică a foselor craniene. Fosa cerebrală mijlocie (FCM) şi posterioară (FCP) sunt decelabile pe un plan inferior celei anterioare (FCA)

Tabelul 10.2 Structurile anatomice ale bazei craniului care corespund foselor craniene

Fosa craniană anterioară	Fosa craniană mijlocie	Fosa craniană posterioară
Şanţul sinusului sagital superior	Şanţul chiasmatic	Meatul acustic intern
Şanţul vaselor meningeale anterioare	Tuberculul selar	Foramen magnum
Foramen cecum	Procesele clinoide anterioare	Şanţul sinusului pietros superior
Crista galli	Procesele clinoide mijlocii	Gaura jugulară
Şanţul nervului nazociliar	Şaua turcească	Canalul nervului hipoglos
Gaura etmoidală anterioară	Şanţul carotidian	Apeductul vestibular
Orificiul nervului olfactiv	Dorsul selar	Foramen condiloid al canalului condilar
Gaura etmoidală posterioară	Procesele clinoide posterioare	
Fosa olfactivă	Fisura orbitară superioară	
	Foramen rotundum	
	Foramen ovalae	
	Foramen spinosum	
	Foramen lacerum	

Orificiile şi fisurile bazei craniului

La nivelul bazei craniului există numeroase perforaţii şi orificii care asigură pasajul unor structuri dinspre şi înspre interiorul cutiei craniene (Tabelul 10.3, 10.4, 10.5).

Gaura supraorbitară este un orificiu pereche, se găseşte situată deasupra marginii supraorbitare a osului frontal, în dreptul sprâncenelor, şi este traversată de nervul supraorbitar însoţit de artera şi vena supraorbitară. Nervul supraorbitar este ramura terminală a nervului oftalmic (V_1).

Gaura supratrohleară se găseşte pe faţa anterioară a osului frontal, medial faţă de gaura supraorbitară şi conţine nervul supratrohlear (ramura din nervul oftalmic), artera şi vena omonime. Este o gaură inconstantă, uneori fiind incompletă, şi neobservabilă radiologic.

Foramen cecum reprezintă un tract primitiv de comunicare între fosa craniană anterioară şi fosa nazală. În timpul dezvoltării embriologice, conţine diverticulul dural, care involuează complet după naştere, canalul fiind umplut cu ţesut fibros. După naştere, foramen

cecum poate fi observat radiologic în primii ani de viaţă. Persistenţa acestui foramen la adult este rară (1,5%) şi constituie o variantă anatomică care poate fi observată pe secţiunile CBCT sagitale ale craniului, între creasta frontală şi crista galli a osului etmoid. Conţine vena emisară, prin care se realizează comunicarea între circulaţia venoasă intra- şi extra-craniană, favorizând pe această cale diseminarea la nivel cerebral a infecţiilor sinusurilor paranazale.

Lama cribriformă a etmoidului este situată în partea anterioară a etmoidului, pe linia mediană, şi corespunde bulbului olfactiv (Figura 10.43). Prin perforaţiile sale trec ramificaţiile nervului olfactiv (I) şi nervul etmoidal anterior (ramură din n. nazociliar, ramificaţie a n. oftalmic (V_1)).

Gaura etmoidală anterioară este situată la aproximativ 25 mm faţă de creasta lacrimală, fiind marginită de celulele etmoidale. Asigură pasajul nervului, arterei şi venei etmoidale anterioare, şi este dificil de identificat pe secţiunile CBCT.

Gaura etmoidală posterioară se găseşte la 3-7 mm faţă de canalul optic şi la aproximativ 15 mm posterior faţă de gaura etmoidală anterioară. Ea adăposteşte nervul etmoidal posterior (ramura terminală a n oftalmic V_1), artera şi vena etmoidală posterioară, care asigură inervaţia şi vascularizaţia celulelelor etmoidale şi a sinusurilor sfenoidale.

Canalul optic conține nervul optic (II) și artera oftalmică, artera fiind situată inferior și lateral față de nerv (Figura 10.44).

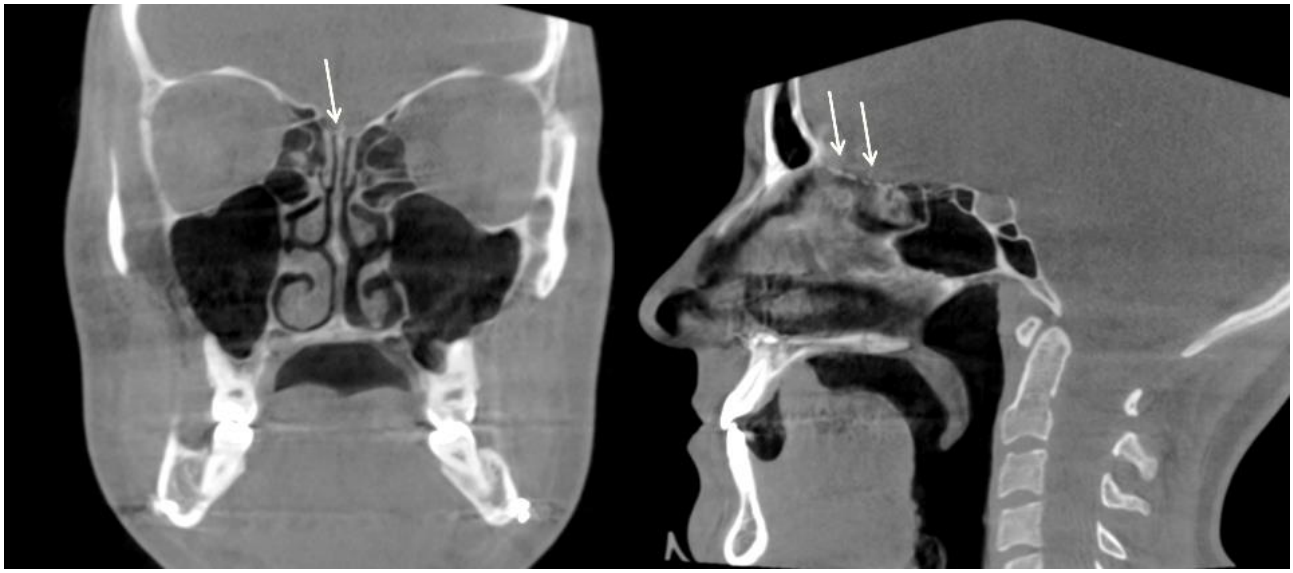


Figura 10.43. CBCT secțiune coronală și sagitală, cu evidențierea lamei cribriforme a etmoidului (săgeți). Se poate observa și hiperpneumatizarea caudală în clivus ca variantă anatomică a sinusului sfenoidal, cu multiple septații

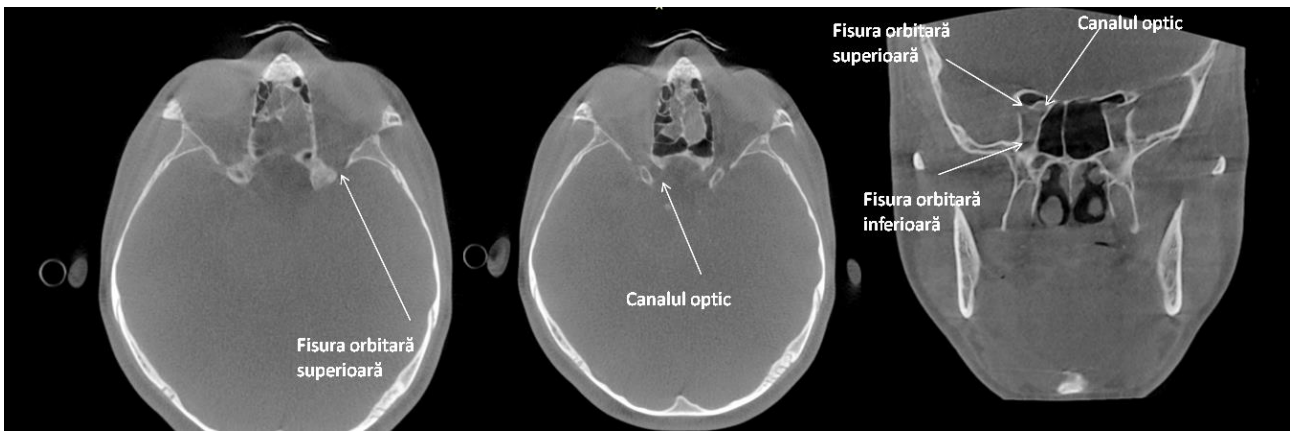


Figura 10.44. CBCT secțiuni axiale și coronală, cu redarea canalului optic și a celor două fisuri orbitare, superioară și inferioară

Tabel 10.3. Orificiile situate la nivelul fosei craniene anterioare

Localizare	Orificii	Conţinut
Osul frontal	Gaura supraorbitară	n. supraorbitar a. supraorbitară v. supraorbitară
	Gaura supratrohleară	n. supratrohlear a. supratrohleară v. supratrohleară
	Foramen cecum	v. emisară
Osul etmoid	Lama cribriformă	n. olfactiv n. etmoidal anterior
	Gaura etmoidală anterioară	n. etmoidal anterior a. etmoidală anterioară v. etmoidală anterioară
	Gaura etmoidală posterioară	n. etmoidal posterior a. etmoidală posterioară v. etmoidală posterioară
Osul sfenoid	Canalul optic	n. optic a. oftalmică
	Fisura orbitară superioară	n. lacrimal, n. frontal, n. nazociliar (ramuri din V_1) n. ocolomotor (III) diviziunea superioară şi inferioară n. trohlear (IV) n. abducens (VI) v. oftalmică superioară v. oftalmică inferioară
	Fisura orbitară inferioară	n. infraorbitar şi n. zigomatic (ramuri din nervul maxilar, V2) v. oftalmică inferioară v. emisare a. infraorbitară v. infraorbitară n. din ganglionul pterigopalatin

Fisura orbitară superioară este delimitată de corpul osului sfenoid (medial), aripa mare și aripa mică a sfenoidului (inferior și respectiv superior) și osul frontal (lateral) (Figura 10.44). Ea realizează comunicarea dintre apexul orbitei și sinusul cavernos. Conține mai multe structuri anatomice care, de sus în jos, sunt următoarele:

- nervul lacrimal (ramură din nervul oftalmic, V_1)
- nervul frontal (ramură din nervul oftalmic, V_1)
- nervul trohlear (IV)
- vena oftalmică superioară
- diviziunea superioară a nervului ocolomotor (III)
- nervul nazociliar (ramură din nervul oftalmic V_1)
- diviziunea inferioară a nervului oculomotor (III)
- nervul abducens (VI)
- vena oftalmică inferioară

Fisura orbitară inferioară se găsește pe planșeul orbitei și comunică medial cu fisura pterigopalatină (Figura 10.44). Conține nervul infraorbitar și nervul zigomatic (ramură din nervul maxilar, V2), o ramură din vena oftalmică inferioară, vene emisare din plexul venos pterigoidian, artera și vena infraorbitară,

precum și ramuri nervoase ganglionare din ganglionul pterigopalatin.

Gaura infraorbitară este situată pe peretele anterior al sinusului maxilar și reprezintă deschiderea anterioară a fisurii infraorbitare. Conține nervul infraorbitar (ramura din nervul maxilar V2), artera și vena infraorbitară. La nivelul găurii infraorbitare, din nervul infraorbitar se desprinde nervul alveolar posterior superior, nervul alveolar mijlociu superior şi nervul alveolar anterior superior care se distribuie crestei alveolare maxilare.

Canalul Vidian se găsește situat infero-medial față de gaura rotundă și comunică, prin artera și nervul Vidian, cu fosa pterigopalatină (Figura 10.45, 10.47). Pe examinarea CBCT este bine vizibil pe secțiunile axiale, lărgirea lui, sau marginile neregulate, la pacienți cu tumori maxilo-faciale poate semnifica o extindere tumorală perineurală.

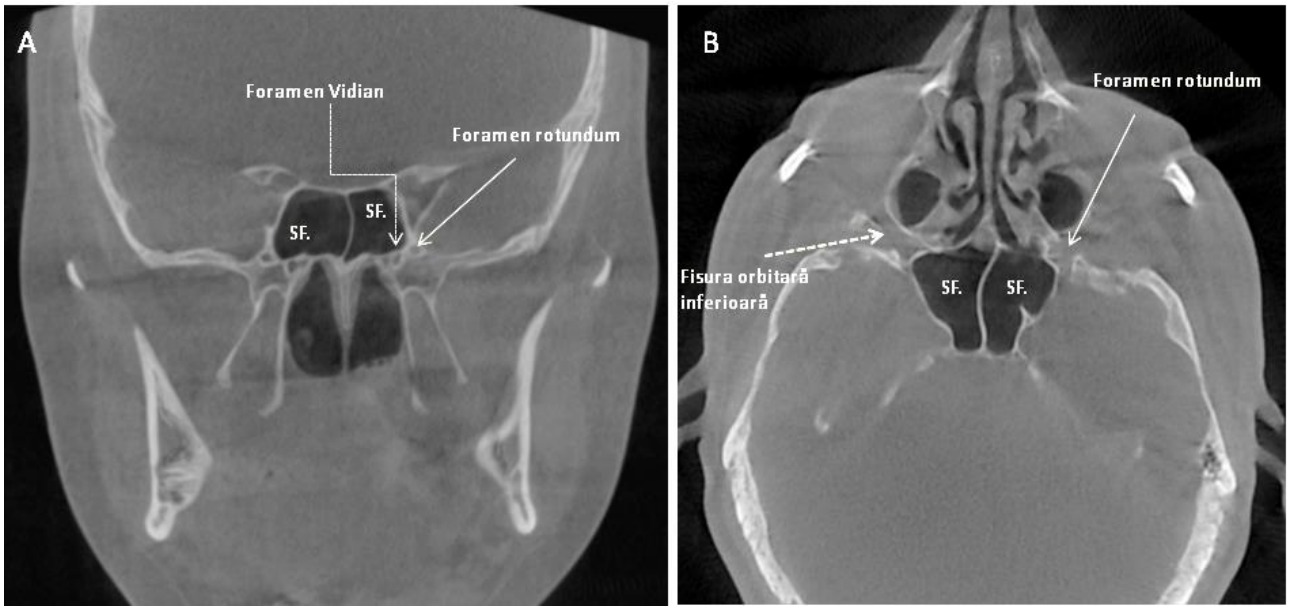


*Figura 10.45. CBCT **A.** Secţiune coronală cu marcarea sinusului sfenoidal (SF), foramen rotundum (săgeata continuă), medial de acesta, canalul Vidian (săgeata frântă întreruptă); **B.** Secţiune axială la nivelul superior al fosei pterigopalatine cu observarea lateral de sinusul sfenoidal (SF) a găurii rotunde în stânga (săgeata continuă) şi marcarea fisurii orbitare inferioare drepte (săgeata întreruptă)*

Gaura rotundă este sitută la nivelul fosei craniene mijlocii, infero-medial față de fisura orbitară superioară, și se poate evidenția pe secțiunile CBCT coronale (Figura 10.45). Ea realizează comunicarea dintre fosa craniană mijlocie și fosa pterigopalatină prin ramura maxilară a n. trigemen (V2), artera și vena emisară, și ramuri ale plexului venos pterigopalatin pe care le conține.

Gaura ovală se poate identifica ușor pe secțiunile CBCT în plan axial, având o formă ovoidă, situată în fosa craniană mijlocie, posterior față de aripa mare a sfenoidului (Figura 10.46). Conținutul găurii ovale este:

- nervul mandibular (V3)
- artera meningee accesorie
- venele emisare care asigură conexiunea dintre plexul venos pterigoid și sinusul cavernos,
- ganglionul otic
- nervul pietros mic (ramură a plexului timpanic din glosofaringian - IX)

Foramen spinosum este un orificiu de mici dimensiuni, situat imediat posterior față de gaura ovală (Figura 10.46). Acesta conectează fosa craniană mijlocie cu fosa infratemporală prin artera și vena meningee mijlocie și prin nervul spinos pe care le conține.

Foramen lacerum reprezintă de fapt o despicătură triunghiulară cu diametrul de 9 mm, formată între fisurile pietro-sfenoidală și pietro-clivală. Ea conține în principal artera carotidă internă și nervul pietros mare, precum și ramuri vasculare mai mici, artera faringiană ascendentă și venele emisare, dintre sinusul cavernos și plexul pterigoidian (Figura 10.47).

Canalul carotidian este situat anterior față de gaura jugulară și conține artera carotidă internă și plexul simpatic. El are o direcție inițial superioară, ca apoi să realizeze o curbură antero-medială către apexul pietros și foramen lacerum (Figura 10.46, 10.47).

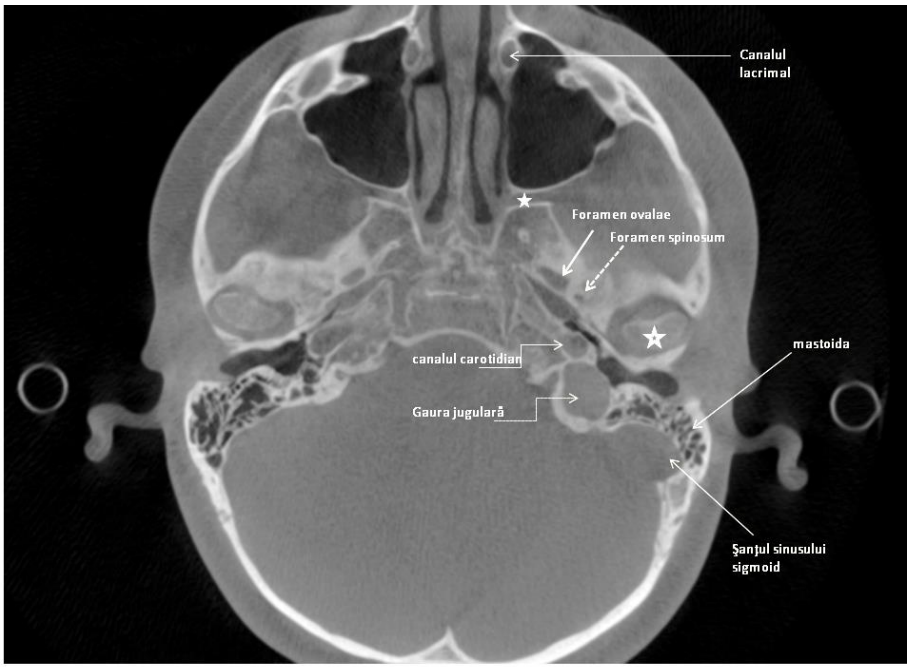


Figura 10.46. CBCT secțiune axială la nivelul bazei de craniu cu vizualizarea fosei pterigo-palatine (asterix plin), foramen ovalae (săgeata), posterior de acesta, foramen spinosum (săgeata întreruptă), lateral condilul mandibular (asterix gol), medial canalul carotidian (săgeata frântă plină) şi gaura jugulară (săgeata frântă întreruptă). Posterior sunt indicate mastoida şi şanţul sinusului venos sigmoid (săgeata). Anterior este indicat canalul nazo-lacrimal (săgeata)

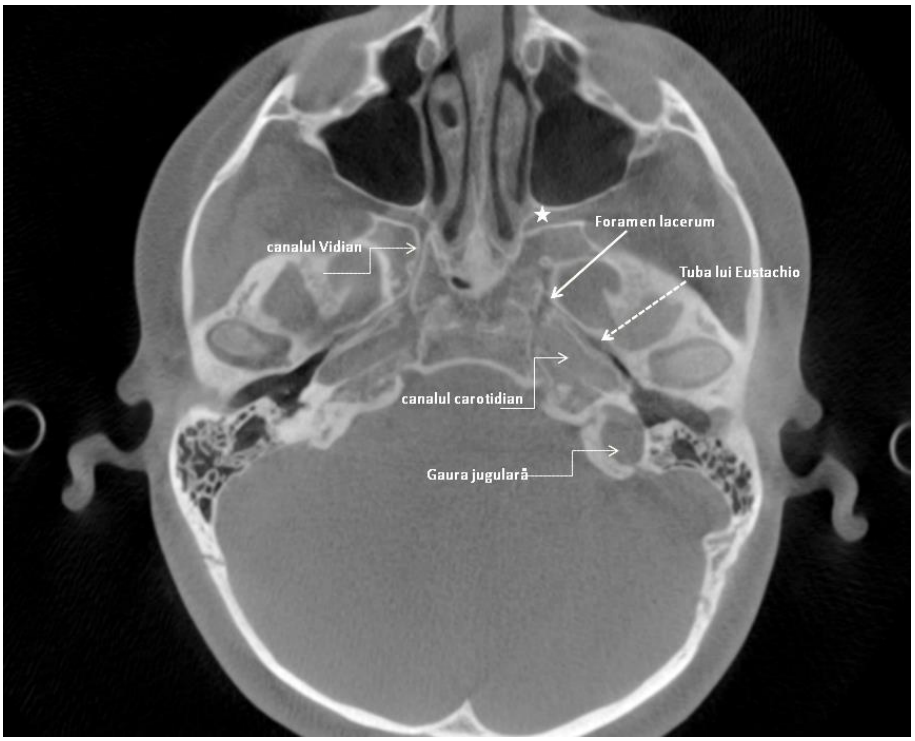


Figura 10.47. CBCT secțiune axială la nivelul bazei de craniu, cranială de figura 41. Sunt evidenţiate fosa pterigo-palatină (asterix), şi canalul Vidian (săgeata frântă întreruptă), foramen lacerum (săgeata continuă), tuba lui Eustachio (săgeata întreruptă), canalul carotidian (săgeata frântă plină) şi gaura jugulară (săgeata frântă întreruptă)

***Tabel 10.4**. Orificiile situate la nivelul fosei craniene mijlocii*

Localizare	Orificii	Conţinut
Osul sfenoid	Foramen rotundum	n. maxilar (V2) vene emisare din plexul venos pterigoidian
	Foramen ovalae	n. mandibular (V3) a. meningee accesorie v. emisare ganglionul otic n. pietros mic (IX)
	Foramen spinosum	a. meningee mijlocie v. meningee mijlocie n. spinos
	Foramen lacerum	a. carotida internă n. pietros mare a. faringiană ascendentă v. emisare
	Canalul Vidian (pterigoid)	n. Vidian a. Vidiană
Osul temporal	Canalul carotidian	a. carotidă internă plexul simpatic

***Tabel 10.5.** Orificiile situate la nivelul fosei craniene posterioare*

Localizarea	Structura anatomica	Continut
Osul temporal	Gaura jugulară	sinusul pietros inferior n. glosofaringian (IX) n. vag (X) n. accesor (XI) bulbul v. jugulare
	Conductul auditiv intern	n. facial (VII) n. vestibular superior (VIII) n. vestibular inferior (VIII) n. cohlear (VIII) bulbul jugular a. labirintică
	Apeductul vestibular	sacul şi ductul endolimfatic
	Apeductul cohlear	ductul perilimfatic
	Foramen stilo-mastoidian	n. facial(VII)
	Fisura petro-timpanică (Glasser)	n. coarda timpanului ligamentul discomaleolar a. timpanică anterioară
Osul occipital	Foramen Magnum	bulbul rahidian şi meningele n. accesor (XI) a. vertebrale a. spinale anterioară şi posterioară membrana tectoria
	Canalul hipoglosului	n. hipoglos (XII)
	Canalul condilar	a. occipitală v. emisare ale sinusului sigmoid

Gaura jugulară se găsește între stânca temporalului și osul occipital (Figura 10.46, 10.47). Ea este divizată de un sept osos sau fibros în două părți:

- pars nervosa – este mai mică, situată antero-medial, care conține sinusul pietros inferior și nervul glosofaringian (IX). Sinusul pietros inferior realizează drenajul sinusului cavernos în vena jugulară internă. În gaura jugulară, se desprinde ramura timpanică a nervului glosofaringian (n. Jacobson) care pătrunde în canalul acustic intern împreună cu artera timpanică inferioară
- pars vascularis – este porțiunea mai largă a găurii jugulare, situată postero-lateral și conține bulbul venos jugular, nervul vag (X) și nervul accesor (XI). Nervul vag are o ramură (nervul Arnold) care pătrunde în mastoidă prin canaliculul mastoidian situat medial față de canalul nervului facial.

Canalul acustic intern (CAI) este un canal osos situat în fosa craniană posterioară, la nivelul stâncii temporale. Porțiunea lui laterală se îngustează, formând fundul canalului acustic, la acest nivel existând trei deschideri diferite pentru nervii: facial (VII), ramura vestibulară și respectiv cea cohleară a nervului vestibulo-cohlear (VIII) (Figura 10.48).

CAI conține 5 ramuri nervoase, bulbul jugular și artera labirintică, dispuse în canal astfel (Figura 10.49):

- supero-anterior: nervul facial (VII), componenta senzitivă și rădăcina motorie a nervului
- supero-posterior: nervul vestibular superior (SNV)
- infero-anterior: nervul cohlear (VIII)
- infero-posterior: nervul vestibular inferior (IVN).

Apeductul vestibular este un canal subțire cu diametrul de 1,5 mm, care poate fi observat în vecinătatea vestibulului, cu o direcție transversală față de axul lung al stâncii osului temporal. Conține sacul și ductul endolimfatic (Figura 10.49)

Apeductul cohlear este un canal osos situat la nivelul stâncii osului temporal cu traiect inferior și paralel cu CAI (Figura 10.50). El conține ductul perilimfatic și drenează perilimfa în lichidul cefalorahidian.

Gaura stilo-mastoidiană – se găsește între procesul stiloid și mastoid, reprezintă orificiul de deschidere a canalului nervului facial. Conține nervul facial (VII) (Figura 10.51).

Fisura pietro-timpanică (a lui Glasser) este situată între cavitatea timpanică și fosa glenoidă, posterior față de fosă (vezi figura 10.18). Fisura este compusă din două canale:

- canalul intern, mai mic, situat medial, ce conține nervul coarda timpanului
- canalul extern, mai larg, situat lateral, care conține ligamentul maleolar și artera timpanică anterioară.

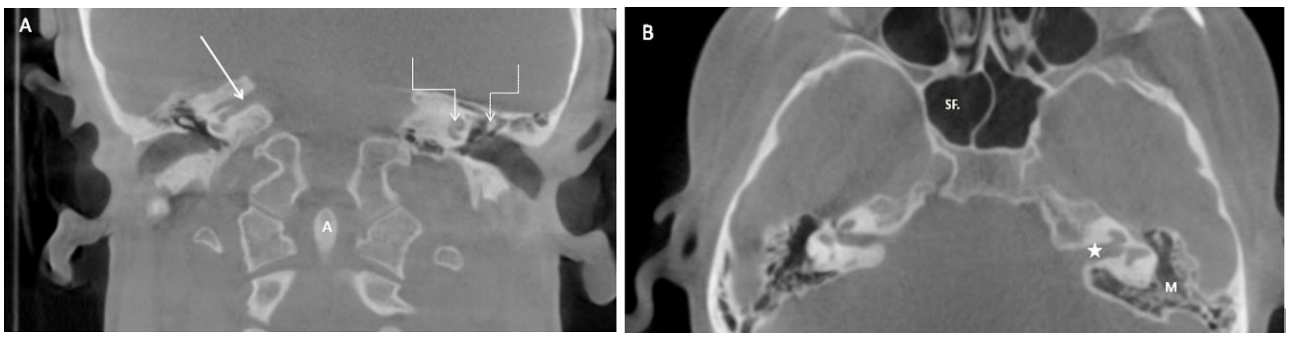


*Figura 10.48. CBCT Secţiuni la nivelul canalului auditiv intern. **A.** Secţiune coronală care evidenţiază canalul auditiv intern drept (săgeata plină), cohleea stângă (săgeata frântă plină) şi urechea medie cu capul ciocanului (săgeata frântă întreruptă); **B**. secţiune axială cu sinusul sfenoidal (SF), mastoida (M) şi canalul auditiv intern (asterix)*

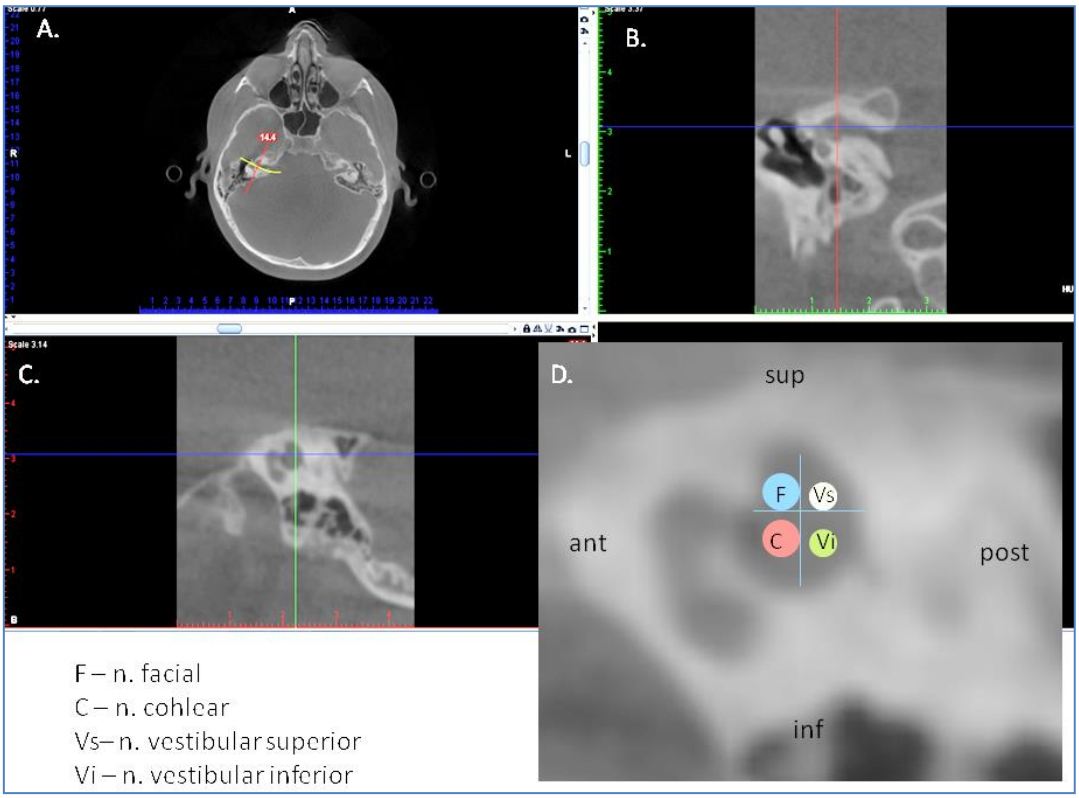


*Figura 10.49. CBCT. **A**. Secțiune axială cu trasarea curbei panoramice prin conductul auditiv intern. **B.** Reconstrucția panoramică a conductului auditiv intern. **C.** Reconstrucția în plan transversal pe curba trasată prin canal, regiune fundică, cu redarea dispoziției interne a pachetului de nervi de la acest nivel. F-n. facial, C-n.cohlear, Vs – n. vestibular superior și Vi-n. vestibular inferior*

Foramen magnum (gaura mare) a osului occipital este străbătut de bulbul rahidian. Antero-lateral este în raport cu canalul nervului hipoglos (XII) și cu gaura jugulară.

Conținutul găurii magna este:

- bulbul rahidian și meningele
- ramura spinală a nervului accesor
- arterele vertebrale
- arterele spinale anterioară și posterioară
- membrana tectoria.

Canalul nervului hipoglos este ușor de identificat pe secțiunile axiale și coronale, fiind situat sub tuberculul jugular, care pe secțiune coronară are forma unui cioc de vultur (Figura 10.52). Conține nervul hipoglos (XII) și se găsește situat între condilul occipital și gaura jugulară.

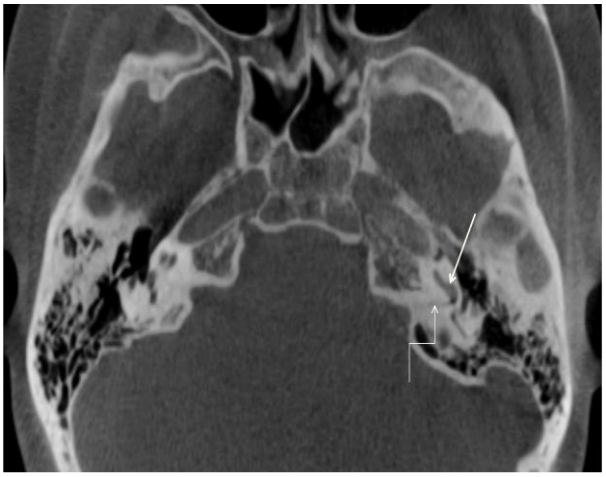


Figura 10.50. CBCT. Secțiune axială la nivelul bazei cohleei (săgeata dreaptă), cu evidențierea medial a apeductului cohlear (săgeata frântă)

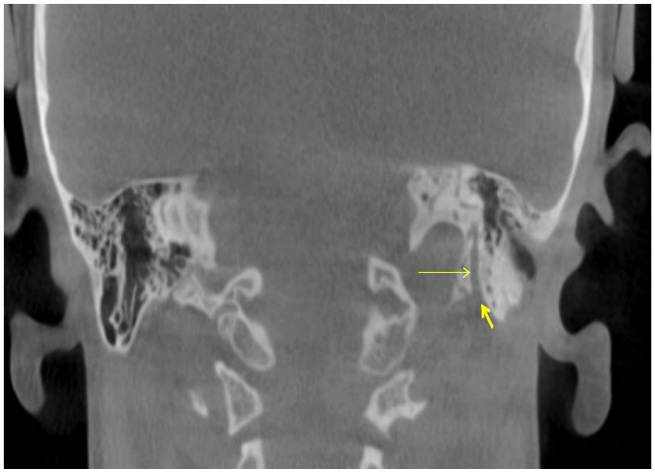
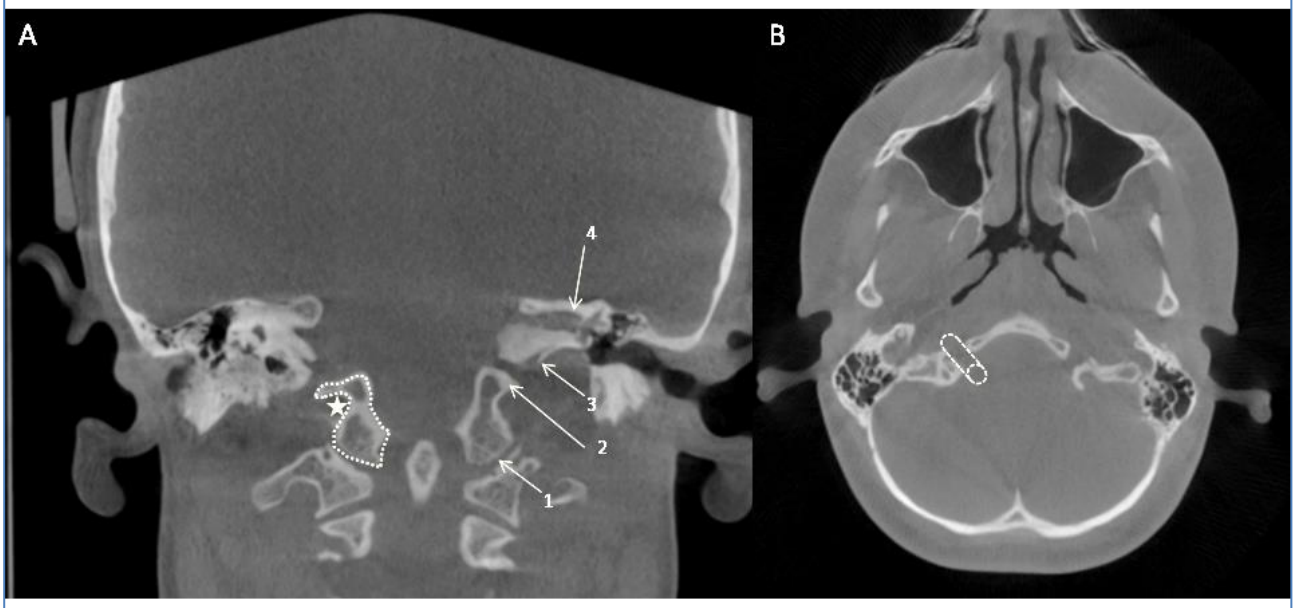


Figura 10.51. CBCT secțiune coronală la nivelul porțiunii descendente a canalului nervului facial (săgeata lungă), și a deschiderii acestuia la nivelul găurii stilomastoidiene



A. Secțiune coronală
Eagle sign – condilul occipital și tuberculul jugular
Asterix – canalul hipoglos
1. articulația atlanto-occipitală
2. spina jugulară
3. apeductul cohlear
4. canalul auditiv intern

B. Secțiune axială - canalul hipoglos

*Figura 10.52. CBCT **A.** Secțiune coronală care evidențiază canalul nervului hipoglos și structurile de vecinătate; **B.** Secțiune axială cu redarea canalului nervului hipoglos*

Canalul condilar este localizat posterior față de condilii occipitali, în fosa craniană posterioară și conține ramuri meningeale din artera occipitală și venele emisare, care conectează sinsul sigmoid de vena occipitală. Prezența lui este variabilă, cu o frecvență de 50-60% din cazuri, atunci când este prezent, cel mai frecvent este bilateral.

10.3.2. Fosele și cavitățile bazei craniului

Fosa temporală

Fosa temporală este o depresiune situată pe fața laterală a craniului, delimitată superior de linia temporală superioară a parietalului, iar inferior, de arcada temporo-zigomatică (ATZ).

În partea laterală, este delimitată de tegumentul regiunii temporale, iar medial, de un perete osos format de solzul osului temporal, aripa mare a osului sfenoid și unghiul sfenoidal al osului parietal (vezi figura 10.53).

Fosa temporală comunică inferior cu fosa infratemporală (Tabel 10.6). În fosa temporală se găsesc următoarele structuri anatomice: *mușchiul temporal*, nervul zigomaticotemporal, nervul temporal profund și artera temporală profundă. Dintre aceste structuri, doar mușchiul temporal este vizibil la examinarea CBCT.

Tabel 10.6. *Comunicările şi conţinutul foselor bazei craniului*

Fosele bazei craniului	Comunicări	Conţinut
Fosa temporală	**fosa infratemporală**	• mușchiul temporal • nervul zigomaticotemporal • nervul temporal profund • artera temporală profundă
Fosa infratemporală	• **fosa temporală** • **fosa craniană mijlocie** (n. mandibular) • **fosa pterigopalatină** (artera maxilară) • **spaţiul masticator (**n. mandibular) • **spaţiul parafaringian**	• artera maxilară • plexul venos pterigoidian • muşchii pterigoidian medial şi lateral şi muşchiul temporal • nervul mandibular (V_3) - nervul alveolar inferior - nervul lingual - n. auriculotemporal • nervul coarda timpanului (VII) • nervul alveolar postero-superior (V2)
Fosa pterigopalatină	• **fosa craniană mijlocie** (n. maxilar, n. canalului pterigoidian) • **fosa infratemporală** (a. maxilară) • **orbita** (ramura zigomatică a n. maxilar și a. suborbitară) • **cavitatea nazală** (n. nazali postero-superiori și a. sfenopalatină) • **cavitatea orală** (ramuri din arterele şi nervii palatin inferior) • **alveolele dentare** (ramuri ale nervilor şi arterelor alveolare postero-superioare	• nervul maxilar (V2) • ggl. pterigopalatin • nervul Vidian • ramuri din a. maxilară

Fosa infratemporală

Inferior și medial față de ATZ, se găsește fosa infratemporală (spațiul pterigomaxilo-mandibular), care este cuprinsă între baza craniului, peretele lateral al faringelui și ramura verticală a mandibulei. Fosa infratemporală se continuă în sus cu *fosa temporală,* comunică medial cu *fosa pterigopalatină,* prin *fisura pterigomaxilară,* și cu *fosa craniană mijlocie* prin gaura ovală și foramen spinosum. Este delimitată lateral de fața temporală a zigomaticului și de fața medială a ramurii mandibulei.

Elementele anatomice care delimitează fosa infratemporală sunt:

- medial - se găsește lama laterală a procesului pterigoid, mușchiul tensor al vălului palatin, mușchiul ridicător al vălului palatin și mușchiul constrictor al faringelui
- lateral - se evidențiază ramura verticală a mandibulei
- anterior – se găsește peretele postero-lateral al maxilei
- posterior – se învecinează cu spațiul parafaringian posterior, care conține axul vascular jugulo-carotidian
- superior – se găsește aripa mare a sfenoidului și *gaura ovală*, care realizează comunicarea cu fosa craniană mijlocie
- inferior - fosa este deschisă în jos și înapoi.

Fosa infratemporală este străbătută de artera maxilară și de ramuri ale nervului mandibular (V_3): nervul alveolar inferior, nervul lingual și nervul auriculotemporal.

Comunicările fosei infratemporale:

- spațiul masticator – prin raportul cu ramura verticală a mandibulei și traiectul ramurilor nervului mandibular (V_3)
- spațiul parafaringian prestiloidian
- fosa temporală
- fosa craniană mijlocie prin gaura ovală și traiectul nervului mandibular (V_3)
- fosa pterigopalatină prin fisura ptergomaxilară și artera maxilară.
- Conținutul fosei infratemporale:
- mușchii pterigoidian medial și lateral și mușchiul temporal
- artera maxilară
- plexul venos pterigoidian
- ramuri din nervul mandibular (V_3): nervul alveolar inferior, nervul lingual și nervul auriculotemporal
- nervul coarda timpanului (VII)
- nervul alveolar postero-superior (V_2)
- artera maxilară.

Fosa pterigopalatină

Fosa pterigopalatină (fosa sfenomaxilară) are forma piramidală, îngustă, cu direcție verticală, cu baza orientată în sus, spre procesul pterigoid și cu vârful deschis inferior, spre tuberozitatea maxilei. Această fosă este situată medial față de fosa infratemporală, găsindu-se între peretele posterior al maxilei (anterior) și apofizele pterigoide (posterior) (Figura 10.53). Pe examinarea CBCT, diametrul antero-posterior al fosei este de 1-5 mm.

Pereții fosei pterigopalatine sunt formați de următoarele structuri anatomice:

- medial – lama perpendiculară a osului palatin
- lateral - fisura pterigomaxilară
- anterior - peretele posterior al sinusului maxilar
- posterior - procesul pterigoid al osul sfenoid
- acoperișul - aripa mare a sfenoidului și fisura orbitară inferioară.

Comunicările fosei pterigopalatine sunt multiple, ea fiind traversată de numeroase axe vasculare și nervoase, cu un traiect intra și extracranian:

- medial – comunică cu cavitatea nazală prin gaura sfenopalatină, traversată de nervii nazopalatini, nervii nazali postero-superiori (ramuri din V2) și artera sfenopalatină
- lateral – comunică cu spațiul masticator și fosa infratemporală prin fisura pterigomaxilară și a. maxilară
- posterior și superior – comunică cu cavum Meckel și cu sinusul cavernos la nivelul fosei craniene mijlocii prin nervul maxilar (V2) care străbate gaura rotundă
- posterior și inferior - comunică cu fosa craniană mijlocie prin canalul pterigoidian (Vidian) străbătut de artera și nervul canalului pterigoidian
- posterior și medial - comunică cu rinofaringele prin canalul palato-vaginal, traversat de nervul faringian și de ramura faringiană a arterei maxilare
- anterior și superior – comunică cu orbita prin fisura orbitară inferioră, care conţine ramura zigomatică a nervului maxilar și artera suborbitară
- inferior – comunică cu cavitatea orală, prin canalul palatin mare și mic, care conțin ramuri din arterele și nervii palatin inferior și cu alveolele dentare prin orificiile și canalele alveolare de pe tuberozitatea maxilei, care conțin ramuri terminale ale nervilor și arterelor alveolare postero-superioare.

Conținutul fosei pterigopalatine:

- nervul maxilar (V_2) care pătrunde în fosă prin gaura rotundă
- ganglionul pterigopalatin (sfenopalatin)
- nervul Vidian, care pătrunde în fosă prin canalul Vidian
- ramuri din artera maxilară (a. palatină descendentă).

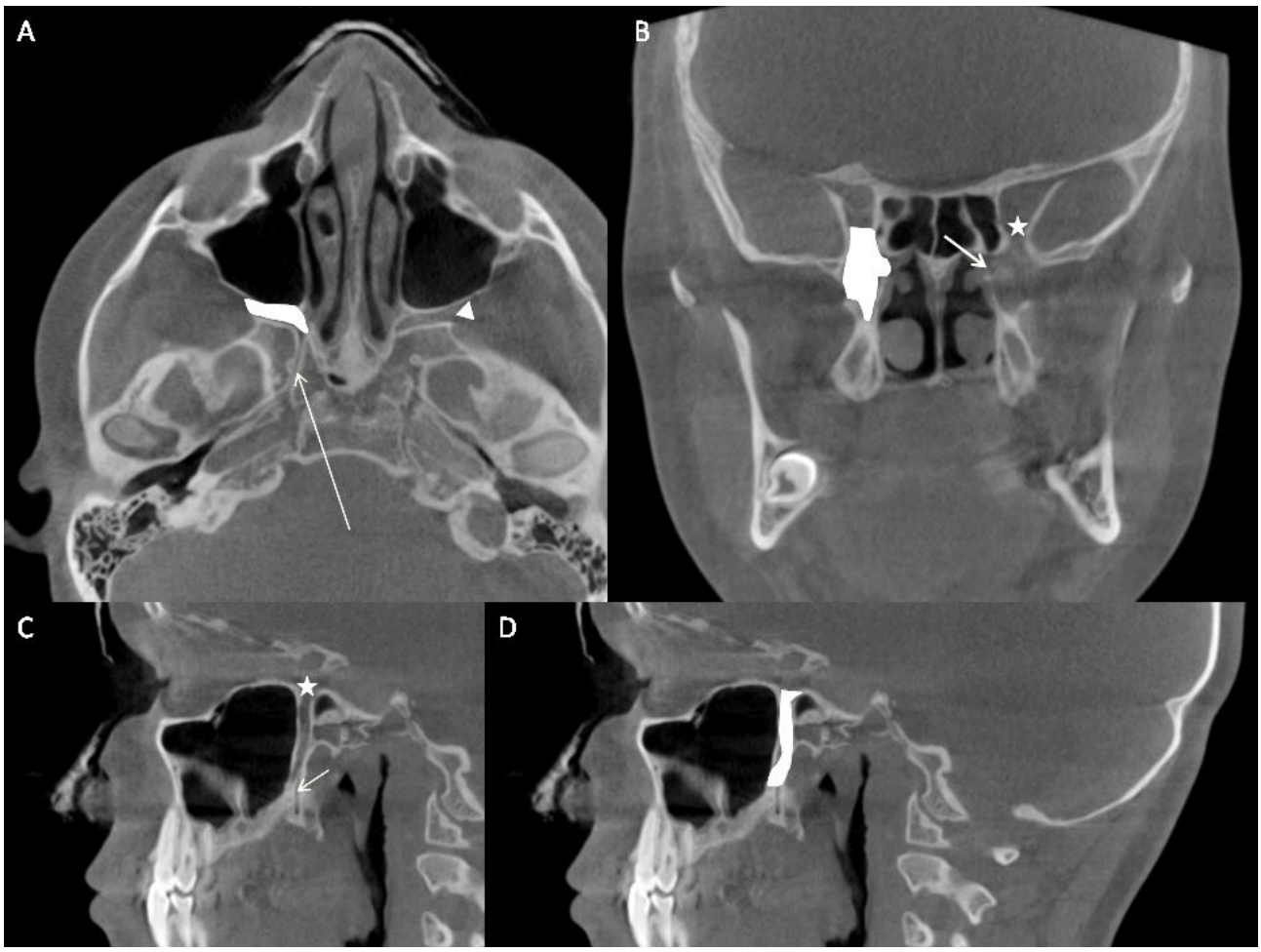


*Figura 10.53. Fosa pterigopalatină marcată în examinarea CBCT; **A**. Secțiune axială cu delimitarea fosei anterior prin peretele sinusului maxilar, posterior prin procesele pterigoide, comunicarea posterior cu fosa craniană mijlocie prin canalul Vidian (săgeata) și lateral cu fosa infratemporală prin fisura pterigomaxilară (vârf de săgeată); **B**. Secțiune coronală, comunicarea medial cu fosele nazale prin gaura sfenopalatină (săgeata) și superior cu orbita prin fisura orbitară inferioară; **C și D.** Secțiune sagitală cu delimitarea în sens antero-posterior a fosei, comunicarea superior cu orbita prin fisura orbitară inferioară (asterix) și comunicarea inferioară cu cavitatea orală prin canalul palatin mare și cel mic (săgeata)*

10.3.3. Semiologia modificărilor CBCT ale bazei craniului

- anomalii de dezvoltare ale oaselor craniului, despicături ale oaselor maxilare, dehiscențe și comunicări la nivelul bazei craniului
- eroziuni sau osteoliza oaselor care alcătuiesc baza craniului, ce pot fi vizibile în tumorile capului și ale gâtului (figura 10.54)
- leziuni osteolitice multiple pot apărea în plasmocitoame, mielom multiplu, sarcoidoză, boala Paget, displazia fibroasă, osteomielite sau osteonecroză a oaselor maxilare (Figura 10.55)
- osteoscleroza poate fi întâlnită în special la oasele viscerocraniului în osteomielite, osteonecroze, sindroame displazice, boala Paget sau în variate tulburări metabolice (figura 10.56)
- calcificările la nivelul foselor craniene pot fi: degenerative, congenitale (neurofibromatoze), metabolice (hiperparatiroidism), determinate de infecții (parazitare, cytomegalovirus etc.), sau tumorale (tumori vasculare, meningioame, osteoame, condroame, condrosarcoame etc.) (Figura 10.57)
- lărgiri > 5 mm ale fosei pterigopalatine în tumori ale nazofaringelui sau ale sinusurilor maxilare (Figura 10.58)

- asimetrii, lărgiri ale orificiilor bazei craniului, cu eroziuni ale contururilor osoase, pot să apară în invazii perineurale ale tumorilor capului și ale gâtului (Figura 10.58)
- dispariția grăsimii retroantrale din vecinătatea unui sinus maxilar opacifiat, cu dicontinuitatea contururilor osoase, poate fi un semn al unei tumori sinusale cu extindere în fosa infratemporală
- lărgirea bulbului jugular cu osteoliza pereților osoși este prezentă în tumorile găurii jugulare.

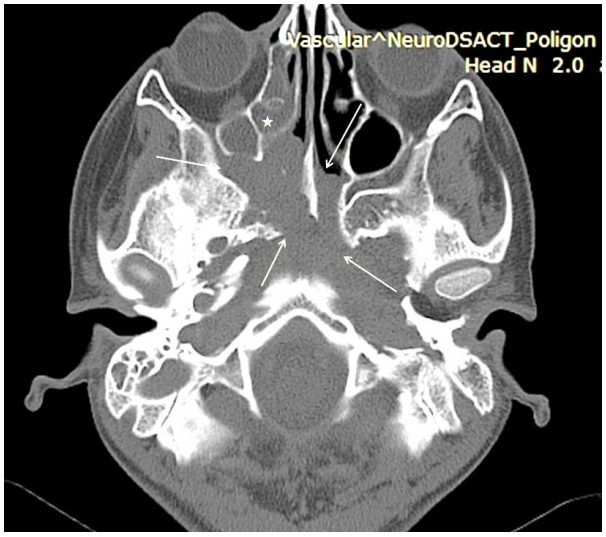


Figura 10.54. CT fereastă osoasă. Formaţiune tumorală cu osteoliza sinusului sfenoidal (săgeţi), distrucţia fosei pterigo-palatine drepte, a canalului Vidian drept, cu extindere dincolo de linia medio-sagitală, cu obstrucţie tubară şi mastoidiană, fără afectarea foramenului lacerum sau a canalului carotidian şi cu opacifiere la nivel etmoidal (asterix)

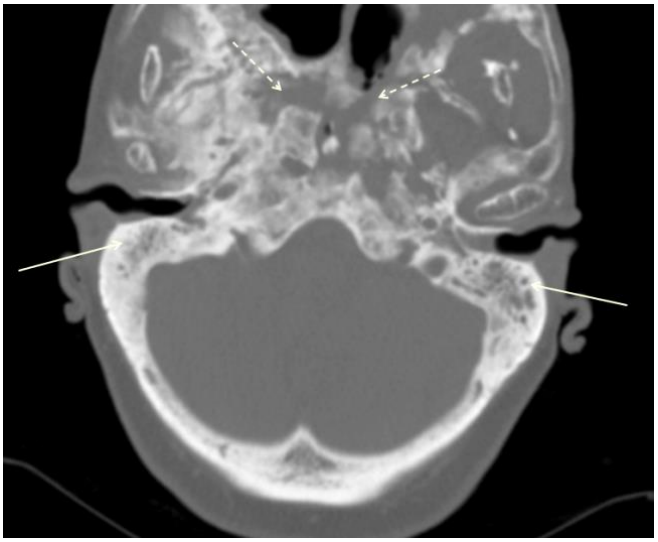


Figura 10.55. CT secţiune axială. Modificări profunde de structură de displazie osoasă, la nivelul bazei de craniu, cu osteoliză alternând cu osteoscleroză (săgeți punctate). Se notează opacifiere si scleroză a mastoidei bilateral (săgeți), precum şi osifieri ale musculaturii pterigoidiene.

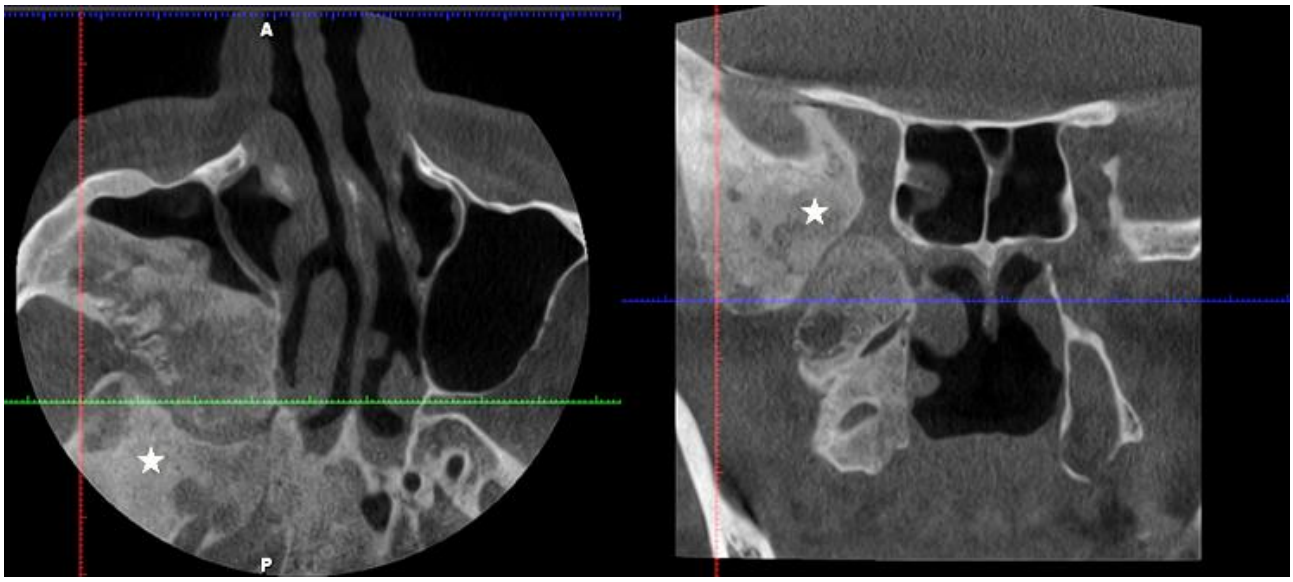


Figura 10.56. CBCT secțiune axială și coronală. Displazie fibroasă cu osteoscleroză importantă și remodelare osoasă ce afectează baza craniului versant drept, osul sfenoidal (asterix) inclusiv apofiza pterigoidă, parțial și osul maxilar

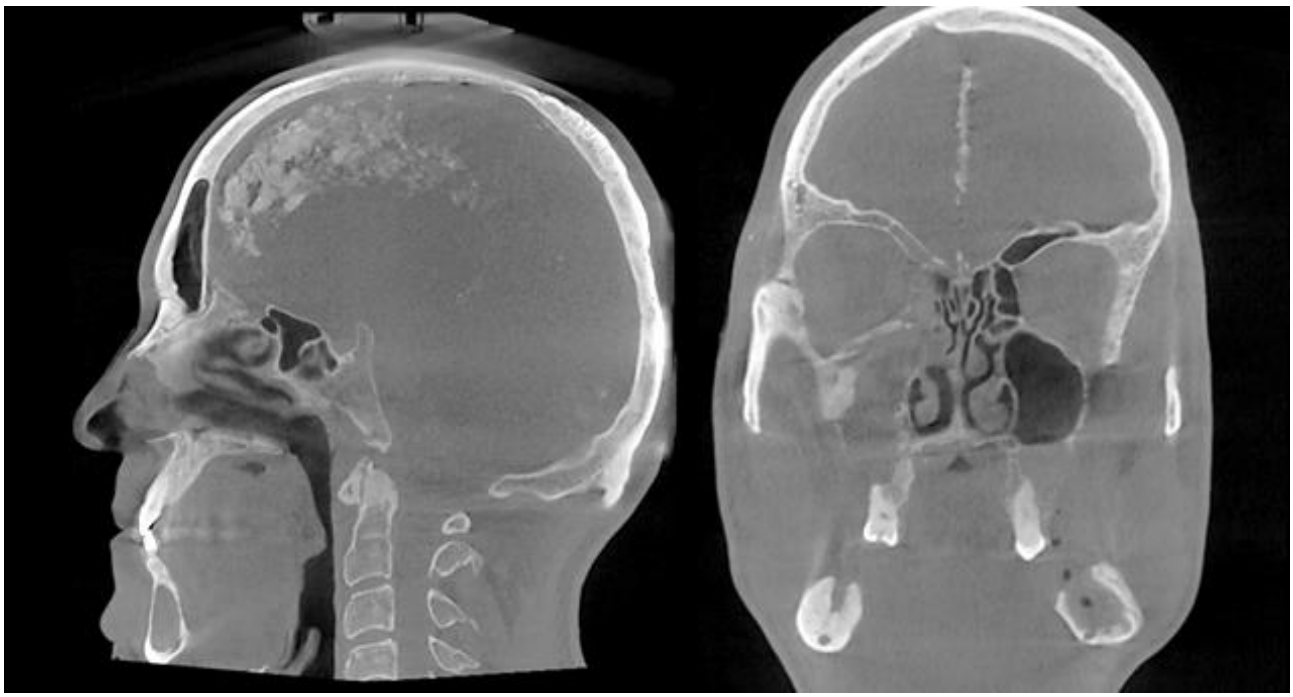


Figura 10.57. CBCT secțiune sagitală și coronală. Sunt evidențiate calcificări extinse la nivelul falx cerebri și condensări osoase cu remodale a osului zigomatic drept, la un pacient cu sindrom Gorlin-Goltz

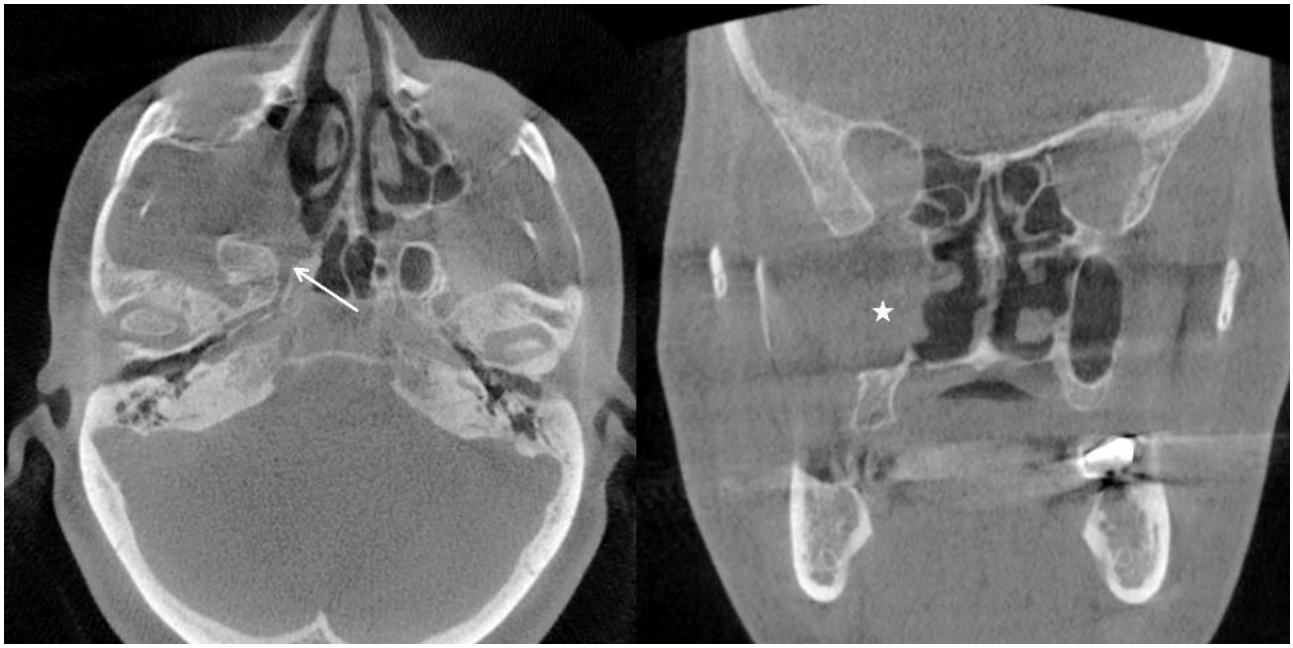


Figura 10.58. CBCT secţiuni axială şi coronală. Formaţiune tumorală a sinusului maxilar drept Se observă întreruperea continuităţii peretilor sinusului maxilar (asterix), lărgirea fosei pterigopalatine pe dreapta şi lărgirea canalului Vidian drept, semn de invazie perineurală (săgeata)

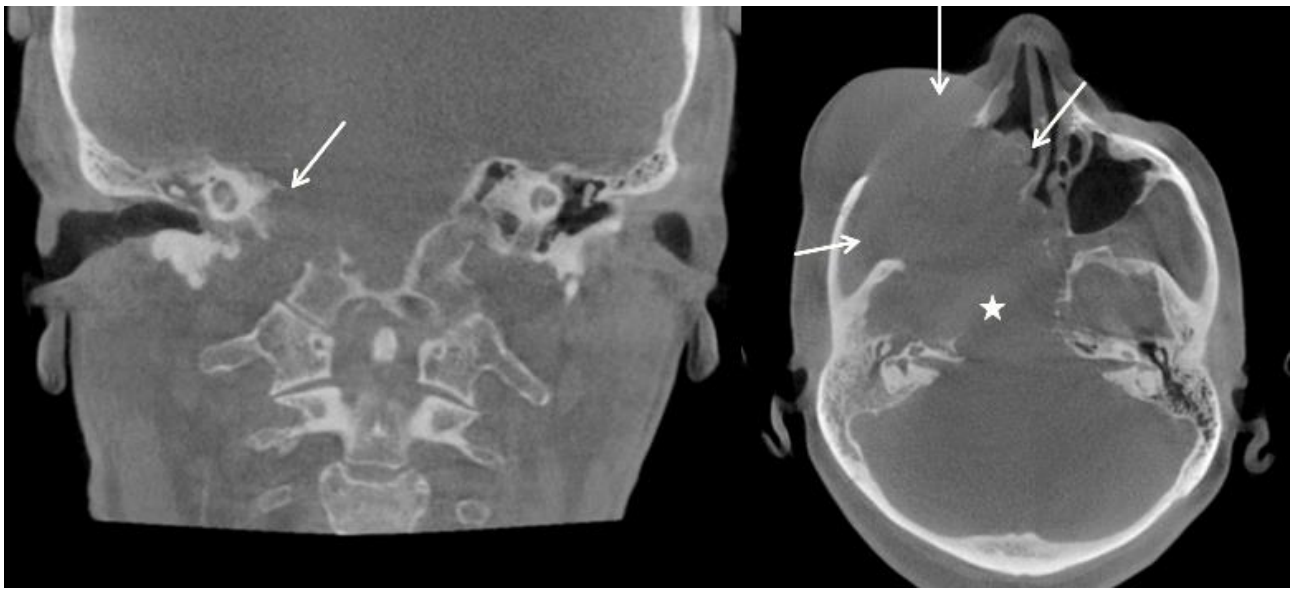


Figura 10.59. CBCT secţiuni coronală şi axială. Formaţiune carcinomatoasă de mari dimensiuni. Se observă ocuparea completă a sinusului maxilar drept, cu pierderea delimitărilor, extindere anterioara cu distrucţia osului zigomatic, şi posterioară, ocupând fosa infratemporală şi interesând baza craniului.

10.4. Orbita

Orbitele au forma conică, cu vârful orientat posterior, spre apexul orbitar, care este traversat de canalul orbitar. Anatomic se descriu următoarele elemente: plafonul, peretele medial, peretele lateral și planșeul orbitei, la a căror formare participă aproape toate oasele viscerocraniului.

Plafonul orbitei este alcătuit din aripa mică a sfenoidului și lama orbitară a osului frontal. Aici se găseste fisura orbitară superioară, care conține ramuri ale nervilor cranieni III, IV, V_1 și VI.

Planșeul orbitei este format de procesul orbitar al osului palatin, fața orbitară a maxilei și osul zigomatic. El este traversat de fisura orbitară inferioară care conține ramuri ale nervului maxilar (nervul infraorbitar și nervul zigomatic), vena oftalmică inferioară și nervi simpatici. Patologia traumatică a planșeului orbitar include fracturile izolate ale planșeului (blow-in și blow-out), dar el poate fi afectat în aproape toate fracturile mediofaciale.

Peretele lateral al orbitei este format din procesul zigomatic al osului frontal, aripa mare a sfenoidului și suprafața orbitară a osului zigomatic. El este frecvent interesat în fracturile complexului zigomatic.

Peretele medial al orbitei cuprinde corpul osului sfenoid, lama orbitară a etmoidului, procesul frontal al maxilei și osul lacrimal. La acest nivel se poate observa canalul lacrimal. Peretele medial al orbitei este denumit și lamina papiraceea doarece este subțire și greu vizibil radiologic. Dehiscențele laminei papiraceea constituie un element semiologic important de menționat pentru endoscopia sinusală.

Conținutul orbitei:

- globul ocular
- mușchii extraoculari (dreptul superior, dreptul inferior, dreptul medial, dreptul lateral, oblic inferior și oblic superior)
- nervul optic (II) și ramuri ale nervilor cranieni III, IV si V_1
- ganglionul ciliar
- artera oftalmică și artera infra-orbitară
- vena oftalmică superioară, vena oftalmică inferioară și vena infraorbitară
- glanda lacrimală
- grăsimea intraconală și extraconală

- capsula Tenon, care separă globul ocular de grăsimea din jur, și care posterior se unește cu învelișul dural, care invelește nervul optic.

Cavitatea orbitară comunică cu următoarele structuri:

- cu fosa craniană anterioară, prin canalul optic și fisura orbitară superioară
- cu fosa infratemporală, prin fisura infraorbitară
- cu sinusurile paranazale, prin gaura etmoidală anterioară și prin gaura etmoidală posterioară.

Semiologia CBCT în patologia orbitelor

- fracturi ale pereților orbitari - fracturi izolate ale planșeului orbitar sau fracturi asociate în traumatismele mediofaciale (Figura 10.60)
- osteoliza pereților orbitari în formațiuni tumorale de vecinătate, cu extindere în orbită
- calcificări intraorbitare degenerative sau cauzate de tumori (ex. retinoblastom), infecții (toxoplasmoza), metastaze, leziuni distrofice sau metabolice
- exoftalmia unilaterală sau bilaterală în orbitopatia tiroidiană, infecții, tumori, traumatisme, leziuni vasculare sau pseudotumorale ale orbitei.

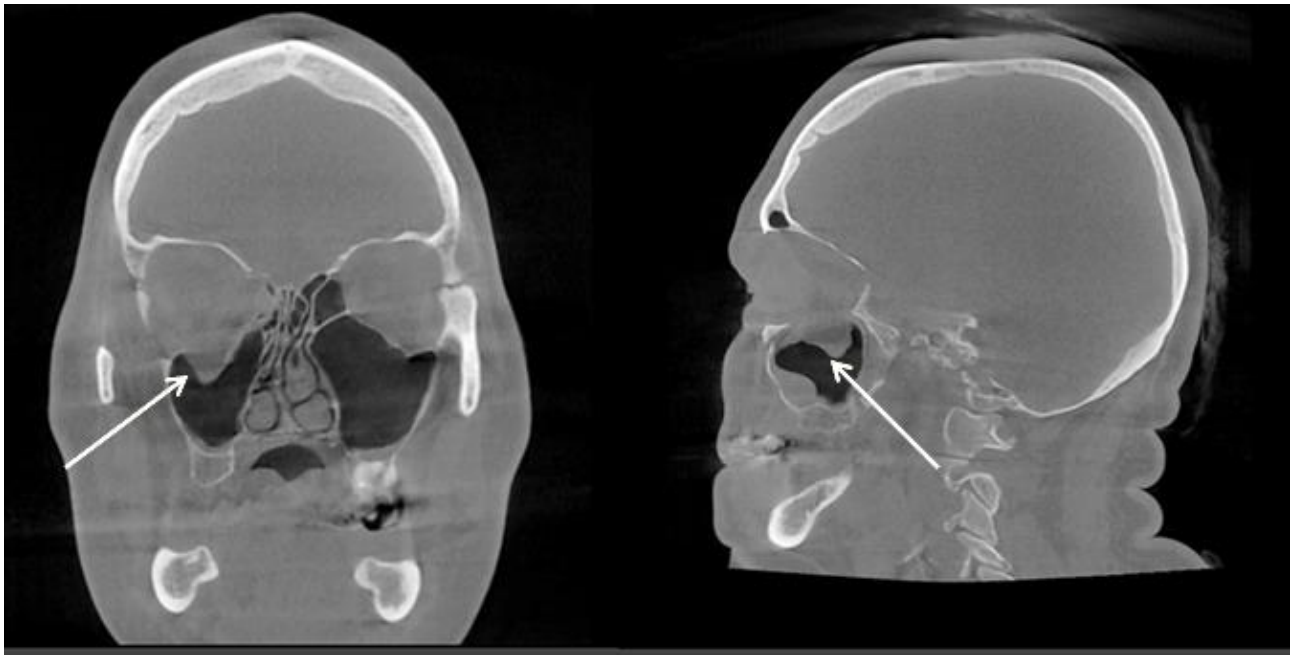


Figura 10.60. CBCT secţiuni coronală şi sagitală. Fractura orbitară dreaptă la nivelul planşeului, cu migrare de conţinut grăsos orbitar în sinusul maxilar drept

10.5. Cavitățile nazale

Cavitățile nazale formează partea inițială a tractului aero-digestiv. Anatomic, se descriu 4 pereți și două orificii (Figura 10.61).

Orificiul anterior sau *apertura piriformă* este formată din oasele nazale și cele două oase maxilare.

Orificiul posterior sau *choanele*, corespunde marginii posterioare a septului nazal osos.

Superior, fosele nazale sunt delimitate de lama cribriformă a etmoidului, spina nazală a osului frontal și fața anterioară a sfenoidului.

Peretele inferior este format din procesul palatin al osului maxilar și lama orizontală a palatinului, care formează împreună palatul osos. Pe acest perete, anterior, se găsește canalul incisiv.

Pe *peretele lateral* al cavităților nazale se găsesc cornetele nazale superior, mijlociu și

inferior. Cele 3 cornete delimitează 3 meate ale cavităților nazale (Figura 10.61):

- *meatul superior*, în care se realizează drenajul celulelor etmoidale posterioare
- *meatul mijlociu*, care conține:

- înfundibulul canalului fronto-nazal, calea de drenaj a sinusului frontal
- hiatul semilunar, locul de drenaj al celulelor etmoidale anterioare și al sinusurilor maxilare.

Complexul osteomeatal este un canal comun care realizează conexiunea dintre sinusul frontal, celulele etmoidale anterioare și sinusul maxilar, către meatul mijlociu. Complexul osteomeatal este format din următoarele structuri (Figura 10.62):

- ostiumul maxilar - este canalul de drenaj al sinusului maxilar
- infundibulum - este un canal comun de drenaj al antrului maxilar și al celulelor etmoidale anterioare către hiatul semilunar
- procesul uncinat – este o excrescență osoasă, de forma unui cârlig, acoperit de fibromucoasă, care asigură legătura anterioară cu hiatul semilunar
- bula etmoidală – este o celulă etmoidală care se proiectează deasupra hiatului semilunar
- hiatul semilunar - este pasajul de drenaj final dintre bula etmoidală superioară și marginea liberă a procesului uncinat.

- *meatul inferior* conține calea de drenaj a canalului nazo-lacrimal.

Figura 10.61. ***CBCT. A.*** *secțiuni axiale consecutive în sens antero-posterior, la nivelul cavităților nazale; cu evidenţierea în prima imagine a oaselor proprii nazale (săgeata), a suturii frontonazale (săgeata întreruptă), în a doua si a treia imagine, orbitele (O) sinusul maxilar (SM), cornetele nazale inferioare (1) și mijlocii (2), meatele superior (săgeata) și mijlociu (săgeata întreruptă) iar în ultima imagine, deschiderea posterioară a cavităților nazale în nazo-faringe (asterix).* ***B****. Secțiune sagitală cu trasarea meatelor mijlociu și inferio, demarcate de cornetele omonime. Săgeata indică osul nazal.C. Secțiune axială cu evidențierea canalului nazolacrimal, a cornetelor mijlocii și a meatului mijlociu.*

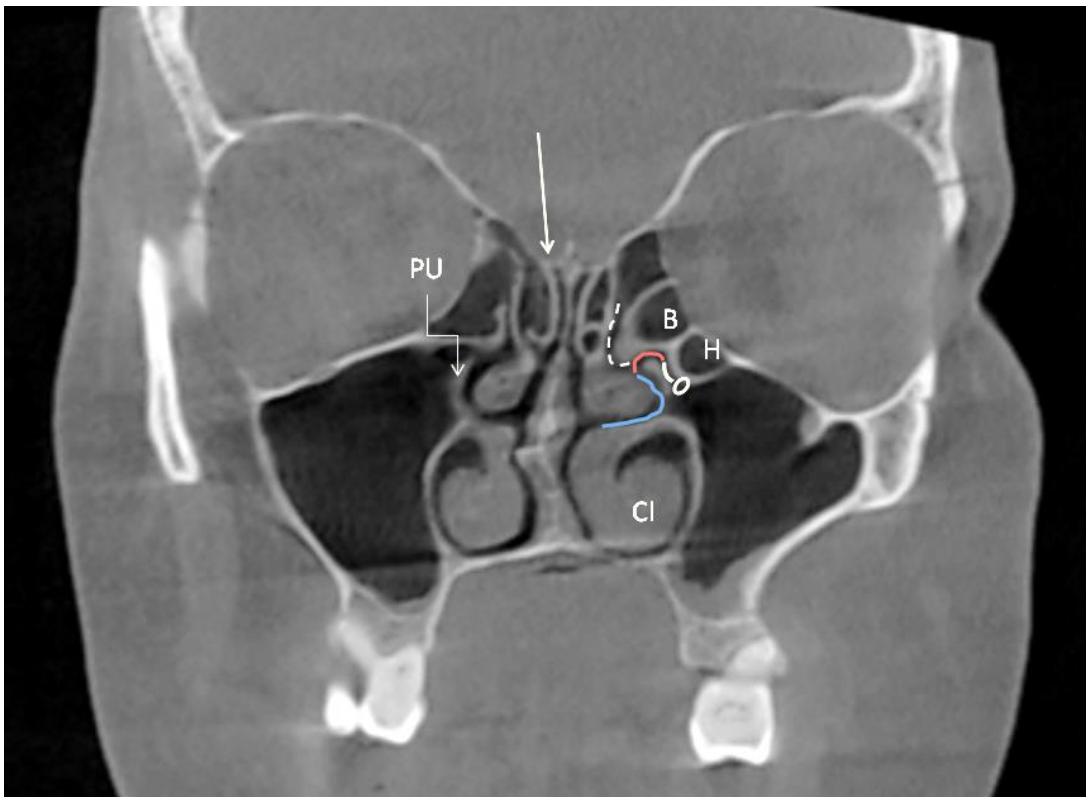


Figura 10.62. ***CBCT.*** *Secțiune coronală la nivelul complexului osteomeatal. Sunt indicate componentele acestuia: procesul uncinat (linie frântă), ostiumul de drenaj al sinusului maxilar (simbol oval) ce se continuă cu înfundibulum (linie), hiatul semilunar (linie roșie) drenajul din meatul superior (linie întreruptă) și drenajul în meatul mijlociu (linie continuă albastră), bula etmoidală (B) . Mai sunt notate lama ciuruită etmoidală (săgeata), cornetul inferior (CI), precum și o celulă aerată Haller (H)*

Între cornetul superior și fața anterioară a sfenoidului se găsește recesul sfenoetmoidal, prin care se realizează drenajul sinusului sfenoidal în cavitatea nazală. Gaura sfeno-palatină asigură comunicarea dintre fosa pterigopalatină și cavităţile nazale.

Peretele median al foselor nazale este format de septul nazal, care separă cavităţile nazale dreaptă și stângă. El are o structură fibrocartilaginoasă în 1/3 anterioară (septul cartilaginos) și una osoasă în cele 2/3 posterioare (septul osos), cea din urmă fiind alcătuită din vomer și lama perpendiculară a etmoidului.

Cavitatea nazală comunică cu următoarele structuri:

- fosa craniană anterioară - prin foramen cecum și perforațiile lamei cribriforme
- orbita - prin canalul lacrimal și canalele etmoidale anterioare și posterioare
- cavitatea orală - la nivelul canalului incisiv
- fosa pterigopalatină - prin foramenul sfenopalatin
- sinusul sfenoidal - prin foramenul sinusului sfenoidal
- cu sinusul frontal - prin canalul fronto-nazal
- cu sinusul maxilar - prin unitatea osteomeatală
- labirintul etmoidal - prin foramenele celulelor etmoidale
- nazofaringele - prin apertura nazală posterioară
- exteriorul - prin apertura piriformă

10.6. Anatomia secţională CBCT a sinusurilor paranazale

Sinusurile paranazale sunt cavități pereche, cu conținut aeric și pereți osoși, formate de oasele craniene. Există 4 perechi de sinusuri, grupate în jurul foselor nazale: sinusurile frontale, sfenoidale, maxilare și celulele etmoidale (Figura 10.63).

Pneumatizarea sinusurilor paranazale începe încă din viața intrauterină, la naștere pneumatizarea lor fiind incompletă, ea definitivându-se doar în perioada de adult, deși volumul sinusal continuă să se modifice pe tot parcursul vieții. La naștere, doar sinusul maxilar și celulele etmoidale sunt dezvoltate, dar pneumatizarea lor este parțială și vor fi aerate complet abia la vârsta de 7 ani. Sinusul sfenoidal apare la vârsta de 3 ani, iar cele frontale la 6 ani, și continuă să se dezvolte până în perioada adultă.

Sinusurile maxilare

Sinusul maxilar este localizat în profunzimea osului maxilar și este cel mai mare dintre sinusurile paranazale. Sinusul maxilar are forma piramidală, baza fiind orientată către marginea laterală a cavității nazale, iar apexul sinusal spre procesul zigomatic al maxilei. Planșeul sinusal prezintă numeroase recese și denivelări, fiind în vecinătatea apexurilor dentare ale molarilor superiori. Raporturile rădăcinilor dentare cu sinusul maxilar nu pot fi evaluate pe radiografiile dentare bidimensionale. Examinarea CBCT este utilă pentru a pune în evidență proximitatea apexului radicular, față de planșeul sinusal, și pentru a identifica leziunile apicale, care pot fi incriminate în etiologia sinuzitelor maxilare odontogene. În partea superioară a sinusurilor maxilare se găsește marginea inferioară a orbitei. Peretele posterior sinusal delimitează împreună cu apofizele pterigoide, fosa pterigopalatină. Volumul sinusal prezintă variații individuale, iar lipsa dinților pe arcada dentară determină atrofia crestei alveolare și migrarea planșeului sinusal spre marginea liberă a crestei.

Drenajul sinusurilor maxilare se face în meatul mijlociu, în spatele hiatului semilunar. Deschiderea sinusului maxilar se găsește pe marginea sa superioară, iar ostiumul sinusal comunică prin capătul posterior al hiatului semilunar (Figura 10.64). Unitatea osteo-meatală a fost descrisă în secţiunea 10.5.

Mucoasa sinusului maxilar este o mucoasă ciliată și în condiții normale nu este vizibilă radiologic. Îngroșările sub 5 mm ale mucoasei sinusale nu au însă semnificație patologică și nu pot fi asociate unei inflamații sinusale (Figura 10.65).

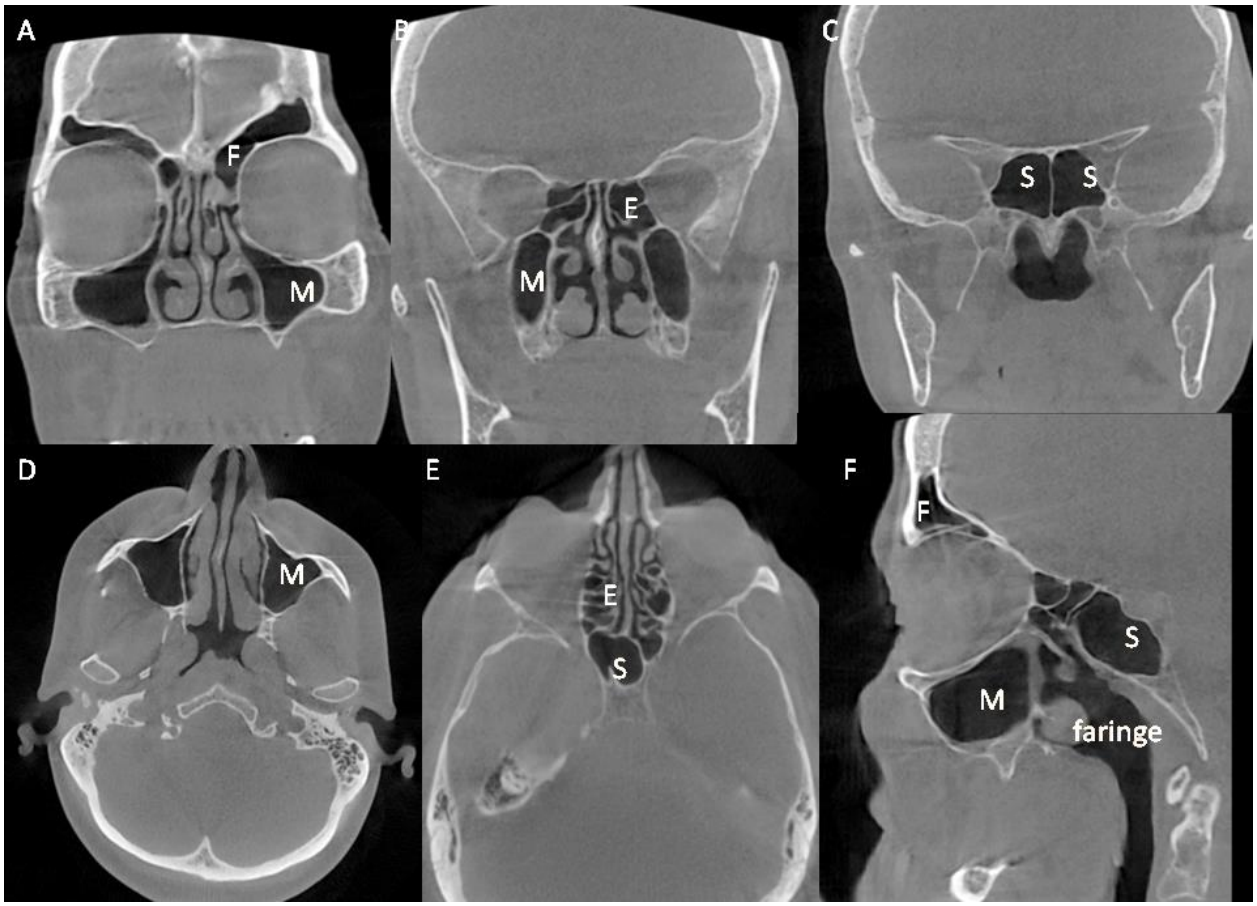


Figura 10.63. CBCT cu evidențierea cavităților sinusurilor paranazale: sinus frontal (F), etmoidal (E), sfenoidal (S), și maxilare (M). ***A, B și C*** *secțiuni coronale consecutive în sens antero-posterior.* ***D și E*** *secțiuni axiale în sens caudo-cranial.* ***F.*** *reconstrucție oblic–sagitală*

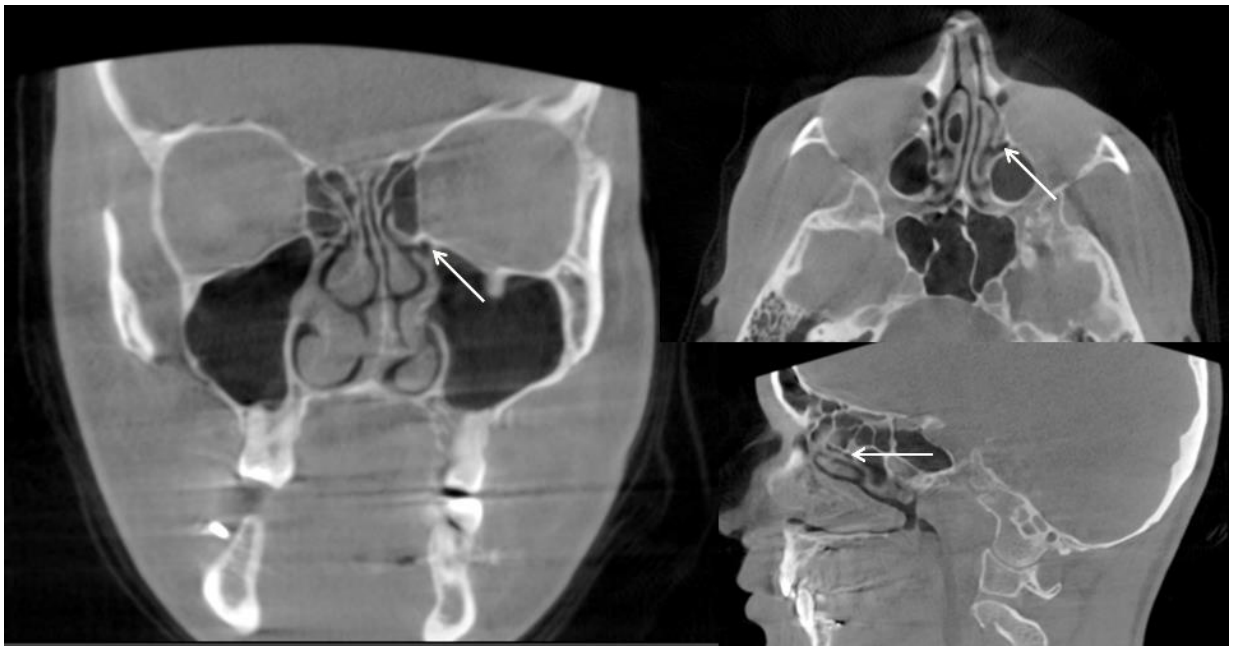


Figura 10.64. CBCT secțiuni coronală, axială și sagitală cu evidențierea drenajului sinusului maxilar la nivelul hiatului semilunar (săgeata)

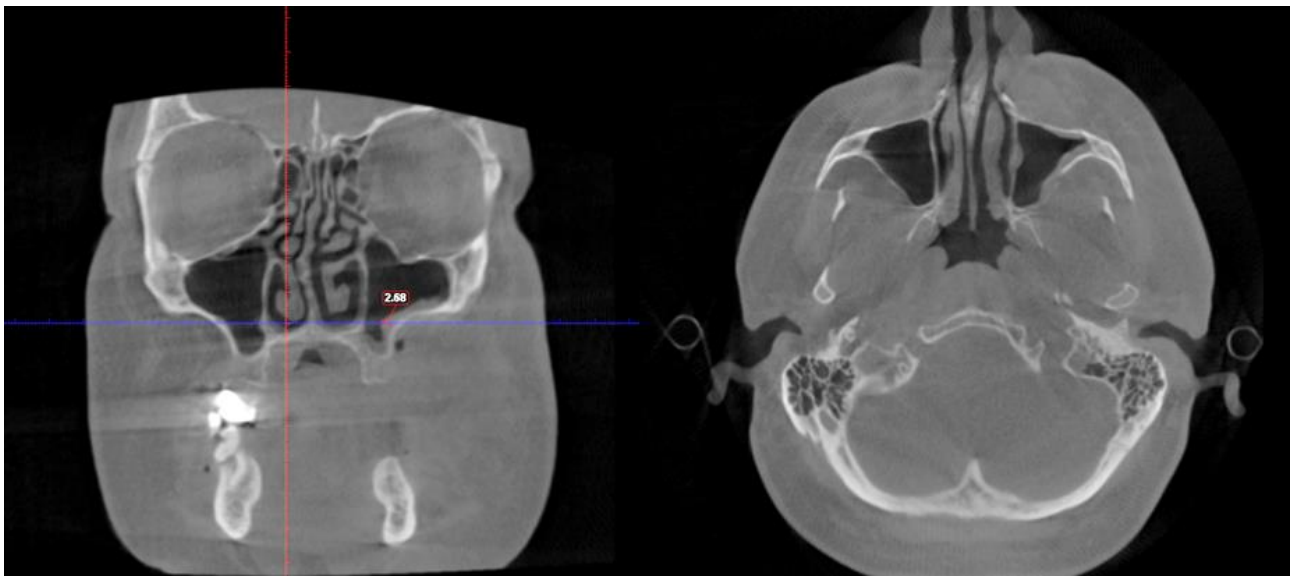


Figura 10.65. CBCT secțiuni coronală și axială cu notarea unei minime îngroșări a mucoasei sinusului maxilar stâng, cca 3 mm, fără semnificație patologică

Sinusul frontal

Sinusurile frontale au aspect asimetric, sinusul frontal stâng fiind separat de cel drept printr-un sept intrasinusal. La 10% din populație există 3 sau mai multe încăperi, divizate de septe subțiri intrasinusale. Pereții anterior și posterior ai sinusurilor frontale aparțin osului frontal. Fosa craniană anterioară și orbita au relații importante cu sinusul frontal.

Drenajul sinusului frontal este variabil. El se poate face în recesul frontal, care este delimitat anterior de peretele anterior al osului frontal, sau în infundibulul etmoidal, prin hiatul semilunar, spre meatul mijlociu. Uneori, există un drenaj direct în meatul mijlociu.

Sinusul sfenoidal

Sinusul sfenoidal este cel mai posterior sinus paranazal și este localizat central, în corpul osului sfenoidal, antero-inferior de șaua turcească. El comunică cu partea superioară a cavităților nazale prin recesul sfeno-etmoidal, situat pe peretele anterior al sinusului. Cele două sinusuri drept și stâng, sunt separate de un sept și au deseori un aspect asimetric.

Există largi variații de formă ale sinusului sfenoidal, care pot avea relevanță pentru chirurgia sinusală și a bazei craniului. Sinusurile sfenoide largi pot fi extinse lateral sau pot implica mai multe structuri vitale: nervul optic, glanda pituitară sau artera carotidă internă (Figura 10.66).

Variante anatomice ale raportului sinusului sfenoidal cu nervul optic (Figura 10.66):

- tip 1 - nervul optic (II) este adiacent sinsului sfenoidal
- tip 2 - există o amprentare a sinusului sfenoidal de către canalul nervului optic
- tip 3 - nervul optic traversează sinusul etmoidal
- tip 4 - nervul optic este adiacent sinusului etmoidal posterior.

Raporturile sinusului sfenoidal sunt următoarele:

- superior - are raporturi cu sinusul cavernos și cu șaua turcească
- inferior - se găsesc cavitățile nazale
- anterior - se deschide prin recesul sfenoetmoidal în cavitățile nazale și celulele etmoidale posterioare
- posterior - are raporturi cu structurile fosei craniene mijlocii
- lateral - se găsesc structurile sinusului cavernos și ale fosei craniene mijlocii.

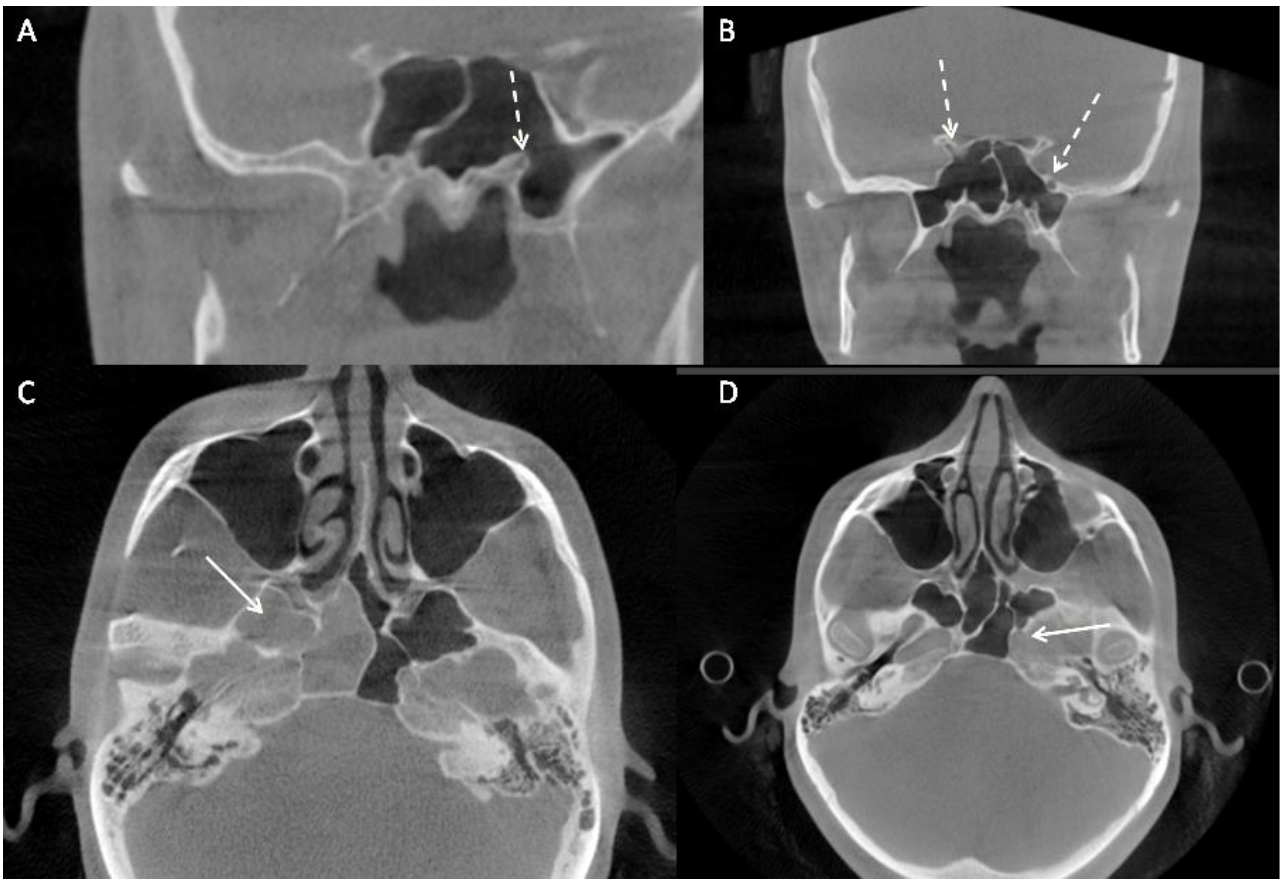


Figura 10.66. CBCT. Variații ale pneumatizării sinusului sfenoidal. ***A.*** *Secțiune coronală, expansiune aerică lateral și caudal în procesul pterigioidian stâng, cu aspect de potruzie a canalului Vidian intrasinusal (săgeata întreruptă).* ***B****. Secțiune coronală. Pneumatizare extinsă caudal în procesul pterigioidian bilateral și în procesele clinoide anterioare, cu aspect de protruzie a găurii rotunde (săgeți întrerupte).* ***C și D****. Secțiuni axiale.* ***C.*** *Sinus sfenoidal mult pneumatizat în aripile sfenoidale, în dreapta complet opacifiat. D. Aspect similar al pneumatizării, se notează vecinătatea cu canalul carotidian (săgeata)*

Celulele etmoidale

Celulele etmoidale sunt localizate pe linia mediană a osului etmoid, între orbite și cavitatea nazală, în labirintul etmoidal. Există 13-18 celule etmoidale, care sunt divizate de către o lamelă osoasă (lama bazală) în două grupuri: celulele etmoidale anterioare și posterioare, cele din urmă fiind mai largi. Lateral, celulele etmoidale au raporturi cu orbitele, de care sunt separate printr-un perete subțire, lamina papiraceea.

Drenajul celulelor etmoidale anterioare se realizează în hiatul semilunar și meatul mijlociu, prin bula etmoidală, care formează complexul osteomeatal. Celulele etmoidale posterioare, drenează spre meatul superior și recesul sfenoetmoidal.

Unele celule etmoidale au nume specific:

- celula Agger nasi, este cea mai anterioară celulă, prima care se pneumatizează în decursul dezvoltării. Este situată anterior de atașamentul frontal al cornetul nazal mijlociu, cu drenaj în meatul mijlociu, formând peretele anterior al recesului fronto-nazal.
- bula etmoidală, reprezintă cea mai largă celulă din grupul celulelor etmoidale anterioare, situată anterior de lamela bazală, posterior de procesul uncinat și superior de infundibulum, mărginind hiatusul semilunar. O bulă etmoidală cu perete posterior crează un reces suplimentar retrobular între ea și lamela bazală, ce comunică cu recesul suprabular, dintre celulă și fovea etmoidalis.
- celula Haller, numită și celulă etmoidală infraorbitară, cu o prevalență de 20%, situată înspre sinusul maxilar, atașat peretelui inferior și medial orbitar. Prin localizarea sa poate

îngusta complexul osteo-meatal și obstrua drenajul sinusului maxilar, favorizând inflamațiile intrasinusale.

- celula Onodi, cunoscută și ca celula sfenoetmoidală, este rară, situată cel mai posterior, adiacent sinusului sfenoidal, fiind o pneumatizare supero-laterală, în contact intim cu canalul nervului optic și cu artera carotida internă intracraniană, factor de risc în chirurgia endoscopică și de bază de craniu.

Semiologia CBCT a patologiei rinosinusale

- îngroșarea periferică cu aspect polipoid a mucoasei sinusale (unilateral sau bilateral) cu îngroșarea adiacentă a pereților sinusali – în sinuzita cronică, sinuzita alergică (Figura 10.67)
- opacifierea bilaterală a sinusurilor maxilare sau a mai multor sinusuri paranazale, fără modificarea pereților osoși, cu/fără nivel hidro-aeric intrasinusal – inflamații acute sau cronice ale sinusurilor
- opacifierea completă, unilaterală, a unui sinus, cu distrucția pereților sinusali și expansiune sinusală – în mucocel, tumori rino-sinusale (Figura 10.68)
- opacifierea unilaterală totală a sinusului maxilar – în papilom invertit, polip antrochonal, inflamații acute sau cronice
- îngroșarea pereților osoși sinusali- în procesele inflamatorii cronice (Figura 10.69)
- osteoliza pereților sinusali- în leziuni tumorale ale sinusurilor maxilare (Figura 10.70)
- opacifierea sinusurilor uni/bilaterală cu aspect de "geam mat" – în displazia fibroasă sau alte tumori mixte ale oaselor maxilare (Figura 10.70)
- reducerea în volum a sinusului maxilar: - în silent sinus
- prezența de structuri radioopace intra-sinusale – sinuzite fungice, corpi străini intrasinusali, ectopii dentare (Figura 10.67, 10.69)
- chiste odontogene cu extindere în sinusul maxilar (Figura 10.71)
- eroziuni ale pereților osoși – invazia intrasinusală a unor tumori din vecinătate, leziuni tumorale dezvoltate intrasinusal, determinări secundare osoase, osetomielită, osteonecroze (Figura 10.70)
- traumatisme care implică pereții sinusali, hemosinus intrasinusal (Figura 10.72)

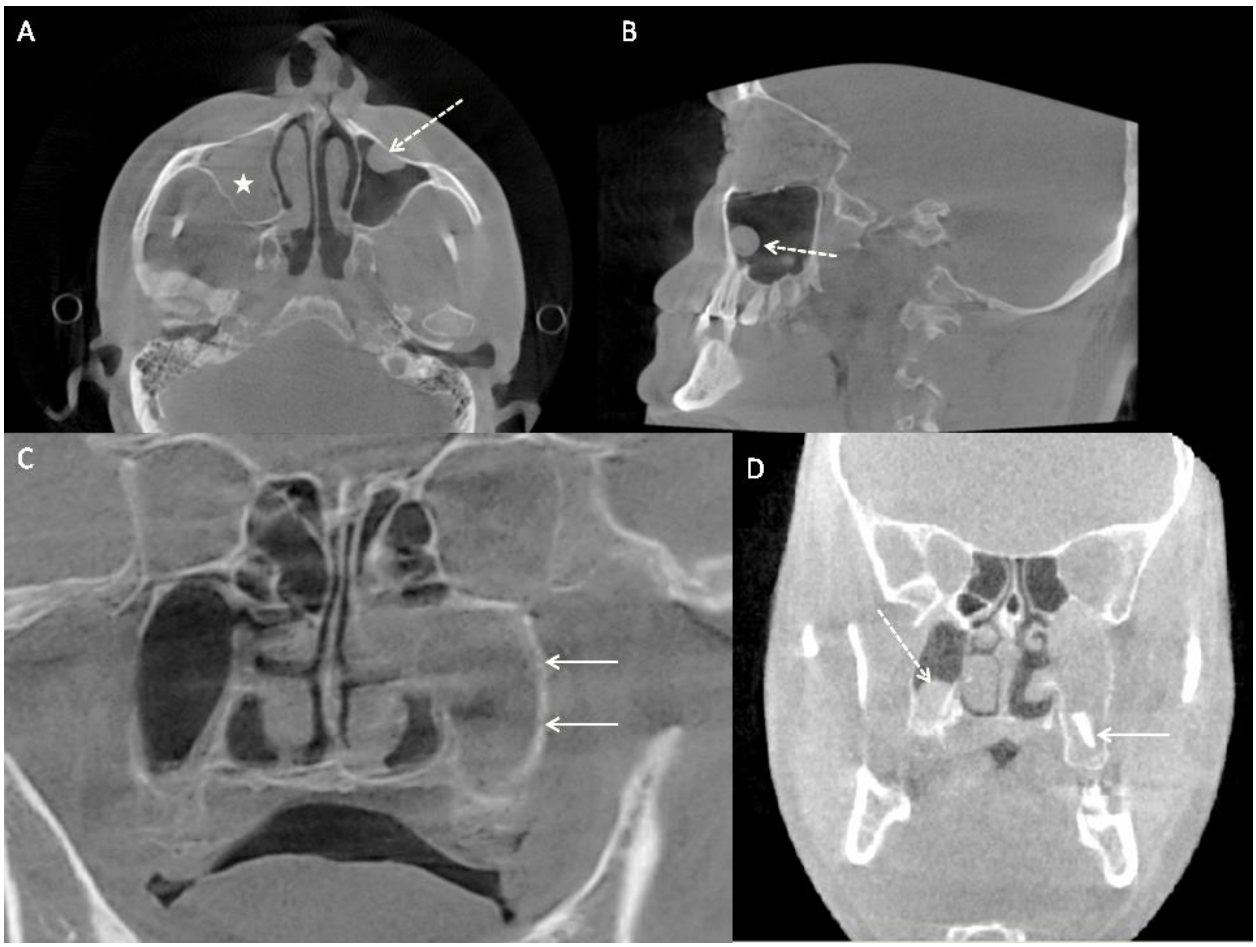


*Figura 10.67. Examinare CBCT. **A.** secțiune axială – sinuzită maxilară cu opacifiere completă a sinusului maxilar drept (asterix) și chist de retenție parietal în sinusul maxilar stâng (săgeata întreruptă); **B.** secțiune sagitală la nivelul sinusului maxilar stâng din imaginea A, cu aceeași modificare a mucoasei; **C.** secțiune oblic coronală cu evidențierea sclerozei osoase a peretelui sinusului maxilar stâng, opacifiat complet în sinuzită cronică fungică (săgeată); **D.** Reconstrucția coronală cu opacifiere completă sinus maxilar stâng în inflamație cauzată de corp străin –dinte în sinus postextracțional (săgeata continuă) și cu un chist de retenție intrasinusal la nivelul sinusului maxilar drept (săgeata întreruptă)*

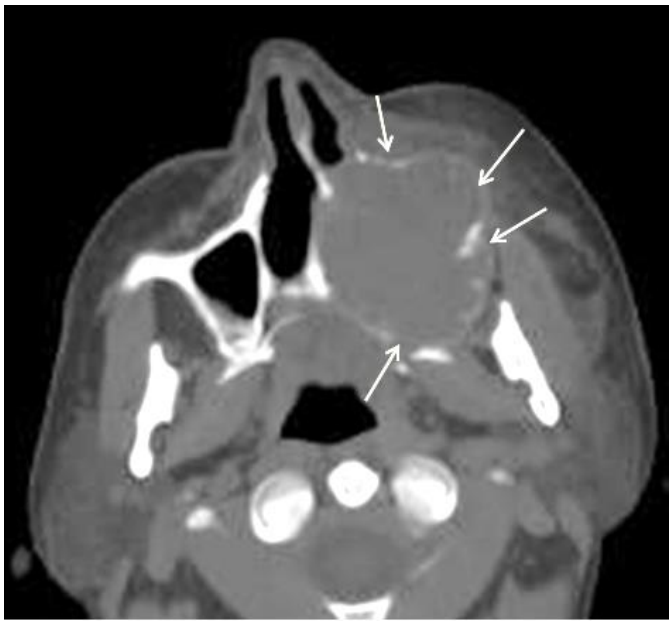


Figura 10.68. Secțiune axială CT. Opacifiere completă a sinusului maxilar stâng printr-un mucocel cu expansiune în toate direcțiile, eroziune și întrerupere a pereților osoși, ocuparea fosei nazale stângi

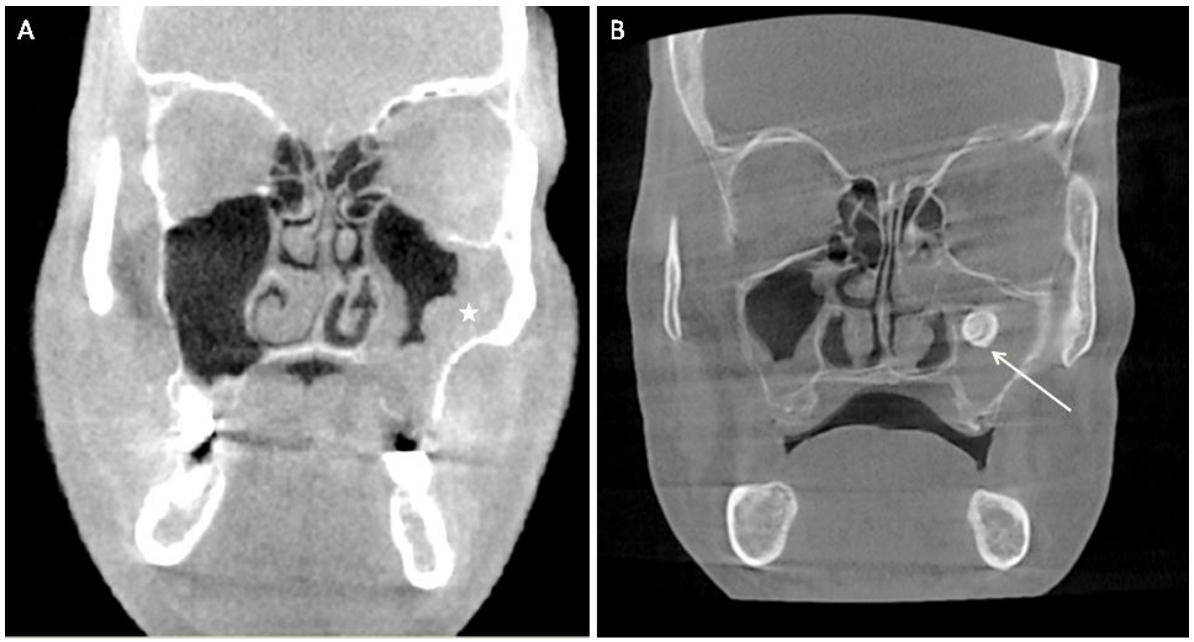


Figura 10.69. CBCT secțiuni coronale. ***A.*** *Îngroșare polipoidală a mucoasei sinusului maxilar stâng în sinuzită cronică (asterix);* ***B.*** *Opacifiere completă a sinusului maxilar stâng, ce conține intern opacitate spiralată de tip calcar-micetom calcificat (săgeata). Aspect de sinuzită fungică – aspergilom*

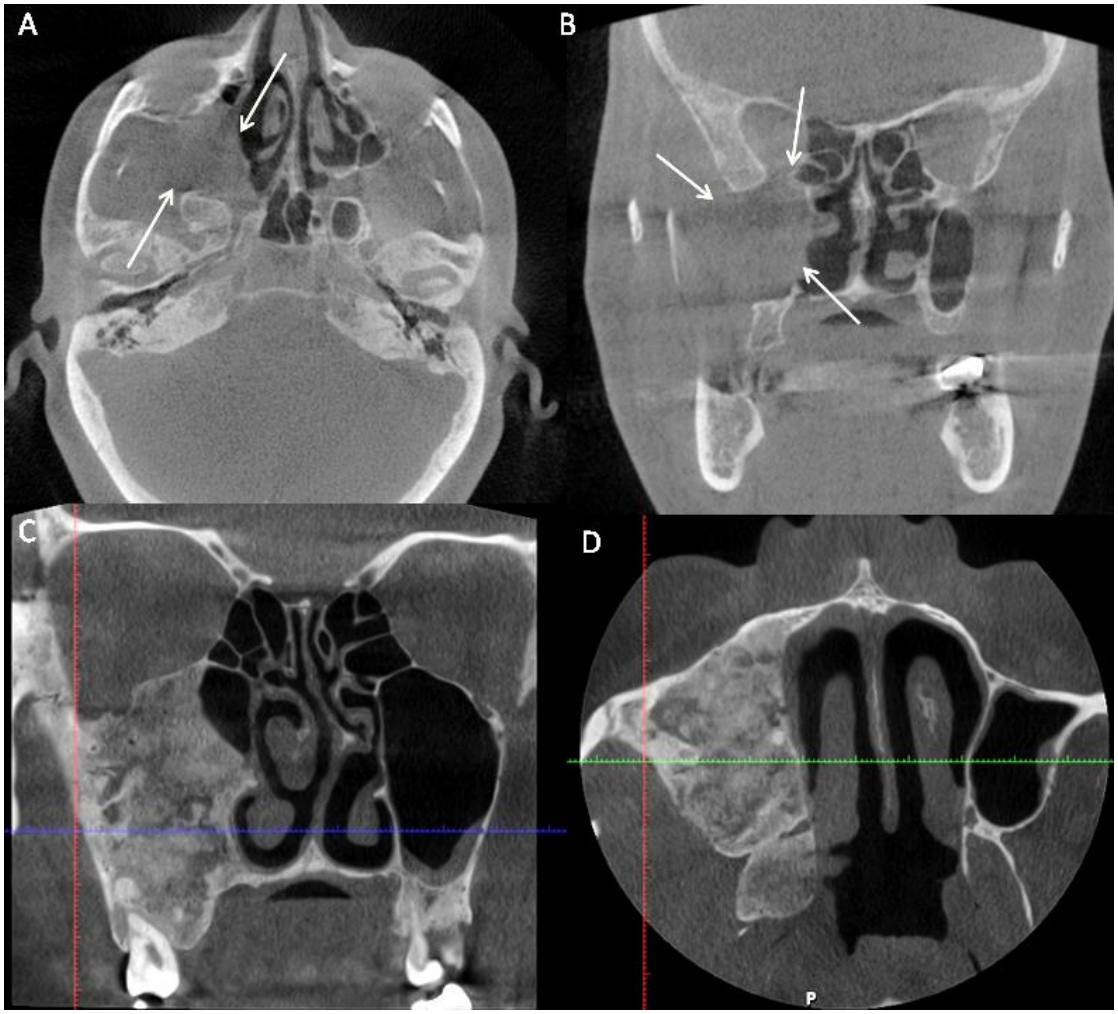


Figura 10.70. Examinări CBCT ***A, B.*** *Secțiuni axială și coronală în cazul unei formațiuni tumorale maligne de sinus maxilar drept, cu opacifiere completă și eroziuni ale pereților osoși sinusali și invazia în structurile de vecinătate.* ***C, D.*** *Secțiuni coronală și axială cu opacifierea completă a sinusului maxilar drept cu aspect inomogen, de 'geam mat' într-un caz de displazie fibroasă*

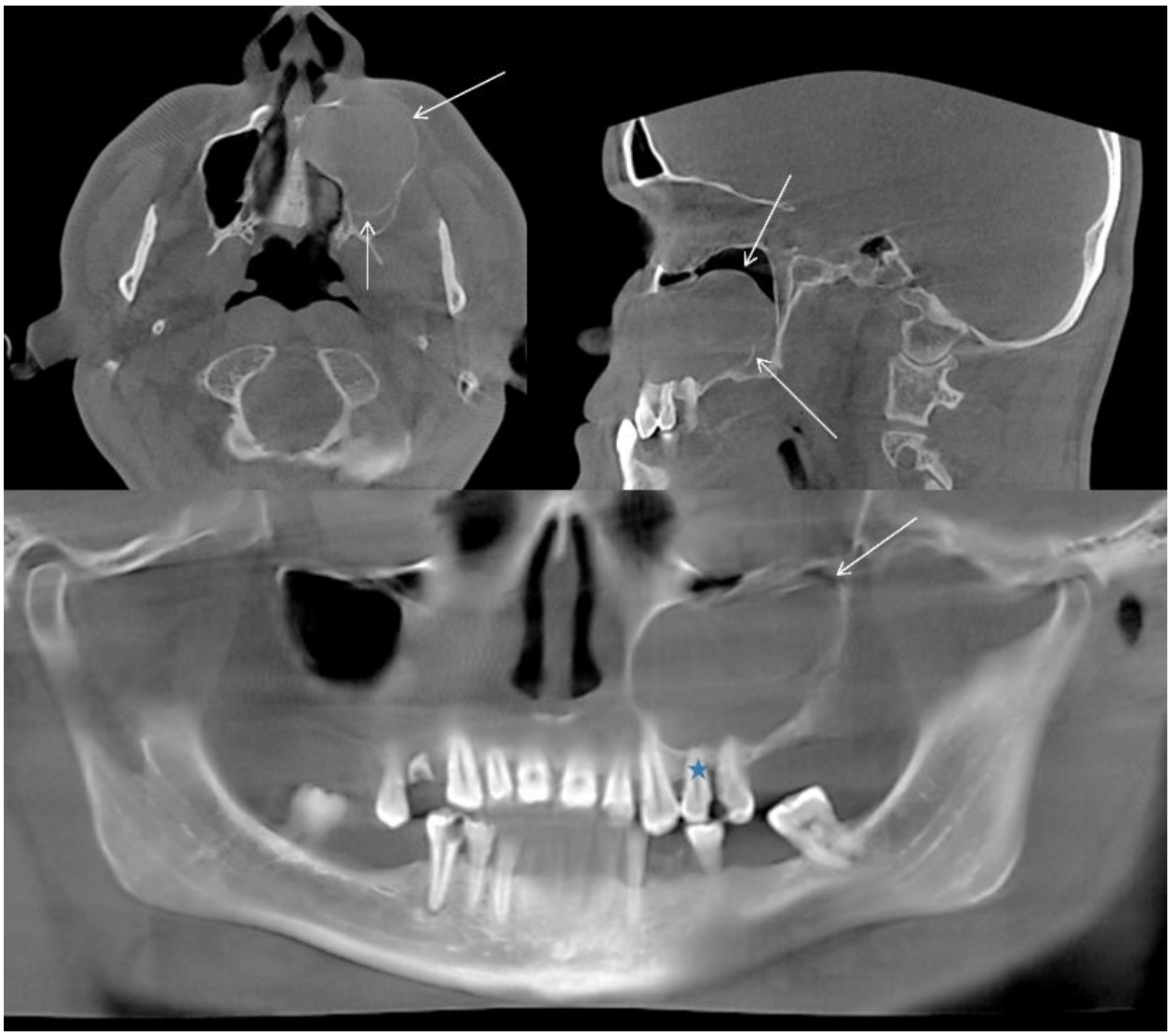


Figura 10.71. Chist odontogen, periapical inflamator, de dimensiuni foarte mari cu dezvolatrea intrasinusală și remodelarea pereților sinusului maxilar stâng (săgeți), dezvoltat la nivelul apexului lui 2.4 (asterix)

*Figura 10.72. Examinare CBCT, **s**ecțiuni coronală, axială și sagitală într-un traumatism maxilo-facial Le Fort II şi III . Se observă opacifiere completă prin hemosinus a sinusului maxilar bilateral (asterix) și a celulelor etmoidale, întreruperi ale pereților osoși sinusali, inclusiv ale planșeului orbitei.*

10.7. Anatomia CBCT a urechii

Urechea externă

Conductul auditiv extern (CAE) are forma unui tunel săpat în stânca temporalului, având o lungine de ~16 mm, cu o porțiune laterală fibro-cartilaginoasă și una medială, osoasă. Pe secțiunile sagitale, CAE are forma ovală. Peretele anterior și inferior este format de porțiunea timpanică a osului temporal, iar cel posterior și superior provine din porțiunea scuamoasă a osului temporal.

Membrana timpanică separă urechea externă de urechea medie și are forma unui con, cu o concavitate centrală, orientată spre CAE și cu un vârf proeminent înspre urechea medie. Membrana timpanică are două porțiuni: *pars tensa* și *pars flaccida*. Nervul coarda timpani străbate mebrana timpanică în porțiunea ei superioară. Pars tensa este porțiunea inferioară, mai rezistentă și mai lungă, în această porțiune producându-se perforațiile membranei timpanice. Pars flacida este porțiunea superioară a membranei timpanice, este asociată cu scutum-ul și este zona mai frecvent interesată în cazul colesteatoamelor urechii medii. În porțiunea centrală a membranei timpanice (numita *umbo*) se inseră mânerul ciocanului.

Semiologia urechii externe

- atrezia CAE
- imagini calcare în CAE: exostoze, osteom, corpi străini (Figura 10.73)
- acumulări dense în CAE: cerumen, otita externă (Figura 10.74)
- osteoliza sau eroziuni ale peretelui osos a CAE: otita externă, tumori cu interesarea CAE (Figura 10.73).

Figura 10.73. ***A****. Secţiune axială CT. Formaţiune hiperdensă ovoidă (săgeata), situată la nivelul porţiunii osoase a CAE drept, posterior de condilul mandibular (asterix), diagnostic de osteom osteoid CAE.* ***B.*** *Se observă osteoliza peretelui anterior al CAE (săgeţi întrerupte).* ***C.*** *sectiune sagitală care identifică osteoliza peretelui anterior al CAE în porţiunea osoasă (săgeata)*

*Figura 10.74. **CBCT** Secţiune axială. Imagine izodensă ovoidă (săgeţi), situată la nivelul porţiunii aerate a CAE stâng, cu semnificaţie de dop de cerumen.*

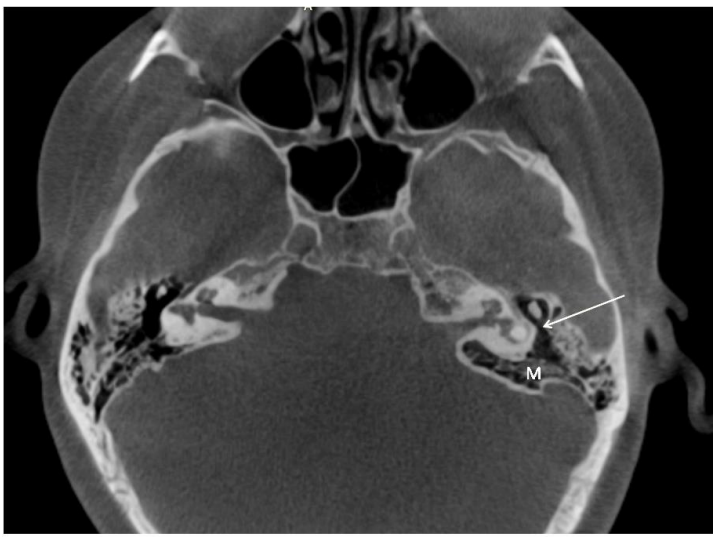


Figura 10.75. CBCT. Secțiune axială la nivelul canalului auditiv intern, cu evidențierea în urechea media capului ciocanului, observându-se posterior Aditus ad antrum (săgeata) și mastoida (M)

Urechea medie

Urechea medie (cavitatea timpanică) are un conținut aeric și comunică cu rinofaringele prin tuba lui Eustachio, și cu antrul mastoidian prin *aditus ad antrum* (Figura 10.75).

Cavitatea timpanică este străbătută de un *lanț osicular* alcătuit din 3 oscioare: ciocanul, nicovala și scărița, prin intermediul cărora, sunetul este transmis de la membrana timpanică către fereastra ovală, situată la baza cohleei. Mânerul ciocanului se sprijină de membrana timpanică, iar capul ciocanului se articulează cu corpul nicovalei, formând articulația *incudomaleolară*. Pe imaginile coronale CBCT se poate observa că nicovala este localizată postero-lateral față de capul ciocanului (Figura 10.76). Din corpul nicovalei se desprind două procese cu lungimi diferite și cu direcție divergentă: procesul scurt și procesul lung. Procesul lung al nicovalei coboară infero-medial, spre corpul scăriței, formând cu aceasta *articulația incudostapedială.* Scărița prezintă capul, urmat de o zonă mai îngustă (colul), din care se desprind două brațe laterale (anterioar și posterior) care se termină pe baza (talpa) scăriței. La nivelul colului se inseră mușchiul scăriței. Talpa scăriței este fixată pe fereastra ovală prin *ligamentul anular*.

În partea laterală a cavității timpanice se găsesc, membrana timpanică şi scutumul. *Scutum-ul* este o proeminență osoasă pe care se inseră partea flacidă a membranei timpanice și este prima zonă care prezintă osteoliză în cazul colesteatoamelor localizate la nivelul epitimpanului. Pe peretele posterior al urechii medii, se găseste aditus ad antrum. În partea medială a urechii medii se găsesc gaura ovală, gaura rotundă și proeminența segmentului timpanic al canalului nervului facial. Peretele superior al cavității timpanice se numește *tegmen timpani*, o proeminență osoasă care separă urechea medie de fosa cerebrală mijlocie.

Urechea medie poate fi divizată în 3 compartimente: cavitatea epitimpanică, mezotimpanică și hipotimpanică (Figura 10.77). În cavitatea epitimpanică, deasupra nivelului scutumului, se găsesc capul ciocanului și procesul scurt al nicovalei, iar sub nivelul scutumului, la limita dintre cavitatea epitimpanică și cea mezotimpanică, se situează colul ciocanului, corpul și procesul lung al nicovalei. Mânerul ciocanului și procesul lung al nicovalei se găsesc la nivelul mezotimpanului.

Osiculele sunt conectate de peretele urechii medii prin cinci ligamente, trei dintre ele incluzând ciocanul, și câte un ligament pentru nicovală și respectiv scăriță. Ligamentele ciocanului sunt *ligamentul anterior* (între colul ciocanului și peretele canalului carotidian), *superior* (situat între tavanul recesului epitimpanic și capul ciocanului) și *lateral* (unește capul ciocanului cu membrana timpanică). *Ligamentul posterior al nicovalei*, unește procesul scurt al nicovalei cu peretele posterior al cavității timpanice. *Ligamentul annular* se găsește între talpa scăriței și fereastra ovală.

Figura 10.76. CBCT cu FOV mic pentru ureche. ***A.*** *Reconstrucție panoramică (coronală curbă prin cavitatea timpanică) la nivelul urechii medii drepte. Se observă medial de CAE (asterix) și de timpan: capul ciocanului (săgeata lungă), brațul lung al nicovalei (săgeata scurtă) și scărița (săgeata întreruptă), așezată pe fereastra ovală.* ***B.*** *Secțiune axială cu trasarea planului de reconstrucție pentru imaginea A., anterior de ureche se observă condilul mandibular (asterix gol), anterior de acesta fiind vizibilă fosa infratemporală.* ***C****. Secțiune oblic sagitală, unde se observă ciocanul (săgeata lungă) anterior și nicovala situată posterior de acesta (săgeata scurtă)* ***D, E.*** *Secțiuni coronale ureche dreaptă consecutive dinspre posterior spre anterior, cu nicovala (săgeata scurtă) și ciocanul (săgeata lungă). Se observă timpanul și CAE situate lateral drept și cohleea vizibilă medial spre stânga, precum și în imaginea D, canalul nervului facial, ca hipodensitate rotundă imediat adiacent cohleei.*

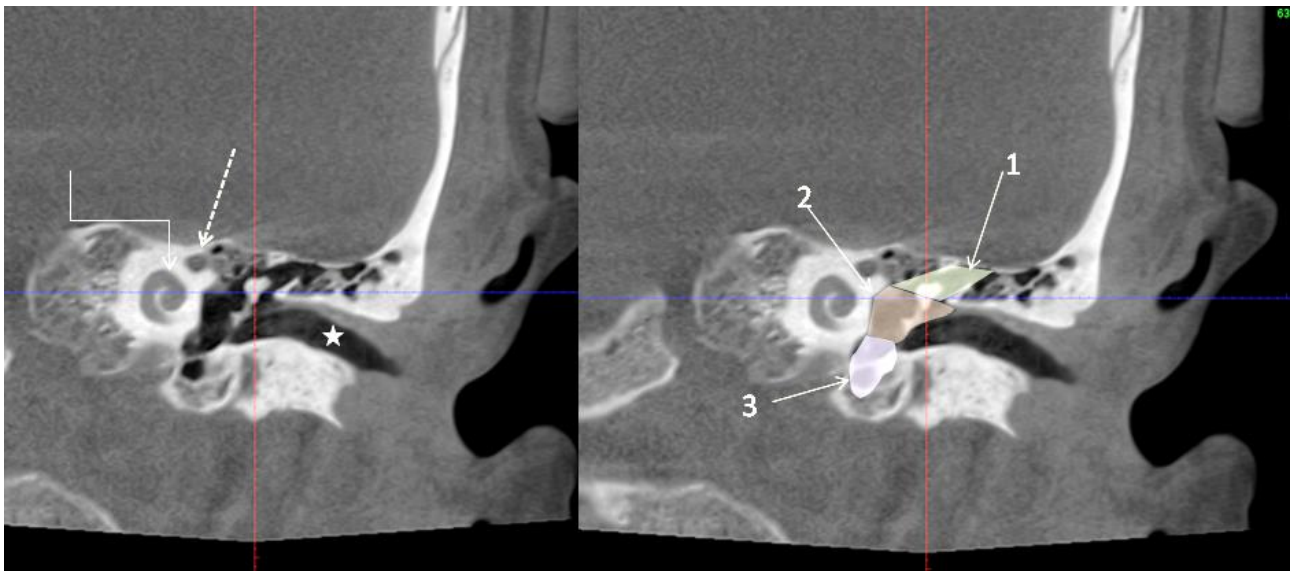


Figura 10.77. ***CBCT****. Secțiune coronală la nivelul urechii medii stângi, se observă cavitatea timpanică cu osiculele, lateral se observă timpanul și CAE (asterix) și medial cohleea (săgeata frântă) și canalul nervului facial (săgeata întreruptă), și sunt redate pe imaginea din compartimentarea urechii medii în epitimpan (1), mezotimpan (2) și hipotimpan (3)*

Cavitatea epitimpanică, numită și *attica*, este porțiunea cea mai superioară a cavității timpanice, situată superior față de planul axial care trece prin vârful scutumului și segmentul timpanic al canalului nervului facial. Epitimpanul comunică posterior, cu mastoida, prin aditus ad antrum. El conține capul ciocanului, corpul și procesul scurt al nicovalei. Aspectul CT al *articulației incudomaleoalare* este cel asemănător unui cornet de înghețată. *Recesul epitimpanic anterior*, numit și *recesul supratubar*, este un mic spațiu situat anterior de capul ciocanului. *Spațiul Prussak* se găsește lateral față de capul ciocanului, și se extinde între scutum și partea centrală a membranei timpanice (umbo). Acest spațiu este mai bine vizibil pe secțiunile oblice coronale CBCT.

Mezotimpanul este principala cavitate a urechii medii, şi include cea mai mare parte din lanțul osicular. Se găsește inferior față de cavitatea epitimpanică și deasupra hipotimpanului, față de care este separat de un plan care unește marginea inferioara a CAE și promontoriul cohlear. Lateral este mărginit de membrana timpanică, iar medial, de peretele lateral al urechii interne. Peretele posterior al mezotimpanului (numit și *retrotimpan*) include mai multe structuri anatomice importante: recesul facial, eminența piramidală, sinus tympani și nișa ferestrei rotunde. Peretele anterior al mezotimpanului (*prototimpanul*) constituie porțiunea osoasă a tubei lui Eustachio.

Hipotimpanul, porțiunea cea mai inferioară a urechii medii, este situat inferior față de planul la care se găsește CAE, și este cea mai mică dintre cavitățile urechii medii. Anterior, în cavitatea hipotimpanică, se deschide orificiul tubar al lui Eustachio.

Mușchii cavității timpanice se inseră pe peretele anterior sau posterior al urechii medii, și au rolul de a atenua sunetele care ajung la nivelul ferestrei ovale, protejând urechea internă de zgomotele prea intense. *Mușchiul tensor tympani* este cel mai bine vizibil și poate fi identificat între porțiunea osoasă a tubei auditive și colul ciocanului. *Mușchiul scăriței* se inseră pe colul scăriței și eminența piramidală.

Semiologia CBCT a urechii medii

- otomastoidită
- otite acute sau cronice cu acumulare de secreții sau prezența unui țesut de granulație în urechea medie (Figura 10.78)
- osteoliza scutum-ului și prezența unei mase dense în cavitatea epitimpanică în colesteatom
- hemotimpan în traumatismele urechii medii

- retracția membranei timpanice
- tumori
- granulomul de colesterol
- disfuncția tubară.

Urechea internă

Examinarea CBCT poate evidenția structurile *labirintului osos* al urechii interne, care cuprinde vestibulul, canalele semicirculare și cohleea (Figura 10.79).

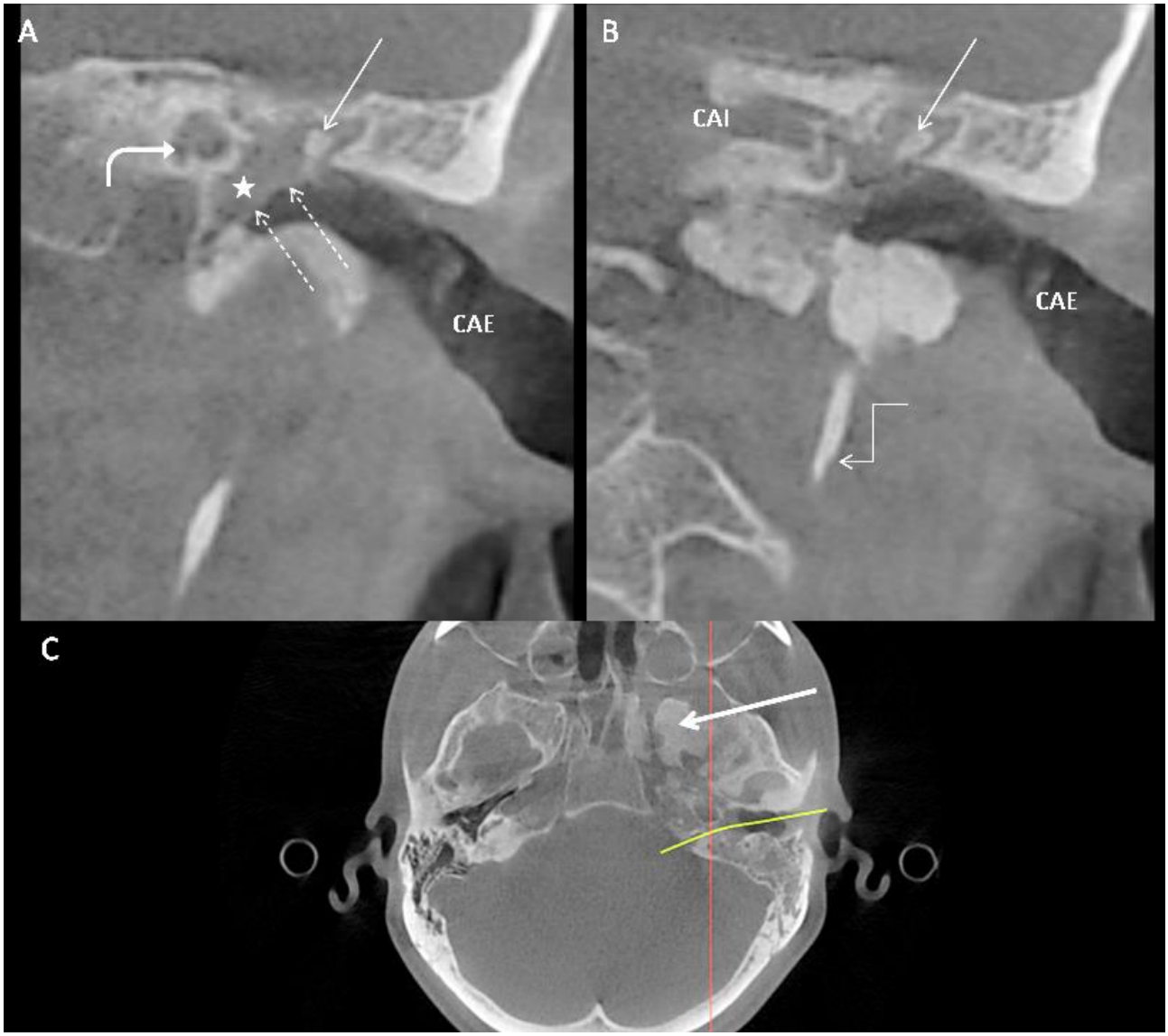


Figura 10.78. CBCT. Reconstrucții panoramice la nivelul stâncii temporalului stâng. Otita medie cu pierderea aerării cavității urechii medii pe stânga. A. Secțiune anterioară în care sunt notate cohleea (săgeata curbă), capul ciocanului (săgeata dreaptă) în cavitatea urechii medii opacifiată (asterix) delimitată înspre conductul auditv extern (CAE) prin membrana timpanică (săgeți întrerupte) B. Secțiune posterioară, canalul auditiv intern (CAI), nicovala (săgeata dreaptă), procesul stiloid (săgeata frântă) C. secțiunea axială cu demonstrarea traseului de reconstrucție pentru imaginile A și B. Se poate observa aspectul sclerotic al structurii osoase a aripii mari a sfenoidului și al stâncii temporalului din stânga (săgeata)

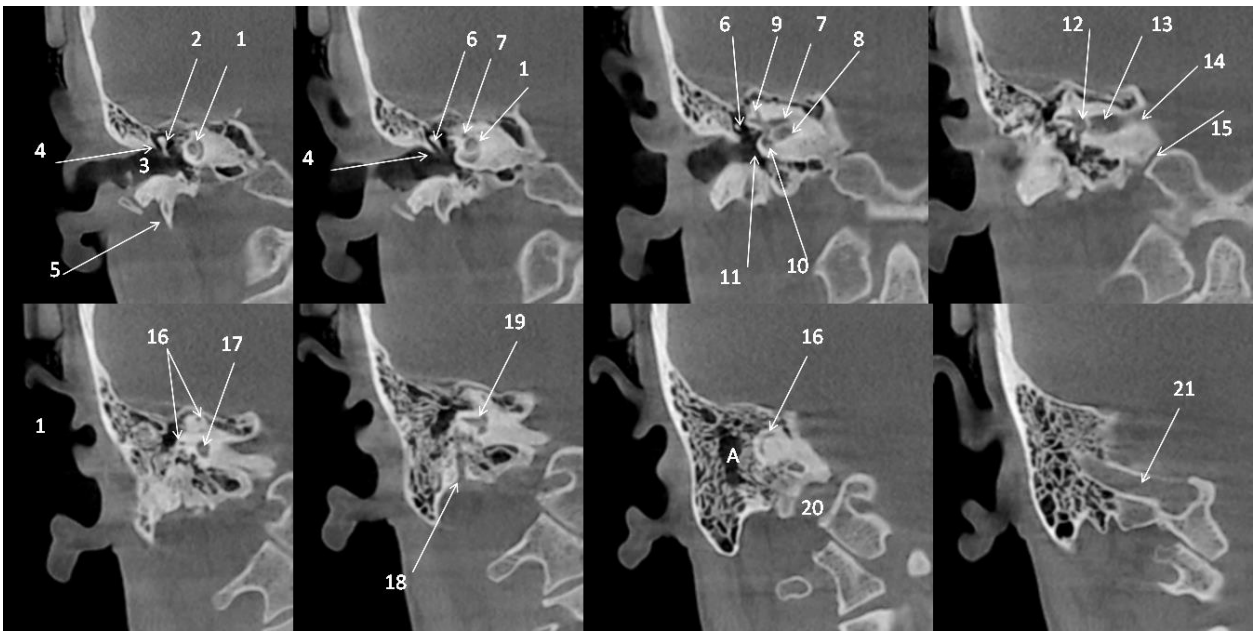


Figura 10.79. CBCT. Secțiuni contigue dinspre anterior spre posterior, prin stânca temporalului cu identificarea structurilor urechii medii și interne 1. cohleea (în centru modiolul cu aspect de punct hiperdens) 2. capul ciocanului 3. conduct auditiv extern 4. scutum 6. nicovala.7. nervul facial 8. porțiunea inferioară a sacului conductului auditiv intern cu nervul vestibulo-cohlear 9.ampula canalului semicircular superior 10. vestibulul cohlear 11. hipotimpanul 12. utricula 13. canalul auditiv intern 14. porul auditiv intern 15. fisura petro-occipitală 16. canal semicircular superior 17. utricula 18. gaura stilomastoidiană de deschidere a canalului nervului facial 20. gaura jugulară 21. sinusul sigmoid A. antrum mastoidian

Vestibulul este situat în porțiunea centrală a labirintului osos, reprezentând o cavitate ovoidă, cu diametrul de cca. 4 mm. El se continuă anterior cu cohleea, și posterior cu canalele semicirculare. Înspre CAI, vestibulul prezintă o arie cribriformă, pe unde pătrunde ramura vestibulară a nervului vestibulo-cohlear (VIII). Vestibulul osos prezintă alte două deschideri, gaura ovală (spre talpa scăriței) și apeductul vestibular.

Aparatul vestibular cuprinde trei *canalele semicirculare* (superior, posterior și lateral) care pleacă de la vestibul. Fiecare canal are un diametru de cca 1 mm, și o circumferință egală cu aproximativ 2/3 de cerc. Fiecare canal prezintă o dilatație situată anterior, numită *ampulla*. Capătul nedilatat al canalelor semicirculare superior și posterior se unesc într-un trunchi comun. Canalul semicircular lateral este situat în plan orizontal și se proiectează înspre peretele medial al epitimpanului, fiind cel mai scurt dintre canalele semicirculare. Canalul semicircular superior și posterior se găsesc în plan vertical. Canalul superior are o înclinaţie de 45^0 față de planul mediosagital al capului și se învecinează cu eminența arcuată, iar cel posterior este paralel cu axul lung al stâncii temporalului.

Cohleea are o formă spiralată, cu turnuri care se infășoară în jurul unei porțiuni centrale, conice, *modiolul* (Figura 10.80). Cohleea comunică bazal cu CAI și postero-superior cu vestibulul. Modiolul este pilonul central al canalului cohlear, baza lui fiind adiacentă porțiunii laterale a capătului intern al CAI și prezintă perforații pentru pătrunderea ramurii acustice a nervului vestibulo-cohlear (VIII) (*apertura cohleară*). În jurul modiolului se înfășoară de 2 ½ sau 2 ¾ turnurile osoase cohleare. Turnul bazal al cohleei proemină spre cavitatea timpanică, și determină pe peretele acesteia, o elevare a peretelui numită *promontoriu*. Baza cohleei măsoară 9 mm și are o înălțime de 5 mm. Dimensiunea turnurilor diminuă dinspre bază spre apexul cohleei. La baza cohleei se găsește fereastra ovală, pe care este așezată talpa scăriței. *Canaliculul cohlear* (*apeductul cohlear*) se deschide pe fața

inferioară a stâncii temporalului, și adăpostește ductul perilimfatic, care produce echilibrarea presiunii dintre spațiul perilimfatic și spațiul subarahnoidian. Turnurile cohleare sunt separate între ele prin septe incomplete, *septele interscalare*. Cohleea conține ductul cohlear, parte a labirintului membranos.

Semiologia urechii interne

- dehiscența canalelor semicirculare
- displazia canalelor semicirculare
- anomalii ale cohleei (Figura 10.81.a):
  - aplazia completă a labirintului osos
  - aplazie cohleară
  - anomalii cu cavitate comună malformativă
  - partiții cohleare incomplete tip I, II, III
  - hipoplazie cohleară
- lărgirea apeductului vestibular (Figura 10.81.a)
- infecții sau inflamații ale urechii interne (Figura 10.81.b)
- traumatisme ale osului temporal
- tumori la nivelul unghiului ponto-cerebelos, ale CAI.

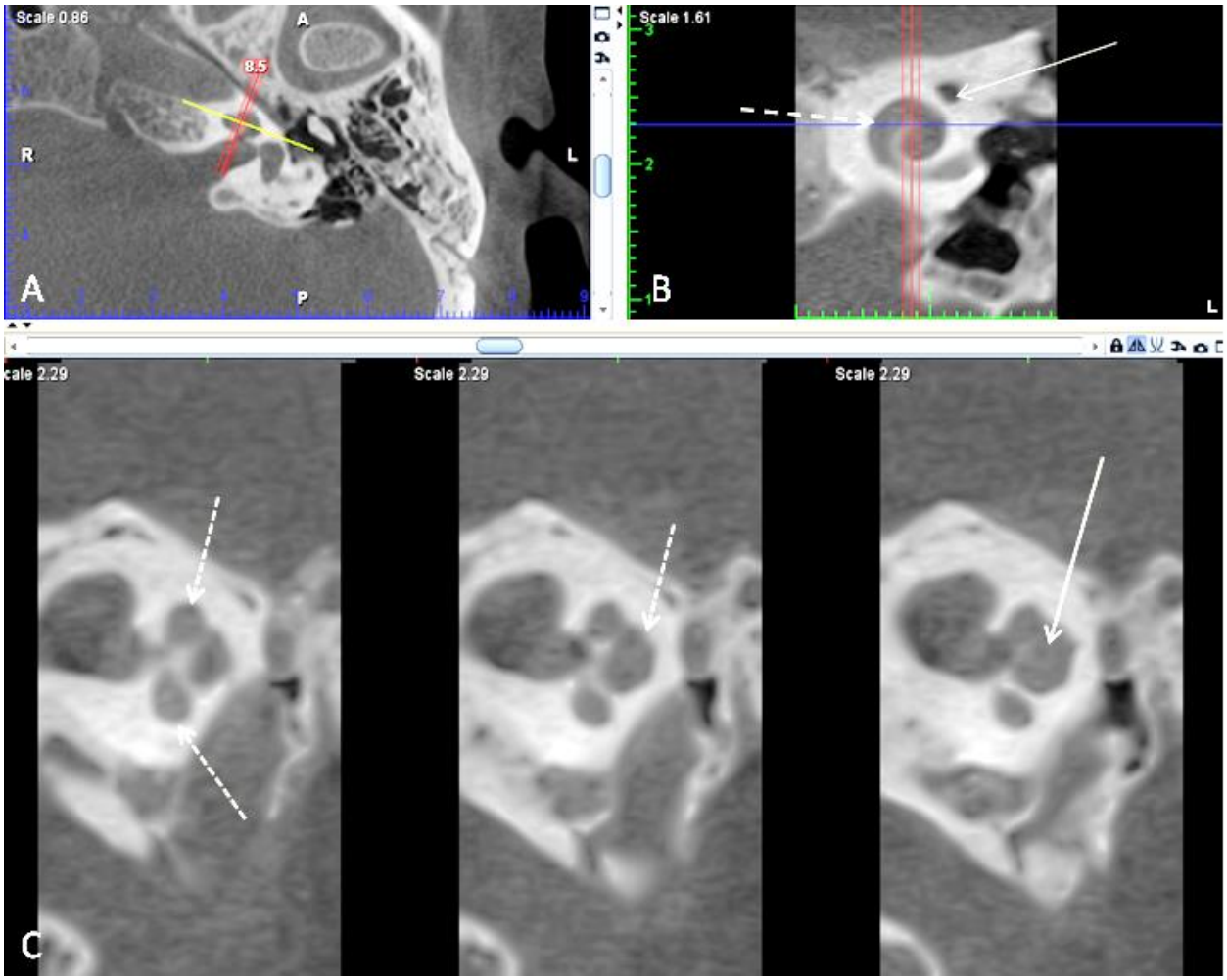


*Figura 10.80. **CBCT**. A. Secțiune axială la nivelul urechii interne stângi cu redarea traseului de reconstrucții prin cohlee. **B**. Reconstrucția oblic coronală obținută cu evidențierea cohleei vedere transversală, cu vizualizarea turnului bazal cohlear. **C.** Reconstrucțiile sagitale consecutive prin cohlee (cele 3 linii verticale roșii din imaginea B) unde sunt notate turnurile cohleare (săgeata întreruptă), și modiolul (săgeata)*

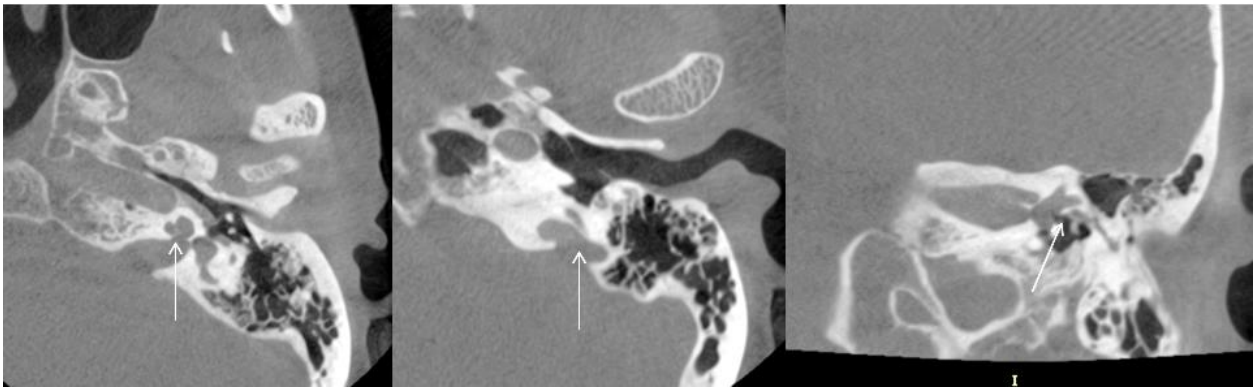


*Figura 10.81.a. **CBCT**. A. Secțiune axială la nivelul urechii interne stângi. Aspect de partiție incompletă a cohleei. Se observa 1,5 turnuri cohleare, modiol slab vizibil, cu turnul bazal al cohleei normal. Se notează lărgirea apeductului vestibular, fără dilatatii ale sistemului vestibular.*

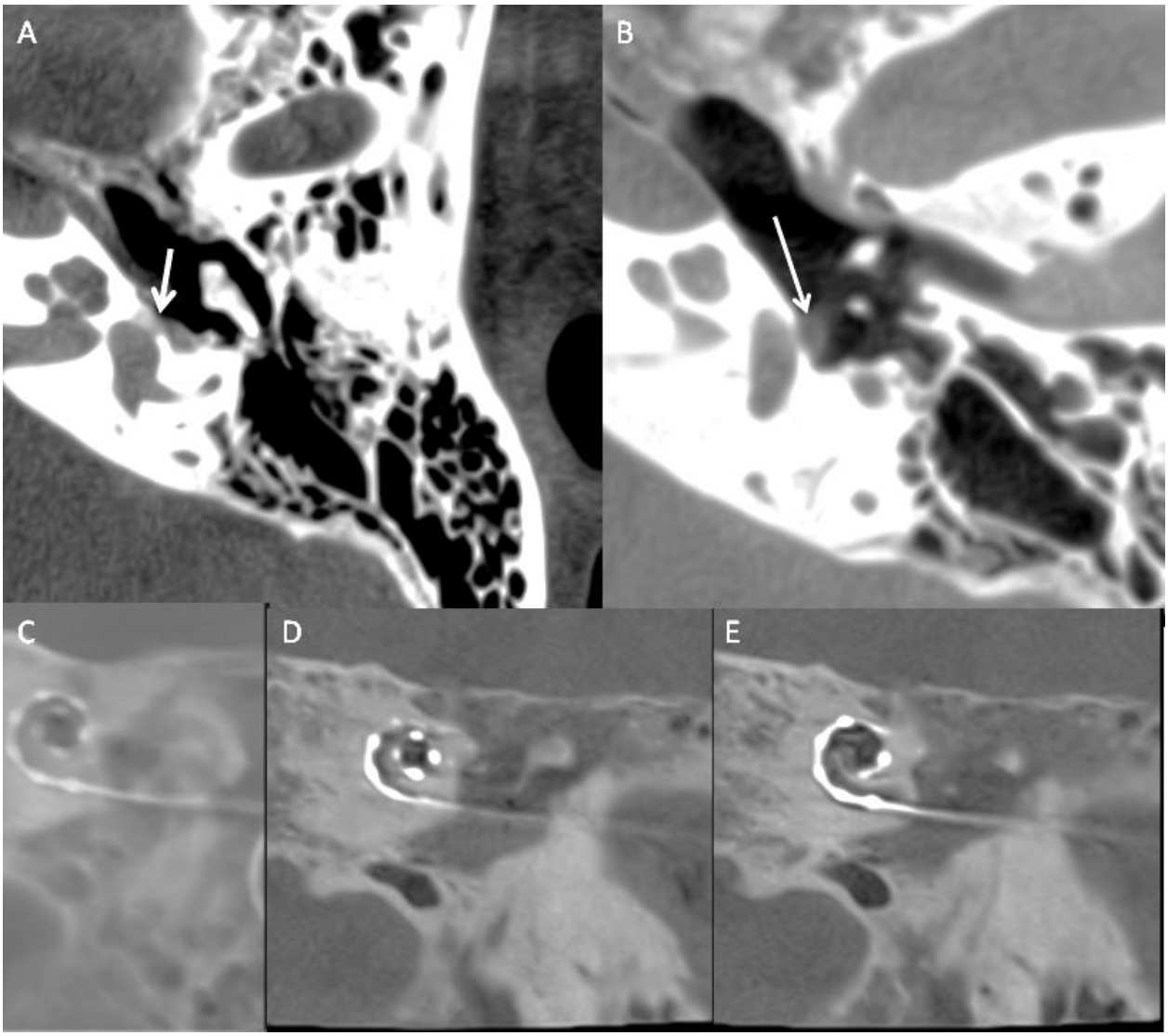


*Figura 10.81.b. **CBCT** Alte patologii ale urechii. **A, B.** Secțiuni axiale prin urechea medie. Aspect de otoscleroză. **C, D, E** secțiuni coronale la nivelul urechii interne, care evidențiază prezența unui implant cohlear în turnul bazal, și profunzimea acestuia până la nivelul turnului apical cohlear.*

10.8. Spațiile aeriene ale faringelui

Din punct de vedere anatomic, faringele este o cale comună a tractului digestiv și respirator. Acesta este un conduct musculo-conjunctiv, tapetat atât de epiteliu scuamos stratificat, cât și epiteliu pseudostratificat ciliat. În interiorul faringelui, se delimitează spațiul

aerian faringian, parte a căilor aeriene superioare. Acesta se întinde de la nivelul *cavumului faringian* (situat la baza craniului) până la nivelul bazei valeculei (corespunzătoare imagistic unei linii orizontale care trece prin vertebra C4 în plan sagital).

Conductul faringian este împărțit în 3 regiuni:

- nazofaringele - localizat între cavum și o linie orizontală, paralelă cu planul Frankfurt, care trece prin spina nazală posterioară, corespunzătoare vertebrei C1 pe examinarea CBCT;
- orofaringele – cuprins între linia care trece prin spina nazală posterioară și punctul cel mai inferior al palatului moale, corespunzător vertebrei C2 pe examinarea CBCT
- hipofaringele – se întinde de la un plan ce traversează orizontal vertebra C2 până la baza valeculei, nivel corespunzător vertebrei C4 pe examinarea CBCT.

Imagistic, spațiul aerian faringian este delimitat posterior de peretele posterior faringian localizat anterior de planurile prevertebrale, și separat de acestea printr-un spatiu grăsos, spațiul prevertebral. Peretele anterior al faringelui este format de către palatul moale, uvulă și limbă (Figura 10.82).

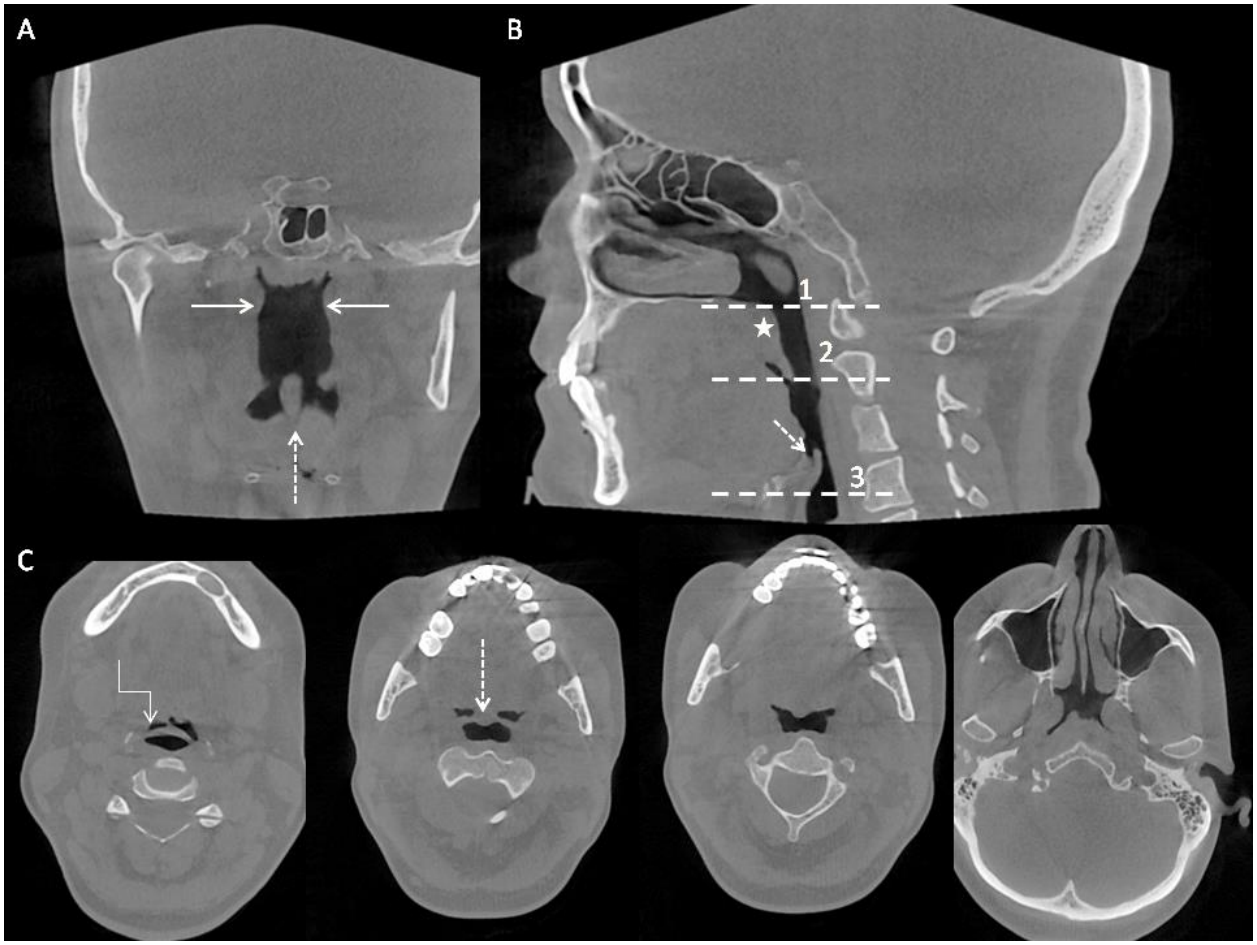


*Figura 10.82. **CBCT** cu evidențierea cavității faringiene. **A**. Secțiune coronală în apropierea peretelui posterior, unde superior bilateral sunt vizibile parțial structurile torus tubaris, (săgeți pline) iar inferior epiglota (săgeata întreruptă) **B.** secțiune sagitală cu delimitările imaginare ale celor trei spații faringiene (linii punctate), sunt marcate palatul moale cu uvula (asterix) și epiglota (săgeata întreruptă) **C**. secțiuni axiale consecutive caudo-craniale, de la hipofaringe cu notarea valeculelor (săgeata frântă) și a epiglotei (săgeata întreruptă), orofaringe, demarcat anterior de limbă și nazofaringe cu observarea deschiderii posterioare a cavităților nazale*

Figura 10.83. ***CBCT****. A. Secțiune axială, B. secțiune coronală, C. secțiune sagitală, cu observarea la nivel nazo-faringian a fosetei Rosenmuller (săgeata întreruptă) situată posterior de torus tubaris (asterix) . Se notează pe imaginea coronală și cele două procese clinoide anterioare situate superior față de sinusul sfenoidal (săgeata subțire). Pe secțiunea axială se poate observa hipo-pneumatizarea mastoidei drepte.*

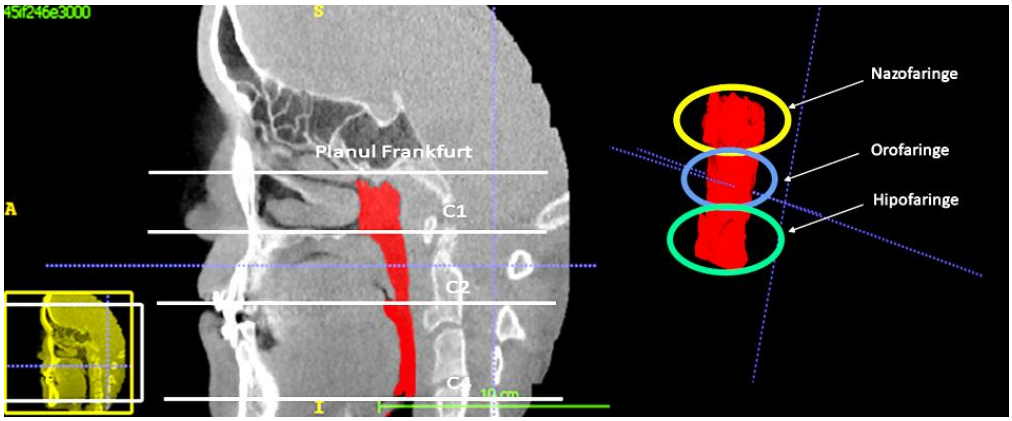


Figura 10.84. Segmentare 3D a spațiului aeric faringian, prin analiză computerizată a unei examinări CBCT

Nazofaringele comunică anterior cu fosele nazale prin intermediul coanelor. Pe peretele lateral al nazofaringelui se găsește o proeminență muco-musculo-conjunctivă, reprezentând porțiunea faringiană a trompei lui Eustachio (Torus tubarius), posterior și superior față de care se delimitează un reces numit fosa Rossenmuller (Figura 10.83).

Orofaringele comunică anterior cu cavitatea orală, prin intermediul istmului bucofaringian, delimitat lateral de pilierii amigdalieni, inferior de limbă și superior de palatul moale (Figura 10.83).

Hipofaringele este cea mai caudală zonă a faringelui; se continuă distal cu esofagul și prezintă o comunicare antero-inferioară cu laringele (Figura 10.84).

Volumul orofaringian poate fi modificat de schimbările de poziție ale oaselor maxilare, produse în cursul chirurgiei ortognatice, pentru tratamentul anomaliilor scheletice de clasa a II-a și a III-a. Determinările volumetrice ale

spațiului aerian faringian, se pot realiza fie prin metode clinice (ex. platismografia), fie imagistic, prin segmentarea spațiului aerian și măsurarea volumului segmentat pe baza imaginilor CT/CBCT.

În anomaliile ocluzale de clasa a III-a, în care se realizează retrudarea mandibulei, se produce scăderea diametrului antero-posterior a hipofaringelui, cu evidențierea unei poziții posterioare a hioidului, în etapa post-operatorie, și cu o scădere consecutivă a volumului hipofaringian. La nivelul nazofaringelui, avansarea maxilarului produce o creștere a volumului aerian. Identificarea preoperatorie, a unui spațiu aerian hipofaringian îngust, este importantă pentru a preîntâmpina o posibilă apariție postoperatorie a sforăitului, sau a apneei de somn, la pacienții cu chirurgie ortognatică. Aceste manifestări apar ca urmare a creșterii rezistenței aerului la nivel hipofaringian, prin îngustarea diametrului faringian.

Sumar

Tabel 10.7. Tabel sumativ al structurilor anatomice vizibile pe sectiunile CBCT standard

Structura	Secțiuni axiale	Secțiuni coronale	Secțiuni sagitale
osul frontal	Fig1,2,3,4,5,24	Fig 2,4,5,8,37,61	Fig 1,5,6,11,15,16,24,37,61
sinusul frontal	Fig 4	Fig 2,4,63	Fig 1,6,24,61,63
celulele etmoidale anterioare	Fig 5,9,22,43,44,63	Fig 5,7,8,9,27, 37,63,64, 65	Fig 6,11,61,64
celulele etmoidale posterioare	Fig 5,9,22,44,63	Fig 6,7,8,23,63	Fig 1,6,11,23,61,63
sinusurile sfenoidale	Fig 12,14,16,20,22,44,45, 47, 61,75	Fig 10,13,14,16,45,61,83	Fig 5,11,15,61, 64,82
sinusurile maxilare	Fig 9,13,14,15,16, 22, 25, 26, 46, 47,53,61,63,64,65,68 70,72,74,75, 82,	Fig 1,3,5,6,9,27, 53,61,63,64, 65,70,72	fig 63,72
procesul uncinat		Fig 5,37,61,62,64	
recesul frontal		fig 61	Fig 11,64
recesul sfenoetmoidal			fig 62
canalul optic	Fig 9,44	Fig 7,44	
fisura orbitară superioară	Fig 5,12,44	Fig 7,44, 53	
fisura orbitară inferioară	Fig 14,44,45	Fig 53	Fig 53
gaura infraorbitară		Fig 3,5,9	
canalul nazo-lacrimal	Fig 12,14,16,26,46,47		
fosele nazale	Fig 5,12,14,15,26,46,47, 61	Fig 3,5,23,26,27,37,61,83	Fig 11,23,61,83
septul nazal	Fig 12,15,26,46, 47,61, 83	Fig 2,3,23, 26,27,37,61	
fosa pterigopalatină	Fig 12,14,19,26,46,47,50,53	Fig 53	Fig 53
gaura sfenopalatină	Fig 12,46	Fig 53	
fisura pterigomaxilară	Fig 12,19, 26,46, 47, 50,61, 53		Fig 53
gaura rotundă	Fig 12,45	Fig 10,13,14c,45	
gaura ovală	Fig 12,46	Fig 16, 82	
gaura spinoasă	Fig 12,46		
canalul Vidian	Fig 19,45, 47,53,58	Fig 10,13,14c, 83	

clivus	Fig 12,20,21,46, 47, 48, 50,61, 73,82		Fig 5,6,11,15,43,61, 82
clinoidele posterioare	Fig 5	fig 82	Fig 5,11, 15
clinoidele anterioare	Fig 7, 45	Fig 14c,61,83	
șaua turcească	Fig 5		Fig 5,11,15, 43
gaura occipitală	Fig 15,25		Fig 1,11,15
osul hioid	fig 30, 82	fig 30, 82	Fig 6,30, 82
atlas	Fig 15,25,27,40	Fig 48, 52	Fig 1,6,11,15, 43
axis	Fig 15,25,27,40	Fig 17,48, 52	Fig 1,6,11,15, 43
stanca osului temporal	Fig 1,12,20,26,80	Fig 17,51,77,79	Fig 16
cohleea	Fig 20, 80	Fig 17, 77,79, 80	fig 80
vestibulul	Fig 20	Fig 17,79	
CAI	Fig 16,20,21,49, 75,80	Fig 49, 52,78	Fig 49
cavitatea timpanică	Fig 18,76,80	Fig 18,76,77,78,79	Fig 76
CAE	Fig 73,78	Fig 17,77,79	Fig 16,29,73
ciocan	Fig 19,20,21,48, 75,76	Fig 76,77,78,79	Fig 76
nicovală	Fig 19,20,76	Fig 76,79	Fig 76
scariță		Fig 76	Fig 76
scutum		Fig 17,77,79	
tegmen tympani		Fig 78	
gaura jugulară	Fig 12,21,46, 47	Fig 79	
canalul carotidian	Fig 12,19,21,26, 46, 47,50	Fig 17	
gaura ruptă	Fig 19,26, 47		
canalul n. hipoglos	Fig 52	Fig 52	
canalul n. facial		Fig 51,76,77,79, 80	Fig 49
osul parietal	Fig 2,4,52	Fig 13,16	
osul occipital	Fig 1,15,16,22,25, 83	Fig 52	Fig 1,11,15,16,26
rinofaringele	Fig 15	Fig 10,13,82	Fig 5,6, 11,15,61,82
hipofaringele		Fig 82	Fig 6,61,82
osul zigomatic	Fig 1,9,12,14 c,16,22,26	Fig 5,8,9,26	Fig 16,26
arcada temporozigomatică	Fig 1,12,19,26, 46, 47, 61,73	Fig 8,13	Fig 1,26
creasta alveolară maxilară	Fig 27	Fig 27	Fig 1,5,27
mandibula	Fig 15,40, 82, 83	Fig 13,16,40	Fig 18,16,40
condilul mandibular	Fig 1,12,19,21,46, 47, 73	Fig 16,29, 82	Fig 16,29, 73
cavitatea glenoidă	Fig 1,19,26, 46, 47	Fig 1	Fig 16,29, 73
tuberculul articular	Fig 12	Fig 16	Fig 16,29
procesul mastoidian	fig 83	Fig 79	Fig 16,29
antrum-ul mastoidian	Fig 19, 20, 61	Fig 51,79	
aditus ad antrum	Fig 20,21,48, 61,75	Fig 79	
cornetul nazal inferior	Fig 6, 82	Fig 4,5,8, 9,23,26, 27,61	Fig 11,23,82,61
cornetul nazal mijlociu	Fig 6,14c, 61	Fig 5,6,8,9,23,26,43, 61	Fig 6,11,23,43,61
lama cribriformă a etmoidului		Fig 6,8,9,23,37	Fig 11
lamina papiraceea	Fig 5,7,9	Fig 4,5,9,23,26, 27, 37,61	

planșeul orbitei		Fig 5, 9,23,26	
apofizele pterigoidiene	Fig 15,21, 82, 83	Fig 10,13,14c,45,83	
fosa infratemporală	Fig 12,19,21,53	Fig 53	
fosa craniană mijlocie	Fig 42	Fig 16,82	
fosa craniană anterioară	Fig 42	Fig 8,9	Fig 6,11
fosa craniană posterioară	Fig 42		Fig 11,61
palatul osos	Fig 25,27	Fig 4,8,9,23,27,61	Fig 5,6,11,23,82,83
canalul incisiv	Fig 25,27	Fig 4,27	Fig 5
gaura palatină mare	Fig 25		Fig 53
gaura palatină mică	Fig 25		

Referințe

Burkhard JPM, Dietrich AD, Jacobsen C et al. Cephalometric and three-dimensional assessment of the posterior airway space and imaging software reliability analysis before and after orthognathic surgery. Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery. 2014 Oct;42(7):1428-36

Li YM, Liu JL, Zhao JL, Dai J, Wang L, Chen WJ: Morphological changes in the pharyngeal airway of female skeletal class III patients following bimaxillary surgery: A cone beam computed tomography evaluation. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 2014; 43: 862–867.

Mafee M, Becker M. Imaging of the Head and Neck. Thieme. 2012

McMinn RMH. Last's anatomy, regional and applied. Churchill Livingstone. 2019

Park SB, Kim YI, Son WS, Hwang DS, Cho BH: Cone-beam computed tomography evaluation of short- and long-term airway change and stability after orthognathic surgery in patients with Class III skeletal deformities: bimaxillary surgery and mandibular setback surgery. Int. J. OralMaxillofac. Surg. 2012; 41: 87–93

Whitaker RH, Borley N R. Instant Anatomy. Wiley. 2000

Verificarea cunoştinţelor

1. Care dintre următoarele afirmaţii legate de fosa pterigopalatină sunt adevărate?
    a. este delimitată anterior de peretele posterior al sinusului maxilar
    b. comunică lateral cu fosa infratemporală
    c. comunică medial cu fosele nazale prin fisura sfenopalatină
    d. conţine nervul mandibular
    e. conţine nervul maxilar
2. Următoarele afirmaţii referitoare la canalul hipoglos sunt adevărate:
    a. este uşor de identificat pe secţiunile axiale
    b. este uşor de identificat pe secţiunile sagitale şi coronale
    c. este situat sub tuberculul jugular
    d. conține nervul hipoglos (XII) și vena jugulară
    e. se găsește situat între condilul occipital și canalul carotidian.

3. Identificaţi sinusul maxilar pe secţiuni axiale şi coronale şi descrieţi elementele anatomice
4. Menţionaţi care sunt patologiile posibile care determină dispariţia conţinutului aeria al sinusurilor maxilare
5. Identifcaţi pe o examinare CBCT cohleea, CAI şi lanţul osicular.
6. Următoarele sunt adevărate privind baza de craniu
    a. Foramen rotundum este vizibil cel mai bine pe secțiunile axiale
    b. Canalul Vidian este vizibil doar pe secțiunile coronare
    c. Foramen spinosum este situat posterior și lateral de foramen lacerum
    d. canalul carotidian are un traseu anterior și medial la nivelul bazei de craniu
    e. gaura jugulară este situată anterior de canalul auditiv intern auditiv

7. Următoarele sunt adevărate privind fosa pterigo-palatină:
    a. comunică cu sinusul maxilar
    b. comunicarea cu fosa infratemporală se realizează prin gaura rotundă
    c. comunicarea cu fosa craniană mijlocie se realizează prin canalul pterigoidian
    d. comunicarea cu fosa infratemporală se realizează prin fisura pterigo-maxilară
    e. comunicarea cu nazo-faringele se realizează prin gaura sfenopalatină

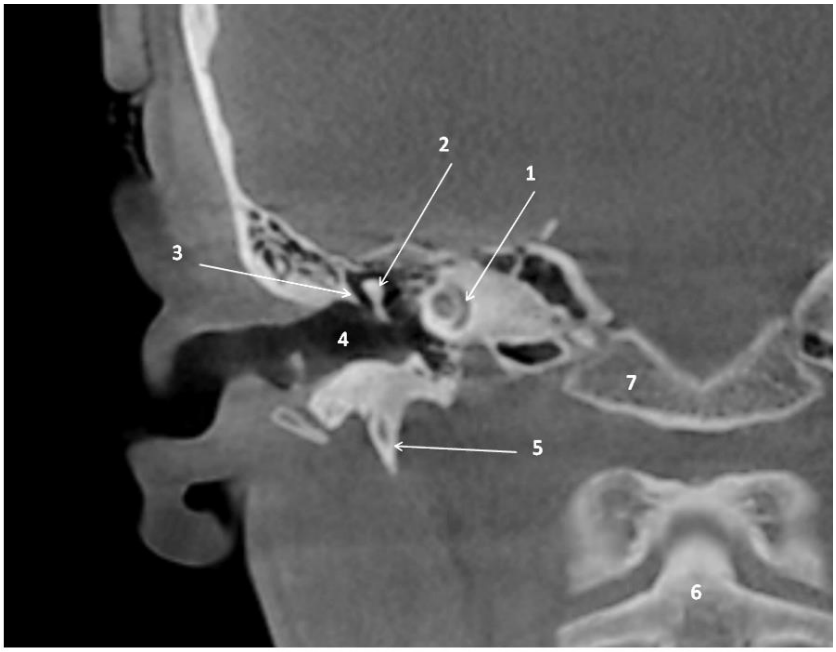
8. Următoarele sunt adevărate:
    a. Canalul nervului facial prin stânca temporalului are și un segment vertical vizibil pe secțiunile coronare
    b. Gaura ovală se identifică ușor pe secțiunile axiale, dar e vizibilă și pe cele coronare
    c. Modiolul este parte din conductul auditiv intern
    d. Ager Nasi este o celula etmoidală mijlocie
    e. Canalul nazo-lacrimal se identifică pe secțiunile axiale
    f. Gaura stilomastoidiană este deschiderea canalului nervului facial

9. Următoarele sunt adevărate
    a. Lamina papiraceea reprezintă peretele lateral al orbitei
    b. Procesului uncinat mărginește hiatul semilunar
    c. Complexul osteomeatal este canalul de drenaj al sinusurilor maxilar, frontal și etmoidal cu meatul nazal mijlociu
    d. Canalul palatin mare conectează fosa pterigopalatină cu cavitatea nazală
    e. Osul maxilar ia parte la formarea cavității orbitei

10. Precizați orificiile detectabile prin CBCT la nivelul mandibulei
11. Denumiți structurile osoase ce compun orbita
12. Enumerați comunicările cavităților nazale

13. Denumiți secțiunea și structurile indicate:

14. Denumiți secțiunea și structurile indicate:



CAPITOLUL 11
Noţiuni de radiobiologie

Autori: Mihaela Hedeşiu, Loredana Bogdan, Manuela Lenghel, Cristian Dinu

Cuprins

11.1. Etapele producerii efectelor biologice: faza fizică, chimică şi celulară
11.2. Mecanismul direct şi indirect de producere al efectelor biologice
11.3. Tipuri de răspuns celular la iradiere
11.4. Factorii care influențează răspunsul celular la iradiere
11.5. Curba doza- răspuns
11.6. Efectul bystander
11.7. Efecte biologice ale iradierii
11.7.1. Efecte deterministice
11.7.2. Efecte stochastice
11.8. Efectele iradierii asupra celulor somatice şi germinative. Expunerea radiologica în perioada gravidităţii

Obiective

1. Cunoaşterea modificărilor fizice, chimice, moleculare şi celulare care au loc după expunerea la radiațiile ionizante
2. Înţelegerea mecanismului direct şi indirect de inducere a efectelor biologice de către radiațiile ionizante
3. Descrierea răspunsului la radiațiile ionizante în funcție de caracteristicile ciclului celular
4. Cunoaşterea caracteristicilor celulelor radiosenzitive şi radiorezistente
5. Transferul linear de energie şi înţelegerea influenței tipului de radiații asupra efectelor biologice
6. Descrierea efectelor deterministice şi stochastice ale iradierii
7. Cunoaşterea tabloului clinic al bolii acute de iradiere
8. Discutarea riscului expunerii la radiaţii a celulelor somatice şi a celulelor germinative
9. Cunoaşterea efectelor iradierii asupra perioadei de sarcină

Termeni cheie

boala acută de iradiere
ciclul celular
curba doză-răspuns
efecte deterministice
efecte germinative
efecte somatice
efecte stochastice
ionizare
mutaţii genetice
radicali liberi
radiobiologie
radioliza apei
radiorezistenţa
radiosenzitivitate
riscul
transfer linear de energie

Efectele biologice ale radiațiilor ionizante au fost identificate şi documentate la scurt timp după descoperirea radiațiilor X. La ora actuală, radiobiologia este știința care se ocupă cu studiul efectelor biologice ale radiațiilor ionizante. Ea include studiul evenimentelor care au loc în organismele vii după absorția energiei radiațiilor ionizante şi

evaluarea calitativă şi cantitativă a consecinţelor asimilării acestei energii.

Dacă până în prezent se cunosc şi au fost descrise pe larg mecanismele de acţiune şi efectele biologice ale dozelor mari de radiaţi X, efectele iradierii cu doze mici, utilizate în radiodiagnosticul dentar, sunt încă insuficient elucidate şi studiul lor constituie un domeniu prioritar de cercetare.

Personalul medical care utilizează mijloacele radiologice de diagnostic sau de tratament, dar şi cei care administrează centrele de radiodiagnostic, trebuie să deţină cunoştințe de bază în domeniul radiobiologiei. Pentru o bună practică în cabinetul de radiodiagnostic, este necesar ca toţi cei implicaţi în realizarea radiografiilor să urmeze un program de cursuri de formare în domeniul radiobiologiei şi a radioprotecţiei pentru a înțelege structura şi funcţiile celulei, precum şi efectele interacţiunii radiaţiilor ionizante cu componentele celulare.

Analiza mecanismelor celulare care stau la baza efectelor biologice induse de expunerile cu doze mici de radiații (< 1 mGy) este însă destul de dificilă datorită faptului că organismul este supus în permanenţă unui camp de radiații electromagnetice de joasă energie (incluzând: radiațiile cosmice, surse terestre de iradiere și alte materiale sau deșeuri radioactive). Permanent au loc in organism mecanisme biologice reparatorii şi adaptative ca răspuns biologic indus de acţiunea radiaţiilor din mediu. Efectele biologice ale radiațiilor X trebuie să fie analizate și înțelese în contextul beneficiului adus diagnosticului sau tratamentului şi întotdeauna se impune o analiză riguroasă a riscului de iradiere din perspectiva situaţiei clinice a pacientului.

11.1. Etapele producerii efectelor biologice

În producerea efectelor biologice ale radiațiilor ionizante există mai multe etape care inițiază modificări moleculare ce vor declanşa apoi, printr-un mecanism de cascadă, apariţia efectelor celulare (Figura 11.1).

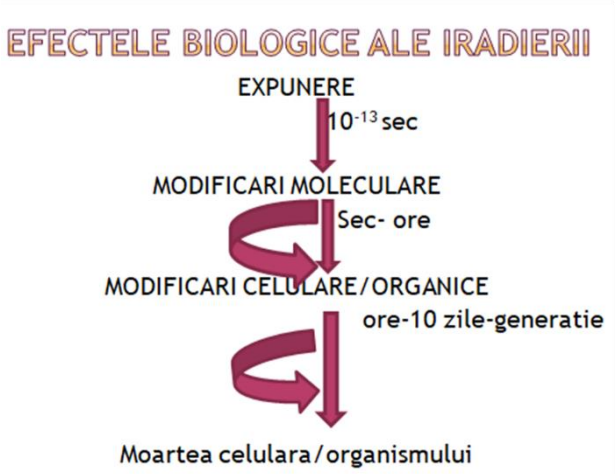


Figura 11.1. Efectele biologice ale iradierii

Efectele fizice ale expunerilor la radiații

Prima etapă în generarea efectelor biologice este etapa fizică. Interacţiunea radiațiilor X cu materia, respectiv împrăştierea coerenta (efectul Compton) și absorția fotoelectrică, produc ionizări ale atomilor din ţesuturile expuse la radiații ionizante. Radiațiile X sunt radiații electromagnetice care se deplasează cu viteza luminii, astfel încât, efectul de ionizare al ţesuturilor traversate de radiaţie se va produce practic instantaneu, la 10^{-15} secunde după declanşarea expunerii.

Efectele chimice ale expunerii la radiații

La traversarea ţesuturilor, în urma absorbţiei radiațiilor X, va avea loc un transfer de energie al fotonilor către țesuturi. Principalul component celular al organismelor vii este apa. Efectul chimic al radiațiilor ionizante constă în procesul de radioliză a apei, cu formare de radicali liberi. Prin interacţiunea unui foton cu o moleculă de apă ia naştere un radical liber de hydrogen ($H^{\cdot}$) şi unul de hidroxil ($OH^{\cdot}$). Radicalii liberi sunt atomi sau molecule neutre

care au un singur electron nepereche pe orbita cea mai periferică.

$$foton + H_2O = O^{\cdot} + OH^{\cdot}$$

Radicalii liberi sunt molecule extrem de instabile şi reactive, durata lor de viaţă fiind foarte redusa, de ordinul a 10^{-10} s. Datorită instabilităţii lor, radicalii liberi se combină fie cu alţi radicali liberi fie cu molecule organice şi vor da naştere unor molecule complexe implicate în apariţia efectelor biologice celulare. Atomul de hidrogen se poate combina la rândul său cu o moleculă de O_2 sau de apă şi va forma alţi radicali liberi:

$$\boldsymbol{H^{\cdot} + O_2 = HO_2^{\cdot}}$$
$$\boldsymbol{HO_2^{\cdot} + H^{\cdot} = H_2O_2}$$
$$HO_2^{\cdot} + HO_2^{\cdot} = H_2O_2$$

Interacţiunea radicalilor liberi cu moleculele organice poate avea ca rezultat modificarea structurii şi a funcţiei acestor molecule. Cantitatea de radicali liberi rezultată după acţiunea radiațiilor ionizante poate fi destul de importantă, dacă luăm în considerare faptul că apa reprezintă aproximativ 70% din conţinutul organismului uman. Totuşi, unele teorii susţin că nu cantitatea de radicali liberi acumulată în organism este importantă, ci faptul că aceştia pot să influenţeze şi să modifice funcţia unor molecule cheie pentru vitalitatea celulară, perturbând în felul acesta funcţionalitatea întregului ţesut sau organism.

După formare, radicalii liberi pot urma una dintre următoarele transformări:

- se pot recombina fără să producă modificări moleculare
- se pot combina cu alti radicali liberi, producând modificări moleculare
- se pot combina cu anumite molecule, formâd produşi toxici pentru organism (ex. peroxid de hidrogen).

Efectul chimic al radiațiilor ionizante se produce la aproximativ 10^{-5} secunde după iradiere. Aşadar, ionizările şi formarea de radicali liberi sunt fenomene care au loc întotdeauna în celulele vii după expunerea la radiațiile ionizante, în timp ce apariţia efectelor celulare este aleatorie şi depinde într-o oarecare măsură de doza de iradiere şi de modificările biochimice produse de radiații.

Efectele moleculare ale iradierii

Sub acţiunea directă a radiațiilor X sau prin intermediul ionizărilor şi a radicalilor liberi, au loc alterări ale structurii secundare şi terțiare ale proteinelor. Ionizarea atomilor face ca angrenarea lor în molecule complexe să fie deficitară. Dacă molecula în cauză este esențială pentru funcționarea normală a organismului, atunci întregul organism poate să fie afectat.

Efectele moleculare se produc după câteva minute sau ore de la acţiunea radiaţiilor ionizante. Comparativ cu faza fizică şi chimică în care modificările survin practic instantaneu după expunerea la radiații, efectele moleculare se produc inconstant şi necesită de obicei doze mai mari de radiații.

Durata apariţiei efectelor fizice, chimice şi biologice în urma expunerii la radiații ionizante este sintetizată în tabelul 11.1.

Tabelul 11.1. *Durata aparitiei efectelor biologice, secundare expunerii la radiatii ionizante*

Efectele expunerii la radiaţii ionizante	Interval timp tipic
Efecte fizice (electroni liberi şi ioni)	*$0 - 10^{-15}$ s*
Efecte chimice (radicali liberi)	*$10^{-10} - 10^{-5}$ s*
Efecte biologice	*ore, zile sau ani*

Efectele celulare ale iradierii

La nivel celular, radiațiile ionizante pot afecta nucleul sau alte componente celulare cum ar fi citoplasma, mitocondriile, membrana celulară sau alte organite celulare. Efectele radiațiilor asupra celulei rezultă din modificările induse de modificarea macromoleculelor sub acţiunea directă sau indirectă a radiaţiilor ionizante. Dacă ionizările şi formarea de radicali liberi au loc practic instantaneu după expunerea la radiații, modificările macromoleculare se produc mult mai lent, efectul urmând la un interval variabil de câteva minute, sau chiar ore, după expunera la radiaţii. Modificările celulare se materializează

sub forma unor schimbări structurale sau funcționale ale componentelor intracelulare, cu efecte variabile asupra activității celulare, unele dintre aceste leziuni putând cauza moartea celulei.

Efectele iradierii asupra nucleului. O mare varietate de studii de radiobiologie indică faptul că nucleul este cea mai radiosensitivă componentă a celulei. Radiațiile ionizante pot induce la nivelul AND-ului cromozomial mai multe tipuri de aberaţii cromozomiale care par să fie un biomarker util pentru cuantificarea leziunilor celulare produse în urma iradierii.

Efectele iradierii la nivel cromozomial depind de perioada ciclului celular în care se produce iradierea:

- Dacă iradierea are loc în faza de sinteză a AND-ului (faza G_2) sau în faza mijlocie sau târzie a perioadei de sinteză S, modificările cromozomiale vor afecta doar unul dintre brațele cromozomiale (aberații ale cromatidei)
- Dacă expunerea se produce în faza G_1 sau în perioada inițială a fazei S a ciclului celular, leziunile vor afecta ambele brațe ale cromozomilor (aberații cromozomiale).

Majoritatea aberaţiilor cromozomiale apărute vor fi reparate prin procese biologice încă incomplet cunoscute, dar anumite modificări cromozomiale, cum ar fi formarea de inele dicentric sau translocaţiile, pot afecta viaţa şi multiplicarea celulei.

Leziunile AND-ului nuclear sunt cauza primară care pot induce moartea celulară, apariția de mutații genetice și carcinogeneza.

Mutaţiile care apar pe un singur braţ al moleculei de ADN vor fi reparate cu uşurinţă prin mecanisme reparatorii celulare. Totuși, dacă există o capacitate redusă a sistemelor reparatorii celulare, sau dacă leziunea interesează ambele lanțuri de ADN, mai multe baze sau perechi de baze, atunci modificările respective pot fi letale pentru celula respectivă sau pot declanșa mecanisme de carcinogenză în organism.

Radiațiile produc o varietate de alterații ale AND-ului nuclear care includ:

- ruptura legăturilor covalente la nivelul unuia sau a ambelor brațe ale AND-ului,
- legătura încrucișată a unui lanț de ADN cu helixul unui alt ADN sau cu alte proteine,
- modificarea sau pierderea unor baze din lanțul de ADN,
- ruptura legăturilor de hidrogen dintre lanțurile ADN.

Efectele iradierii asupra citoplasmei. La nivelul citoplasmei, stresul oxidativ produs de radiațiile ionizante poate induce perturbări ale metabolismului intracelular şi ale mecanismelor de oxido-reducere. Aceste efecte apar la câteva minute sau ore de la expunerea la radiații.

Dacă până în prezent se cunosc modificările moleculare care inițiază și care produc radicalii liberi apăruți după iradiere, contribuția modificărilor de oxido-reducere asupra proceselor metabolice sunt încă destul de controversate.

Radiațiile ionizante duc la formarea de radicali liberi în celulele vii. Radicalii liberi persista câteva milisecunde și produc apoi modificări biomoleculare și oxidative ale proteinelor şi lipidelor din citoplasma celulară.

În prezența oxigenului, radiațiile ionizante pot duce la formare de *specii reactive de oxigen* (ROS). Cantităţile mici de radicali liberi şi de specii reactive de oxigen (ROS) pot fi ușor tolerate de către celule, dar un nivel mai crescut al acestora poate să ducă la ruptura echilibrului dintre producerea de oxidanți și procesele celulare anti-oxidative al organismului.

Producerea de specii ROS a fost detectată experimental la câteva minute după expunerea celulelor la radiațiile X cu doze de 1-10 Gy. S-a observat că procentul sau cantitatea de specii reactive ROS produsă de celule a fost constantă, indiferent de creşterea dozei, dar procentul de celule care produc specii oxidative a crescut odată cu doza de iradiere.

Efectele iradierii asupra membranei celulare. Sub acţiunea radiaţiilor ionizante, are loc peroxidarea lipidelor din membrana celulară, ceea ce va determina creşterea permeabilităţii celulare în special pentru molecule mici şi pentru ioni. Totodată, sistemele de transport membranar vor deveni mult mai rigide ca urmare a peroxidării lipidelor, iar fluxul transportului membranar va scădea. Creşterea permeabilităţii pentru molecule mici şi ioni, în contrast cu încetinirea fluxului membranar, ar putea crea o microvâscozitate la nivel membranar, cu încetinirea transportului membranar, acumularea de molecule la nivelul membranar şi apariţia de proeminenţe pe suprafaţa celulară.

Efectele iradierii asupra **mitocondriilor**. Studii recente au demonstrat că susceptibilitatea la radiaţii ionizante a mitocondriilor este mai crescută comparativ cu nucleul. Există teorii care susţin că radiaţiile ionizante şi asocierea cu stresul oxidativ pot produce inserţia fragmentelor ADN mitocondriale la nivelul genomului nuclear, cu afectarea acestuia şi creşterea riscului de apariţie al cancerului.

11.2. Mecanismul producerii efectelor biologice

Efectele celulare se produc prin două mecanisme:

- **mecanism direct** - radiațiile ionizante pot acționa direct asupra celulelor, acest mecanism fiind întâlnit mai ales în expunerile cu doze mari şi de scurtă durată. În acest caz, fotonii absorbiți de către țesuturi acționează direct asupra lanțurilor de ADN, cauzând leziuni care pot afecta vitalitatea celulară.
- **Mecanismul indirect** - este mai frecvent întâlnit în radiodiagnostic, iar modificările celulare pot să apară şi la doze mici de radiații. Efectul biologic indirect se datorează ionizărilor şi acumulării radicalilor liberi care vor acționa indirect la nivelul nucleului sau a altor componente celulare, cu inducerea modificărilor celulare.

Şansa de apariție al mecanismului indirect de acţiune al radiațiilor X la nivel celular este mai mare în comparație cu cel direct deoarece organismele vii conțin o cantitate însemnată de apă.

Datorită mecanismului indirect, efectele biologice induse de dozele mici de iradiere sunt destul de dificil de estimat, iar relaţia doză-efect ar putea să nu respecte modelul linear care se aplică expunerilor cu doze mari. Totuşi, efectele expunerilor la doze mici de radiații ionizante, ca cele utilizate în radiodiagnosticul dentar, nu trebuie să fie neglijate deoarece, prin mecanism indirect, radiaţiile ionizante pot cauza leziuni celulare similare cu cele întâlnite în mecanismul direct (Tabelul 11.2).

Tabelul 11.2. Mecanismele de producere a efectelor biologice

Ţinta radiaţiilor X	Mod de acţiune	Efectele biologice
Molecula de ADN	**directă**	Efectele biologice se datoreaza microleziunilor directe produse de radiatiile ionizante asupra structurii celulare
	indirectă	Efectele biologice se datorează inducerii unor radicali liberi şi ioni cu reactivitate chimică mare apăruţi în interacţiunea radiaţiilor cu apa din organism
Aalte organite şi structuri celulare decat ADN-ul	**la distanță** (asupra celulelor neiradiate)	Efectele biologice se datorează: 1. aparitiei locale (în substanta iradiată) a unor toxine si răspândirii acestora în zone neiradiate 2. mecanismelor de semnalizare ➢ efecte bystander ➢ răspunsuri adaptative ➢ instabilitate genomică

11.3. Tipuri de răspuns celular la iradiere

Au fost descrise mai multe tipuri de răspuns celular la acţiunea radiațiilor ionizante:

- **fără efecte celulare** - dacă doza de iradiere este mică, iar celulele au o radiorezistenţă crescută, ionizările produse nu alterează structura moleculară a ADN-ului celular, expunerea la radiații fiind fără consecinţe asupra funcției celulare.
- **efecte celulare reversibile** - expunerea la radiații poate produce modificări ale ADN-ului prin mecanism direct sau indirect, dar enzimele celulare și mecanismele reparatorii celulare identifică secvența modificată și o repară rapid, înlocuind-o. Nu există aşadar leziuni celulare, modificările ADN-ului celular fiind reversibile.
- **efecte celulare subletale** - Dacă doza de iradiere este mai crescută sau mecanismele reparatorii celulare sunt deficitare, reparațiile modificărilor ADN induse de radiații prin mecanism direct sau indirect vor fi doar parţial reparate şi se vor produce alterări funcționale ale celulelor. (ex. alterarea multiplicării celulare, instabilitatea genomică). Instabilitatea genomică este evenimentul principal care inițiază dezvoltarea carcinogenezei, contribuind la diversitatea genetică observată în majoritatea cancerelor solide.
- **moartea celulară** - survine la doze mari de expunere la radiații, când se vor produce alterări severe ale moleculelor de ADN, care depăşesc capacităţile reparatorii celulare. Alterările sunt în acest caz ireversibile și conduc la degradarea importantă a homeostaziei celulare și la moartea celulară. La nivelul organismelor vii, celulele afectate vor fi înlocuite cu celule noi, dar în cazul în care este afectat un număr important de celule, se va produce alterarea funcției intregului organism cu posibile consecinţe letale asupra organismului (Tabelul 11.3).

Tabelul 11.3. Rezultatele posibile ale iradierii celulare

Efectele iradierii	Modificarile induse de iradiere
Fara efect	
Întârzierea diviziunii	celula întârzie să treacă prin divizare
Apoptoza	celula moare înainte să se poată diviza
Insuficiență reproductivă	există o întârziere sau insuficiența reproducerii
Mutație	celula supraviețuiește, dar conține o mutație
Instabilitate genomică	mutatii frecvente in genomul celular
Transformarea	mutația determina transformarea fenotipului cellular și eventual carcinogeneza
Efecte bystander	o celulă iradiată poate trimite semnale celulelor invecinate, neradiate, cu aparitia de mutatii in celulele neiradiate din acelasi mediu
Răspunsuri adaptative	celula iradiată devine mai rezistentă la radiatii

11.4. Factorii care influenţează răspunsul celular la iradiere

Din punct de vedere al intensităţii răspunsului celular indus de radiațiile X, efectele biologice sunt variabile şi depind de: tipul celulei, fazele ciclului celular, tipul radiațiilor, rata dozei şi factorii de mediu.

Influența ciclului celular. La celulele eucariote ciclul celular are două faze importante: interfaza şi mitoza (Figura 11.2).

Interfaza este perioada de pregătire a diviziunii celulare şi include:

- *faza G1* – în care celula va creşte, devine mai mare, are loc copierea organitelor celulare, dar fără duplicarea cromozomilor din nucleu
- *faza S de sinteza* şi de copiere completă a informaţiei genetice din nucleu în care are loc replicarea ADN-ului şi duplicarea centrozomilor
- *faza G2* urmează după încheierea completă a replicării ADN. În această fază, celula creşte mai mult, sintetizează proteine şi alte organite, pregătind astfel faza următoare, de diviziune celulară.

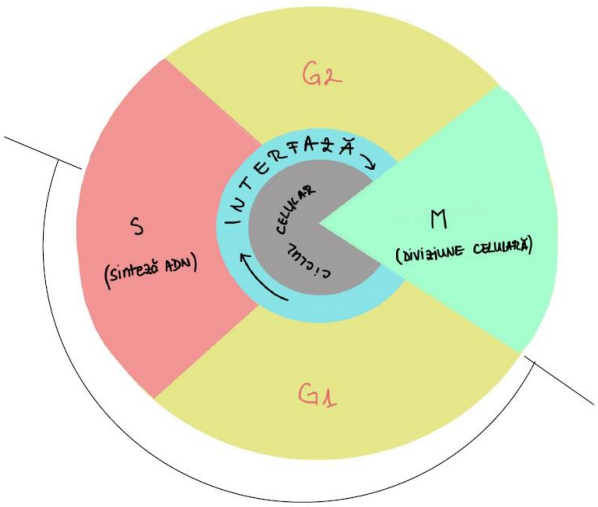


Figura 11.2. Influenţa ciclului celular asupra răspunsului celular la iradiere

***Mitoza** (M)* este faza ciclului celular în care ADN-ul nuclear se condensează sub formă de cromozomi. Mitoza se produce în mai multe etape: profaza, metafaza, anafaza şi teleofaza. În ultima fază a mitozei se produce citokinaza, cu sinteza citoplasmei celor două celule fiice şi separarea lor.

Celulele care se găsesc în faza G1 de creştere celulară sau în ultimele 2/3 din faza de sinteză (S) a acestuia, sunt mai sensibile la acţiunea radiaţiilor ionizante. În schimb, dacă interacţiunea cu radiaţiile X are loc în faza G2, după încheierea completă a replicării ADN, sau în faza mitoză (M), influenţa radiaţiilor asupra funcţionalităţii celulei este mai redusă.

Sensibilitatea celulară la radiaţiile ionizante. În prezent, există mai multe teorii formulate cu privire la influenţa ciclului celular asupra radiosenzitivităţii celulare. Variaţia radiosensibilităţii celulare în funcţie de ciclul celular a constituit una dintre preocupările centrale ale radiobiologiei.

Influenţa ciclului celular asupra răspunsului celular la iradiere, ne explică şi radiosenzitivitatea diferită a celulelor din organismul uman (Tabelul 11.4). Celulele cu mitoză accelerată sunt în general mai radiosensitive. Elementele celulare care prezintă o rată de multiplicare înaltă, cum ar fi elementele figurate ale sângelui, vor avea o şansă mai mare să interacţioneze direct sau indirect cu radiaţiile ionizante în fazele sensibile ale ciclului celular, efectul mutagen indus de radiaţii fiind mai pregnant, afectând un număr important de celule.

Tabelul 11.4. Caracteristicile celulelor radiosensibile şi radiorezistente

Radiosenzitivitate	Radiorezistenta
Rata de multiplicare crescută Celule nediferenţiate (imature) Rata metabolică crescută	Rata de multiplicare scăzută Celule bine diferenţiate (mature) Rata metabolica scăzută
Limfocite Celule germinative eritroblasti	Celule neuronale, Celule musculare

Totodată, celulele tinere, slab diferenţiate, sau cele cu rata metabolică crescută, vor avea şi o radiosenzitivitate crescută. Aşa se explică de ce copiii au o radiosenzitivitate crescută la expunerile radiologice medicale şi un risc mai crescut în comparaţie cu persoanele adulte.

Celulele bine diferenţiate, mature, cu rata de multiplicare scăzută (celulele neuronale sau celulele musculare) prezintă o rezistenţă mai crescută la radiaţiile X şi necesită iradieri cu doze mai mari pentru producerea efectelor celulare.

Caracteristicile radiațiilor ionizante. Există mai multe tipuri de radiații ionizante, acestea generând efecte biologice diferite în funcție de sarcina, masa și energia lor.

Când radiațiile ionizante trec printr-un anumit mediu, o parte din energia radiației ionizante va rămâne depozitată în acel mediu. *Transferul linear de energie (LET)* reprezintă cantitatea de energie depozitată pe unitatea de lungime traversată de radiații în mediul respectiv și se măsoară în KeV/µm. Rata de transfer liniar al energiei pentru radiațiile ionizante utilizate în radiodiagnostic a fost estimată la 3 KeV/µm, aceasta fiind mai joasă față de a altor tipuri de radiații, cum ar fi cele corpusculare (radiațiile produse de particulele alfa, nuclei grei). LET este un parametru important folosit în evaluarea capacității radiațiilor ionizante de a produce leziuni la nivelul țesuturilor sau a organelor. Cu cât LET este mai mare, cu atât va crește șansa de producere a interacțiunilor cu moleculele de ADN şi riscul de apariţie a unui răspuns biologic.

Doza şi rata dozei

- *Doza* reprezintă cantitatea totală de energie absorbită. Cu cât doza totală este mai ridicată, cu atât se vor produce mai multe leziuni secundare iradierii.
- *Rata dozei* reprezintă rata cu care a avut loc expunerea la radiațiile ionizante.

Expunerea organismului la o doză totală dată (ex. 5 mGy), utilizându-se o rată crescută a dozei (ex. 5 Gy/min) va induce un răspuns biologic mai mare decât expunerea la aceeaşi doză totală, dar cu o rată a dozei mai mică (ex. 5 mGy/min). Dacă rata dozei este scăzută, organismele vii au şansa de a repara leziunile provocate de iradiere, rezultând efecte biologice mai reduse.

În radiodiagnosticul dentar, dozele utilizate sunt în general mici (< 1 mGy), dar rata dozei este mai crescută faţă de expunerea la fondul natural de radiații.

Dacă rata dozei este scăzută, apare un răspuns adaptativ al celulei la radiațiile ionizante. Efectul adaptativ celular este utilizat în radioterapie, unde s-a observat că expunerea iniţială a celulelor cu o rată a dozei scăzută, previne apariţia leziunilor celulare care apar în iradierile cu doză mare, administrate rapid, într-un interval de timp scurt. Acest efect adaptativ a fost observat pentru prima dată la nivelul leziunilor cromozomiale și a mutațiilor induse în cromozomii din limfocitele circulante.

Recent, efectele adaptative celulare induse de dozele mici de radiații au fost obţinute și în studiile efectuate pe model animal pe linii celulare de fibroblaști. Deşi mecanismul care stă la baza răspunsului celular adaptativ la radiații nu este încă pe deplin cunoscut, potențialii mediatori implicaţi ar fi cytokinele şi alte enzime reparatorii care sunt eliberate după administrarea unor doze inițiale mici. Aceşti mediatori se pare că induc mecanisme reparatorii radioprotectoare (creșterea eficienței reparațiilor, inducerea enzimelor antioxidante, modificări ale conformației chromatinei care cresc rezistența acesteia la factorii externi) care permit apariţia unui răspuns mult mai rapid și cu acurateţe mai mare la modificarea şi creşterea ratei dozei. Se presupune că administrarea de doze mici, cu o rată a dozei scăzută, poate reduce la jumătate riscul iradierii care apare în cazul administrării de doze mari cu o rată a dozei crescută.

Factorii de mediu. Radiorezistenţa celulară este mai crescută dacă iradierea are loc în condiţii de hipoxie. Explicaţia ar consta în faptul că leziunile celulare în prezenţa oxigenului sunt mai mari, datorită acumulării de radicali liberi hidrogen peroxide şi hidroperoxil liber. În oncologie, terapia cu oxigen hiperbaric poate fi utilizată pentru a mări efectul radioterapiei asupra tumorilor.

11.5. Curba doză - răspus

Aşa cum am arătat, efectele biologice ale iradierii depind în primul rând de doza de expunere. Pentru a stabili care sunt nivelurile de doză acceptabile pentru expunerea la radiații, se utilzează curba doză – răspuns ca reprezentare grafică a mărimii leziunilor induse de radiații, în funcție de cantitatea totală de radiații la care a fost expus organismul respectiv.

În cazul expunerilor la doze mari de radiații se obţine o variaţie liniară între doza la care s-a făcut expunerea şi efectele biologice induse de acestea, răspunsul biologic fiind proporţional cu doza (Figura 11.3).

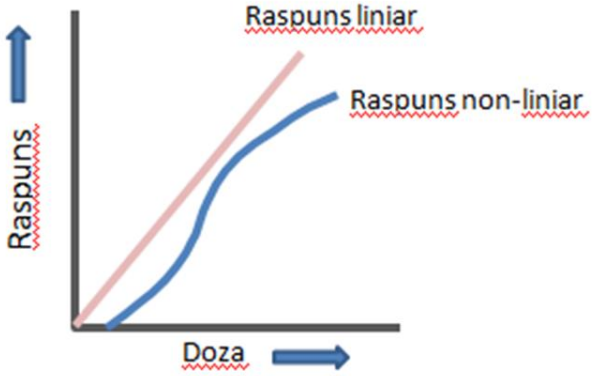


Figura 11.3. Modele de răspuns biologic în expunerile la radiaţii ionizante

La doze mari, curba doză – răspuns arată că nu există un nivel minim de doză, acceptabil, la care nu se produc efecte biologice. Oricât de mică ar fi doza de iradiere, efectele biologice pot să apară.

Chiar şi în radiodiagnosticul dentar, unde expunerea are loc cu doze mici, modificările biologice sunt posibile, neexistând o doză sigură, fără un risc potenţial asupra organismului. De aceea, principiul general folosit azi în radioprotecţie este principiul ALARA care arată că în expunerile medicale trebuie să se menţină cel mai mic nivel de doză posibil la care se obţin informaţii suficiente pentru diagnostic.

Totuşi, modelul liniar al curbelor doză-răspus a fost conceput în urma studiului efectelor biologice apărute la supravieţuitorii exploziilor nucleare, care au suferit o expunere la doze mari de iradiere şi la care a existat nu numai o iradiere externă, dar şi una internă, de lungă durată. De aceea, modelul curbelor doză - răspuns în cazul iradierii cu doze mici, cum ar fi cele din radiodiagnostic, poate fi diferit de modelul linear, valabil în cazul iradierii cu doze mari.

Identificarea şi cuantificarea exactă a răspunsului biologic apărut la doze mici de iradiere este însă problematică şi dificilă datorită expunerilor existente la fondul natural de radiaţii şi a imposibilităţii de separare a efectelor determinate de expunerea la condiţiile externe de mediu de acele efecte datorate strict iradierii medicale.

11.6. Efectul bystander al radiaţiilor ionizante

Radiațiile ionizante pot induce un *efect de bystander* în celulele neiradiate din vecinătatea celor expuse la radiații. Efectul de bystander semnifică faptul că, datorită semnalelor biologice primite prin mediu de la celulele iradiate, efectele biologice similare se pot observa şi în celulele neiradiate din vecinătate.

Efectul bystander a fost demonstrat prin identificarea mutaţiilor apărute în nucleul celulelor la care doar citoplasma a fost expusă direct la radiaţii, şi în urma iradierii mediului. Acest efect ar putea contribui la explicaţia consecinţelor biologice ale expunerii cu doze mici şi la confirmarea implicării intregului organism, chiar şi în iradierile unor zone restrânse.

Efectul bystander se datorează existenţei joncțiunilor şi comunicărilor intercelulare prin intermediul mediului existent între celule, precum și a unor mici molecule, a canalelor de calciu sau prin intermediul proteinelor eliberate

în mediu după expunerea la radiații (cytokinele, interleukinele, alte molecule proteice).

Datorită efectului bystander, se presupune că răspunsul doză-efect în cazul iradierilor cu doze mici (ca cel din radiodiagnosticul dentar) este unul neliniar şi depinde de mai mulţi factori de mediu, cum ar fi: condițiile în care au fost cultivate celulele, constituenții mediului de cultură, contactul dintre celule şi mediul de cultură.

11.7. Efectele biologice: efectele deterministice și efectele stochastice

11.7.1. Efectele deterministice

Iradierile cu doze mari provoacă efecte deterministice. Efectele deterministice se produc doar peste un anumit nivel al dozei, şi vor creşte proporţional cu doza, existând o variaţie liniară a curbei doză-răspuns. Aceste efecte biologice se observă în celulele somatice, după expunerile la doze mari de radiații ionizante sau în iradierile cu doze mari, administrate într-un interval de timp scurt (rata dozei este scăzută). Efectele deterministice apar de obicei imediat sau la scurt timp după acțiunea radiațiilor X.

Cataracta sau opacifierea cristalinului s-a observat după iradierile fracționate care depășesc 5 Gy sau după o doză unică de 0,6 Gy. Alte efecte deterministice binecunoscute sunt eritemul cutanat sau căderea părului după radioterapie.

În radiodiagnosticul dentar, nivelurile de doză necesare apariţiei efectelor deterministice nu sunt atinse, aşadar nu se produc efecte deterministice în celulele somatice.

Efectele adverse ale radiaţiilor ionizante sunt prezentate în tabelul 11.5.

Tabelul 11.5. Efectele biologice induse de radiaţiile ionizante

Efectele biologice induse de radiaţiile ionizante se clasifică:		
din perspectiva timpului	**imediate (acute)**	- apar la scurt timp după expunere
	tardive (cronice)	- apar la intervale de ordinul lunilor, anilor după expunere
în funcţie de persoana afectată	**somatice**	- apar la indivizii expuși la radiații
	genetice	- apar la descendenţii indivizilor expuși
după gradul de afectare	**letale**	- sunt ireversibile, duc la moartea celulei
	subletale	- pot fi reparate
	potențial letale	- pot fi reparate în cazul în care celula nu este în stare de diviziune
din punct de vedere al radiobiologiei	**stocastice**	- probabilitatea de apariție crește cu creșterea dozei - severitatea efectului nu depinde de doză - nu există o doză de prag pentru efectele care sunt cu adevărat stochastice și apar în celule unice
	deterministice (non stocastice)	- apare de obicei peste o doză de prag - severitatea efectului crește cu creșterea dozei

Boala acută de iradiere. Cel mai important efect determinant care poate să apară este boala acută de iradiere. Ea se definește ca starea de îmbolnăvire care debutează imediat sau la cel mult câteva săptămâni după una sau mai multe expuneri masive (externe sau interne) la radiații ionizante. Efectele biologice interesează întregul organism sau porțiuni întinse ale acestuia. Aşadar, boala acută de iradiere se poate produce doar în condiţiile iradierii repetate cu câteva zeci sau sute de grey (Gy), iar nivelul

minim estimat pentru producerea bolii acute de iradiere este de cca. 50 Gy.

Boala acută de iradiere a fost observată după exploziile sau accidentele nucleare când există eliberări radioactive ce induc atât o iradiere externă cît și o iradiere internă a organismului. Iradierea externă poate fi directă, pentru persoanele care se găsesc în focarul exploziei nucleare, sau indirectă prin aerul contaminat sau apele subterane și de suprafață. Iradierea internă are loc prin inhalarea gazelor radioactive sau ingestia de alimente contaminate care persistă un timp îndelungat, iradierea internă continuă și după încetarea expunerii directe din focarul exploziei nucleare.

Boala acută de iradiere este precedată de apariţia *sindromului prodromal* care apare după câteva minute sau ore de la o iradiere care dapăşeşte 1,5 Gy. El se manifestă prin inapetenţă, greţuri, vărsături, astenie, cefalee sau diaree. Manifestările bolii acute de iradiere survin după o perioadă de latenţă cu durata variabilă, în funcție de doză. Manifestările clinice includ mai multe sindroame: sindromul hematologic, sindromul de lezare cutanată, sindromul neurologic și sindromul digestiv.

Sindromul hematologic apare la expuneri cu doze cuprinse între 2 şi 7 Gy care afectează celulele stem din măduva hematogenă şi din splină şi este foarte pregnant, având în vedere că celulele figurate ale sângelui sunt celule cu potențial de replicare crescut și radiosensibilitate crescută.

Afectarea seriei albe leucocitare începe încă din primele zile după iradiere și continuă uneori până la dispariția celulelor iradiate din sângele circulant, în una până la două săptămâni. Depleţia treptată a seriei albe leucocitare are ca şi consecinţă scăderea imunităţii organismului şi lipsa mecanismelor de apărare contra infecțiilor.

Scăderea numărului de trombocite se însoțește de hemoragii greu de stăpânit și acumulări hemoragice în diferitețesuturi și organe.

Anemia se instalează după câteva săptămâni fiind însoțită de o stare de astenie, inapetenţă, cefalee şi ameţeli.

Afectarea tuturor liniilor celulare produce fenomene de aplazie medulară severă care poate cauza moartea organismului în decurs de 10-30 de zile de la iradiere.

Sindromul cutanat se manifestă sub formă de eritem cutanat de intensitate variabilă şi ulceraţia mucoaselor, uneori acoperită de necroze. Se observă, de asemenea, epilație pasageră care apare de obicei în decurs de două săptămâni după iradiere. Mucoasa și epiteliul cutanat conțin celule radisenzitive cu rată de multiplicare crescută. Cu cât extinderea leziunilor cutanate este mai mare, cu atât prognosticul este mai nefavorabil. Apariţia necrozelor la nivelul mucoaselor constituie semne de gravitate deoarece predispun la infecţii care, datorită depleţiei granulocitare induse de radiații, se complică de obicei cu stări septice și cu decesul pacientului.

Sindromul neurologic se manifestă prin fenomene neurovegetative minore cum ar fi astenie, adinamie, cefalee. Dacă iradierea a fost importantă, pot să apară fenomene neurologice majore cu stări de pierdere a cunoștinței, stupoare, convulsii și comă.

Sindromul digestiv se datorează afectării mucoasei și a epiteliului digestiv. Pacienții acuză dureri abdominale, diaree, stări de deshidratare și dezechilibre electrolitice. Uneori apare esofagita și gastrita cauzată de inhalarea sau de ingestia de alimente radioactive. La nivelul mucoaselor se produc ulcerații care pot evolua până la perforații digestive și peritonită. De obicei, datorită imunităţii scăzute a acestor pacienţi, evoluţia leziunilor digestive este nefavorabilă, cu apariţia de stări septice și decesul pacientului. Uneori se produc hemoragii digestive fulminante, greu de stăpânit datorită trombocitopeniei şi alterării mecanismelor coagulării.

Efectele deterministice ale iradierii asupra cavității orale. La pacienții care efectuează radioterapie pentru tumori localizate

în regiunea capului şi a gâtului, pot fi constatate efectele deterministice directe ale iradierii asupra cavității orale. Radioterapia poate induce modificări ale mucoasei cavității bucale, ale dinţilor, acționează şi asupra glandelor salivare şi influențează flora bacteriană a cavității orale.

Mucoasa orală conţine la nivelul laminei bazale, celule stem radiosensitive, cu mitoza accelerată. Sub influența dozelor crescute de radiații ionizante, mucoasa cavității orale devine eritematoasă şi poate prezenta mici ulcerații, uneori acoperite de pseudomembrane. Modificările locale induse de radiaţie creează discomfort în cursul alimentaţiei, cu dificultăţi de masticaţie şi deglutiţie. Igiena deficitară agravează leziunile mucoasei orale cu apariţia de Candidoze bucale extinse uneori la nivelul tractului digestiv (Figura 11.4).

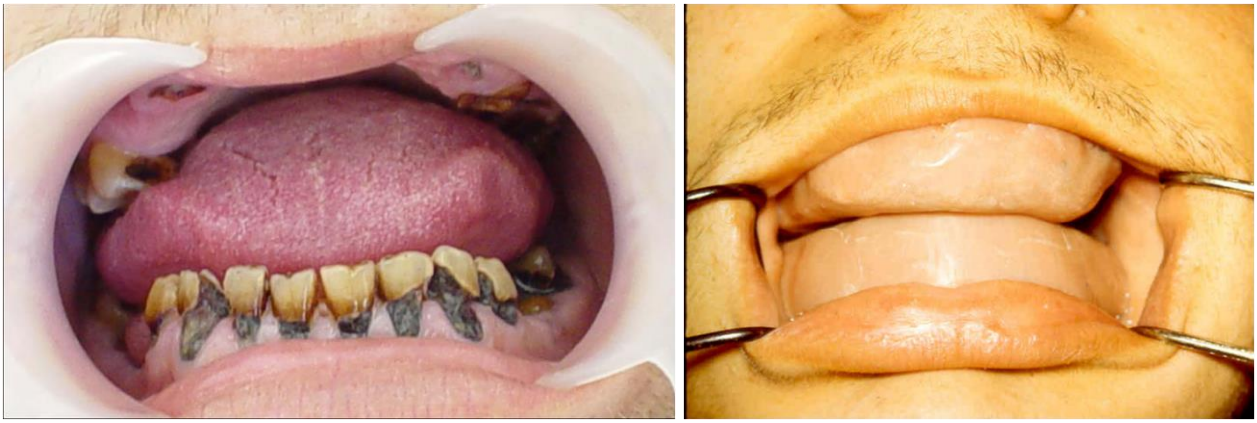
Asupra glandelor salivare, radiațiile ionizante în doze crescute (20-30 Gy) produc scăderea secreției salivare cu xerostomie și modificarea pH-ului salivar. Deoarece celulele seroase sunt mai radiosensibile decât celulele mucoase, sub influența expunerii la radiații, saliva devine mai vâscoasă. Histopatologic, după expunerile indelungate la radiații ionizante, glandele salivare suferă fenomene de fibroză progresivă cu degenerescenţă parenchimatoasă şi xerostomie persistentă. Aceste modificări induc şi proliferarea florei bacteriene din cavitatea orală şi apariţia consecutivă a infecţiilor.

Dezvoltarea plăcii bacteriene după radioterapie este favorizată de modificarea pH-ului salivar, a florei bacteriene din cavitatea orală şi prezenţa xerostomiei. Leziunile mucoasei orale impiedică o igienizare satisfăcătoare a cavităţii orale. La aceşti pacienţi se observă o creştere a speciilor din grupul *Streptococcus mutans, Lactobacillus şi Candida*, care creează o predispoziție a acestor pacienţi pentru dezvoltarea cariilor.

Leziunile carioase post-iradiere sunt de obicei superficiale, nepenetrante în cavitatea pulpară, se extind la grupuri mari de dinţi, uneori la întreaga arcadă dentară. La copiii cu radioterapie în perioada de dezvoltare a dinţilor se poate observa întârzierea în erupţie a dinţilor, anomalii dentare sau de dezvoltare a rădăcinilor, sau chiar tulburări de creştere ale maxilarelor. În general, severitatea leziunilor induse de iradiere depinde de doză şi modul de administrare a dozei. Efectele iradierii asupra cavității orale se pot remite în decurs de două luni după încetarea expunerii la radiații.

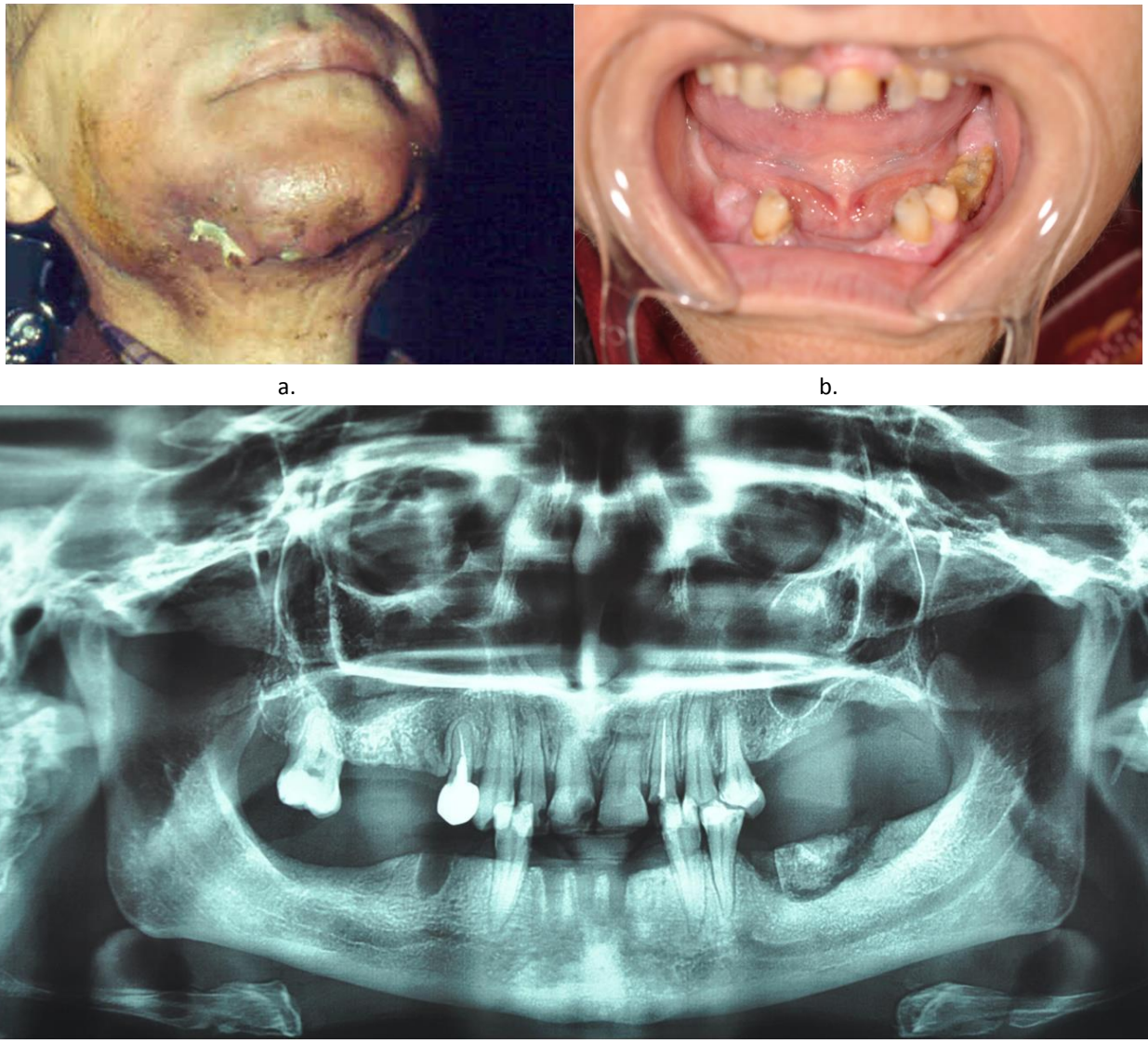
Radiațiile ionizante acționează asupra celulelor osoase cu inhibarea dezvoltării osteoblaştilor. Asupra măduvei osoase produce fenomene de degenerescenţă grasoasă şi fibroză. La oasele maxilare se observă procese de osteoradionecroză cu prezenţa de sechestre osoase care pot să fistulizeze extern. Ostenecroza este o complicaţie serioasă a radioterapiei cancerelor orale (Figura 11.5). Scăderea vascularizării la nivelul oaselor maxilare şi proliferarea microorganismelor din cavitatea bucală conduce la infecţii ale oaselor maxilare ce se pot extinde ulterior în spaţiile cervicale profunde.

Extracţiile dentare, leziunile parodontale sau inflamaţiile pulpare sunt factori care declasează şi întreţin inflamaţiile osoase. Prevenirea infecţiilor osoase maxilare la pacienţii cu radioterapie presupune asanarea corectă a tuturor focarelor dentare înainte de începerea radioterapiei şi aplicarea de metode chirurgicale atraumatice în cursul tratamentelor odontale din cursul radioterapiei.



a. b.

Figura 11.4. a. Leziuni carioase induse de iradiere, cu afectarea mai multor grupuri de dinţi şi localizare la nivelul coletului dentar; b. Gutiere utilizate în radioterapia cancerelor orale pentru prevenirea efectelor iradierii



a. b.

c.

Figura 11.5. a. Modificări cutanate post-iradiere cu prezenţa de ulceraţii şi fistule cutanate; b. Osteoradionecroza maxilarelor cu vizualizarea în hemiarcada stângă mandibulară a necrozei osoase induse de iradiere; c. Radiografie panoramică cu prezenţa unui sechestru osos în regiunea 3.5-3.6

11.7.2. Efectele stochastice ale iradierii

Spre deosebire de efectele deterministice, **efectele stochastice** pot să apară indiferent de doză, fiind posibile chiar şi după expunerile cu doze mici, ca cele utilizate în radiodiagnostic. Efectele stochastice nu sunt însă proporționale cu doza şi ele nu se observă imediat, ci la un interval de timp mai lung, câţiva ani după iradiere.

Riscul de producere al efectelor stochastice poate varia în funcție de susceptibilitatea individuală la radiații, dar riscul este cu atât mai mare cu cât doza la care a fost expusă persoana respectivă a fost mai crescută.

Carcinogeneza este unul dintre efectele stochastice tardive ale iradierii. Există o susceptibilitate individuală la cancer care depinde de vârstă, sex, de individualitățile profilului genetic şi de comportamentul de viaţă sau expunerile din mediu. În prezent, nivelurile de risc care se aplică în radioprotecție au fost stabilite ca o medie individuală, calculată pe baza unor studii epidemiologice de risc efectuate în populațiile largi, după expunerea la doze mari de radiații, survenite în urma exploziilor nucleare. Acest mod de analiză a riscului este însă inexact şi poate să inducă o supraestimare a riscului de apariţie a cancerului pentru expunerile cu doze mici, ca cele utilizate în radiodiagnostic. De asemenea, estimarea actuală a riscului de cancer nu ia în calcul şi susceptibilitatea individuală la radiații sau factorii de mediu la care este expus pacientul.

Expunerile la radiații în radiodiagnosticul dentar creşte predispoziţia pentru tumorile tiroidiene, cerebrale şi ale glandelor salivare. Pacienţii expuşi *in utero* la examinări radiologice sau pacienţii cu radioterapie expuşi în copilărie cu o doză pe organ la nivelul creierului de ~1 Gy, pot dezvolta în timp un risc mai crescut decât cel din populaţia generală pentru dezvoltarea tumorilor cerebrale benigne sau maligne. Un studiu recent arată chiar asocierea dintre meningioamele intracraniene şi radiografiile dentare "toată gura" (full-mouth) efectuate la vârste sub 20 de ani. Studiul a stârnit numeroase critici în special pentru faptul că nu sunt luate în considerare progresele tehnologiei digitale în domeniul reducerii dozelor din radiodiagnosticul dentar.

Glandele salivare sunt expuse în timpul examinărilor radiologice dentare sau la pacienţii cu radioterapie pentru patologia ORL. Incidenţa tumorilor glandelor salivare s-a dovedit a fi mai mare la pacienţii care au efectuat radiografii "toată gura" înaintea vârstei de 20 de ani la doze cumulative la nivelul glandelor parotide de 0,5 Gy.

Incidenţa cancerului tiroidian este mai mare la subiecţii care au fost iradiaţi în timpul copilăriei, frecvenţa cancerelor tiroidiene post-iradiere fiind mai mare la femei faţă de bărbaţi. Riscul cancerului tiroidian radioindus scade în cazul iradierii în perioada adultă.

În afara riscului cancerigen, studii recente arată că iradierea ar fi implicată în iniţierea şi evoluţia unor modificări circulatorii, cognitive sau ereditare, care apar chiar şi la doze reduse, dar mecanismele prin care se produc aceste efecte non-cancerigene nu sunt încă pe deplin documentate.

Riscul apariţiei bolilor cardio-vasculare apare chiar și pentru doze mici de expunere la radiații ionizante, ca de exemplu cele utilizate în radiodiagnosticul dentar dar riscul este variaza in funcție de regimul de viata al persoanei respective.

11.8. Efectele iradierii asupra celulelor somatice şi germinative

Iradierea **celulelor somatice** poate produce mutații ale AND-ului. Aceste modificări afectează însă doar persoana expusă la radiații. Dacă doza de expunere este mare, atunci vorbim de efecte somatice deterministice, iar dacă dozele sunt reduse, apare doar riscul efectelor

stochastice întârziate (efectul cancerigen şi alte efecte non-cancerigene posibile).

În schimb, dacă radiațiile X acționează asupra **celulelor germinative**, mutațiile genetice se pot transmite la descendenți. Doza necesară pentru a se produce mutaţii genetice în celulele germinative este de aproximativ 1 Sievert (Sv).

Așadar, riscul apariţiei unor mutații genetice la descendenți prin iradierea celulelor germinative este practic nulă în radiodiagnosticul dentar.

Efectul expunerilor medicale la radiații ionizante a femeii gravide depinde de perioada de gestaţie în care s-a produs iradierea. Atât embrionul cât şi fătul au o radisensitivitate mai crescută decât a adultului, datorită numărului mare de celule embrionare nediferenţiate.

Faza cea mai senzitivă este primul trimestru de sarcină, între ziua a 18 a şi a 45-a. În perioada de embrion, organgeneza nu este încă încheiată, astfel încât se pot observa efecte malformative ale iradierii în cazul în care este depăşit nivelul de risc al dozei.

Perioada de senzitivitate crescută a creierului la iradiere este între săptămâna a 8-a şi a 15-a de concepţie. Frecvenţa apariţiei retardului mintal după aplicarea unei doze totale de 1 Gy este de 48%. Nivelul de risc pentru efectele produse de iradiere la nivelul creierului este de 0,1 Gy, adică de sute de ori mai mare faţă de cea utilizată în radiodiagnosticul dentar.

Modificări survenite la făt în iradierile din primul trimestru de sarcină:

- microcefalie
- retardare mintală
- cataractă
- malformații genitale
- malformaţii scheletice
- anomalii de dezvoltare a dinţilor şi micrognatie.

Riscul iradierii diminuă mult la fătul aflat după ziua a 50-a de sarcină datorită încheierii organuogenezei.

Efectele iradierii fetale sunt expuse în tabelul 11.6.

Dozele utilizate în radiodiagnosticul dentar sunt scăzute, deşi dozele de iradiere la CBCT variază foarte mult în funcție de aparat și de protocolul de examinare (Capitolul 9). Totodată, estimarea dozelor efective în CBCT este dificilă deoarece necesită utilizarea unor factori de absorbție care depind de geometria şi modul de expunere, de caracteristicile țesuturilor iradiate, dimensiunea câmpului de scanare fiind foarte variabile. Estimarea dozelor efective pentru CBCT şi aprecierea riscului iradierii sunt încă în curs de actualizare.

Sumar

1. Radiobiologia reprezintă ştiinţa care se ocupă cu studiul efectelor biologice ale radiaţiilor ionizante.
2. Producerea efectelor radiaţiilor ionizante se realizează în mai multe etape (fizice şi chimice) care iniţiază modificări moleculare, acestea declanşând apariţia efectelor celulare.
3. În radiodiagnostic, efectele celulare apar printr-un mecanism indirect, secundar ionizării şi acumulării de radicali liberi, cu inducerea modificărilor celulare.
4. Răspunsul celular la iradiere variază de la lipsa consecinţelor asupra funcţiei celulare până la moartea celulară, efectele biologice fiind influenţate de către tipul celulei, fazele ciclului celular, tipul radiaţiilor, rata dozei şi factorii de mediu.
5. Identificarea şi cuantificarea exactă a răspunsului biologic apărut la doze mici de iradiere este dificilă datorită asocierii expunerii la fondul natural de radiaţii şi imposibilitatea separării efectelor celor două tipuri de iradiere

6. Boala acută de iradiere este cel mai important efect determinant care poate să apară în urma expunerii la radiaţii ionizante şi include sindromul hematologic, cutanat, neurologic, digestiv.
7. Radioterapia poate induce modificări ale mucoasei cavităţii orale, a dinţilor, acţionează asupra glandelor salivare şi influenţează flora bacteriană a cavităţii orale.
8. Carcinogeneza reprezintă unul dintre efectele stochastice tardive ale iradierii.
9. Efectele iradierii fetale depind de etapa dezvoltării în momentul expunerii şi doza de iradiere la făt.
10. Importanţa cunoaşterii noţiunilor de radiobiologie are un rol determinant în predicția riscului de apariție a efectelor nocive induse de radiații (cancer şi non-cancer) şi optimizarea utilizării clinice a radiațiilor (în scop diagnostic și/ sau terapeutic).

Tabelul 11.6. Efectele iradierii fetale

Efectele expunerii in-utero (iradierea fetală)	
factorii care influenteaza efectele radiatiei	- doza la făt - etapa dezvoltării în momentul expunerii
Efectele principale ale iraderii fetale	- moartea fetală sau neonatală - malformații - deficiență de creștere - defecte congenitale - cancerul fetal radioindus
Avortul / intreruperea sarcinii	- ar trebui luat în considerare numai atunci când doza fetală a depășit 100 mGy.

Referinţe

Batista WO1, Navarro MV, Maia AF. Effective doses in panoramic images from conventional and CBCT equipment. Radiat Prot Dosimetry. 2012 Aug;151(1):67-75.

Guo Y. Cai Q, Samuels DC, Ye F, Long J, Li CI, Winther JF, Tawn EJ, Stovall M, Lahteenmaki P, Malila, N, Levy S, Shaffer C, Shyr Y, Shu XO, Boice JD Jr. The use of next generation sequencing technology to study the effect of radiation therapy on mitochondrial DNA mutation. Mutat Res. 2012; 744:154-160.

Hall E.J., Giaccia A.J., Radiobiology for the radiologist, 2012, Lippincott William &Wilkins
Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P, Marchal G, Sanderink G, Jacobs R. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications.Eur J Radiol. 2009 Sep;71(3):461-8.

Hedeşiu M., Marcu M., Salmon B., Pauwels R., Oenning A.C. , Almasan O , Roman R. , Baciut M, Jacobs R., DIMITRA Research GroupIrradiation provided by dental radiological procedures in a pediatric population Eur J Radiol. 2018 Jun;103:112-117.

Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, Scheske MJ.Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units.Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(1):20140197.

National Research Council. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2, 2006. http://www.nap.edu/catalog/11340.html
Ngan DC, Kharbanda OP, Geenty JP, Darendeliler MA. Comparison of radiation levels from computed tomography and conventional dental radiographs. Aust Orthod J. 2003 Nov;19(2):67-75.

Pauwels R1, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. Eur J Radiol. 2012 Feb;81(2):267-71.

Qu XM, Li G, Ludlow JB, Zhang ZY, Ma XC. Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010 Dec;110(6):770-6.

Shin HS, Nam KC, Park H, Choi HU, Kim HY, Park CS.Effective doses from panoramic radiography and CBCT (cone beam CT) using dose area product (DAP) in dentistry. Dentomaxillofac Radiol. 2014;43(5):20130439.

Suntharalingam N., E.B. Podgorsak, J.H. Hendry of the IAEA publication (ISBN 92-0-107304-6): *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*

Winnie Wai-Ying Kam, Richard B. Banati, The Effects of Ionizing Radiation on Mitochondria. Free Radical Biology and Medicine. 2013; 65:607-619

Teste recapitulative

1. Radiobiologia:
   a. Studiază efectele biologice ale radiaţtiilor ionizante
   b. Evaluează cantitativ consecinţele asimilării energiei radiaţiilor ionizante de către organismele vii
   c. Evaluează calitativ consecinţele asimilării energiei radiaţiilor ionizante de către organismele vii
   d. Impune o analiză riguroasă a riscului de iradiere în funcţie de situaţia clinică a pacientului
   e. În radiodiagnosticul dentar datorită dozelor mici de iradiere, cunoașterea efectelor biologice nu este necesară

2. Etapele fizice şi chimice de producere a efectelor biologice includ:
   a. Efectul de ionizare al atomilor din ţesuturile expuse la radiaţii ionizante
   b. Procesul de radioliză a apei, cu formare de radicali liberi
   c. Apariţia modificărilor cromozomiale
   d. Producerea de mutaţii genetice şi carcinogeneză
   e. Perturbări ale metabolismului intracelular

3. Efectele biologice depind de:
   a. Tipul celulei
   b. Fazele ciclului celular
   c. Factorii de mediu
   d. Doză
   e. Toate cele de mai sus

4. Transferul linear de energie (LET):
   a. Reprezintă cantitatea de energie depozitată pe unitatea de lungime traversată de radiaţii în mediul respectiv
   b. Evaluează capacitatea radiaţiilor ionizante de a produce leziuni la nivelul ţesuturilor sau a organelor
   c. Se măsoara în mGy
   d. Creşterea LET determină creşterea şansei de apariţie a unui răspuns biologic
   e. Creşterea LET determină scăderea şansei de apariţie a unui răspuns biologic

5. Alegeţi afirmatiile false privind efectele stocastice:
   a. Probabilitatea de apariţie creşte cu creşterea dozei
   b. Probabilitatea de apariţie scade cu creşterea dozei
   c. Severitatea efectului nu depinde de doză
   d. Severitatea efectului depinde de doză
   e. Există o doză prag pentru aceste efecte

6. Nu face parte din boala acută de iradiere:
   a. Sindromul hematologic
   b. Sindromul cutanat
   c. Sindromul neurologic
   d. Sindromul digestiv
   e. Sindromul vascular

7. Asociaţi efectele deterministice ale iradierii cu regiunile/structurile anatomice afectate corespunzătoare:

a. Dificultăţi de masticaţie şi deglutiţie	1. Glande salivare
b. Xerostomie	2. Oase maxilare
c. Leziuni carioase postiradiere	3. Mucoasa orală
d. Osteoradionecroza	4. Cavitate orală
e. Proliferarea florei bacteriene	5. Dinţi

8. Definiţi următorii termeni: efectul bystander, apoptoza, mutaţie, instabilitate genomică, răspuns adaptativ

9. Modificările survenite în iradierile din primul trimestru de sarcină sunt reprezentate de:
   a. Microcefalie
   b. Macrocefalie
   c. Retard mintal
   d. Malformaţii scheletice
   e. Anomalii de dezvoltare a dinţilor şi micrognaţie

10. Efectele principale ale radiaţiilor asupra unui făt sunt:
   a. Moartea fetală sau neonatală
   b. Malformaţii
   c. Defecte congenitale
   d. Accelerarea creşterii
   e. Inducerea cancerului

Capitolul 12.
Radiaţia şi noţiuni de dozimetrie

Autori: *Loredana Bogdan, Ciprian Cîndea, Lucian Hodorog, Maria Marcu*

Cuprins

12.1. Radiaţiile. Definiţie şi tipuri de radiaţii
12.2. Surse de radiatii
12.3. Contaminarea organismului
12.4. Noțiuni de dozimetrie
12.4.1. Tipuri de detectori ai radiaţiilor
12.4.2. Mărimile dozimetrice legate de sursa de radiaţii
12.4.3. Tipuri de doze utilizate pentru evaluarea efectelor iradierii
12.4.4. Nivele de doză în radiodiagnosticul dentar, în contextul expunerii naturale la radiaţii

Obiective

1. Cunoaşterea diferenţelor dintre radiaţiile X şi alte tipuri de radiaţii
2. Cunoaşterea surselor de radiaţii şi a căilor de contaminare radioactive posibile
3. Înţelegerea locului pe care îl ocupă iradierea medicală în contextul iradierii naturale
4. Cunoaşterea unor tipuri de detectori utilizaţi pentru măsurarea radiaţiilor
5. Cunoaşterea rolului mărimilor dozimetrice legate de sursa de radiaţie
6. Descrierea modului de măsurare sau de estimare a mărimilor dozimetrice şi a unităţilor de măsură în Sistemul Internaţional
7. Cunoaşterea modului în care sunt utilizate dozele care caracterizează efectele biologice ale radiaţiilor X: doza echivalentă, doza efectivă şi doza colectivă

Termeni cheie

Debitul dozei
Doza absorbită
Doza colectivă
Doza echivalentă
Doza efectivă
Efecte deterministice
Expunerea
Iradierea naturală
Produsul doză-arie (DAP)
Radiaţii corpusculare
Radiaţii cosmice
Radiaţii electromagnetice
Radiaţii ionizante
Radicali liberi
Radionuclizi
Radonul

12.1. Radiaţiile. Definiţie şi tipuri de radiaţii

Radiaţia este o formă de energie emisă în spaţiu de către o sursă, ea fiind transmisă sub formă de unde sau particule.

În funcţie de forma de energie, putem distinge două tipuri de radiaţii:

- **Radiaţii electromagnetice:** - sunt radiaţii transmise sub formă de unde, cum ar fi: unde radio, TV, radar, microunde, infraroşii, luminoase, ultraviolete, X, gama.
- **Radiaţii corpusculare:** - sunt radiaţii transmise în spaţiu sub formă de particule**:** cu masă - electroni, protoni, neutroni, particule alfa, beta (Capitolul 2) şi fără masă (fotoni) - X, gama.

Capacitatea de ionizare a radiaţiilor depinde de energia lor şi caracterizează radiaţiile cu lungime de undă mai mică de 100 nm. Se pot defini două tipuri de radiaţii:

- **Radiaţii ionizante**: - sunt radiaţii care au capacitatea de a produce ioni: radiaţiile X, radiaţiile alfa, beta, gama, radiaţiile cosmice.
- **Radiaţii neionizante**: - undele radio, TV, radar, microunde, infraroşii, luminoase.

12.2. Surse de radiaţii

Sursele de radiaţii pot fi surse deschise şi surse închise:

- **Surse deschise** - orice material radioactiv care în condiţii normale de utilizare se poate răspândi, provocând contaminări
- **Surse închise**: - orice material radioactiv închis într-un înveliş etanş şi inactiv care prezintă o rezistenţă mecanică, termică şi fizico-chimică, suficientă pentru a împiedica dispersarea materialului radioactiv şi posibilitatea de contaminare a mediului.

În funcţie de modul lor de producere putem distinge surse naturale şi surse artificiale de radiaţii:

Surse naturale de radiaţii

Majoritatea radiaţiilor care ne înconjoară provin din **fondul natural de radiaţii**. Iradierea naturală este determinată de prezenţa anumitor materiale radioactive (radionuclizi) existente în mod natural în mediu. Radionuclizii ajung în interiorul organismului uman pe mai multe căi: ingestia de alimente, apa sau prin inhalarea aerului.

- **radiaţia cosmică** este formata în principal din radiaţii gamma şi particule de energie înaltă (nuclee grele, particule alfa, protoni şi electroni) provenite din spaţiul cosmic. Doza provenită din radiaţia cosmică creşte cu altitudinea şi este influenţată de condiţiile atmosferice.
- **radiaţia terestră** – se datorează celor trei radionuclizi din scoarţa Pământului: uraniu, toriu şi potasiu, iar doza de radiaţii care există în roci şi sol variază pe suprafaţa globului.
- **radonul** – este un element radioactiv în stare gazoasă, existent în mediu, care are o contribuţie majoră la fondul natural de radiaţii. Radonul (Rn-222) din mediu provine din seria radioactivă a Uraniului (U-238) prin dezintegrarea radionuclidului Radiu (Ra-226). Radonul emis din sol sau din materialele de construcţie se poate acumula în spaţiile inchise. Limita maximă admisă de normele în vigoare pentru concentraţia de radon din interiorul clădirilor este de 300 bQ/m^3.

Doza efectivă medie anuală datorată fondului natural de radiaţii este de aproximativ 2,4 mSv pe an (medie globală) şi reprezintă aproximativ 80% din doza efectivă medie totală primită de om.

Surse artificiale de radiaţii

- **Iradierea medicală** constitue doar 11% din iradierea totală a organismului (Figura 12.1) deşi radiaţia ionizantă şi materialele radioactive utilizate în toate domeniile medicale reprezintă cea mai largă sursă de expunere artificială la radiaţii ionizante.

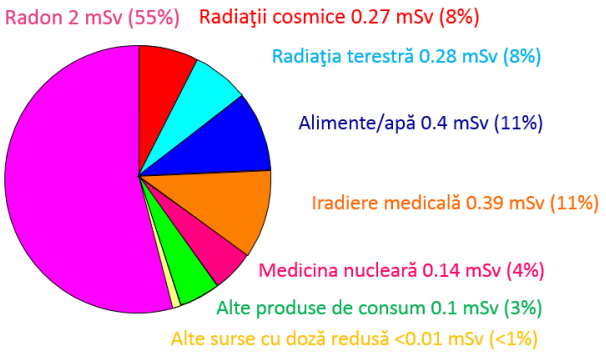


Figura 12.1. Surse naturale şi artificiale de radiaţii

- **Iradierea artificială provenită din alte surse** poate fi generată de:
  - materiale radioactive produse artificial

- dispozitive generatoare de radiații – capabile să producă radiații X, neutroni, electroni sau alte particule încărcate
- testarea armamentului nuclear în atmosferă
- utilizarea industrială a radiaţiilor, transportul şi depozitarea materialelor nucleare, producerea energiei electrice
- explozii nucleare accidentale (Stronţiu 90, Cesiu 137, C14) sau unor scurgeri radioactive de la reactori atomici şi centrale atomoelectrice (Crom 85 şi I 131).

Sursele artificiale de radiaţii ionizante aduc 20% din totalul dozei efective medii anuale.

12.3. Contaminarea organismului

Contaminarea Organismului poate avea loc pe cale externă sau internă.

- **contaminarea externă** - se produce prin depunerea pe tegumente a radionuclizilor din particulele de praf
- **contaminarea internă** - se realizează prin pătrunderea radionuclizilor în organism pe următoarele căi:
  - Inhalare de aerosoli contaminaţi care apar după teste sau accidente nucleare;
  - Ingestie de alimente şi apă contaminate de diverse depuneri radioactive în mediu;
  - Absorbţia tegumentară care poate fi semnificativă în cazul leziunilor tegumentare.

Radionuclizii pătrunşi în corpul uman se pot detecta prin teste specifice în sânge, urină (Iod ^{131}, Cs ^{134} şi Cs ^{137}) sau în materiile fecale (Sr ^{90}). Radionuclizii din sânge pot fi eliminaţi prin urină sau materiile fecale, dar o parte vor trece în ţesuturi de unde pot fi apoi recirculaţi în sânge şi fixaţi din nou în ţesuturi (Tabelul 12.1). Stronţiu (Sr ^{90}) se fixează în oase şi se elimină foarte greu din organism, având o durată de înjumătăţire îndelungată; Cs-137 se fixează în parenchimul diferitelor organe şi în muşchi, dar se metabolizează puternic, eliminându-se mai rapid; I-131 se fixează preponderent în tiroidă şi poate da efecte cancerigene. După accidentul nuclear de la Cernobîl în aprilie 1986, numărul cancerelor tiroidiene la copii a crescut semnificativ.

Tabelul 12. 1. Acumularea Radionuclizilor în organele ţintă

Radionuclizi	Organ/tesut tinta
I^{-131}	Tiroida
Sr^{-90}	Maduva hematopoetica, oase
Cs^{-137}	Muschi, organe moi
H^{-3} (tritium)	Fluide corporale
C^{-14}	Tesuturi grase

12.4. Noţiuni de dozimetrie

Dozimetria este disciplina care studiază metodele de determinare cantitativă a dozelor de radiaţii.

12.4.1. Tipuri de detectori ai radiaţiilor

Detectarea radiaţiilor ionizante şi măsurarea dozelor de iradiere se bazează pe următoarele tipuri de detectori de radiaţii (Figura 12.2):

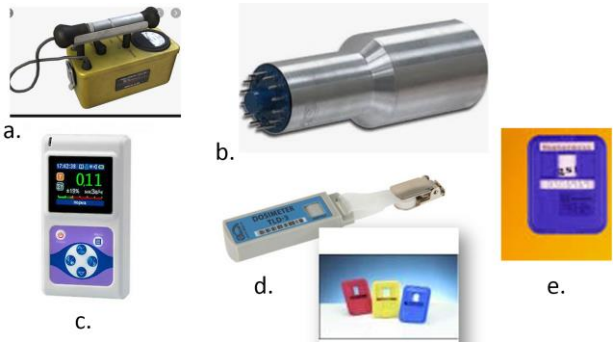


Figura 12.2. Tipuri de detectori ai radiaţiilor
a. Camere de ionizare, b. Contoare Geiger-Mueller, c. Detectori cu scintilaţie, d. TLD, e. Filme fotografice.

- **Dectori bazaţi pe fenomene electrice** (ionizarea mediilor străbătute de radiaţii)
  - *camerele de ionizare*, contoarele proporţionale şi contoarele Geiger-Mueller – determinarea dozei se bazează pe măsurarea sarcinii electrice rezultată în urma ionizării unui gaz;
  - *detectori cu semiconductori* – au la bază fenomenul de ionizare ce are loc în interiorul unui semiconductor;
- **Detectori bazaţi pe fenomene optice** (scintilaţie, luminiscenţă);
  - *detectorii cu scintilaţie* – se bazează pe emiterea de radiaţii luminoase în urma interacţiei radiaţiei ionizante cu o substanţă care poate fi sub formă solidă (cristalul de iodură de sodiu) sau lichidă (solvenţi organici în care se adaugă substanţe scintilante);
  - *detectori termoluminiscenţi* (TLD) – utilizează proprietăţile de termoluminescenţă a unor cristale solide prin care energia absorbită de acestea în urma iradierii este eliberată sub formă de lumină la încălzirea lor peste o anumită temperatură;
  - detectori bazaţi pe luminescenţă stimulată optic (OSL) – constau în cristale care sub influenţa unei lumini de stimulare emit sub formă de luminescenţă energia stocată în urma expunerii la radiaţii ionizante.
- **Detectori bazaţi pe fenomene fotochimice** (impresionarea emulsiilor fotografice).
  - *filme fotografice* – utilizează efectului chimic de înnegrire a filmului fotografic ca rezultat al ionizării microcristalelor de halogenură de argint din emulsia filmului; cantitatea de înnegrire produsă de argintul metalic rezultat este proporţională cu cantitatea de radiaţii primite de emulsie;
- **Detectori bazaţi pe fenomene chimice** (influenţarea cineticii reacţiilor, radiocatalizare);
  - dozimetrele chimice – utilizează reacţiile chimice ale unor substanţe produse în urma iradierii.

12.4.2. Mărimile dozimetrice legate de sursa de radiaţii

a. **Activitatea (A)** este o mărime care se referă la *radionuclizi*. Activitatea unei cantităţi dintr-un radionuclid aflat într-o anumită stare de energie determinată la un moment dat, este raportul dintre dN şi dt,

$$A = \frac{dN}{dt}$$

unde dN reprezintă numărul de nuclee radioactive care se dezintegrează în intervalul de timp dt.

Unitatea de măsură pentru activitate este Becquerel-ul (Bq). Un Becquerel este echivalent cu o dezintegrare pe secundă (Tabelul 12.2).

$$1\ Bq = 1s^{-1}$$

În sistemul vechi, unitatea de măsură a activităţii este Curie-ul (Ci);

$$1Ci = 3{,}7.10^{10}\ Bq$$

b. **Numărul de particule (N)** emise de către sursa de radiaţii în unitatea de timp, reprezintă produsul dintre activitatea sursei A (Bq) şi procentul de emisie γ, adică

$$N = A.\gamma$$

Pentru o sursă de radiaţii care emite rectiliniu în toate azimuturile, într-un volum 4π, debitul sursei de radiaţii va fi determinat de raportul dintre numărul de particule emise (N) şi suprafaţa sferei de diametru d [cm], în centrul căreia se află sursa de radiaţii:

$$\Phi = \frac{A\gamma}{4\Pi d^2}[cm^{-2}xS^{-1}]$$

Tabelul 12.2. Principalele mărimi şi unităţi de măsură ale radiaţiilor X şi gamma

Zona în care se măsoară	Mărimea	Formula de definiţie	Unitatea de măsură în SI	Unitatea veche de măsură	Relaţii de transformare / Factori de conversie
Sursa radiaţii gamma	Radio-activitate	$A = \frac{dN}{dt}$	Becquerel Dezintegrari /s (s^{-1})	Curie	1Bq=27,03x10^{-12}Ci 1 Ci = 3,7 x 10^{10} Bq = 37 GBq
Sursa radiaţii X	Factorii de expunere	-	kV_p, mA, s	-	-
Fasciculul de radiaţii	Expunere (X)	$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m_{aer}}$	$\frac{C}{kgaer}$	R	1C/kg=3876 R 1R =2,58x10^{-4} C/kg = 258 µC / kg
Fasciculul de radiaţii (in aer)	KERMA	$K = \frac{dE_{TR}}{dm}$	$1Gy = 1\frac{J}{kg}$	1rad	1Gy=100rad 1 rad = 10^{-2} J / kg = 10^{-2} Gy
Corpul pacientului	Doza absorbită (D_T)	$D_T = \frac{dE_{abs}}{dm}$	$1Gy = 1\frac{J}{kg}$	1rad	1Gy=100rad 1 rad = 10^{-2} J / kg = 10^{-2} Gy
Efect Biologic	Doza echivalentă (H)	$H = w_R D$	1Sv	1rem	1Sv=100rem 1 rem = 10^{-2} Sv
Risc	Doza efectivă (E_T)	$E_T = w_T \bullet w_R \bullet D$	1Sv	1rem	1Sv=100rem 1 rem = 10^{-2} Sv

c. Parametrii fizici în expunerile cu radiaţii X

Dacă sursa de radiaţii este un *generator de radiaţii – tubul X* – principalele mărimi fizice care îl caracterizează sunt: kilovoltajul tubului (kV), curentul tubului (mA), timpul de expunere (sec.), alături de forma de undă a kilovoltajului, dimensiunea petei focale şi filtrarea totală a tubului X. Toţi aceşti factori determină forma spectrului de radiaţii X.

- **Tensiunea anodică**: se măsoară în kilovolţi (kV). Se referă la tensiunea radiogenă înaltă aplicată între anodul şi catodul tubului Rx pentru a produce accelerarea electronilor emişi de catod spre anodul tubului. La aparatele de radiodiagnostic, valoarea tensiunii anodice este cuprinsă între 22 kV şi 150 kV, iar la aparatele de radioterapie, aceasta se ridică până la 300 kV. În radiodiagnosticul dentar se indică utilizarea unor tensiuni cuprinse între 60-80 kV.
- **Curentul anodic**: se exprimă în miliamperi (mA) şi reprezintă curentul care trece prin tubul Röntgen în timpul unei expuneri. În radiodiagnosticul dentar are valori cuprinse între 0,1 mA şi 150 mA.
- **Timpul de expunere**: se notează cu t şi reprezintă intervalul de timp în care tubul Röntgen generează radiaţii în timpul unei expuneri. Se măsoară în secunde (s) şi are valori cuprinse între 0,05 s în radiografia intraorală şi poate ajunge până la 60-70 s în unele examinari CBCT.

- **Curentul de filament**: se notează cu IF şi se măsoară în amperi (A). Reprezintă curentul electric continuu sau alternativ care trece prin filamentul tubului Rx, producând încălzirea acestuia până la incandescenţă. Se mai numeşte curent de încălzire şi are valori cuprinse între 1,5 şi 12 A. Prin controlul curentului de filament are loc controlul curentului anodic: cu cât curentul de filament este mai mare, cu atât temperatura filamentului este mai mare, numărul de electroni emişi este mai mare, numărul de electroni accelerați spre anod este mai mare, deci valoarea curentului anodic este mai mare.
- **Produsul mAs**: reprezintă o măsură a cantității de radiații emise de tubul X, proporțională cu doza de radiaţii livrată pacientului, fiind produsul dintre curentul anodic şi timpul de expunere. Se măsoară în miliamperisecundă (mAs).
- **Distanţa focar - detector**: Se notează cu FDD (focus-detector distance) şi reprezintă distanţa dintre focarul tubului Röntgen (punctul de formare a radiaţiilor X) şi receptorul de imagine, care poate fi filmul radiologic, suprafaţa de intrare a amplificatorului de imagini sau detectorii digitali. Se măsoară în centimetri (cm) şi are valori de până la 25 cm în radiologia stomatologică intraorală.
- **Focarul anodic real este** suprafaţa de pe anod pe care se produc radiaţiile Röntgen. Focarul are în general o formă dreptunghiulară cu dimensiunile cuprinse între 0,1x0,1 mm şi 2,0x2,0 mm. Focarul anodic aparent este proiecţia la ieşirea din tubul Röntgen a focarului anodic real. Cu cât dimeniunea focarului anodic aparent este mai mică, cu atât imaginea radiologică va avea o netitate mai bună.

12.4.3. Tipuri de mărimi dozimetrice utilizate pentru evaluarea efectelor iradierii

Pentru cuantificarea şi descrierea efectelor radiațiilor ionizante asupra organismului uman, este necesară definirea unor marimi fizice şi unități de măsură specifice, cum ar fi unitățile de doză (Tabelul 12.2). Deoarece efectele radiațiilor ionizante sunt diferite şi depind de foarte mulți factori, ele pot fi descrise de mai multe tipuri de mărimi dozimetrice, în funcţie de parametrul pe care îl caracterizează (absorbția radiaţiilor, efectul biologic, tipul de radiaţie etc.).

a. Mărimile dozimetrice legate de fasciculul de radiaţii

Cele mai importante tipuri de doze sunt prezentate în Tabelul 12.2.

- **Expunerea (X)** este valoarea absolută a sarcinii totale a ionilor de acelaşi semn, produşi în aer, atunci când toţi electronii eliberaţi de fotoni, pe unitatea de masă de aer, sunt complet absorbiţi în aer:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

În sistemul internaţional (SI) se măsoară în Coulomb/kg. Vechea unitate de măsura este Röntgen- ul, 1R =2,58x10^{-4} C/kg.

Expunerea este mărimea dozimetrică ce este definită numai pentru radiaţia electromagnetică care interacţionează cu aerul. Efectul în ţesut va fi, în general, proporțional cu acest efect în aer.

- **Doza absorbită (D)** este definită ca energia absorbită pe unitatea de masă şi se calculează după formula:

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

$d\bar{\varepsilon}$, - este energia medie transmisă de radiaţia ionizată materiei dintr-un element de volum

dm - este masa materiei din elementul de volum respectiv.

Deci prin doza absorbită, înţelegem doza absorbită de un ţesut sau organ.

Unitatea de măsură pentru doză absorbită este Gray-ul (Gy), unde un Gray reprezintă un Joule pe kilogram: 1Gy = 1 J/Kg

- **Debitul dozei absorbite –** reprezintă doza de radiaţie absorbită în unitatea de timp şi se defineşte prin formula:

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

În Sistemul internațional se exprimă în Gray pe secundă: *Gy/s* [Gy . s^{-1}].

- **KERMA** ***(kinetic energy released in a material)*** reprezintă raportul dintre suma energiilor cinetice iniţiale ale tuturor particulelor încărcate pe care le produc particulele neîncărcate într-un element de volum al unei substanţe şi masa acelui element de volum:

$$K = \frac{dE_{TR}}{dm}$$

unde dE_{TR} este valoarea energiei transferate de radiaţiile indirect ionizante particulelor secundare încărcate în volumul elementar dV de masă dm.

În SI şi unitatea pentru Kerma este Gray-ul (Gy) unde un Gray este egal cu un Joule pe kilogram: 1 Gy = 1 J/ kg.

Relaţia între Kerma, doza absorbită şi expunere

În diagnosticul radiologic: Kerma şi Doza absorbită sunt egale.

Expunerea poate fi corelată cu doza în aer sau kerma, aplicând factorii de conversie corespunzători. Dacă se cunoaşte expunerea, se poate calcula doza absorbită într-un material.

$$D\ [Gy] = K\ [Gy] = f\ x\ X[Ckg^{-1}]$$

f = factor de conversie, depinzând de mediul absorbant, ex. $f_{(aer)}$ = 0,869 [Gy/Ckg^{-1}]

b. Mărimile dozimetrice legate de efectele stohastice și deterministice ale radiațiilor – utilizate în protecția radiologică

- **Doza echivalentă H(T)** se defineşte ca doza absorbită în ţesutul sau organul iradiat (D_{TR}), ponderată pentru tipul şi calitatea radiaţiei R.

Se calculează după formula:

$$H(T) = W_R D_{T,R}$$

$D_{T,R}$ - este doza medie absorbită mediată pe ţesutul sau organul T, din cauza radiaţiei R,

W_R - este factorul de ponderare specific pentru fiecare radiaţie (Tabelul 12.3).

Tabelul 12. 3 *Valorile factorilor de ponderare pentru radiaţie, w_R*

Tip şi domeniu de energie	Factor de ponderare pentru radiaţie, w_R
Fotoni, toate energiile	1
Electroni şi mioni, toate energiile	1
Protoni, si pioni incarcati	2
Particule alfa, fragmente de fisiune, nuclee grele	20
Neutroni	Functie de energia neutronilor

Notă: Toate valorile se referă la radiațiile incidente pe corpul uman sau, în cazul surselor interne de radiații, emise de radionuclidul încorporat (radionuclizii încorporați).

Tabelul 12. 4: *Valorile factori de ponderare tisulara, w^T*

Tesut	Factori de ponderare tisulara, w_T	Tesut	Factori de ponderare tisulara, w_T
Măduvă osoasă (roşie)		Vezică	0,04
Colon	0,12	Esofag	0,04
Plămân	0,12	Ficat	0,04
Stomac	0,12	Glandă tiroidă	0,04
Piept	0,12	Suprafață osoasă	0,01
Țesuturi rămase(*)	0,12	Creier	0,01
Gonade	0,12	Glande salivare	0,01
	0,08	Piele	0,01

(*) Valoarea w_T pentru țesuturile rămase (0.12) se aplică mediei aritmetice a dozelor a 13 organe și țesuturi pentru fiecare gen enumerate mai jos. Țesuturi rămase: glandele suprarenale, regiunea extratoracică (ET), vezica biliară, inimă, rinichi, nodurile limfatice, mușchi, mucoasa orală, pancreas, prostată (bărbați), intestinul subțire, splină, timus, uter/cervix (femei).

Pentru radiaţiile X, factorul de absorţie al radiaţiilor ($W_{R)}$ este 1, deci doza echivalentă (H) este egală cu doza absorbită (D).

În cazul în care câmpul de radiaţii este compus din tipuri şi valori diferite ale W_R, doza echivalentă totală H(T), se calculează după formula:

$$H_T = \sum_R w_R D_{TR}$$

Unitatea de măsură pentru doza echivalentă este Sievert-ul (Sv). Un Sievert (Sv) este echivalentul unui Joule pe kilogram (J/kg): $1Sv = 1Jkg^{-1}$

- **Doza efectiva (E)** reprezintă suma dozelor echivalente ponderate absorbite de toate ţesuturile şi organele organismului din expunere externă şi internă.

  Ea se defineşte prin relaţia:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R W_R D_{TR}$$

D_{TR} - este doza medie absorbită de ţesutul sau organul T, din cauza radiaţiei R

W_R- este factorul de ponderare pentru radiaţie

W_T- este factorul de ponderare tisulară pentru ţesutul sau organul T

Unitatea de măsură pentru doza efectivă este Sievert-ul (Sv).

Doza efectivă (E) este utilizată pentru compararea dozei de iradiere datorată unor tehnici radiologice variate la nivelul diferitelor ţesuturi sau a întregului organism. Această doză este utilizată ca parametru în estimarea riscului de carcinogeneză indus de radiaţia ionizantă, deoarece ține cont în calculul ei de radiosensibilitatea diferită a ţesuturilor.

Doza efectivă poate fi estimată pe ţesut sau pe întregul corp. În literatură, prin termenul de doză se subînţelege doza efectivă.

- **Doza colectivă** reprezintă doza efectivă determinată la nivelul unei anumite populaţii într-un interval de timp bine stabilit. Ea se calculează ca suma dozelor efective individuale provenite dintr-o anumită procedură radiologică la nivelul unei populaţii.

  Doza colectivă = E x populaţia

  - Unitatea de măsură în Sistemul Internaţional este om-Sv.

c. Mărimi dozimetrice specifice utilizate în radiodiagnosticul dentar

Mărimi care se pot măsura

- Doza/Kerma la suprafaţa de intrare (ESD- Entrance Skin Dose) – examinările intraorale
- Produsul doză-arie (DAP / KAP – Dose / KERMA Area Product) – examinările panoramice și CBCT
- Indicele de doză CT (CTDI, $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$, $CTDI_{100}$) - pentru examinările CT
- Produsul doză-lungime de scanare (DLP) - pentru examinările CT
- Indici de doză în radiologia digitală

Mărimi care se estimează (de regulă prin software-uri bazate pe simulări Monte Carlo)

- Doza organ (D_T)
- Doza efectivă

12.4.4. Nivele de doză în radiodiagnosticul dentar în contextul expunerii naturale la radiaţii

Nivelele de doză pentru diferite tipuri de expunere (radiografie periapicală, radiografie panoramică, CBCT) utilizate în radiodiagnsoticul dentar sunt prezentate în capitolul 13. Pentru a înţelege mai bine riscul expunerilor medicale la radiaţii, vom da ca exemplu numeric, doza de 1 Gy, care reprezintă o cantitate relativ mare de radiaţii. Faţă de această doză, nivelurile de iradiere sunt următoarele:

- Dozele utilizate în radioterapie sunt > **1Gy**.
- Doza absorbită de populaţie datorată fondului natural de radiaţii (componentei terestre, cosmice, sau datorată radioactivităţii interne, radonului etc.) este în jur de **0,002 Gy**.
- Dozele absorbite de pacienţi printr-o procedură de radiodiagnostic convenţional sunt de obicei < **0,001 Gy**, adică reprezintă expunerea pe **½ an la fondul natural**.
- Doza absorbită datorată unei proceduri CT este echivalentă cu doza absorbită într-un **an din fondul natural**.
- Doza datorată expunerilor retroalveolare, panoramice şi cefalometrice este echivalentă cu o expunere de **1-5 zile la fondul natural (0,024 mGy)**.
- doza datorată CBCT prezintă variaţii foarte largi, fiind echivalentă cu o expunere la fondul natural de **5 zile-6 luni (0, 087 mGy)**

Sumar

- radiaţiile X sunt radiaţii ionizante cu un caracter dual, de undă şi corpuscul
- dozimetria este disciplina care studiază metodele de determinare cantitativă a dozelor de radiaţii
- iradierea medicală trebuie privită în contextul iradierii naturale a populaţiei
- Expunerea, ca mărime, caracterizează capacitatea radiației de a produce ionizarea aerului
- doza absorbită caracterizează cantitatea de energie depozitată de radiaţii la nivelul unui ţesut sau organ
- doza echivalentă este utilizată pentru caracterizarea dozei absorbite de un anumit ţesut sau organ în urma expunerii la diferite tipuri de radiaţii
- doza efectivă este un parametru utilizat în estimarea riscului de carcinogeneză indus de radiația ionizantă
- doza colectivă însumează totalitatea dozelor efective individuale provenite dintr-o anumită procedură radiologică la nivelul unei populaţii intr-un interval de timp stabilit
- doza datorată expunerilor medicale în radiodiagnosticul dentar este <0,001 Gy, iar doza absorbită de populaţie datorată fondului natural de radiaţii este de 0,002 Gy în decursul unui an.

Referințe

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180.pdf
Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2,
http://www.nap.edu/catalog/11340.html

Pauwels Ruben Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging ; dose matters, Radiation Protection Dosimetry (2015), pp. 1–6

ICRP129- Radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT)-4831-9482-1403 17 June 2014

White, Stuart C., Pharoah, Oral Radiology Principles And Interpretation Textbook 7th Edition 2015,

Hart, D, Wall BF, Hillier MC, Shrimpton PC. Frequency and Collective Dose for Medical and Dental X-ray Examinations in the UK, 2008. Health Protection Agency HPA-CRCE-012, 2010

Population Dose from Dental Radiology: 2010 HealthDIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS IN MEDICAL IMAGING: REVIEW AND ADDITIONAL ADVICE A web module produced by Committee 3 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP)

ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

Smith KR, Bexon AP, Sihra K, Simmonds JR (HPA) Lochard J, Schneider T, Bataille C (CEPN) Guidance on the calculation, presentation and use of collective doses for routine discharges Radiation Protection 144 https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/144.pdf

ICRP 180 Medical Radiation Exposure of the European Population

Kutanzi KR1, Lumen A2, Koturbash I3, Miousse IR4.Pediatric Exposures to Ionizing Radiation: Carcinogenic Considerations Int J Environ Res Public Health. 2016 Oct 28;13(11). pii: E1057.

ICRP 129 June 2014 Radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT)

ICRP 154 European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures ANNEX 1 – DD Report 1 REVIEW OF RECENT NATIONAL SURVEYS OF POPULATION EXPOSURE FROM MEDICAL X-RAYS IN EUROPE Radiation Protection 2008

DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS IN MEDICAL IMAGING: REVIEW AND ADDITIONAL ADVICE A web module produced by Committee 3 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Teste de verificare a cunoştinţelor

1. Stabiliţi corespondenţa între următoarele mărimi şi unităţi dozimetrice

1. Doza efectivă	a. Caracterizează capacitatea radiației de a produce ionizarea aerului
2. Doza echivalentă	b. caracterizează iradierea totală a unei populaţii intr-un interval de timp
3. Expunerea	c. caracterizează expunerea la radiaţii la nivelul unui ţesut sau organ
4. Doza absorbită	d. este utilizată pentru compararea efectelor iradierii provenite din diferite tipuri de expunere
	e. unitatea de măsură este Gray-ul (Gy)
	f. unitatea de măsură este Sievert-ul (Sv)

2. Definiţi doza colectivă: _____
   _____
3. Comparaţi iradierea rezultată din expunerea la CBCT cu cea din radiografiile panoramice
   _____
   _____
4. Cum consideraţi că este doza colectivă rezultată din radiodiagnosticul dentar faţă de cea rezultată în urma iradierilor medicale? Argumentaţi răspunsul -
   _____
   _____
5. Care este mărimea dozimetrică utilizată pentru compararea efectelor biologice ale iradierii?
6. Ce mărimi dozimetrice specifice radiodiagnosticului dentar pot fi doar estimate prin simulările Monte-Carlo?

Capitolul 13
Principiile radioprotecției în medicina dentară

13.1. Justificarea expunerilor la radiaţii

Autori: Mihaela Hedeşiu, Cosmin Faur, Horaţiu Rotar

Cuprins

13. Principiile generale ale radioprotecţiei în medicina dentară
13.1. Justificarea expunerilor la radiaţii X
13.1.1. Criteriile de referință în recomandarea investigaţiilor radiologice
13.1.2. Indicaţiile examenului radiologic în diagnosticul cariei dentare
13.1.3. Examenul radiologic în perioada dezvoltării dentaţiei
13.1.4. Examenul radiologic în diagnosticul ortodontic
13.1.5. Examenul radiologic în diagnosticul parodontal
13.1.6. Examinarea radiologica în terapia implantologică
13.1.7. Examenul radiologic în diagnosticul endodontic
13.1.8. Examenul radiologic în managementul chirurgical al extracţiei dentare
13.1.9. Examenul radiologic în patologia articulației temporo-mandibulare (ATM)
13.1.10. Examenul radiologic la pacienţii adulți nou veniti în cabinet

Obiective

1. Înţelegerea principiilor generale pe care se bazează radioprotecţia în practica stomatologică
2. Definirea pricipiului ALARA şi exemplificarea lui în practica stomatologică
3. Cunoaşterea indicaţiilor examinărilor radiologice bidimensionale în diferite afecţiuni dentare şi maxilofaciale
4. Cunoaşterea indicaţiilor examinărilor radiologice 3D CBCT în diferite afecţiuni dentare şi maxilofaciale
5. Radiodiagnosticul iniţial al pacienţilor noi în cabinetul stomatologic
6. Cunoaşterea limitelor examinărilor radiologice bidimensionale în diferite afecţiuni
7. Dezvoltarea raţionamentului critic al medicului stomatolog pentru o recomandare adecvată a investigaţiilor radiologice
8. Înţelegerea şi aplicarea în practică a principiului risc-beneficiu în explorarea radiologică

Termeni cheie

ALARA
articulaţia temporo-mandibulară
cariologie
CBCT
criterii de referinţă
eficienţa expunerii
endodonţie
FOV risc-beneficiu
implantologie
justificare
limitarea dozelor
optimizare
ortodonţie
radiografia bite-wing
radiografie cefalometrică
radiografie panoramică
radiografie periapicală
radioprotecţie

Protecţia radiologică este reprezentată de totalitatea metodelor de reducere a efectelor nocive ale radiaţiilor ionizante. Măsurile de radioprotecţie vizează prevenirea producerii efectelor deterministice şi reducerea riscului de apariţie a efectelor stochastice (în principal cancerigene), până la un nivel de acceptabilitate.

În iradierea medicală, acceptabilitatea trebuie definită prin balanța risc-beneficiu privind radiaţiile, evaluând întotdeauna aportul

pe care examinarea radiologică îl are asupra diagnosticului sau a tratamentului.

Fie că vorbim despre imagini radiologice 2D sau de scanările 3D, radioprotecția este un parametru care trebuie luat în calcul atât din perspectiva pacientului, cât și a personalului medical.

Radioprotecția se bazează pe trei principii prin care se realizează controlul expunerilor radiologice:

- **justificarea**
- **optimizarea**
- **limitarea dozelor**

O persoană care este obiectul unei expuneri în scop medical beneficiază de avantajele stabilirii unui diagnostic corectsau a unui tratament adecvat, dar totodată este afectată și de riscurile asociate expunerii la radiații. Conform principiului justificării, efectuarea unei activități care utilizează radiații ionizante este justificată dacă beneficiile care rezultă de pe urma acelei practicii sunt mai mari decât efectele negative asupra sănătății pe care le poate avea.

Toate examinările cu raze X trebuie să fie riguros justificate pentru fiecare pacient, în funcţie de vârstă, patologia investigată, istoricul radiologic al pacientului şi de modalităţile de investigaţie radiologică disponibile. Nici o expunere medicală nu trebuie indicată, decât după ce s-a efectuat un examen clinic și o anamneză minuțioasă a pacientului.

Este inacceptabilă efectuarea "de rutină" a radiografiei, bazată pe o abordare generală, în locul prescrierii individualizate a radiografiilor. O examinare "de rutină" sau "de screening" este definită ca examinarea în care este efectuată o radiografie indiferent de prezența sau absența semnelor și simptomelor clinice.

În medicină, există trei nivele ale principiului justificării explorarilor radiologice:

1. O anumită procedură radiologică trebuie ***să fie definită din punct de vedere al riscului şi al beneficiului adus pacientului.*** Scopul acestui principiu este să cântărească dacă procedura radiologică va aduce informații suplimentare care să îmbunătățească diagnosticul și planul de tratament. Orice situație care necesită modificarea tehnicii, trebuie să aducă un benefiu mai mare decât riscul. Beneficiul presupune creșterea acurateții diagnosticului și a rezultatelor consecutive tratamentului, evitând riscul de apariție ulterioară a cancerului, a unor posibile modificări genetice sau a reacțiilor tisulare. Riscurile și beneficiile unei proceduri radiologice sunt totuși dificil de cuantificat exact, datorită variabilității individuale a subiecților umani și a lipsei de cunoaștere a dimensiunii exacte a beneficiului înainte de a afla rezultatele investigației. Astfel se pot face doar recomandări generale cu privire la alegerea particulară a imagisticii, în funcție de caracteristicile cazului. Nicio expunere medicală nu trebuie selectată decât după ce s-a efectuat un consult clinic și o examinare atentă a istoricului pacientului, deoarece orice expunere la radiaţii ionizante supune pacientul la un anumit risc. Totuși, pentru radiografiile dentare, riscul stochastic este mic.
2. ***Alegerea unei investigații imagistice non-ionizante*** este preferabilă atunci când situația clinică o permite. Ecografia sau rezonanța magnetică, sunt examinari imagistice de preferat, în special, în cazul copiilor și al femeilor însărcinate.
3. ***Posibilitatea temporizării*** examinării radiologice trebuie luată în considerare dacă starea clinică a pacientului permite acest lucru, acest principiu fiind important mai ales în expunerile radiologice la copii.

Optimizarea protectiei radiologice in expunerile medicale se bazează pe **principiul ALARA** (As Low As Reasonably Achievable) care afirmă că dozele de radiații primite de către pacient în urma unei investigații radiologice trebuie reduse la nivelul minim acceptabil

pentru ca imaginea radiologică să permită obţinerea unor informaţii cât mai complexe şi de calitate pentru diagnostic, dar cu preţul unei iradieri minime posibile în situaţia clinică respectivă.

Al treilea principiu al protectiei radiologice se referă la limitarea dozelor. Pentru personalul expus profesional la radiații ionizante și pentru persoanele din populație se aplica limitele de doză stipulate în legislația în vigoare. Pentru pacienții expuși medical la radiații nu se utilizează limite de doză, se aplica doar principiile justificarii și optimizării.

13.1.1. Criteriile de referinţă în recomandarea investigaţiilor radiologice din medicina dentară

Pentru îndeplinirea condiţiilor de justificare a radiografiilor, societăţile profesionale internaţionale din domeniul medicinii dentare, împreună cu Agentia Internationala pentru Energie Atomica (International Atomic Energy Agency - IAEA), au formulat şi au adoptat ghiduri clinice de utilizare şi de prescriere a examinărilor radiologice dentare.

Criteriile de referinţă în radiologie reprezintă doar un set de recomandări care nu au intenția să fie constrângeri rigide în practica clinică, ci un concept de bună practică, în care se iau în considerare nevoile particulare ale pacientului, doza și riscurile expunerii la radiaţii.

Criteriile pentru indicația unei examinări radiologice trebuie să țină cont de:

- necesitatea justificată a explorării imagistice
- gradul de urgență în examinarea radiologică
- caracteristicile expunerii medicale la radiații
- caracteristicile individuale ale pacienților
- posibilitatea obținerii de informații medicale relevante din examinări radiologice anterioare

În mod teoretic, existența unor cabinete de radiologie integrate în cabinetele dentare ar putea crește frecvența examinărilor radiologice datorită posibilităților nelimitate de examinare. Medicul stomatolog este primul care trebuie să țină cont de ghidurile de recomandare atunci când decide solicitarea unor radiografii, dar şi medicul radiolog din centrul de explorare imagistică are dreptul de a alege cea mai potrivită metodă de diagnostic, adaptată cazului clinic respectiv. Medicul stomatolog are obligaţia să formuleze un bilet de trimitere complet, cu informațiile clinice relevante ale cazului, care să însoţească pacientul în laboratorul de radiologie. Indicaţia unei noi radiografii trebuie să țină cont întotdeauna de istoricul radiologic al pacientului și de informațiile complementare pe care ar putea să le aducă în plus efectuarea unei noi radiografii.

13.1.2. Indicaţiile examenului radiologic în diagnosticul cariei dentare

Caria este o boală multifactorială, la care pacienții prezintă un grad de risc diferit. De aceea, înainte de efectuarea unei radiografii pentru depistarea cariilor dentare, este necesară evaluarea clinică a leziunilor carioase anterioare şi aprecierea riscului de carie pe baza investigaţiei unor obiceiuri alimentare, indicatori clinici ai igienei dentare, a calităţii şi cantităţii secreţiei salivare și a istoricului medical și social al pacientului.

Radiografiile bitewing constituie un ajutor esențial în diagnosticul de carie. Mulți autori raportează o contribuție semnificativă la stabilirea diagnosticului prin utilizarea radiografiilor bitewing, variind cu 150 % pâna la 270 % față de examinarea clinică (Figura 13.1.1).

Figura 13.1.1. Radiografie bitewing efectuată pentru investigarea leziunilor carioase de pe fețele proximale ale dinților.

Radiografia bite-wing trebuie să fie realizată cu o anumită periodicitate, în funcţie de riscul cariogen al pacientului.

- pacienții cu risc crescut - la fiecare 6 luni până nu se mai observă leziuni noi sau alte leziuni active
- risc moderat - control radiologic anual
- risc scăzut – control radiologic la 12-18 luni pentru dentația temporară a copiilor și la 24 de luni pentru dentația permanentă, atât a copiilor, cât și a adulților.

Înaintea fiecărei reevaluări radiologice se va reconsidera riscul individual de carie în funcţie de examenul clinic şi de apariția de noi leziuni de la ultima expunere.

Aceste intervale de timp pentru realizarea radiografiei bitewing sunt necesare deoarece leziunea timpurie a smalțului progresează relativ lent, fiind nevoie de aproximativ 2 ani pentru ca leziunea să ajungă la dentină, chiar dacă evoluția nu este inevitabilă.

Examinarea CBCT nu este justificată în caria dentară, deoarece informaţiile aduse nu sunt superioare celor din radiografiile intra-orale, cu doză mai redusă de iradiere.

Metodele non-iradiante constituie alternative ale radiografiei care trebuie să fie luate în considerare atunci când ele sunt disponibile în cabinetul stomatologic: fibroscoape intraorale (Fibre Optic Trans Illuminance - FOTI), măsurători de conductibilitate electrică (ECM). Alte tehnologii mai noi includ: fluorescență cantitativă indusă de lumină (Quantitative Light - Induced Fluorescence (QLF), fluorescență cu laser în infraroșu (Infrared Laser Fluorescence - DIAGNOdent) și fibroscoape intraorale digitale (Digital Imaging Fiber Optic Transillumination - DIFOTI). Unele dintre aceste tehnici au o valoare limitată din punctul de vedere al acurateței diagnosticului sau sunt limitate ca disponibilititate comercială, totuși, multe dintre ele rămân promițătoare și pot deveni metode de rutină pentru practician.

13.1.3. Examenul radiologic în perioada dezvoltării dentaţiei

Există mulți copii care necesită tratament ortodontic. Cei mai mulți copii sunt tratați adecvat în jurul vârstei de 12-13 ani, după încheierea erupției dentației permanente. În această perioadă este necesară o evaluare radiologică pentru a confirma prezența și starea dinților permanenți.

Ocazional, poate fi necesară şi o examinare radiografică la o vârsta mai timpurie, mai ales în cazul în care se observă clinic anomalii ale erupţiei dentare sau în cazul în care copilul acuză dureri (Figura 13.1.2) .

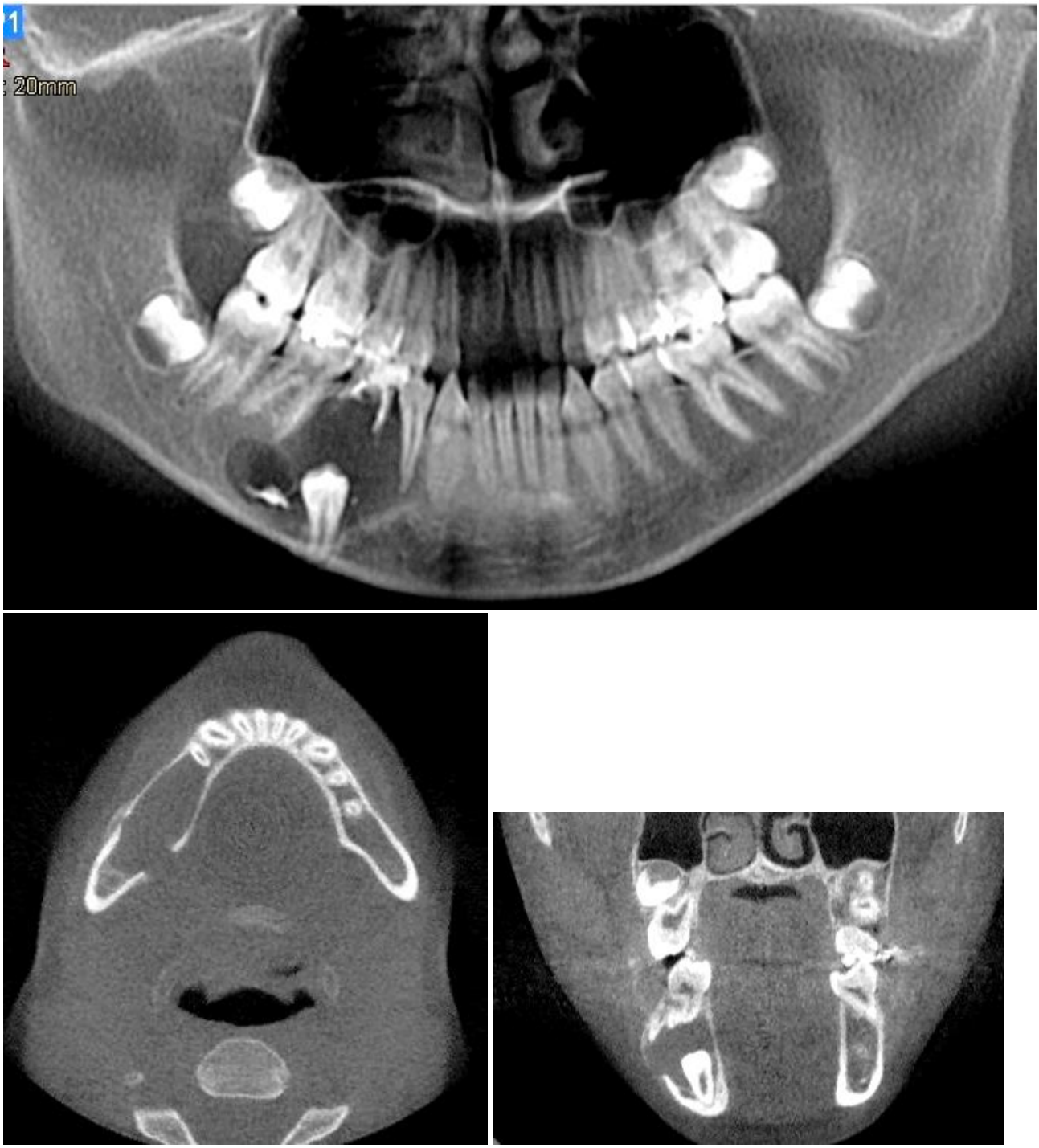


Figura 13.1.2. Imagine CBCT a unui chist folicular cu punct de plecare 4.5 inclus. Se remarcă absența dintelui 4.5 de pe arcadă și osteoliza corpului mandibular drept. A - Reconstrucția panoramică; B – Secțiunea axială; C – Secțiunea transversală.

De obicei, examinarea radiologică constă într-o **radiografie panoramică** care oferă o imagine de ansamblu a ambelor arcade dentare, a dinţilor prezenţi pe arcadă precum şi a foliculilor dentari (Figura 13.1.3).

Expunerea la radiații ionizante a copiilor prezintă riscuri mai mari decât expunerea adulților. În consecință, importanța justificării radiografiei este esențială la orice vârstă în perioada copilăriei. Utilizarea unor radiografii panoramice de referinţă, efectuate anterior trebuie să ghideze medicul stomatolog în alegerea şi justificarea unei noi radiografii, evitând iradierea inutilă care expune copilul la un risc nejustificat.

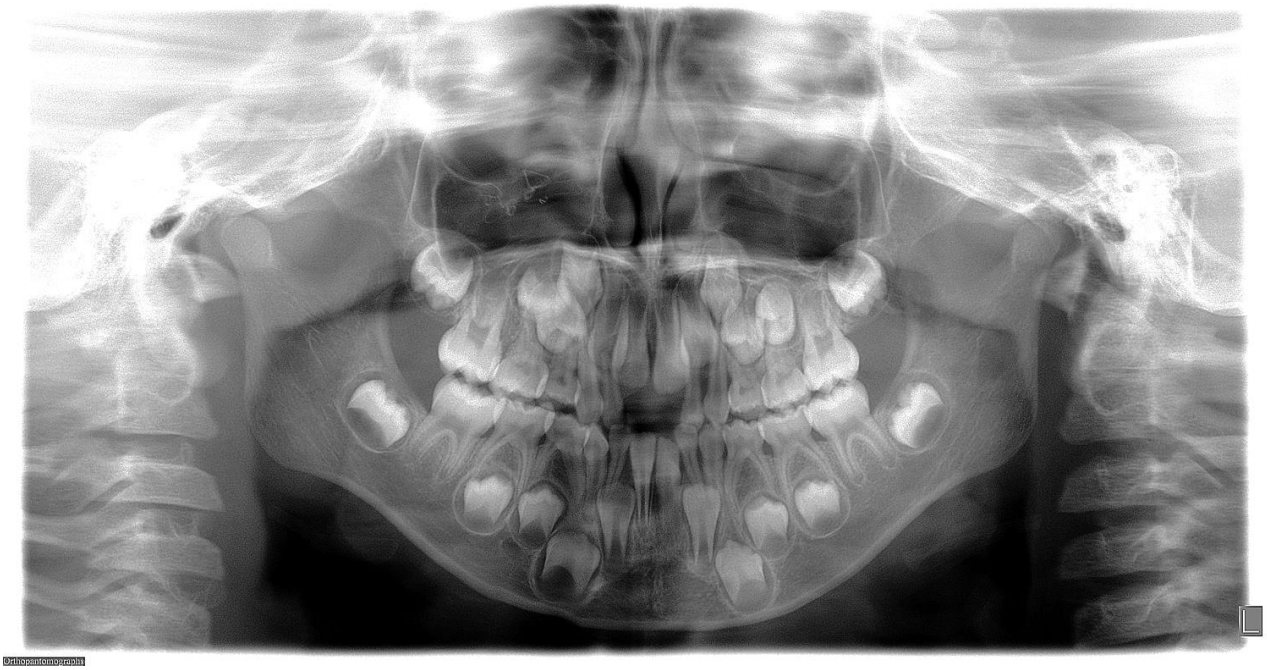


Figura 13.1.3. Radiografia panoramică a unui pacient de 7 ani efectuată pentru evaluarea erupției dentare.

Radiografiile ocluzale furnizează în puține cazuri informații suplimentare față de examinarea panoramică (Figura 13.1.4).

Figura 13.1.4. Radiografie ocluzală a arcadei inferioare. Informațiile oferite sunt limitate doar la modificările în plan sagital.

Examinarea CBCT este rareori necesară în perioada dentaţiei mixte, ea fiind justificată în următoarele situaţii:

- hipodonţia diagnosticată pe baza unei radiografii panoramice, pentru a exclude o posibilă ectopie dentară (Figura 13.1.5)
- hiperdonţia - dinţii supranumerari au de obicei o formă modificată, prezintă o incluzie profundă, interferând cu structuri anatomice importante (canal mandibular, sinus maxilar, fose nazale), au poziţii atipice în arcada dentară şi determină frecvent resorbţii radiculare la dinţii adiacenţi. Examinarea CBCT aduce informaţii suplimentare referitoare la diagnostic şi ajută la planificarea terapiei chirurgicale (Figura 13.1.6)
- despicăturile osoase palatinale şi alte anomalii craniofaciale sindromice care se însoţesc frecvent de anomalii dentare
- traumatisme dentare - aduce informaţii complete asupra structurilor osoase şi dentare interesate şi poate influenţa prognosticul dintelui, influenţând alegerea dintre un tratament conservativ şi unul chirurgical (Figura 13.1.7)
- traumatisme maxilo-faciale - stabileşte extindereea leziunilor şi poate da infornaţii asupra fracturilor condiliene care nu sunt vizibile pe radiografiile panoramice

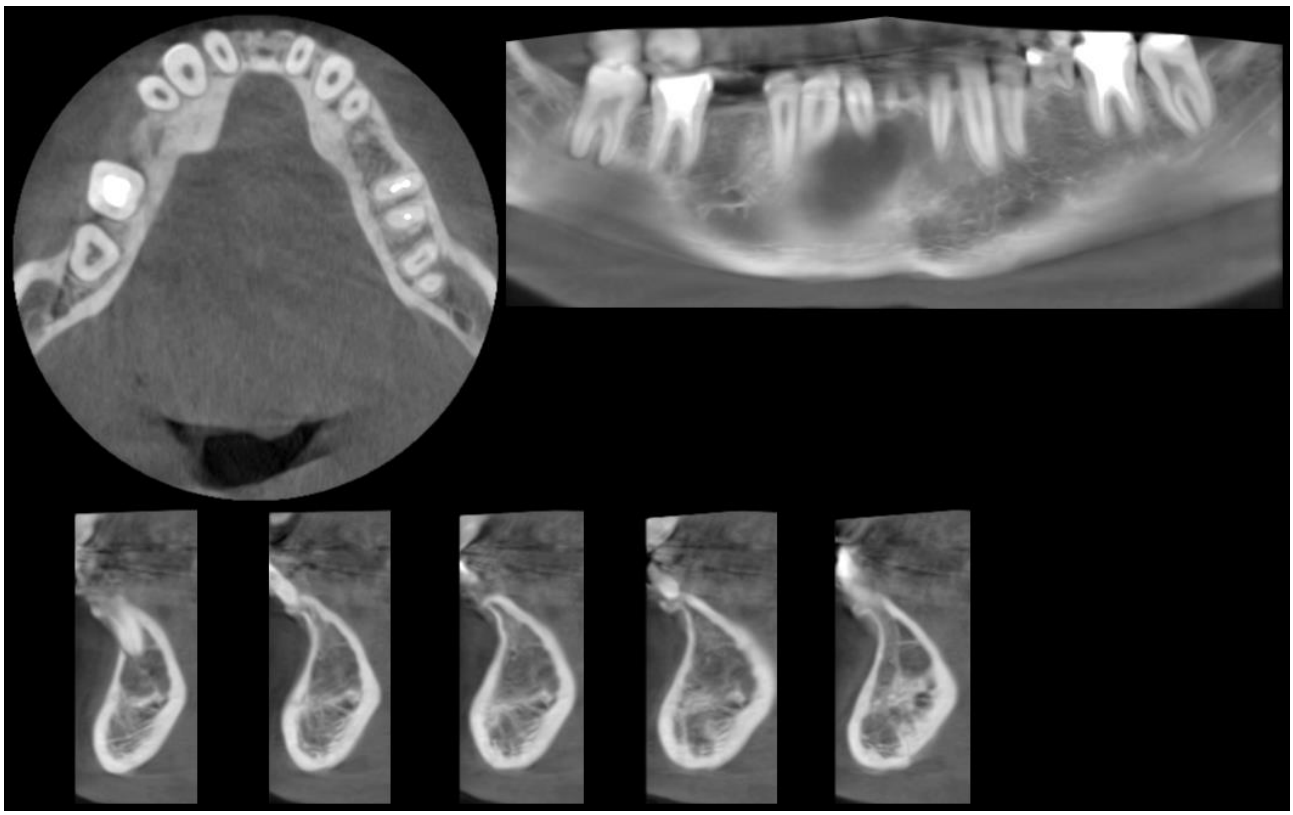


Figura 13.1.5. Imagine CBCT a unei hipodonții mandibulare. Se remarcă agenezia dinților 31, 35, 41, 45.

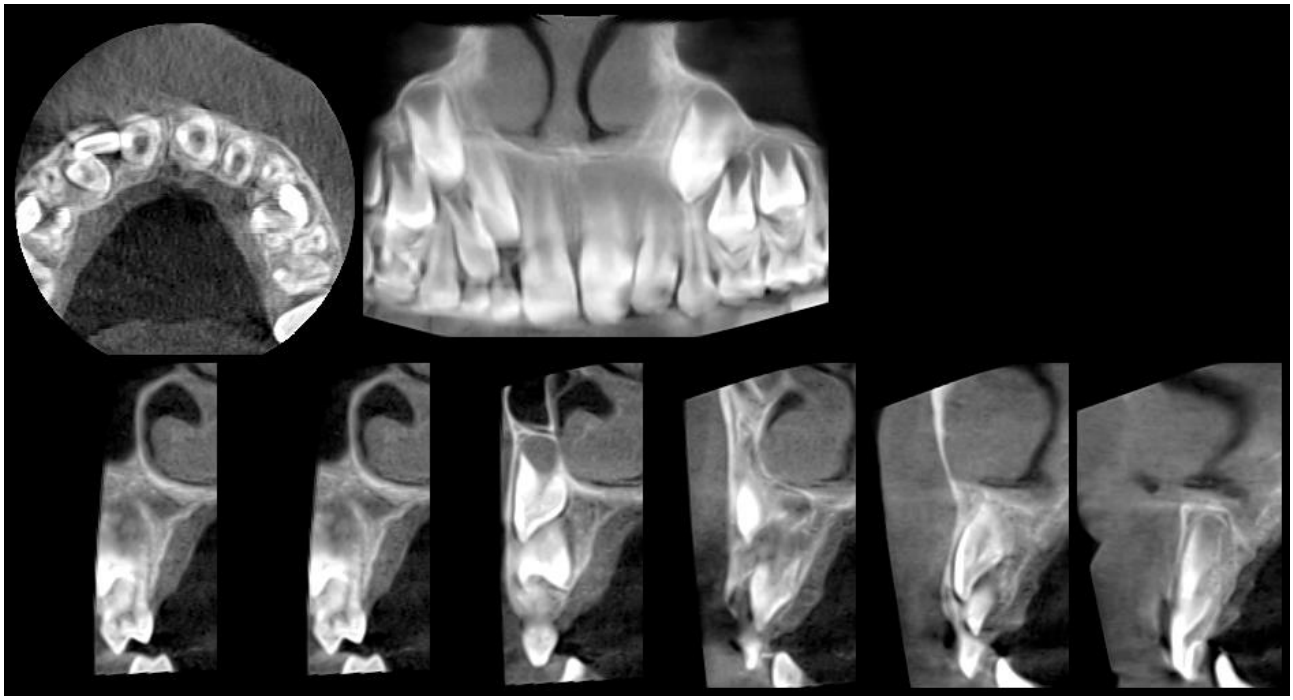


Figura 13.1.6. Imagine CBCT a unui incisiv lateral superior supranumerar (1.2) ce împiedică erupția dintelui din seria normală.

- tumori osoase - deşi sunt rare, se pot întâlni la această vârstă chiste osoase de dezvoltare, displazia fibroasă, keratochistul odontogen, displazia florida etc. Aceste leziuni pot interfera cu erupţia dentară creând obstacole în calea dezvoltării dinţilor permanenţi (Figura 13.1.8).

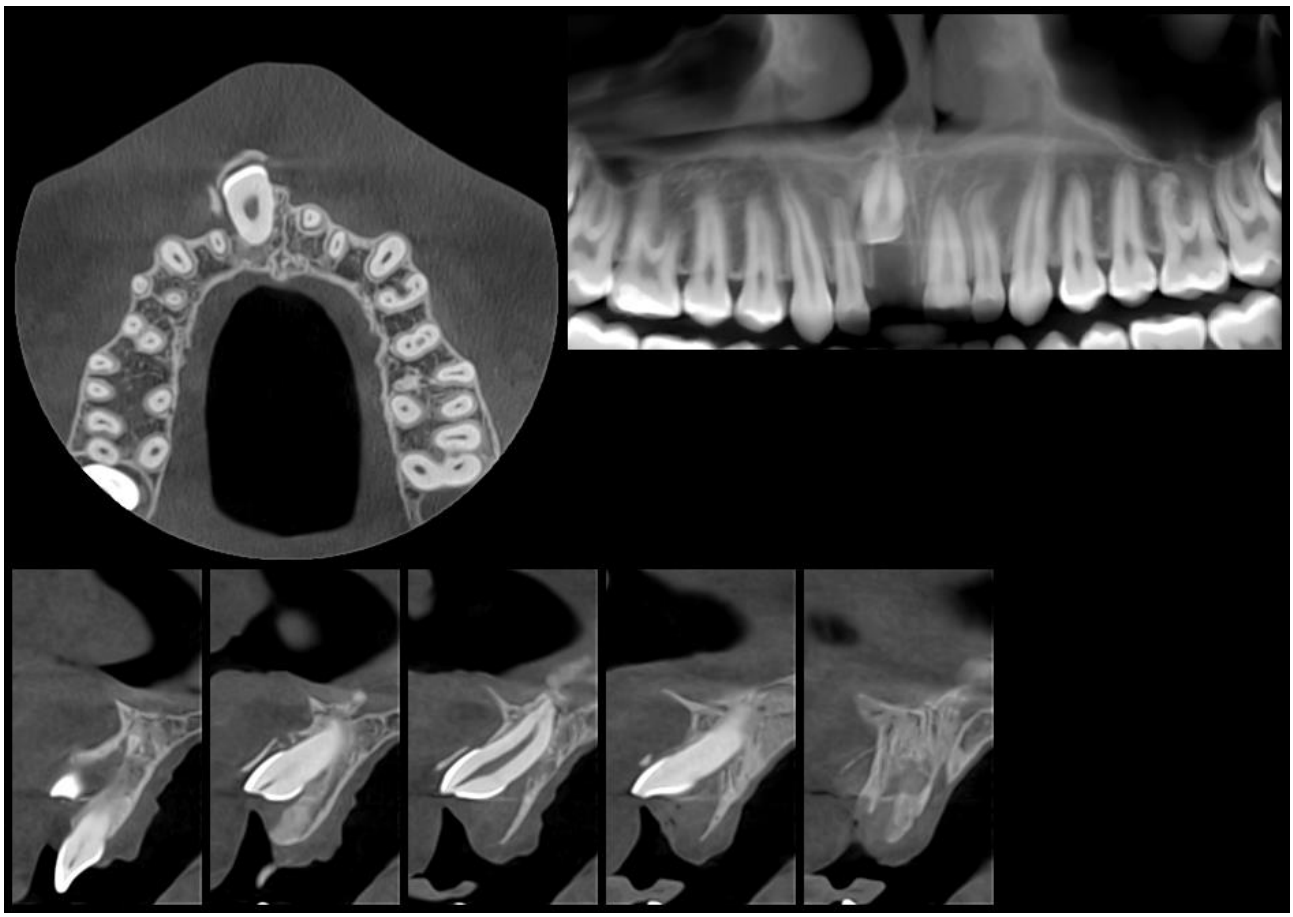


Figura 13.1.7. Imagine CBCT a unei luxații cu intruzie la nivelul dintelui 1.1. Se remarcă deplasarea importantă a dintelui și fractura corticalei vestibulare.

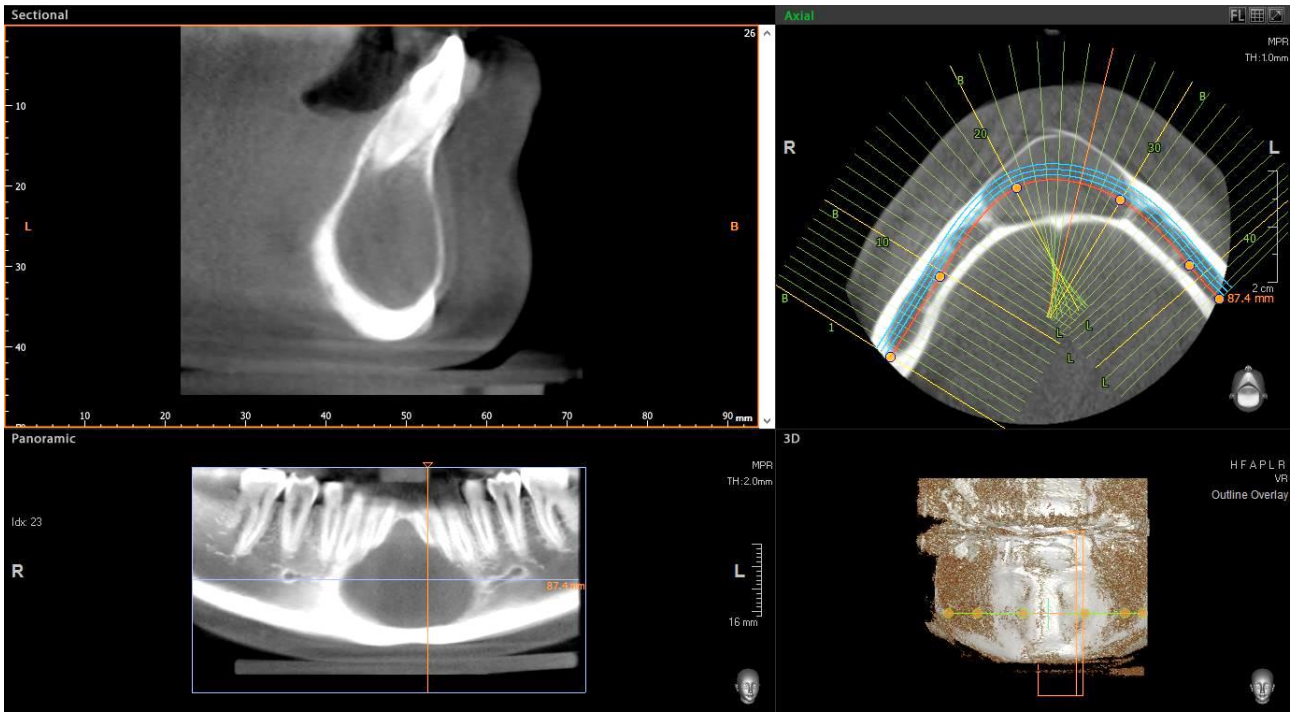


Figura 13.1.8. Imagine CBCT a unui chist mandibular în regiunea 3.2-4.2 ce determină modificarea axelor dentare.

13.1.4. Examenul radiologic în diagnosticul ortodontic

Copiii prezintă cea mai mare adresabilitate la inițierea unui tratament ortodontic, dar până la vârsta de 18 ani, riscul iradierii este mai mare. Indicația unei **radiografii panoramice** trebuie făcută doar după o evaluare clinică specifică și corectă a pacientului și se poate efectua în următoarele cazuri:

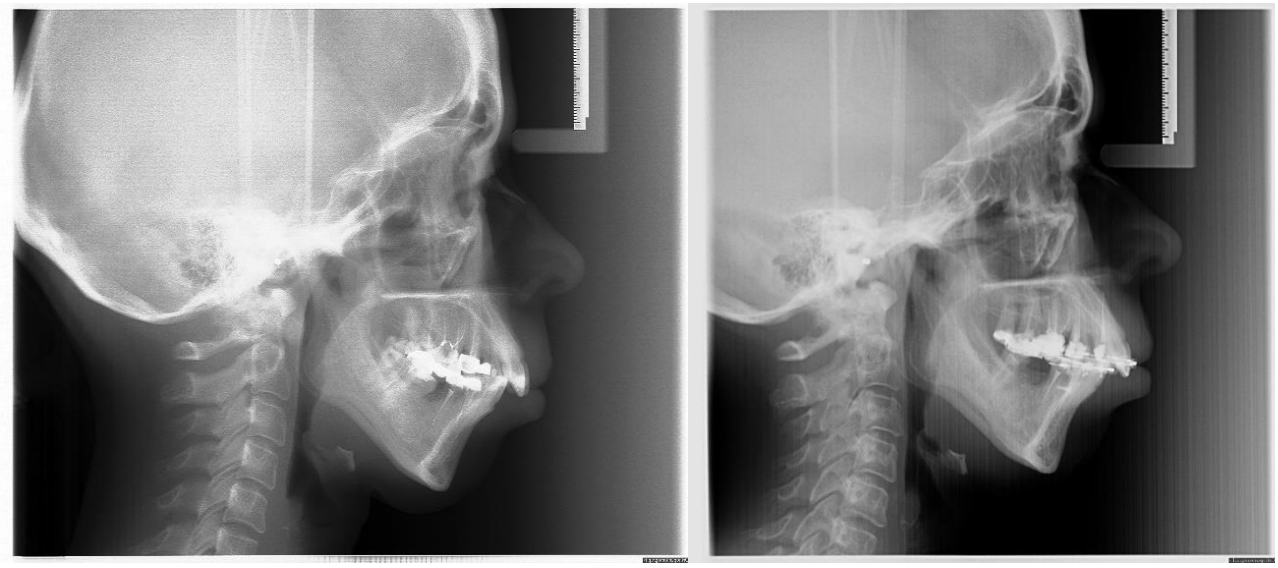
- Indicaţia unei radiografii panoramice este de obicei necesară în jurul vârstei de 10-12 ani, la începutul tratamentul ortodontic (Figura 13.1.9).
- Un pacient în stadiul dentației mixte, poate să necesite o examinare radiologică pe parcursul terapiei ortodontice, pentru a determina dacă tratamentul este corect. Dacă radiografiile precedente sunt disponibile, acestea pot să conțină toate informațiile de care clinicianul are nevoie în managementul ulterior al cazului.
- De asemenea, necesitatea radiografiei pentru a monitoriza evoluția tratamentului este dependentă de o atentă evaluare clinică și emiterea unei recomandări de explorare radiologică în accord cu evoluţia cazului.

Diferite studii au confirmat că o examinare clinică completată de modele de studiu este adesea suficientă pentru planificarea tratamentului ortodontic. Cercetările care folosesc algoritmi și indicatori clinici, au arătat că este posibilă o reducere considerabilă a numărului de filme ortodontice fară a compromite tratamentul pacientului.

Radiografiile cefalometrice sunt adeseori necesare pentru anumiți pacienți care sunt supuși tratamentului ortodontic. În plus, o radiografie cefalometrică trebuie efectuată în următoarele situaţii:

- La sfârsitul tratamentului cu dispozitivul funcțional, pentru a observa poziția în care se află incisivii inferiori (Figura 13.1.10).
- La sfârsitul tratamentului și pre-chirurgical în cazurile ortodontice.
- Chiar înainte de terminarea tratamentului cu dispozitivul fixat, pentru a evalua poziția incisivilor inferiori.
- Pentru evaluarea poziţiei incisivilor inferiori, radiografia cefalometrică este recomandată numai dacă informația schimbă decizia ortodontului cu privire la mecanica de finisare a regimului de retenție.

Figura 13.1.9. Radiografia panoramică a unui pacient de 11 ani efectuată la începutul tratamentului ortodontic.



a. b.

Figura 13.1.10. Cefalometria unui pacient cu anomalie clasa II Angle. A – imaginea de la începutul tratamentului ortodontic. B – imaginea de la sfârșitul tratamentului ortodontic prechirurgical.

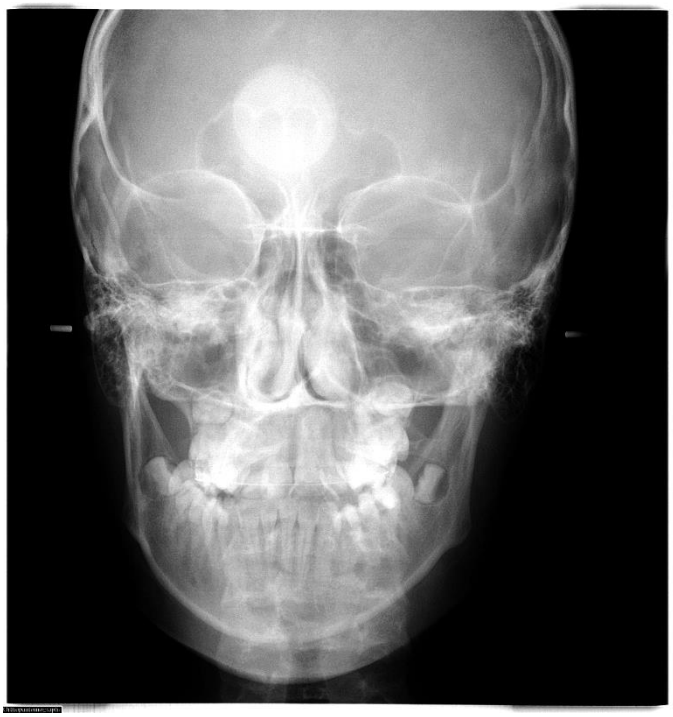


Figura 13.1.11. Radiografie antero-posterioară a unui pacient cu laterognație.

Radiografia craniană antero-posterioară este utilă în cazul pacienţilor cu asimetrie facială (Figura 13.1.11). Valoarea **radiografierii mâinii** sau a încheieturii în practica ortodontică este discutabilă, deoarece acestor imagini le lipsește siguranța de a preveni o creștere rapidă.

Examinarea CBCT este superioară examenului 2D pentru că aduce informații spațiale legate de morfologia crestelor alveolare şi a structurilor dentare. Ea poate fi recomandată în următoarele situaţii clinice:

- Evaluarea anomaliilor dento-faciale, când se impune de obicei utilizarea unui câmp de scanare larg (FOV >15 mm), ceea ce înseamnă şi o doză de radiații mai crescută. Dacă rezultatele oferite de CBCT nu aduc un plus față de o examinare cu doză mai redusă, ea nu trebuie utilizată. Spre exemplu, CBCT-

ul nu trebuie să fie indicat doar pentru a genera o imagine 2D de radiografie cefalometrică care, realizată individual, ar oferi o doză de radiații mai redusă.

- Evaluarea incluziei dentare, în special la dinții care vor necesita o intervenție chirurgicală. Localizarea dinților incluși este superioară față de informațiile oferite de radiografia panoramică, în plus poate evidenția rezorbțiile radiculare (Figura 13.1.12).
- Evaluarea calității și cantității osoase (biotipul osos) în situatiile clinice în care sunt planificate deplasări dentare importante (Figura 13.1.13)
- Este utilă în planningul aplicării ancorajelor ortodontice (Figura 13.1.14).
- Examinarea CBCT poate mări siguranța și gradul de încredere al medicului ortodont în realizarea tratamentului deşi nu există evidențe pentru imbunătățirea rezultatelor tratamentului.
- Evaluarea spațiilor aeriene superioare este superioară imagisticii 2D, dar examinarea trebuie să ia în considerare poziția aplecată sau în extensie a pacientului la efectuarea examinării pentru o interpretare corectă a cazului.

Figura 13.1.12. Imagine CBCT a unui canin inclus care a determinat resorbții importante ale rădăcinilor dinților adiacenți.

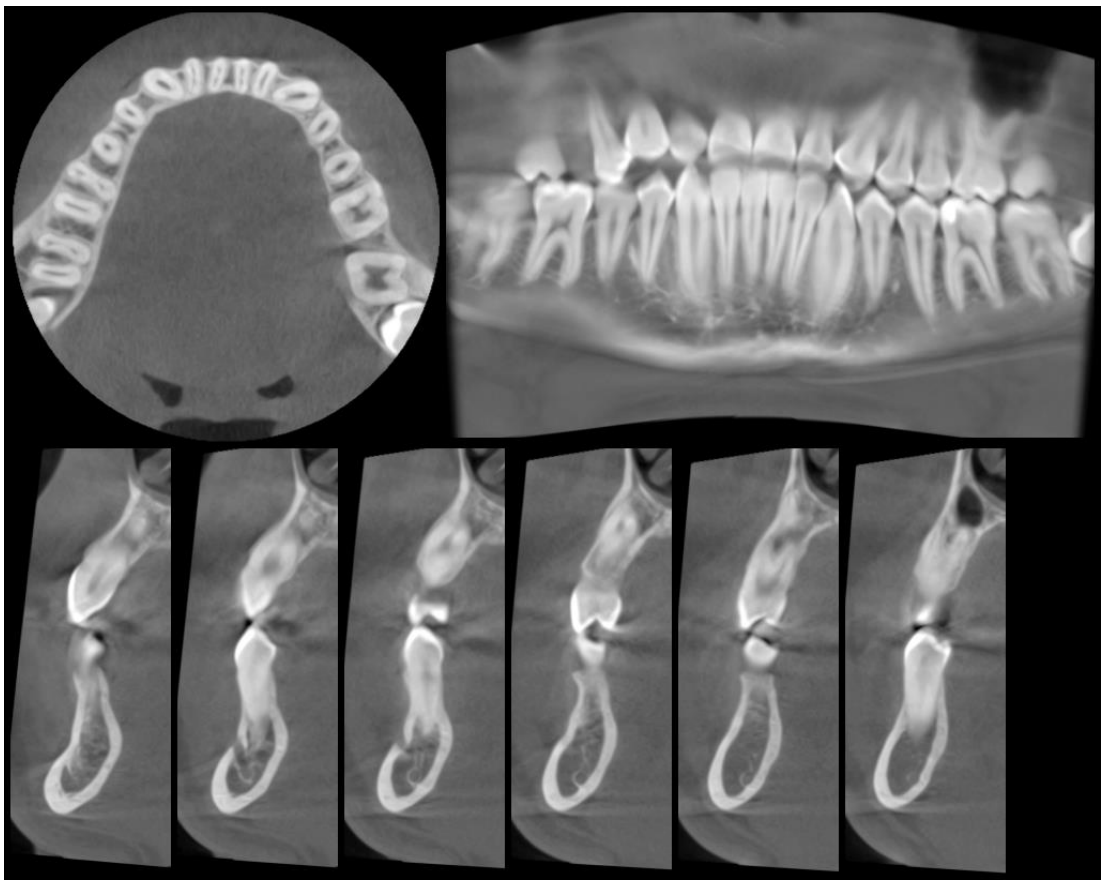


Figura 13.1.13. Imagine CBCT de evaluare a biotipului osos, efectuată înaintea începerii tratamentului ortodontic. Se remarcă prezența unei corticale osoase foarte subțiri la nivel canin-premolar inferior, rădăcinile fiind proeminente extracortical.

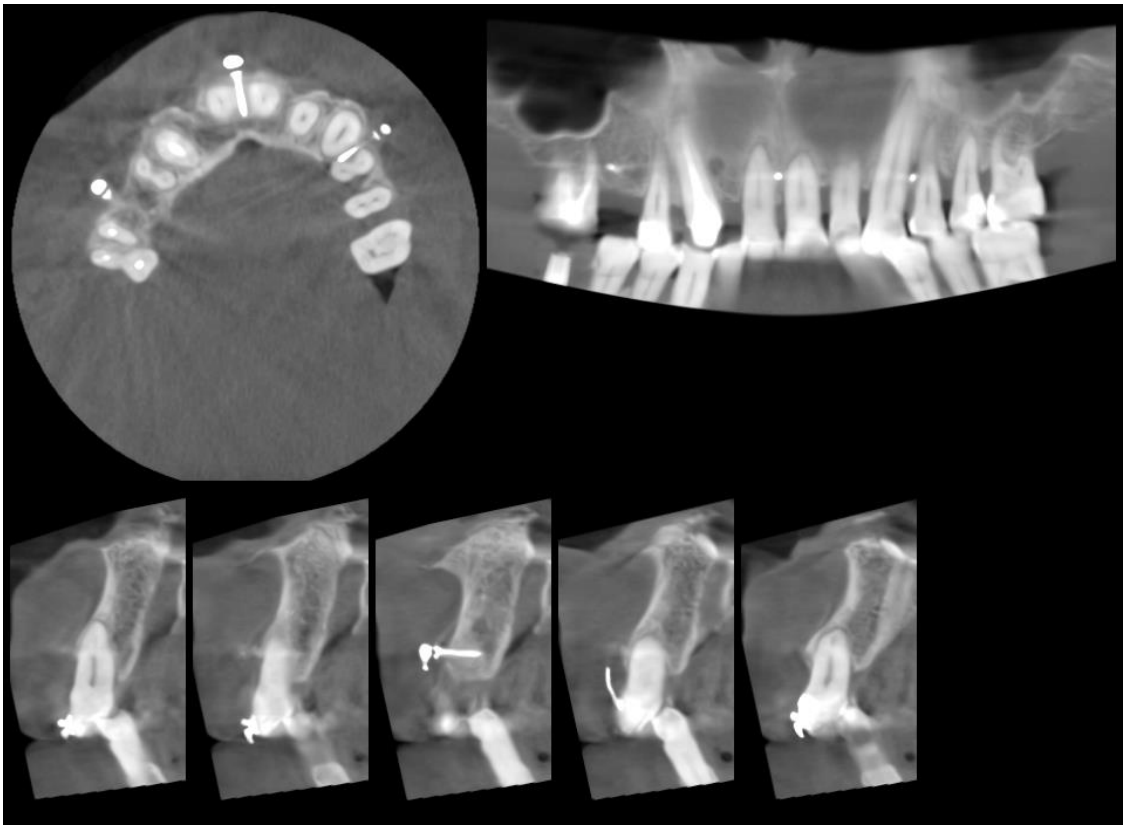


Figura 13.1.14. Imagine CBCT efectuată în vederea planificării și evaluării inserției miniimplanturilor de ancoraj ortodontic.

13.1.5. Examenul radiologic în diagnosticul parodontal

Diagnosticul bolii periodontale începe prin examinarea clinică, singura capabilă să evalueze ţesuturile moi ale parodontiului marginal. Aceasta poate fi completată de radiografii, dacă imagistica poate furniza informații suplimentare care pot modifica diagnsoticul, managementul terapeutic și prognosticul clinic al pacientului.

Nu există evidențe clare despre o strategie generală de examinare radiologică în managementul bolilor parodontale.

Radiografia bitewing are atât geometrie optimă cât şi detalii fine caracteristice unei radiografii intraorale şi poate fi indicată pentru pacienții cu pierderi mici de masă osoasă. O pierdere osoasă mult mai complexă sau extensivă va necesita o imagistică diferită.

Când se utilizează **radiografia periapicală**, tehnica paralelă trebuie întotdeauna indicată deoarece ea dă o perspectivă geometrică mai bună a osului periodontal decât tehnica bisectoarei şi permite obţinerea de radiografii reproductibile, necesare pentru monitorizarea evoluţiei bolii parodontale (Figura 13.1.15).

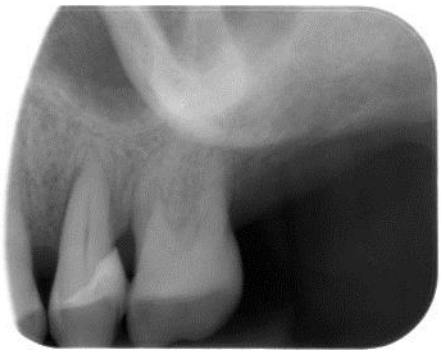


Figura 13.1.15. Radiografie retroalveolară efectuată pentru evaluarea suportului parodontal.

Radiografia panoramică supraestimează gradul resorbţiei osoase alveolare şi trebuie folosită în combinație cu radiografiile intra-orale.

Examinarea CBCT este indicată în boala parodontală agresivă, cu pierdere importantă a osului alveolar sau atunci când se decide un tratament parodontal invaziv. Acuratețea crescută a examinării CBCT oferă posibilitatea observării unor defecte de morfologie osoasă care scapă radiografiilor intraorale. Spre exemplu, afectarea furcațiilor molarilor superiori este mai bine evaluată pe CBCT decât pe imagistica 2D (Figura 13.1.16). Totuși, poate exista o reținere pentru această examinare în ceea ce privește doza de radiații și prețul, ceea ce impune o evaluare judicioasă a raportului risc-beneficiu și a raportului cost-beneficiu.

13.1.6. Examenul radiologic în diagnosticul endodontic

Diferite etape ale tratamentului endodontic necesită o examinare radiologică:

- Evaluarea preoperatorie a spațiului endodontic și a anatomiei periapicale și periradiculare
- Extimarea lungimii de lucru
- Evaluarea postoperatorie a calității tratamentului
- Urmărirea efectului terapeutic.

O **radiografie periapicală** oferă informații esențiale despre anatomia pulpei și a canalului radicular, care nu pot fi obținute prin alte mijloace. În plus, radiografia furnizează informații despre anatomia periradiculară, care pot contribui la planificarea tratamentului sau pot fi esențiale dacă se ia în considerare tratamentul endodontic chirurgical (Figura 13.1.17).

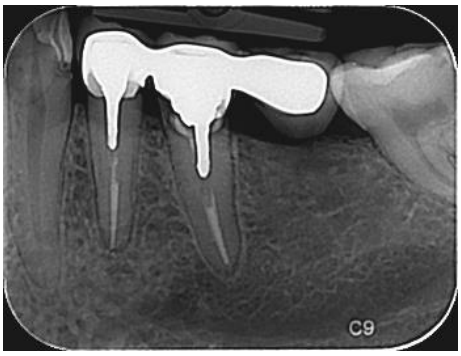


Figura 13.1.17. Radiografie intraorală pe care se vizualizează relați apexurilor premolarilor inferiori cu gaura mentonieră.

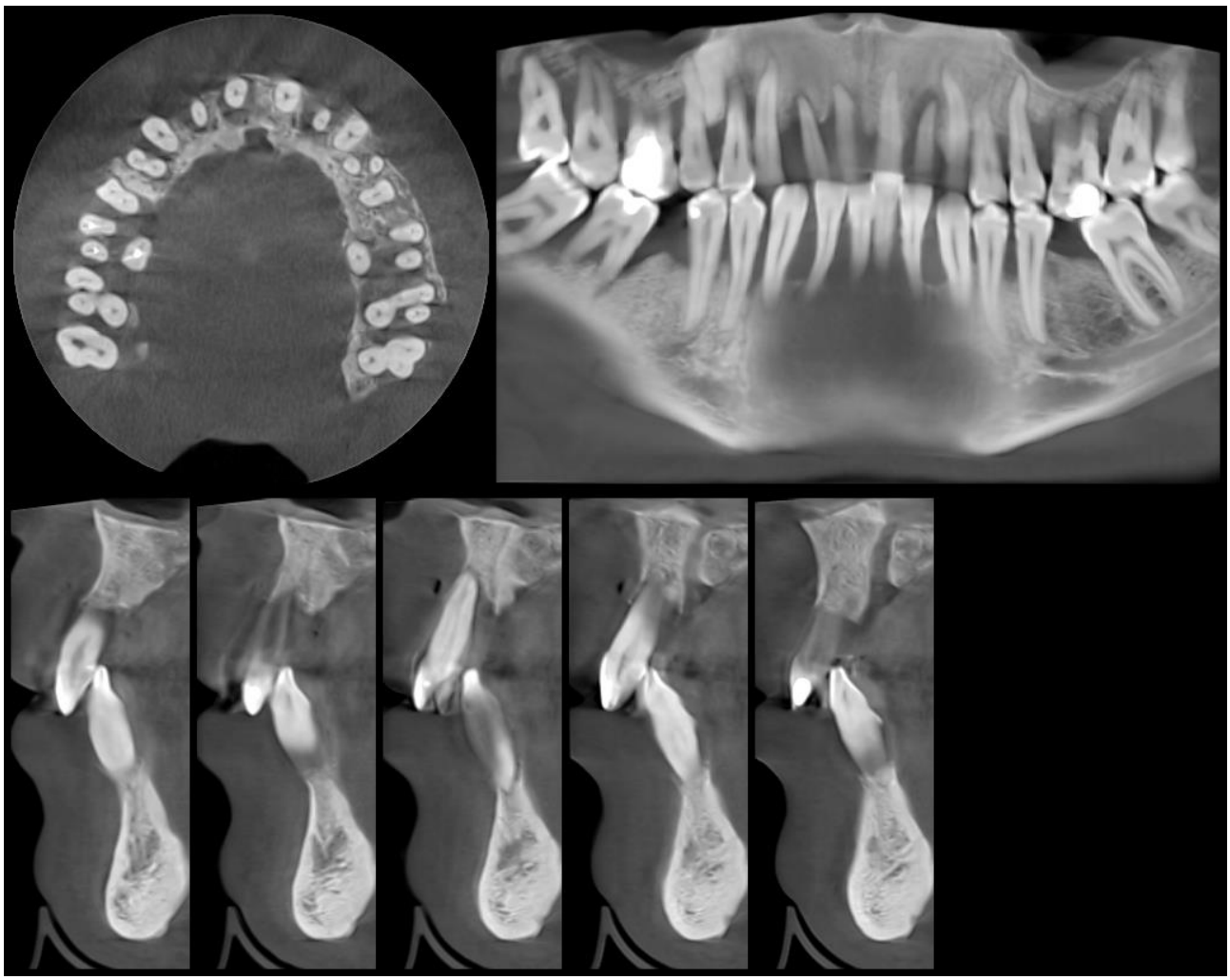


Figura 13.1.16. Imagine CBCT utilizată pentru evaluarea suportului parodontal într-un caz de parodontită marginală avansată.

Unele tipuri de detectoare electronice ale apexului sunt de încredere pentru identificarea constricției apicale și sunt utile pentru localizarea perforațiilor. Totuși utilizarea acestor dispozitive în anumite situații clinice poate conduce la un grad de inexactitate.

Luând în considerare acest lucru, radiografia periapicală este adeseori cerută pentru estimarea lungimii de lucru. Pot fi necesare două sau mai multe radiografii pentru determinarea lungimii tuturor canalelor rădăcinii pentru dinții pluriradiculari. Dacă există îndoieli privind integritatea construcției apicale, este necesară o radiografie de verificare a conului master de gutta-percha înainte de obturația/condensarea finală (Figura 13.1.18).

O radiografie periapicală trebuie efectuată imediat după obturație deoarece aceasta oferă o evaluare de bază a calității umplerii rădăcinii și o imagine de referință a condiției periapicale pentru o analiza ulterioară (Figura 13.1.19).

Examinarea CBCT este indicată atunci când radiografiile intraorale nu aduc informații suficiente despre un caz endodontic complex, fractura radiculară, complicații. În acest caz, se poate utiliza un FOV mic (<10 mm) (Figura 13.1.20).

Incidența maximă de vindecare și incidența maximă a periodontitei apicale cronice se observă la un an după tratament, în proporție de aprox. 89 %. Acest lucru sugerează că o radiografie de urmărire la un an poate fi suficientă pentru leziunile apicale asimptomatice mici.

Dinții care rămân simptomatici și cei cu leziuni periapicale mari pot necesita o analiză

radiografică suplimentară pentru evaluarea opțiunilor de tratament (Figura 13.1.21).

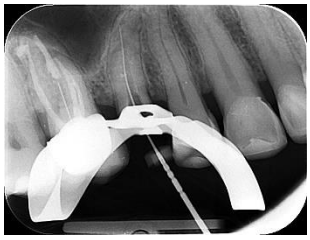


Figura 13.1.18. Radiografie intraorală obținută pentru determinarea lungimii de lucru în tratamentul endodontic.

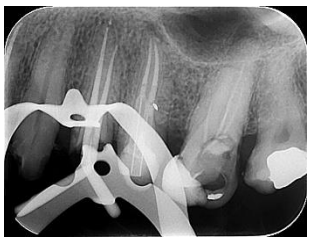
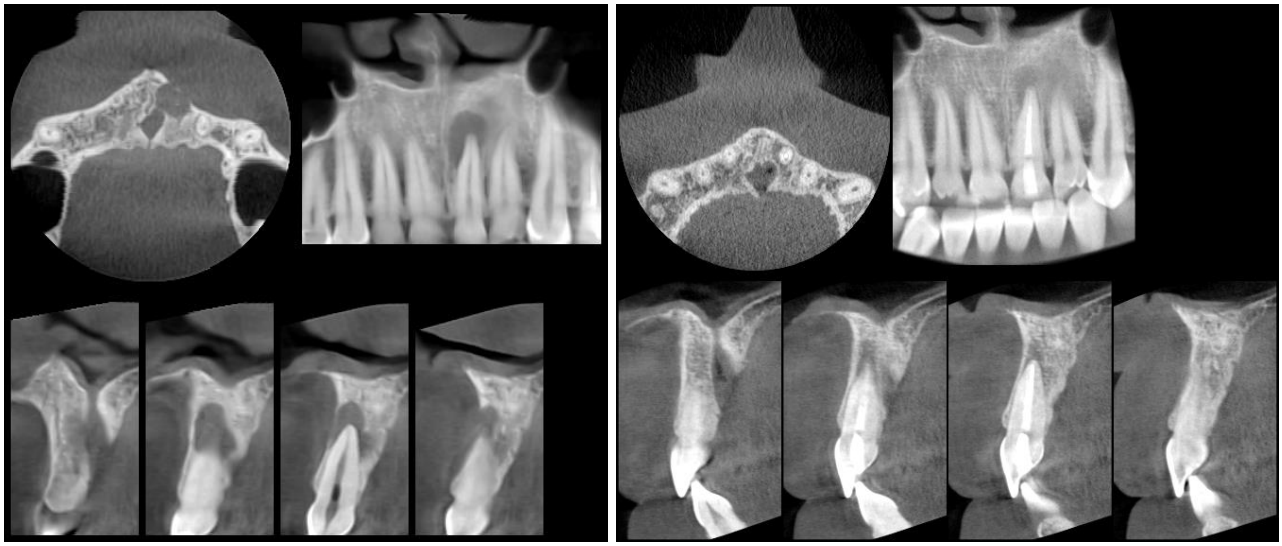
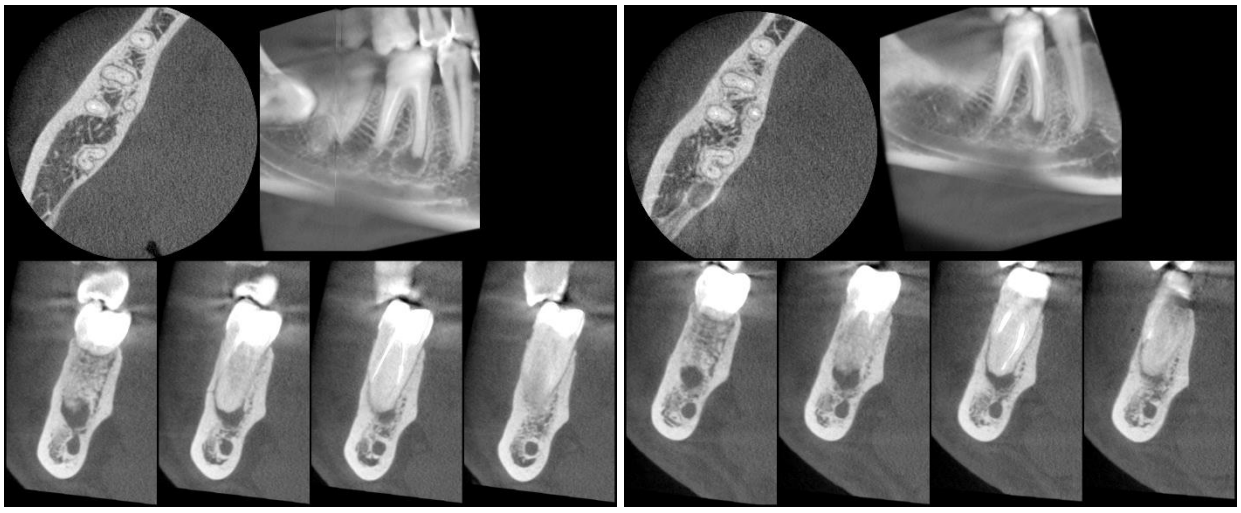


Figura 13.1.19. Radiografie intraorală de verificare, la finalul tratamentului endodontic.



a. b.

Figura 13.1.20. CBCT efectuat pentru evaluarea unei leziuni periapicale la nivel 2.1. a – CBCT pretratament endodontic. b – CBCT endodontic posttratament. Se remarca rezoluți a inaltă a CBCT-ului endodontic.



a. b.

Figura 13.1. 21. Leziune periapicală la nivelul rădăcinii meziale a dintelul 4.6 care nu a răspuns favorabil la tratamentul endododntic. a - CBCT endodontic pretratament. b – CBCT endodontic la un an după tratamentul endodontic. Se remarcă persistența leziunii.

13.1.7. Examinarea radiologica în terapia implantologică

Examinările radiologice utilizate în terapia implantologică trebuie să evalueze oferta osoasă și patologia situsului anatomic propus pentru inserarea de implant. După tratament, imagistica este folosită pentru a evalua integrarea osoasă a implantului, însănătoşirea osului și analiza periodică a fixării.

Modalitatea imagistică aleasă depinde de planul de tratament și de faza de desfășurare a acestuia.

În evaluarea zonei pre-operatorii, clinicianul are nevoie de următoarele informații:

- Calitatea și cantitatea osului
- Lățimea buco-lingual și înălțimea osului disponibil
- Înclinarea crestei alveolare
- Prezența torusurilor osoase
- Evidențierea anatomiei atipice cum ar fi areole osoase mărite (Figura 13.1.22)
- Prezența patologiei osoase a maxilarelor
- Poziția exactă a anumitor structuri anatomice (de exemplu: antrumul maxilar, canalul alveolar inferior, gaura mentonieră etc.).

Radiografiile 2D panoramice şi periapicale sunt mărite şi oferă doar informaţii limitate despre osul alveolar. Factorul de mărire trebuie să fie cunoscut și orice evaluare a înălțimii osului disponibil va fi calculată luând în considerare acest factor. Radiografiile periapicale efectuate pentru înlocuirea unui singur dinte necesită utilizarea unui suport pentru film și a tehnicii paralele pentru a obține o geometrie optimă.

Geometria existentă este adeseori dificil de apreciat la maxilarul edentat. Factorul de mărire la radiografia panoramică este variabil, iar experții recomandă ca radiografia panoramică să fie înlocuită de examinarea CBCT, în scopul de a furniza informația necesară pentru plasarea optimă a implantului.

Planningul preimplantar a suferit o schimbare majoră după introducerea CBCT-ului. Evoluţia spre digitalizare a medicinii dentare şi efectuarea chirurgiei implantare ghidate a determinat extinderea pe scară largă a utilizării examenului CBCT în implantologie. Totuşi, numărul de implanturi şi poziţia propusă a acestora în cavitatea orală sunt adeseori factorii principali care dictează alegerea tehnicii imagistice. Utilizarea imagisticii digitale trebuie luată în considerare deoarece oferă beneficiile imagisticii "în timp real".

Dacă este necesară o radiografie intraoperator, atunci radiografiile periapicale sunt cele mai recomandate.

Pentru **evaluarea post-operatorie** a implantului, radiografia 2D periapicală sau panoramică este cea recomandată. Frecvența și periodicitatea radiografiilor depinde de evoluţia cazului. După implantare, se va efectua o radiografie periapicală sau panoramică, în funcţie de numărul şi de poziţionarea implantelor (Figura 13.1.23).

În cazul procedurilor complexe cum sunt implantarea imediat postextracțională sau implantarea în reconstrucții osoase masive, evaluarea imediat postoperatorie poate fi realizată optim cu ajutorul CBCT-ului. Vor fi disponibile informații complexe asupra calității implantării și, implicit, a prognosticului pe termen lung a implanturilor (Figura 13.1. 24).

În timpul perioadei de vindecare, radiografia este evident necesară dacă pacientul prezintă simptome clinice (Figura 13.1.25). Dacă nu, următoarea radiografie trebuie efectuată la 12 luni și este considerată esențială pentru evaluarea ulterioara a resorbţiilor osoase marginale (Figura 13.1.26).

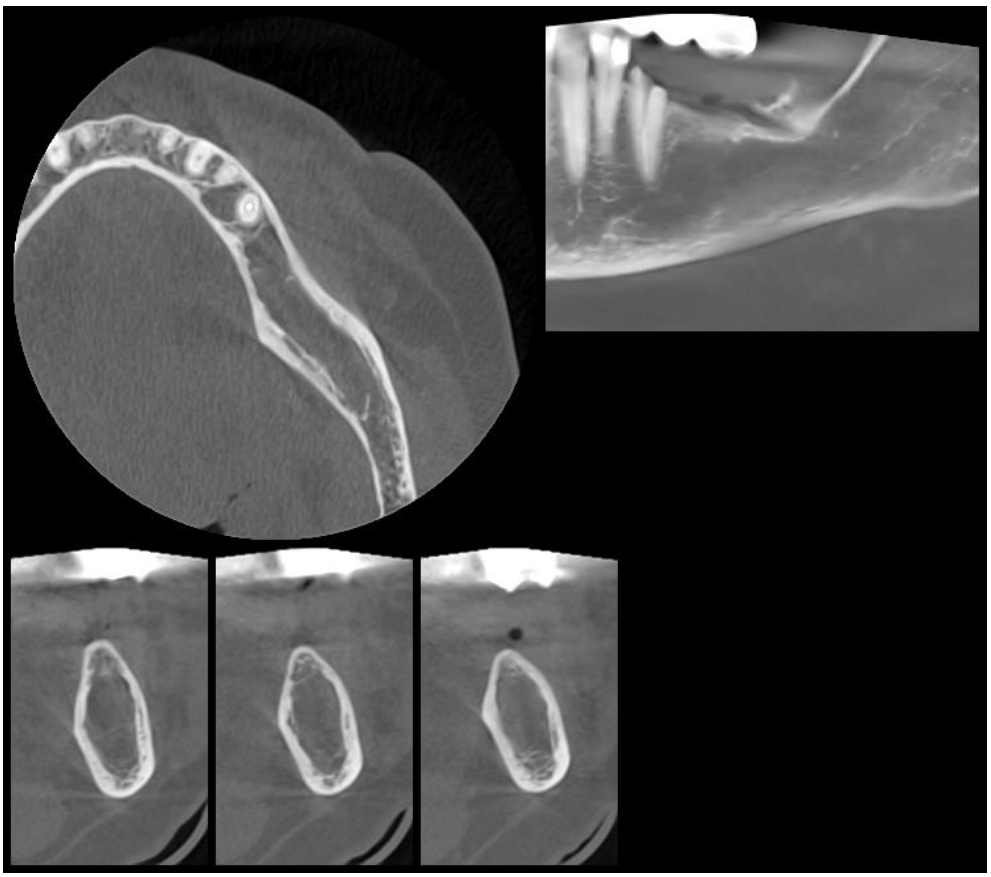


Figura 13.1.22. Imagine CBCT ce evidențiază o morfologie atipică în zona molară mandibulară, cu prezența unor areole osoase mărite.

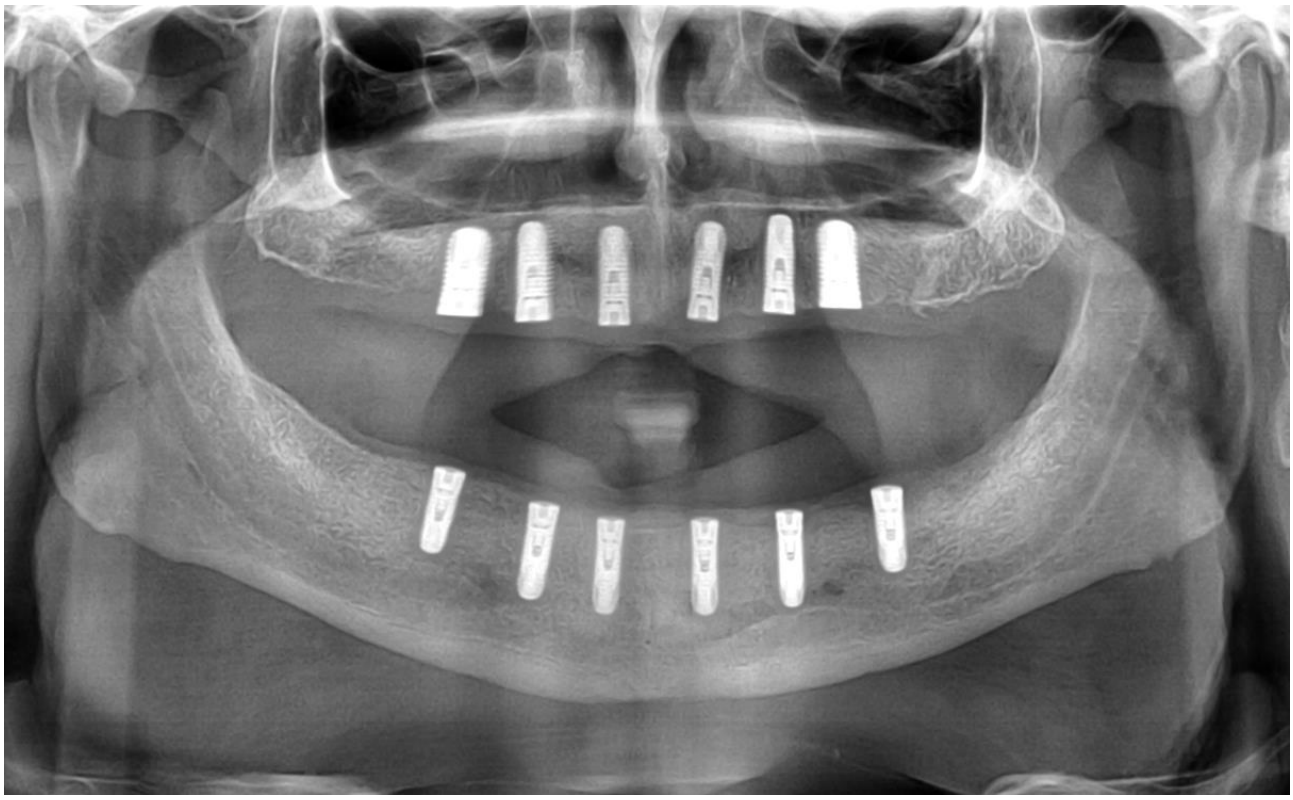


Figura 13.1.23. Radiografie panoramică efectuată imediat postimplantare, indicată pentru controlul implantării.

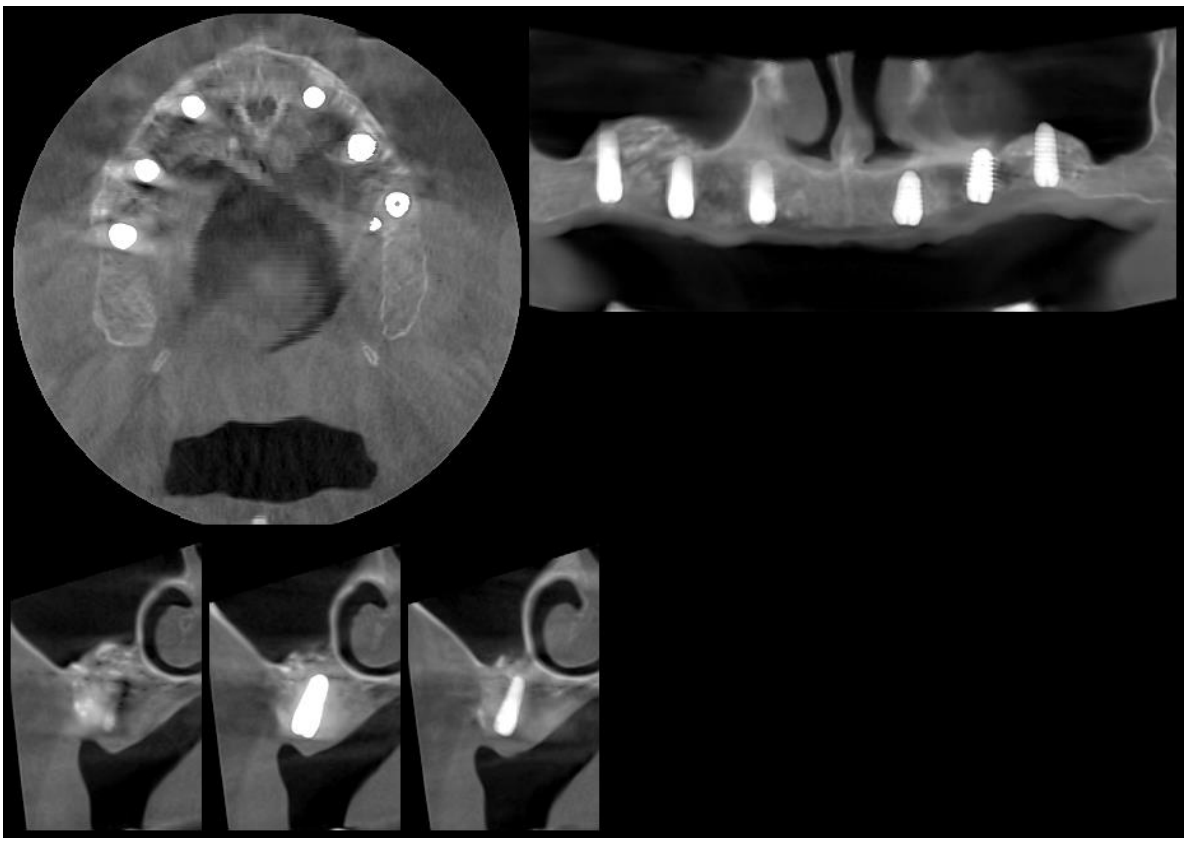


Figura 13.1.24. Imagine CBCT imediat postimplantare, efectuată pentru controlul implantării în situația unui caz complex (recontrucție osoasă maxilară).

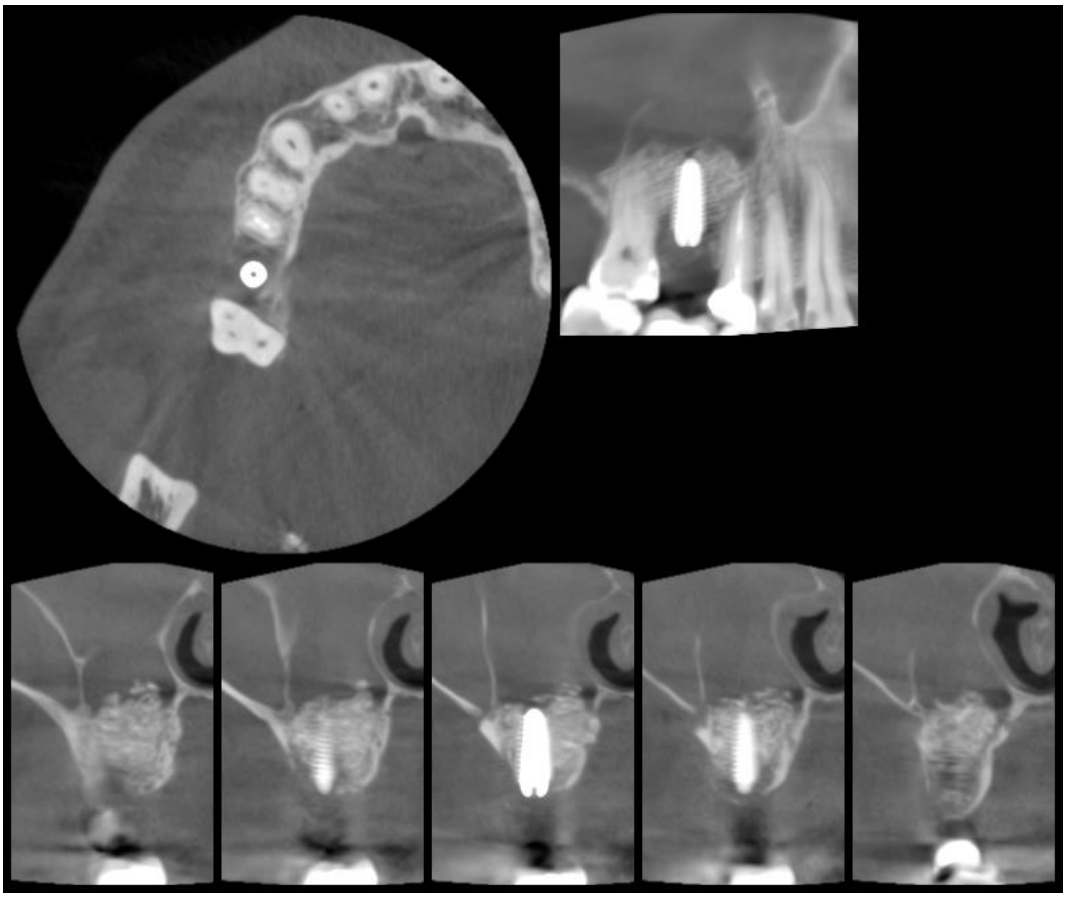


Figura 13.1.25. CBCT efectuat în perioada de vindecare a unui implant aplicat pe poziția 1.6, datorită simptomatologiei pozitive și fistulei prezente la acest nivel. Se remarcă liza osoasă periimplantară.

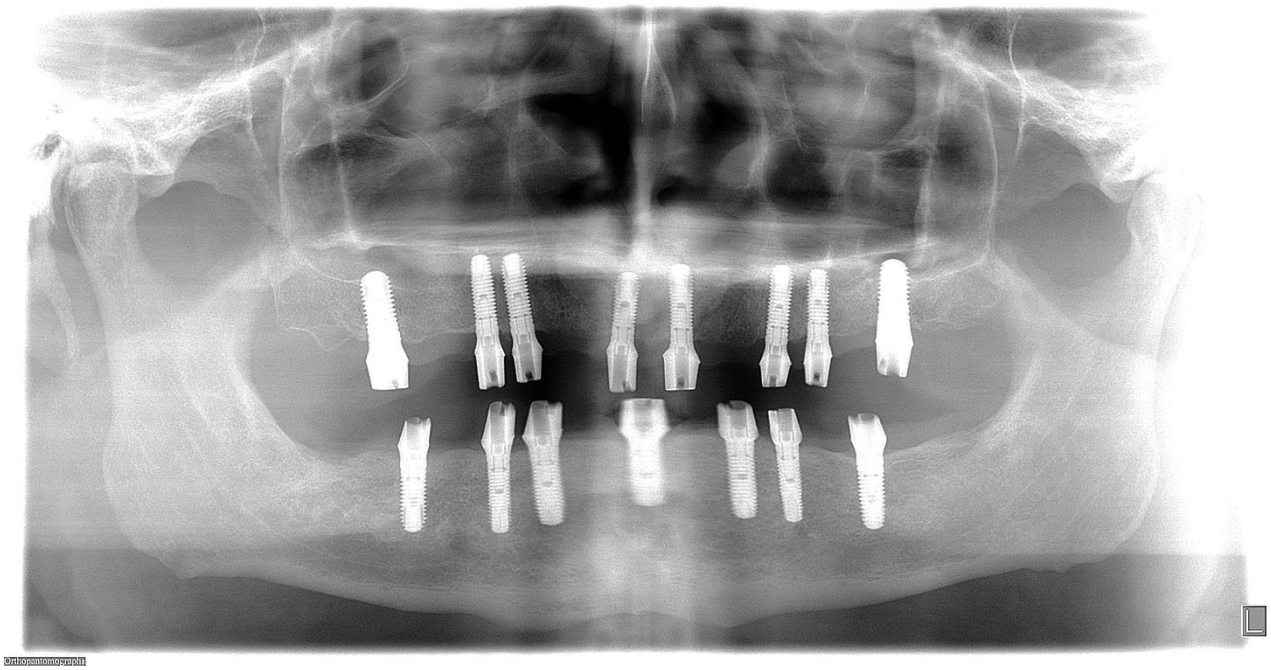


Figura 13.1.26. Radiografie panoramică efectuată pentru evaluarea resorbției osoase marginale la 4 ani postimpalntare.

Intervalele ulterioare de analiză sunt de la anual pâna la o dată la fiecare trei ani. Evident, este necesară efectuarea radiografiei mult mai frecvent dacă pacientul este simptomatic.

O radiografie intraorală cu tehnică paralelă va furniza o imagine suficient de precisă, având o rezoluție înaltă, pentru a vedea detaliile de structură osoasă periimplatare. Utilizarea radiografiilor intraorale standard permite clinicienilor să monitorizeze longitudinal nivelul osos în jurul implantului. Radiografia digitală poate fi utilizată pentru a evalua densitatea osoasă şi pentru a permite prelucrarea imaginii (inclusiv substracția digitală). Radiografiile intraorale pot fi utilizate și pentru detectarea complicațiilor mecanice prezente la nivelul implanturilor (fracturi ale șurubului de fixare, fracturi ale hexagonului antirotațional sau ale corpului implanturilor) (figura 13.1.27).

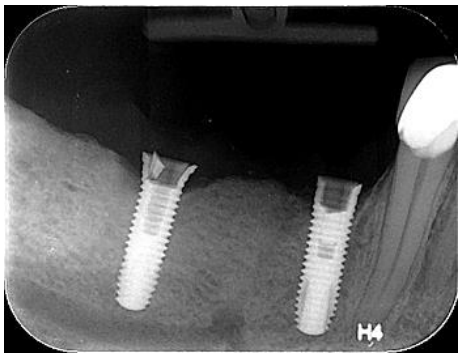


Figura 13.1.27. Radiografie retroalveolară ce evidențiază fractura prezentă la nivelul componentelor metalice ale implantului (hexagon, șurub de fixare a bontului protetic).

13.1.8. Examenul radiologic în managementul chirurgical al extracției dentare

În cazul molarului de minte inferior, dacă există recomandări de extracție, **radiografia panoramică** (sau vizualizarea laterală oblică) este cea mai potrivită examinare radiografică, ea va furniza informații despre distanța rădăcinii față de marginea inferioară a mandibulei și despre raportul ei cu canalul mandibular (Figura 13.1.28).

Radiografia intraorală preextracțională este justificată în următoarele cazuri:

Figura 13.1.28. Imagine panoramică a unei incluzii 3.5 și 4.8. Se remarcă raporturile dinților incluși cu marginea bazilară și canalul mandibular.

- Dificultăți anterioare ale extracției
- Suspiciunea unei anatomii modificate (Figura 13.1.29)
- Istoricul medical clasează pacientul în categoria de risc a complicațiilor postextracţionale
- Extracții în scop ortodontic
- Extracția dinților incluși
- Dinți în relație cu structuri anatomice importante.

Figura 13.1.29. Radiografie retroalveolară pe care se poate aprecia modificarea morfologiei rădăcinilor dentare a dinților 3.7 și 3.8.

Examinarea CBCT oferă informații tridimensionale suplimentare. Acesta se indică în următoarele situaţii clinice:

- Odontectomii (Figura 13.1.30)
- Localizarea de precizie a dintelui inclus și relația exactă cu structurile antomice
- Despicăturile labio-palatine
- Planningul preoperator al etapelor ortodontico-chirurgicale
- Chirurgia ortognatică
- Evaluarea corectă a anomaliilor cranio-faciale complexe.

13.1.9. Examenul radiologic în patologia articulației temporo-mandibulare (ATM)

Pentru majoritatea afecțiunilor discale sau miofasciale este indicată examinarea IRM a articulaţiilor temporo-mandibulare.

Desi osteoartrita sau artrita reumatoidă poate produce leziuni vizibile pe radiografiile bidimensionale, totuși examinarea CBCT este importantă în managementul acestor afecţiuni deoarece evaluează în detaliu modificările structurilor osoase şi gradul resorbţiei condiliene.

Radiografia ATM utilizată în trecut pentru disfuncțiile articulațiilor nu mai este azi justificată, iar filmele realizate cu acest scop nu au nici un impact asupra stabilirii tratamentului.

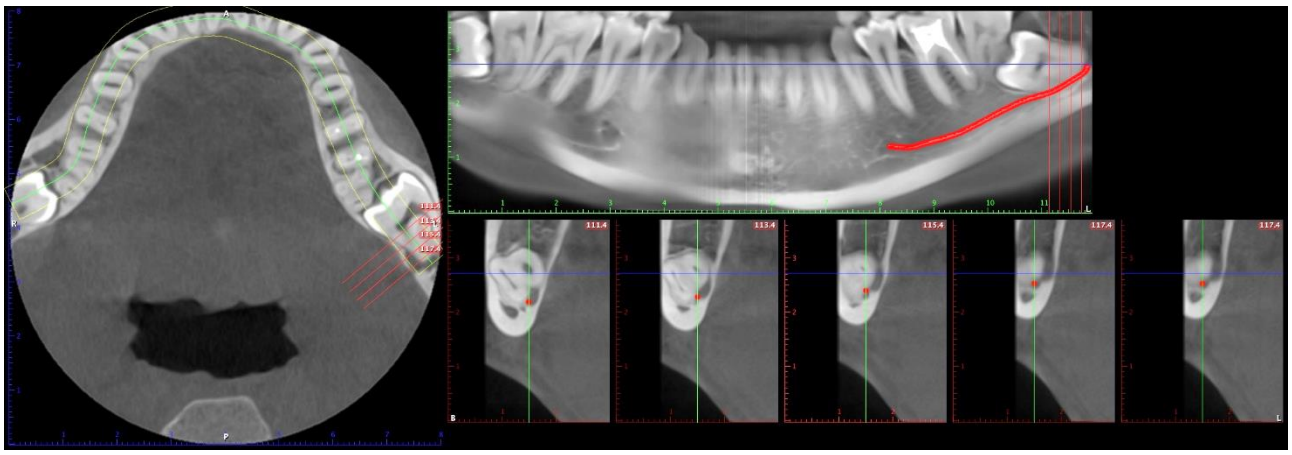


Figura 13.1.30. Imagine CBCT ce relevă contactul intim dintre dintele inclus și canalul mandibular.

13.1.10. Examenul radiologic la pacienţii adulţi nou veniţi în cabinet

Mulți medici stomatologi prezintă o rutină în examinarea pacienților adulți noi efectuând o radiografie panoramică sau intraorală a întregii cavităţi orale. O asemenea **practică „de rutină" nu este astăzi acceptabilă.** Cele mai multe evidențe arată că radiografia panoramică convențională are o precizie de diagnostic mai mică pentru cele mai uzuale obiective de diagnostic radiografic dentar (diagnosticul cariilor, diagnosticul periapical) față de radiografia intraorală (bitewing și periapicală). În afară de aceste sarcini uzuale de diagnostic radiografic dentar, radiografia panoramică de rutină pentru depistarea leziunilor osoase asimptomatice fară semne clinice nu este justificată datorită prevalenței mici a acestui tip de anomalii.

Radiografia periapicală a întregii guri poate fi criticată la fel ca și radiografia panoramică de rutină. Radiografia „de rutină" va conduce inevitabil la expuneri de radiații X care nu sunt necesare. Radiografia periapicală selectată pentru pacienții noi va îmbunătăți raportul beneficiu/risc pentru pacienți. Efectuând radiografii periapicale la dinții cu simptome clinice, la aceeia cu istorie de terapie endodontică, cât și pentru cariile profunde arătate de radiografia bitewing, s-a observat că 90% din leziunile periapicale au fost identificate într-un singur studiu de cercetare imagistică.

La **pacienții edentați**, în absența semnelor clinice ale unor afecțiuni osoase, nu se justifică nici o examinare radiografică. Excepția evidentă este, planificarea tratamentului protetic cu ajutorul implanturilor dentare. Atunci când examinarea clinică identifică prezența posibilă a unei afecțiuni, ca de exemplu o rădăcină restantă, examinarea radiografică adecvată este o radiografie intraorală a situsului incriminat.

Radiografii anterior efectuate

Medicul care indică o examinare imagistică trebuie să obțină, unde este posibil, informații anterioare de diagnostic, spre exemplu radiografii și/sau rapoarte anterioare, pentru a evita examinările repetate inutile.

Examinarea radiografiilor anterioare are următoarele beneficii:

- Elimină necesitatea unei noi radiografii dacă acestea răspund nevoilor clinice curente,
- Ușurează monitorizarea unui proces de îmbolnavire, de exemplu progresia și regresia cariilor,
- Permite evaluarea vindecării, de exemplu a unei leziuni periapicale.

Nu trebuie să existe bariere în a împrumuta radiografiile și/sau rapoartele unui dentist precedent al pacientului, după o înțelegere clară că acestea vor fi restituite. Evaluarea clinică a rezultatului fiecărei radiografii dentare este obligatorie.

Sumar

- Există trei principii prin care se realizează controlul expunerilor radiologice: justificarea expunerilor medicale, optimizarea protocolului de expunere şi limitarea dozelor.
- Toate examinările cu raze X trebuie să fie riguros justificate pentru fiecare pacient în funcţie de vârstă, patologia investigată, istoricul radiologic al pacientului şi de modalităţile de investigaţie radiologică disponibile în situaţia clinică particulară cazului.
- O anumită procedură radiologică trebuie să fie definită din punct de vedere al riscului şi al beneficiului adus pacientului.
- Alegerea unei investigații imagistice neionizante este preferabilă atunci când situația clinică o permite.
- Posibilitatea temporizării examinării radiologice trebuie luată în considerare dacă starea clinică a pacientului permite acest lucru şi în special la copii.
- Expunerea la radiații ionizante a copiilor prezintă riscuri mai mari decât expunerea adulților. În consecință, importanța justificării radiografiei este esențială la orice vârstă în perioada copilăriei.
- Examinarea radiologică „de rutină” nu este astăzi acceptabilă.
- Medicul care indică o examinare imagistică trebuie să obțină, unde esteposibil, informații anterioare de diagnostic, spre exemplu radiografii și/sau rapoarte anterioare, pentru a evita examinările repetate inutile.
- Optimizarea protecției radiologice se bazează pe principiul **ALARA** (As Low As Reasonably Achievable) care afirmă că dozele de radiații din investigaţiile radiologice trebuie reduse la maximum pentru a obţine un nivel minimum acceptabil pentru interpretarea imaginii radiologice.
- Limitele de doza nu se aplica pentru pacienți, doar pentru persoanele expuse profesional la radiații ionizante și la persoanele din populație.

Referinţe

Abdelkarim A. Dent J (Basel). Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics.2019 Sep 2;7(3):89.

Colceriu-Şimon IM, Băciuţ M, Ştiufiuc RI, Aghiorghiesei A, Ţărmure V, Lenghel M, Hedeşiu M, Băciuţ G. Clinical indications and radiation doses of cone beam computed tomography in orthodontics. Med Pharm Rep. 2019 Oct;92(4):346-351.

De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, Jacobs R. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. Eur J Orthod. 2019 Aug 8;41(4):381-389.

Del Lhano NC, Ribeiro RA, Martins CC, Assis NMSP, Devito KL. Panoramic versus CBCT used to reduce inferior alveolar nerve paresthesia after third molar extractions: a systematic review and meta-analysis.Dentomaxillofac Radiol. 2020 May 1;49(4):20190265.

Deng Y, Sun Y, Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. BMC Oral Health. 2018 Jun 27;18(1):116.

European Commission. Radiation Protection 136. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/136.pdf

European Commission. Radiation Protection 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. http://www.sedentexct.eu/files/radiation_protection_172.pdf

Kühnisch J, Anttonen V, Duggal MS, Spyridonos ML, Rajasekharan S, Sobczak M, Stratigaki E, Van Acker JWG, Aps JKM, Horner K, Tsiklakis K. Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents: an EAPD policy document. Eur Arch Paediatr Dent. 2020 Aug;21(4):375-386.

Horner K, Barry S, Dave M, Dixon C, Littlewood A, Pang CL, Sengupta A, Srinivasan V.Diagnostic efficacy of cone beam computed tomography in paediatric dentistry: a systematic review. Eur Arch Paediatr Dent. 2020 Aug;21(4):407-426.

Nasseh I, Al-Rawi W. Cone Beam Computed Tomography. Dent Clin North Am. 2018 Jul;62(3):361-391.

Ordinul nr. 752/3, 978/136 al ministrului sănătăţii, al ministrului educaţiei naţionale şi al preşedintelui Comisiei Naţionale pentru Controlul Activităţilor Nucleare pentru aprobarea Normelor privind cerinţele de bază de securitate radiologică, Anexa nr. 1, publicat în Monitorul Oficial al României, nr. 517/25.06.2018; Legea nr. 111/1996, republicată, completată cu Legea nr. 63/2018.

Patel S, Mavridou AM, Lambrechts P, Saberi N. External cervical resorption-part 1: histopathology, distribution and presentation. Int Endod J. 2018 Nov;51(11):1205-1223

Scarfe WC, Azevedo B, Toghyani S, Farman AG.Cone Beam Computed Tomographic imaging in orthodontics. Aust Dent J. 2017 Mar;62 Suppl 1:33-50.

Verificarea cunoştinţelor

1. Precizaţi care sunt criteriile de care se va ţine cont pentru indicaţia adecvată a unei examinări radiologice
   _____
   _____

2. Definiţi principiul justificării în recomandările radiografiilor dentare
   _____
   ____

3. Dacă în urma examenului clinic, la un pacient nu se evidenţiază nici o leziune carioasă cum procedaţi?
   _____
   _____

4. Realizaţi corespondenţa în cazul următoarelor radiografii (unele afirmaţii nu au corespondenţă, iar altele pot avea corespondenţe multiple) :

1. Radiografia panoramică	a. Este o examinare care trebuie efectuată de rutină la venirea pacienţilor în cabinet
2. Radiografia periapicală paralelă	b. Se efectuează la 6 luni în cazul pacienţilor cu risc cariogen crescut
3. Radiografia ocluzală	c. Este o examinare care trebuie efectuată de rutină doar la pacienţii edentaţi
4. Radiografia bite-wing	d. Se efectuează în evaluarea post-operatorie a resorbţiilor osoase periimplantare
5. CBCT craniofacial (FOV>15cm)	e. Se realizează întotdeuna la sfârşitul unui tratament endodontic
6. CBCT dendo-alveolar	f. Se poate indica pentru diagnosticul litiazei salivare submandibulare
	g. Se indică în incluzia molarului de minte
	h. Se indică în incluzia caninilor
	i. Se indică de rutină pentru evaluarea dentaţiei mixte
	j. Se indică pentru despicăturile palatului osos
	k. Se indică pentru aprecierea cariilor secundare sub coroanele de înveliş
	l. se indică pentru efectuarea măsurătorilor cefalometrice

5. Precizaţi care dintre următoarele afirmaţii sunt false şi care sunt adevărate
   a. Examinarea radiografiilor anterioare au următoarele beneficii: elimină necesitatea unei noi radiografii dacă acestea răspund nevoilor clinice curente
   b. În cazul molarului de minte inferior, radiografia panoramică este cea mai indicată metodă de examinare
   c. Evaluarea post-operatorie a implantului dentar se realizează cu radiografii panoramice la 3 luni post-operator
   d. Examinarea CBCT poate fi indicată pentru realizarea măsurătorilor cefalometrice
   e. Radiografia cefalometrică se indică chiar înainte de terminarea tratamentului cu dispozitivul fixat, pentru a evalua poziția incisivilor inferiori.

13.2. Optimizarea expunerilor radiologice medicale

Autori: Loredana Bogdan, Ciprian Cîndea, Lucian Hodorog, Cosmin Faur, Mihaela Hedeşiu

Cuprins

13. Principiile generale ale radioprotecţieie în medicina dentară
13.2.Optimizarea expunerilor la radiaţii X
13.2.1. Optimizarea caracteristicilor specifice echipamentelor radiologice
13.2.2. Optimizarea protocolului de expunere
13.2.3. Utilizarea echipamentelor individuale de radioprotecție
13.2.4. Radioprotecţia în expunerile radiologice pediatrice din medicina dentară

Obiective

1. Înţelegerea şi aplicarea în practică a principiului risc-beneficiu în explorarea radiologică
2. Înţelegerea mijloacelor prin care se poate optimiza protecţia radiologică în expunerile medicale
3. Cunoaşterea modului în care factorii ce ţin de echipamentele radiologice pot să influenţeze doza în radiodiagnosticul dentar
4. Dobândirea gândirii critice care stă la baza protocoalelor de optimizare a parametrilor de expunere în radiodiagnosticul dentar
5. Înţelegerea rolului echipamenului de radioprotecţie pe care îl poartă pacientul în cursul expunerilor la radiaţii
6. Selecţionarea mijloacelor de optimizare a dozelor în conformitate cu examenul radiologic efectuat (radiografii intra-orale, radiografii panoramice sau expuneri CBCT)

Termeni cheie

ALARA
articulaţia temporo-mandibulară
balanţa risc-beneficiu
CBCT
colimarea
criterii de referinţă
echipament individual de radioprotecţie
endodonţie
filtrarea
FOV
implantologie
justificare
limitarea dozelor
optimizare
optimizarea expunerii la radiaţii
optimizarea geometriei de expunere
optimizarea kV-ului
optimizarea mAs
ortodonţie
radiografie bitewing
radiografie cefalometrică
radiografie panoramică
radiografie periapicală
radiografii de craniu
radiologie pediatrică
radioprotecţie

Optimizarea expunerilor radiologice medicale are scopul de a păstra mărimea dozelor individuale și numărul persoanelor expuse, la un nivel cât mai scăzut posibil, ținând seama de disponibilitatea mijlocelor tehnice și de factorii economici și sociali.

Principiul optimizării este unic și se aplică pentru fiecare procedură şi pacient în parte. Optimizarea în expunerile medicale nu reprezintă neapărat reducerea dozelor, ci utilizarea unei doze cât mai scăzute, care să conducă la obținerea unor imagini radiologice de o calitate optimă pentru stabilirea unui diagnostic corect. Cea mai potrivită definiție pentru optimizarea expunerilor radiologice ar fi utilizarea radiațiilor ionizante în doze cât mai mici posibil corelat cu scopul medical al expunerii dat de indicaţia clinică.

Procesul de optimizare în medicina dentară implică următoarele nivele:

1. alegerea echipamentului radiologic (intraoral, panoramic sau CBCT) în acord cu patologia pacientului (capitolul 13.1);
2. optimizarea caracteristicilor specifice echipamentelor radiologice;
3. optimizarea protocolului de expunere (parametrii expunere, dimensiune fascicol X, receptor imagine);
4. utilizarea echipamentelor individuale de radioprotecție;
5. controlul calității și evaluarea calității imaginii radiologice (capitolul 13.3);
6. stabilirea și utilizarea nivelelor de referință în diagnostic (NRD) (capitolul 13.4).

13.2.1. Optimizarea caractersiticilor specifice echipamentelor radiologice

Factorii tehnici care influenţează valoarea dozelor de radiații primite de pacienți sunt:

- sursa de radiaţii X (kV)
- filtrarea
- colimarea
- receptorul de imagine.

a) Generatorul de radiaţii X și **kilovoltajul** tubului Röntgen:

- pentru instalații dentare intraorale se recomandă valori de 65-70 kV pentru generatori care redresează tensiunea cu frecvenţa reţelei și de 60 kV pentru generatori cu potențial constant;
- pentru echipamentele noi, mai ales atunci când acestea utilizează receptori de imagine digitali, se recomandă generatori cu potențial constant;
- pentru echipamentele CBCT, tensiunea tubului și produsul curent timp de expunere (mAs) ar trebui să fie reglabile și optimizate în timpul utilizării în funcție de scopul clinic al examinării, în mod ideal prin stabilirea de protocoale specifice de către medicul practician în consultare cu un expert în fizică medicală.

b) Filtrarea

- Utilizarea filtrelor de aluminiu este o metodă cheie de reducere a dozei la pielea pacientului. Filtrarea unui fascicul de radiație X absoarbe, în mod preferențial, fotonii cu energie mai mică din fasciculul de radiație care ar duce la creşterea dozei la piele fără să contribuie la formarea imaginii radiologice.
- Filtrele cu aluminiu sunt o componentă intrinsecă a echipamentelor dentare având o valoare fixată la fabricarea echipamentului și în consecință filtrarea nu poate fi ușor controlată de un dentist.
- Filtrarea suplimentară, folosind alte materiale decât aluminiu s-a dovedit utilă în radiografia panoramică deoarece duce la reducerea dozei a pacientului
- În radiografia intraorală, aplicarea filtrelor suplimentare din pământuri rare este prea costisitoare şi cu toate că oferă o reducere a dozei, ea trebuie adoptată cu avizul unui expert în fizică medicală şi împreună cu setarea unor noi factori de expunere.
- Pentru CBCT sunt necesare studii de cercetare privind rolul filtrării în optimizarea expunerii medicale. Pentru unele echipamente, cantitatea de filtrare poate fi selectată manual. Deoarece razele X cu nivel redus de energie şi penetrabilitate redusă contribuie la doza de radiație, dar nu şi la calitatea imaginii, filtrarea acestora este necesară pentru a reduce doza de radiații. Pentru valori mari ale filtrării energia fasciculului este prea crescută, contrastul va fi prea scăzut și astfel imaginea radiologică nu va avea o calitate optimă pentru stabilirea unui diagnostic. Pentru a compensa filtrarea excesivă, se poate crește valoarea curentului anodic măsurat în mA în vederea obţinerii unei calităţi adecvate a imaginii.

c) **Colimarea**

- Deoarece fasciculul de radiații emis de tubul X este divergent, creșterea distanței de la focarul tubului la piele duce la creșterea dimensiunii fasciculului la suprafața pielii. Prin colimarea fasciculului strict la zona de interes clinic se reduc dimensiunea câmpului de radiații la nivelul pielii, divergența fasciculului în corpul pacientului și prin aceasta se reduce volumul iradiat deci scade valoarea dozei primita de pacient.
- Pentru aparatele de radiografie intraorală colimarea rectangulară este un mijloc extrem de eficient de reducere a dozei.
- Pentru echipamentul de radiografie panoramică, limitarea dimensiunii câmpului de radiații la zona anatomică de interes pentru diagnostic ar trebui utilizată, dacă această opțiune este disponibilă.
- echipamentele panoramice sunt dotate cu "modalitate de imagistică pentru copii" care reduc suprafață expusă cu 27% pâna la 45%.
- În cefalometrie, când este posibil, pentru cefalogramele laterale ar trebui limitat câmpul de radiații la zona de interes clinic.
- Pentru CBCT, echipamentul multifuncțional oferă diferite dimensiuni ale câmpului de vizualizare și în consecință, orice expunere trebuie să se folosească cea mai mică dimensiune a FOV, compatibilă cu situația clinică respectivă.

d) **Alegerea receptorului de imagine**

- În radiografia intraorală trebuie folosit filmul disponibil care are cea mai mare viteză (Grup E sau mai rapid) pentru a reduce semnificativ doza la pacient.
- În radiografia extraorală trebuie utilizată combinația film/ecran intensificator cea mai rapidă disponibilă, compatibilă cu rezultatul satisfăcător pentru diagnostic.
- Receptorii digitali folosiți în radiografia intraorală digitală au avantajul de a reducere substanțial doza de iradiere. Este putin probabil ca radiografiile digitale panoramice sau cefalometrice, să ofere o reducere semnificativă a dozei de iradiere comparativ cu sistemul convențional ecran/film.
- Echipamentele CBCT dotate cu detectoare flat panel sau intensificatoare de imagine trebuie să fie optimizate înainte de utilizare în ceea ce privește reducerea dozei. Echipamentul multifuncțional CBCT dentar ar trebui să ofere o gamă largă de dimensiuni a voxelilor. Fiecare examinare ar trebui să utilizeze cea mai mare dimensiune a voxelului (cea mai mică doză) în concordanță cu precizia de diagnosticare acceptabilă.

13.2.2. Optimizarea protocolului de expunere

Anumiți parametri de expunere afectează doza de radiații la care este expus pacientul, printre acestea numărându-se:

e) energia fasciculului (determinată de kV, filtrare),
f) curentul anodic al tubului (măsurat în mA),
g) timpul de expunere (măsurat în secunde),
h) factorii geometrici (mărimea fasciculului, distanța sursă-piele etc.).

a. optimizarea kV-ului

Creșterea valorii kilovoltajului aplicat tubului X (kV), va duce la creșterea energiei fasciculului de radiații X și deci a penetrabilității acestuia. Odată cu creșterea kV va crește și cantitatea dozei de radiații, atunci când ceilalți parametri rămân constanți. Atunci când radiațiile Röntgen traversează un mediu, ele sunt absorbite în mod diferit în funcție de energia lor, radiațiile cu energie scăzută sunt absorbite în mod preferențial de către țesuturi.

În cazul echipamentelor radiologice cu kV variabil (de exemplu: ajustabil între 60-90 kV), un nivel optim al kV-ului ar trebui să fie determinat cu implicarea unui fizician medical, având în vedere echilibrul dintre calitatea imaginii și doza de radiații.

b. optimizarea curentului anodic al tubului (mA)

O creștere a valorii mA-ului duce implicit la creșterea fluxului de radiații în condiții de valori constante ale celorlalți parametri (fără a avea însă vreun efect asupra energiei radiației) și prin urmare, va determina o creștere liniară a dozei de radiații, dar cu un zgomot scăzut al imaginii radiologice.

La fel ca și în cazul energiei fasciculului de radiație, valoarea curentului anodic nu poate fi fixată pentru toate cazurile de examinat, ci se ajustează în funcție de factori ce țin de echipamenul radiologic (modelul aparatului, receptorul digital etc.), de aplicația clinică (adică cerințele de calitate a imaginii) sau de dimensiunea și vârsta pacientului.

c. optimizarea timpului de expunere

Dacă timpul de expunere (numărul de proiecții) este prea mic, efectul asupra radiografiilor dentare va fi similar cu cel al reducerii mA, iar pe imaginea CBCT pot apărea artefacte de aliasing.

d. ajustarea factoriilor geometrici ai expunerii

Distanța sursă-pacient (SPD - source-patient distance) poate fi variată, ținând cont de faptul că doza maximă de radiații la nivelul pielii va fi mai mică atunci când distanța sursă-pacient este crescută.

Acest principiu se bazează pe legea pătratului invers care descrie principiul reducerii dozei pe măsură ce distanța de la sursă la obiect crește (Capitolul 4).

Astfel, dacă distanța sursă-pacient va fi dublată, doza va fi diminuată cu un factor de patru. În plus, utilizarea colimării dreptunghiulare poate duce la o reducere a dozei de aproximativ 40-50% în comparație cu colimarea circulară.

e. dimensiunea fasciculului de radiaţii

Cu cât dimensiunea fasciculului este mai mare, cu atât mai mare este volumul de ţesut expus. La distanță constantă sursă-pacient, debitul de raze X (cantitatea de raze X pe unitate de suprafață) nu este afectat de mărimea fasciculului. Astfel, dimensiunea mai mare a fasciculului de radiații duce la creșterea dozei efective.

Echipamentele CBCT ar trebui să ofere o gamă variata de dimensiuni pentru alegerea volumului optim de examinat. În timpul examinării trebuie să se utilizeze cel mai mic volum compatibil cu situația clinică, astfel încât pacientul să fie iradiat cât mai puţin.

De exemplu, pentru realizarea unui CBCT dentar, expunerea directă a unei regiuni care cuprinde 3-4 dinți, presupune o zonă mică de piele expusă, o expunere mai scăzută a glandelor salivare (parotida, submandibulare și sublinguale) și expunerea neglijabilă, prin împrăștiere la creier și glanda tiroidă. În cazul realizării unui CBCT al sinusurilor maxilare, este necesară scanarea întregului craniu cu un FOV mare. În acest caz, expunerea directă a glandei parotide este crescută. Dispersia crescută a razelor, determină o zonă mai mare de piele expusă (de asemenea: măduva osoasă, suprafața osoasă), expunerea directă a glandelor submandibulare și sublinguale precum și o expunere prin împrăștiere la creier și glanda tiroidă. Doza efectivă rezultată va fi considerabil mai crescută. Este important de reținut faptul că atunci când adulții și copiii sunt expuși folosind același FOV, doza pentru copii va fi mai mare.

Un alt parametru care influențează atât doza de radiații cât și calitatea imaginii este dimensiunea voxelului. Cu cât dimensiunea voxelului este mai mică, imaginea radiologică va fi mai clară dar obținerea ei necesită o doză mare de radiații. Scopul alegerii unor dimensiuni variate ale voxelilor în funcție de cazul clinic este de a utiliza cea mai mică doză de radiații (oferită de cea mai mare dimensiune a voxelului) în concordanță cu claritatea imaginii acceptabilă pentru indicaţia clinică.

13.2.3. Utilizarea echipamentelor individuale de radioprotecție

Utilizarea echipamentelor de protecţie este specifică fiecărui tip de explorare radiologică din stomatologie.

- **Echipamentele de radioprotecţie în radiografiile intra-orale**

Nu există dovezi care să justifice utilizarea de rutină a protecției gonadelor sau sânilor cu **șortul de plumb** în radiografia dentară. Un raport oficial al Academiei Americane de Radiologie Orală și Maxilo-Facială, subliniază că valoarea șortului cu plumb este minimă în comparație cu beneficiile folosirii unor **detectori sensibili** la radiaţiile X și a **colimării rectangulare**.

În plus, trebuie subliniat faptul că sorţurile cu plumb nu protejează împotriva radiațiilor împrăștiate în interiorul organismului. S-a concluzionat că utilizarea acestora poate fi considerată opțională, cu excepția cazurilor când sunt cerute de lege. Astfel, în radiografia intra-orală, șortul poate fi folosit pentru confortul pacientului.

În schimb, este recomandat pentru radiografiile ocluzale cu rază orientată spre inferior (ex. radiografia ocluzală pentru maxilar).

Glanda tiroidă este unul dintre cele mai radiosensibile organe din regiunea cervicofacială. Ea este expusă în mod frecvent la radiațiile împrașt iate și ocazional la fasciculul primar de radiații în timpul radiografiei dentare. **Gulerul cu plumb** pentru protecția tiroidei trebuie folosit în radiografia intraorală sau în acele cazuri în care tiroida este în calea fasciculul primar de radiatii, în special la persoanele sub 30 de ani, deoarece aceștia sunt mai predispuși la riscul de producere a cancerului din cauza radiațiilor. Totuși, pentru radiografia intraorală, colimarea rectangulară ofera același nivel de protecție al tiroidei ca și gulerul cu plumb pentru tiroidă. În radiografia cefalometrică este necesară protecția tiroidei cu plumb în cazul în care colimarea fasciculului nu exclude glanda tiroidă.

- **Echipamentele de radioprotecţie în radiografiile panoramice**

Pentru protecția la radiaţii a pacientului în timpul expunerilor pentru radiografiile panoramice şi a imagisticii CBCT, se recomandă utilizarea de **şorţuri individuale de protecţie radiologică fără guler**.

Ecranarea tiroidei în radiografia panoramică este nepotrivită, deoarece gulerul de protecție poate să interfereze în mod fizic cu fasciculul util de radiații și să degradeze imaginea finală.

- **Echipamentele de radioprotecţie în examinarea CBCT**

În examinarea CBCT, pentru a fi eficiente, **şorţurile de radioprotecţie** trebuie plasate în afara razei de distribuție a câmpului de scanare (FOV). Şorţurile cu plumb nu protejează împotriva radiaţiilor împrăştiate în interiorul organismului, dar ele pot proteja corpul față de radiația primară și față de cantități mici de radiații dispersate provenite din alte surse decât pacientul.

Șortul de plumb nu oferă protecție suplimentară pentru organele care primesc doze crescute de radiații la examinarea CBCT (ex. tiroida), dar poate reduce doza de radiații care ajunge la nivelul gonadelor sau sânilor, organe care de altfel primesc o doză nesemificativă în expunerile din radiodiagnosticul dentar.

Purtarea şorţului cu guler de plumb trebuie folosită în mod adecvat deoarece poate duce la ecranarea zonelor de interes pentru diagnostic, produce uneori artefacte metalice sau poate afecta cantitatea de radiații emise de tubul X pentru sistemele cu control automat al expunerii.

În cazul imagisticii CBCT se folosește **gulerul tiroidian** care duce la o reducere a dozei la nivelul tiroidei cu 35-44% atunci când are o grosime ≥ 0,25 mmPb. Trebuie luat totuși în calcul faptul că ecranarea fasciculului util de radiaţii X prin gulerul tiroidian poate duce la artefacte metalice severe, de aceea nu este indicat a se folosi dacă regiunea de interes se

află la nivelul vertical al ecranării. Pentru sistemele care utilizează controlul automat al expunerii, gulerul tiroidian în fasciculul primar ar duce la creșterea inutilă a cantităţii de radiaţii emisă de tubul X.

13.2.4. Radioprotecția în expunerile radiologice pediatrice din medicina dentară

În ceea ce privește expunerea medicală la copii, sunt necesare măsuri suplimentare de protecție împotriva radiațiilor. Necesitatea acordării unei atenții deosebite radioprotecției copiilor se datorează unui cumul de factori:

- pacienții copii sunt mai radiosensibili și astfel ei sunt mai susceptibili la apariția efectelor stochatice. Radiosensibilitatea crescută se datorează faptului că aceștia au numeroase celule tinere, în dezvoltare, cu o rată metabolică ridicată și cu o capacitate de diviziune crescută şi având o susceptibilitate înaltă la modificările biologice față de celulele adulte.
- doza absorbită crește odată cu scăderea dimensiunilor pacientului expus, pentru aceeași dimensiune a câmpului de vizualizare. Dacă un copil și un adult vor fi scanaţi cu aceeași dimensiune a câmpului de vizualizare, copilului îi va fi iradiată o arie mult mai extinsă, deci va primi o doză de iradiere mai crescută. Lipsa ajustării protocoalelor de expunere pentru pacientul pediatric va duce la iradierea acestuia cu o doză mult mai mare.
- durata de viață a copiilor este mai lungă ceea ce înseamnă un timp mai îndelungat în care pot să apară efectele cancerigene ale iradierii.

În ceea ce privește volumul expunerilor radiologice ale copiilor în medicina dentară, în ultimii ani, se constată o creștere masivă a numărului examinărilor. Utilizarea computerului tomograf cu fascicol conic (CBCT) în medicina dentară aduce numeroase avantaje în special în chirurgia orală și maxilo-facială și ortodonție. Cel mai frecvent CBCT-ul este folosit, la copii, pentru examinarea anomaliilor dentare, a traumatismelor dentare, dar și în planificarea operațiilor de chirurgie ortognată sau în cazul despicăturilor labio-palatine. Totodata, în multe dintre aceste cazuri este necesară urmărirea radiologică a evoluției tratamentului la anumite intervale de timp efectuând-se în acest fel mai multe investigații CBCT.

Un alt mare neajuns se datorează faptului că, în cele mai multe țări, examinările CT respectiv, CBCT, se realizează în spitale de adulți sau clinici private de radiologie, unde nu se folosesc protocoale pediatrice specifice şi parametrii de expunere nu sunt ajustați dimensiunii reduse a pacientului. Iradierea copiilor folosind protocoale de adult va creşte foarte mult doza absorbită de organe şi implicit riscurile iradierii.

În consecinţă, radioprotecția la copii presupune măsuri suplimentare față de cele aplicate în general ca măsuri de bază ale radioprotecției.

Principiul justificării în expunerile radiologice la copii

- Toate examinările radiologice pediatrice trebuie justificate pentru fiecare pacient în mod individual, punând în balanță informațiile noi aduse de metoda folosită în managementul cazului clinic şi riscul de iradiere care rezultă din metoda radiologică utilizată şi vârsta pacientului;
- Radiografiile de rutină reprezintă o practică neacceptată, indicația unei examinări radiologice trebuie să fie precedată de un examen obiectiv și o anamneză detaliată;
- Medicul dentist trebuie să ofere suficiente informații despre cazul clinic, să susțină diagnosticul de trimitere și indicația tipului de examinare.

Optimizarea în expunerile pediatrice

Optimizarea expunerilor este importantă și trebuie să țină cont de numeroși factori:

- este necesară o pregătire corespunzătoare din partea personalului medical pentru utilizarea unor dispozitive de imobilizare specifice pediatriei, care minimizează doza persoanelor care susțin pacienții copii;
- este obligatorie folosirea unor protocoale de expunere pediatrice, echipamente cu grile speciale (sau fără grilă) și filtre speciale, colimarea precisă a fasciculului primar și protecția gonadelor;
- Colaborarea interdisciplinară, dacă există, poate aduce reale beneficii în optimizarea dozelor. Descrierea detaliată a unui diagnostic de trimitere, alegerea corectă a tipului de examinare și transmiterea acestor informații către medicul radiolog și tehnicianul radiolog vor permite ajustarea parametrilor de expunere și folosirea protocoalelor pentru copii. Astfel se va obține o calitate a imaginii radiologice adecvată pentru diagnostic, la cea mai mică doză de iradiere;
- reducerea numărului de examinări radiologice la copii şi evitarea examinărilor repetate;
- asistentul medical trebuie să aibe o pregătire specifică în a controla copiii, în tehnicile radiografice specifice şi în utilizarea dispozitivelor de imobilizare;
- colimarea precisă a fasciculului primar;
- protecţia gonadelor;
- părinţii copiilor care necesită susţinere în timpul examinării vor fi încurajati să-şi susţină copilul; acestora li se va asigura echipament de protecţie, vor evita fasciculul primar şi vor fi instruiţi clar şi precis în prealabil asupra conduitei din timpul examinării.

Sumar

- Optimizarea expunerilor radiologice medicale are ca scop reducerea dozelor individuale si a numarului de expuneri radiologice la un nivel cat mai scazut posibil in contextual mijloacelor tehnice disponibile si a patologieie investigate
- Factorii de echipament care contribuie la reducerea dozelor de radiatii sunt: valorile optime ale kV-ului , filtrarea, colimarea si alegerea unor receptori de imagine sensibili la radiatiile X
- Optimizarea factorilor de expunere si ajustarea factorilor geometrici ai expunerii la radiatii contribuie la reducerea dozelor de iradiere
- Utilizarea echipamentelor individuale de radioprotectie este specific fiecarei tip de explorare radiologica medicala
- Radioprotectia in expunerile radiologice pediatrice este importanta si trebuie sa ia in considerare varsta pacientului, patologia examinata radiologic si asigurarea unei balante echilibrate risc-beneficiu in radiodiagnosticul dentar

13.3. Controlul calităţii şi evaluarea calităţii imaginii în expunerea radiologică medicală

Autori: Loredana Bogdan, Ciprian Cîndea, Lucian Hodorog, Gabriel Armencea, Mihaela Hedeşiu

Cuprins

13. Principiile generale ale radioprotecţiei în medicina dentară
13.3. Controlul calităţii şi evaluarea calităţii imaginii în expunerea radiologică medicală
13.3.1. Întreţinerea şi testarea echipamentului radiologic
13.3.2. Testarea receptorilor de imagine şi a altor echipamente auxiliare utilizate în radiodiagnostic
13.3.3. Evaluarea calității imaginii
13.3.4. Controlul calităţii camerei obscure, a filmului, casetei și a procesării filmelor

Obiective

1. Însuşirea protocoalelor care trebuie aplicate în cabinetul de radiologie pentru asigurarea calităţii expunerilor radiologice
2. Dezvoltarea capacităţii de a realiza protocoale propri de control a calităţii în cabinetele de radiologie dentară
3. Cunoaşterea modului în care se realizează protocolul de verificare şi testare a echipamentelor radiologice
4. Dobândirea cunoştinţelor necesare pentru testarea şi verificarea calităţii camerei obscure şi a echipamentelor de prelucrare a imaginilor radiologice
5. Dezvoltarea capacităţii de verificare a calităţii imaginilor radiologice şi însuşirea procedurilor prin care se auditează calitatea imaginii

Termeni cheie

asigurarea calităţii	niveluri de referinţă	testarea dispozitivelor
buletin de verificare	norme de securitate radiologică	teste de acceptare
controlul calităţii camerei obscure	optimizarea expunerilor	teste de performanţă
directivă europeană	raport de calitate	teste de rutină
expert fizică medicală	rezoluţia monitorului	verificarea echipamenteleor
negatoscop	standarde de calitate	verificări periodice

Scopul Asigurării Calității (AC) în radiografia dentară este acela de a contribui la obținerea constată de informații diagnostice adecvate, utilizând cele mai mici doze de radiații, dar care fac totuşi posibilă interpretarea radiografiei, în contextul patologic al cazului respectiv.

Asigurarea calitătii și evaluarea dozelor pacientului, în raport cu calitatea imaginii radiologice constituie mijloace esenţiale pentru optimizarea expunerilor la radiaţiile X în scop medical. În fiecare centru de radiologie dentară trebuie să fie implementate programe cuprinzătoare de asigurare a calității, realizate în colaborare cu experți în fizică medicală, ținând cont de principiile stabilite de către Organizaţia Mondiala a Sănătății (OMS) și Panamerican Health Organization (PAHO).

Toate procedurile din cadrul Programului de AC includ necesitatea efectuării înregistrărilor periodice de către persoana responsabilă (dentist, asistent). Persoana responsabilă cu implementarea Programului de AC în cabinetul stomatologic, trebuie să efectueze verificări periodice ale înregistrărilor rezultatelor acestui program. Acest lucru este esențial pentru a demonstra implementarea efectivă a programului.

Un program de asigurare a calității bine proiectat trebuie să fie cuprinzător, dar totuşi să nu fie costisitor de aplicat și de menținut, pentru personalul medical.

Programul de asigurare a calității trebuie să cuprindă următoarele:

1. Întreţinerea şi testarea performanţei echipamentului radiologic
2. Testarea receptorilor de imagine şi a altor echipamente auxiliare utilizate în radiodiagnostic
3. Evaluarea calității imaginii clinice
4. Controlul calităţii camerei obscure, a filmului, casetei și a procesării imaginilor digitale
5. Estimarea dozelor pentru pacient
6. Auditul clinic.

13.3.1. Întreţinerea şi testarea echipamentelor radiologice

a. Prevederi ale programelor de AC la instalarea în cabinet a unui echipament radiologic dentar

În primul rând, echipamentele radiologice nou achiziţionate trebuie să îndeplinească anumite cerinţe legislative (**Directiva 2013/59/EURATOM** a **Consiliului European** care acoperă domeniul expunerilor medicale la radiaţiile ionizante):

- Echipamentele medicale trebuie să îndeplinească anumite cerinţe de securitate: securitatea electrică, mecanică şi de protecţie împotriva radiaţiilor.
- Dispozitivele medicale trebuie să aibă marca CE pentru a demonstra că sunt corespunzătoare, ele putând fi astfel vândute în mod liber în UE fără a se supune altor reguli naţionale suplimentare, deşi în unele state membre pot să existe cerinţe suplimentare legate de furnizarea echipamentelor radiologice.
- Este necesar ca furnizorii, constructorii sau cei care montează echipamentul de radiologie dentară să ofere informaţii adecvate legate de utilizarea lor, de testarea şi întreţinerea echipamentului.
- Posesorii de echipamente trebuie să asigure testarea echipamentului radiologic astfel încât să se optimizeze securitatea atât a personalului care utilizează acest echipament cât şi a pacienţilor supuşi expunerilor medicale.

Înaintea introducerii echipamentelor în uzul clinic, acestea trebuie supuse unor **teste de acceptanţă**. Testele efectuate trebuie să aibă la baza proceduri acceptate la nivel naţional şi international. Rolul testelor de acceptanţă ale echipamenteleor medicale este următorul:

- certificarea funcţionării instalaţiei în parametrii recomandaţi de producător (precizie tensiunea anodică, randamentul tubului Rx, precizie timp de expunere)
- stabilirea performanţei de bază care constituie un element de comparaţie pentru testele ulterioare care vor fi efectuate pe întreaga durată de viaţă a echipamentului
- efec tuarea de măsurători ale dozei pacient. Este recomandat ca aceste doze să fie comparate cu nivelurile de referinţă stabilite pentru radiodiagnosticul dentar (NRD).
- În general, există un acord internaţional cu privire la testarea principalelor caracteristici şi **criterii de acceptabilitate** pentru echipamentele Rx dentare.

b. Obiectivele programelor de AC privind întreţinerea şi testarea echipamenelor radiologice

Atât pentru utilizatori cât şi pentru pacienţi este importantă menţinerea la parametri optimi a caracteristicilor funcţionale ale echipamentului radiologic. Titularul de autorizaţie trebuie să implementeze în cabinetul de radiologie un program de acceptare a instalațiilor radiologice care să cuprindă:

- teste de acceptanţă
- teste de calitate
- teste de constanță (de verificare)
- teste de stare
- teste efectuate după reparații majore.

Testele de rutină (de verificare) pentru întreţinerea regulată şi verificările periodice ale instalațiilor de radiodiagnostic dentar trebuie să se realizeze în conformitate cu cerinţele legislative locale care prevăd următoarele:

- Testele de verificare au la bază proceduri clare.
- Ele se efectuează cel puţin odată pe an.
- Se vor efectua verificări mai frecvente dacă: (a) doza pacient înregistrată depăşeşte NRD; (b) calitatea imaginilor este în mod constant slabă (c) programul de AC arată o scădere semnificativă a performanţelor de expunere ale echipamentului radiologic.
- Intervalul de verificare este semestrial pentru echipamentele radiologice mai vechi de 10 ani.
- Datele efectuării verificărilor periodice trebuie păstrate pentru a constitui nivele permanente de comparaţie pentru verificările ulterioare.
- Metoda de verificare periodică este în general aceeaşi cu verificarea intalaţiilor radiologice după instalare.
- Scopul este de a stabili faptul că echipamentul continuă să funcţioneze la aceeaşi performanţă ca şi după instalare, din punctul de vedere al radioprotecţiei pacientului şi a personalului.
- Trebuie să se confirme faptul că nu au avut loc modificări ale amplasării şi funcţionării echipamentului.
- Verificările periodice trebuie să acopere toate elementele mecanice şi electrice a căror funcţionare poate influenţa calitatea expunerii.
- Trebuie menținută o fișă tehnică a echipamentului care să conțină înregistrările defecţiunilor, reparaţiilor şi verificărilor periodice ca parte a programului de AC. Toate defecţiunile şi remedierea lor trebuie înregistrate pentru fiecare echipament verificat, iar în urma fiecărui proces se va elibera un raport scris (**buletin de verificare**) pe baza căruia echipamentul poate fi reintrodus în uzul clinic.
- Este importantă testarea și calibrarea regulată a aparatelor CBCT de către unităţi autorizate sub supravegherea fizicianului medical.

13.3.2. Testarea dispozitivelor de captare a imaginii şi a altor echipamente auxiliare utilizate în radiodiagnostic

Programul de AC pentru radiografiile dentare prevede şi măsuri pentru îmbunătăţirea calităţii imaginilor care, în cazul detectorilor digitali poate fi influenţată de următoarele caracteristici ale detectorilor:

- **Mărimea detectorilor**

Mărimea senzorului digital şi lipsa lui de flexibilitate, în special în cazul unui senzor semiconductor (CCD/CMOS), poate face poziţionarea lui în cavitatea orală mai dificilă, cu consecinţe asupra calităţii imaginii şi cu posibila necesitate de a repeta examenul radiologic.

- **Durata de viaţă a detectorilor**

Senzorii direcţi digitali de tip CCD sau CMOS sunt protejaţi de o carcasă din plastic împotriva zgârieturilor. În schimb, senzorii indirect

digitali de tip PSP, sunt **vulnerabili la zgârieturi** datorită prezenţei la suprafaţă a stratului de fosfor. Aceste zgârieturi sunt vizibile pe imaginea radiologică sub forma unor linii sau puncte albe. Uneori, mici zgârieturi pe suprafaţa detectorului pot lua forma unor obiecte radio-opace asemănătoare cu obturaţiile stomatologice. Senzorii PSP au o durată de viaţă de cca 50 de expuneri, după care ei ar trebui inlocuiţi pentru a nu crea alterarea imaginilor radiologice.

- **Condiţiile de păstrare a detectorilor**

Senzorii nu ar trebui ţinuţi în plicul protector pentru o lungă perioadă înainte de a fi folosiţi. Radiaţiile cosmice pot ajunge la stratul de fosfor şi pot imprima energie electronilor, ceea ce va determina în cele din urmă creşterea "zgomotului" vizibil pe imaginea radiologică.

După ce senzorii au fost expuşi, ei ar trebui să fiecitiţi cât mai repede cu putinţă. Când senzorii sunt ţinuţi pentru mai mult timp, în special atunci când sunt expuşi la o lumină ambientală, imaginea latentă se va stinge şi imaginea rezultată va fi lipsită de contrast şi poate fi deranjantă.

13.3.3. Evaluarea calităţii imaginii radiologice

Calitatea imaginii radiologice este rezultatul unui cumul de factori care pot conduce la îmbunătăţirea sau din contra la deteriorarea ei. Caracteristicile imaginii radiologice şi factorii de expunere care o influenţează în mod direct au fost expuse în capitolul 5.

Realizarea de radiografii de o calitate acceptabilă este în mod evident un beneficiu atât pentru pacient cât și pentru dentist. Totuși există multe studii retrospective în imagistica dentară conform cărora calitatea imaginii este adesea insuficientă și poate afecta diagnosticul clinic.

Auditarea şi raportarea calităţii imaginilor radiologice trebuie să fie făcută periodic de către medic sau de către asistent. Analizarea periodică (la câteva luni sau anual) a radiografiilor efectuate oferă o bună perpectivă a modului în care au fost respectate în cabinet cerinţele de optimizare a protocolului de expunere şi a calităţii imaginilor radiologice obţinute.

Este importantă monitorizarea regulată a calității imaginii. Acest lucru poate fi făcut în două feluri

- imaginile de referință de bună calitate pot fi păstrate disponibile pentru scopuri comparative.
- medicul și personalul pot să realizeze periodic audituri ale calității imaginii. Auditul clinic necesită evaluarea imaginilor radiologice, pe baza setărilor clar definite ale standardelor de calitate şi compararea lor cu imagini de referinţă de bună calitate.
  Auditul dezvăluie erori frecvente și ajută la realizarea de schimbări esențiale în practică.

Calitatea imaginii poate fi evaluată ca:

- „Excelentă" (fără defecte)
- „Acceptabilă" (unele defecte, dar care nu afectează interpretarea imaginii)
- „Inacceptabilă" (defecte care conduc la radiografii care nu pot fi interpretate)

Totuși, simpla încadrare a radiografiilor într-una dintre aceste categorii nu va fi de ajuns pentru îmbunătățirea calității. Un pas important este **de a înregistra motivele** pentru care o radiografie nu are calitatea corespunzătoare.

Evaluarea calității imaginii clinice are ca și obiectiv minim permisiunea unui **procent mai mic de 10%** din întregul set de imagini unde calitatea este inacceptabilă. Terrmenul de inacceptabil în acest context presupune erori în pregătire, poziţionare, expunere, reconstrucţie şi expunere care fac imposibilă interpretarea radiografiei.

Auditul calităţii imaginii radiologice implică evaluarea următorilor parametri:

- **Respectarea criteriilor de calitate ale imaginilor radiologice**

Standardele de calitate pentru diferite tipuri de radiografii intraorale şi extraorale au fost prezentate în capitolele 6 şi respectiv capitolul 8. Erorile în poziţionarea filmului sau orientarea greşită a fasciculului Rx sunt similiare cu cele discutate deja la filmul convenţional (capitolul 4). Criteriile de calitate a unei imagini CBCT au fost prezentate în capitolul 9.

Imaginile CBCT trebuie să fie supuse unei evaluări clinice aprofundate a întregului set de imagini şi compararea cu imagini de referinţă de bună calitate, conform programului de asigurare a calității pentru CBCT.

Cele mai frecvente cauze ale neconformităţilor în calitatea imaginii sunt legate de:

- pregătirea pacientului pentru examinare
- poziţionarea pacientului
- parametri de expunere nepotriviți cazului clinic
- eventuale erori în manipularea imaginilor post-achiziție.

- **Condiţii de vizualizare a imaginilor digitale - Calitatea monitorului**

Calitatea imaginilor digitale este influenţată de calitatea monitorului pe care acestea sunt afişate. Monitorul ar trebui să beneficieze de o rezoluţie care să fie compatibilă mărimii imaginii digitale.

O rezolutie de 1024 x 768 pixeli este considerată minimal recomandabilă.

Mărimea monitorului ar trebui să fie de cel puţin 17 inch, pentru un monitor convenţional, şi 15 inch pentru un monitor de comandă plat. Rezoluţia de gri a monitorului ar trebui setată la un nivel mai ridicat "High Colour" (16 biţi), pentru a expune contrastele mai mici.

În cele din urmă, luminozitatea şi contrastul ar trebui verificate şi fixate în aşa fel încât toate valorile de gri situate între negru şi alb să fie expuse în mod corect. O metodă de păstrare a setărilor monitoarelor ar trebui să fie disponibilă şi utilizată.

Dacă un dentist îndrumă un pacient spre unul dintre colegii săi, ar trebui să aibă la îndemână un mod de transfer al imaginii digitale (transfer electronic sau utilizând un suport electronic).

- **Condițiile de vizualizare ale imaginilor radiologice pe film**

Condiţiile de examinare a unei imagini radiologice sunt esențiale pentru a obține maximum de informație din imaginea radiologică. Dacă imaginea este prezentată pe un film radiologic, evaluarea ei necesită un negatoscop poziționat astfel încât să fie protejat față de o lumină ambientală puternică, la care să fie posibilă mascarea periferică a filmelor pentru a elimina lumina străină (shutter-e) și un dispozitiv de mărire a imaginii (lupa). Sunt disponibile pe piață negatoscoape care folosesc combinația dintre mascarea periferică și mărire.

Cercetările au arătat că folosirea unor condiții adecvate de vizualizare a filmelor îmbunătățesc considerabil interpretarea diagnosticului. Au fost stabilite norme internaţionale privind nivelurile de performanță și parametrii de operare pentru negatoscoape și aceştia ar trebui urmăriți în cadrul auditului clinic al calităţii.

Deşi verificarea luminozității negatoscopului probabil depășește atribuțiile unui stomatolog practician, curățirea regulată a suprafeței de vizualizare ar trebui să facă parte din rutina procedurilor de calitate.

- **Raportul radiologic**

În radiodiagnosticul dentar, medicul dentist are formarea necesară încă din facultate pentru interpretarea imaginilor radiologice pe radiografiile intraorale şi pe radiografiile panoramice. Pentru examinările CBCT este bine ca medicul dentist să apeleze pentru interpretarea

imaginilor la opinia unui medic radiolog sau a unui medic dentist cu o pregătire corespunzătoare în domeniul radiodiagnosticului maxilofacial.

Recomandări privitoare la competenţa necesară pentru interpretarea imaginilor CBCT

- Pentru imaginile CBCT ale dinţilor, ale structurilor de sprijin, ale mandibulei şi ale maxilarului până la podeaua nazală (FOV<10 mm), raportul radiologic ar trebui să fie făcut de către un medic stomatolog generalist cu o instruire corespunzătoare în CBCT.
- Pentru imaginile CBCT (de exemplu, osul temporal) și toate imaginile craniofaciale (câmpurile care se întind dincolo de dinți, de structurile lor de sprijin, mandibulă, inclusiv ATM şi maxilare până la podeaua nazală cu FOV>15 mm), raportul radiologic ar trebui să fie făcut de către un radiolog sau un medic dentist cu formare în cadrul unui master sau a unei specializări de radiologie secţională cranio-facială.

13.3.4. Controlul calităţii camerei obscure, a filmului, casetei şi a procesării filmelor

Controalele ar trebui făcute o dată la 12 luni sau ori de câte ori s-a sesizat vreo neregulă a camerei obscure sau a echipamentului folosit. Menținerea evidenţei verificărilor efectuate trebuie să fie parte din PAC. Controlul calităţii camerei obscure se adresează următoarelor componente:

- Verificarea lipsei de pătrundere a luminii în camera obscură (testul "monedei" este negativ) (capitolul 4)
- Calitatea luminilor de siguranță – aceste lumini nu produc voalarea filmului radiologic.
- Echipamentul de prelucrare a filmelor - pentru a verifica lipsa de pătrundere a luminii în timpul prelucrării filmului
- Developatoarele automate trebuie supuse unui program de întreţinere periodică pentru a se asigura funcţionarea optimă, deoarece acest lucru are un efect direct asupra dozei pacientului.
- Modul de arhivare a filmelor radiologice – trebuie să fie conformă cu indicaţiile producătorilor de filme radiologice. Păstrarea inadecvată la temperaturi excesive, în imediata vecinătate a aparatelor emițătoare de radiații X, sau neatenția, pot duce la producerea de artefacte. Filmele nu ar trebui folosite după ce au depășit termenul de valabilitate și PAC ar trebui să includă și măsuri de păstrare a stocului.
- Casetele radiologice se pot altera ducând la pătrunderea luminii sau la un contact imperfect între film și ecran. Este importantă verificarea periodică a casetei.
- Ecranele intensificatoare trebuie să fie curate și nealterate pentru a menține o calitate bună a imaginii radiologice. "Artefactele ecranului" sunt des întâlnite. Pentru a le combate, ecranele ar trebui protejate ținând caseta închisă tot timpul, exceptând momentul în care se încarcă sau se descarcă cu film. Ecranele ar trebui curățate cu o soluție specială într-un regim periodic detaliat în PAC.
- Respectarea recomandărilor producătorilor prvind condițiile de prelucrare a filmului (timp și temperaturi), frecvența schimbării soluțiilor de prelucrare şi respectarea instrucțiunilor de folosire pentru procesoarele automate. Programele de AC vor cuprinde înregistrări privind controlul și validarea schimbărilor soluțiilor chimice şi de respectarea procedurilor de curățire ale procesoarelor automate.
- Monitorizarea ciclului de prelucrare a filmului în camera obscură se poate realiza prin utilizarea unui obiect-test ca și filtrele

în trepte. Acest obiect este radiografiat periodic, folosindu-se tot timpul aceeași parametri de expunere. O simplă comparație vizuală între imaginea rezultată și filmul de referință poate detecta variații în calitatea prelucrării înainte de a afecta filmele pacienților. Asemenea verificări ar trebui făcute după fiecare schimb de soluții pentru a asigura condiții satisfăcătoare prelucrării chiar înainte de a prelucra filmele pacienților. Verificările ar trebui făcute cât mai des (o dată la 2-3 zile) pentru asigurarea unei prelucrări cât mai potrivite.

- Fluctuațiile randamentului tubului Rx pot de asemenea influența negativ densitățile obținute cu filtrul în trepte. Acest test poate fi aplicat și pentru radiografiile digitale. Dacă astfel de schimbări se produc în absența oricărei explicații de prelucrare a imaginii, atunci o eroare de echipament poate fi luată în calcul.

Sumar

- Programul de asigurare a calităţii expunerilor radiologice medicale este un mijloc principal de optimizare a iradierii pacienţilor şi trebuie să fie implementat în orice cabinet de radiodiagnostic dentar;
- Întreţinerea şi testarea echipamentelor radiologice şi a receptorilor de imagine se realizează prin proceduri stabilite la nivel naţional şi internaţional;
- Testarea echipamenetelor radiologice implica efectuarea unor teste de acceptanţă, teste de verificare şi calibrare periodică a echipamentelor şi teste efectuate după reparaţii majore ale echipamentelor;
- Programul de asigurare a calităţii receptorilor de imagine se referă la caracteristicile generale ale detectorului, condiţiile de păstrare a acestora şi gradul lor de uzură;
- Auditarea şi raportarea calităţii imaginii radiologice se va face periodic de către medic sau asistent pe baza unor criterii bine definite ale standardelor de calitate a imaginilor radiologice şi prin comparare cu imagini de referinţă de bună calitate.

13.4. Evaluarea dozelor în expunerile medicale la radiaţiile X

Autori: Loredana Bogdan, Ciprian Cîndea, Lucian Hodorog, Simion Bran, Mihaela Hedeşiu

Cuprins

13. Principiile generale ale radioprotecţiei în medicina dentară
13.4. **Evaluarea dozelor în expunerile medicale la radiaţiile X**
13.4.1. **Niveluri de Referinţă în Diagnostic (NRD)**
a) NRD în radiografiile intraorale
b) NRD în radiografiile panoramice
c) NRD în radiografiile cefalometrice
d) NRD în expunerile CBCT
13.4.2. **Estimarea dozei efective**
13.4.3. **Dozimetria clinică**

Obiective

1. Înţelegerea scopului stabilirii NRD
2. Familiarizarea medicului dentist cu metodele de măsurare a dozelor pentru stabilirea NRD şi cunoaşterea limitelor acestor metode
3. Cunoaşterea valorilor adoptate în unele ţări pentru NRD pentru radiografiile intraorale, panoramice, cefalometrice şi CBCT
4. Cunoaşterea semnificaţiei dozelor efective şi a valorii comparative a dozei în diferite expuneri din radiodiagnosticul dentar
5. Înţelegerea rolului dozimetriei clinice şi a fizicianului medical

Termeni cheie

directivă europeană	doza la suprafata de intrarre	raport dozimetric
doza absorbită	doza-organ	sievert
doza colectivă	dozimetrie	teste de acceptare
doza de expunere	nivel de referinţă în diagnostic (NRD)	teste de performanţă
doza efectivă	norme de securitate radiologică	teste de rutină

13.4.1. Niveluri de Referinţă în Diagnostic (NRD)

Trebuie avut în vedere faptul că folosirea unor tehnici de expunere neadecvate va compromite calitatea imaginilor radiologice, necesitând repetarea acestora. Nici o expunere la radiații nu trebuie repetată, cu excepţia cazului în care personalul medical a decis că valoarea de diagnostic a examinării este compromisă.

Un obiectiv al programului de asigurare a calității este acela de a ne asigura că dozele pacient sunt păstrate la nivelul minim posibil pentru obținerea unor imagini de o calitate adecvată indicației clinice. Prin urmare, este necesar să se asigure o monitorizare în mod regulat a acestor doze rezultate din expunerile medicale corelat cu calitatea imaginilor.

Nivelurile de Referință în Diagnostic (NRD) sunt valori ale unor mărimi fizice – indicatori de doză, care pot fi folosite ca valori de referinţă în cadrul auditului clinic şi în cursul procesului de optimizare a procedurilor de radiodiagnostic.

- NRD sunt definite pentru mărimi fizice (indicatori de doză) uşor măsurabile, care pot fi comparate cu valorile de doză mediate pentru grupuri de pacienți de dimensiuni standard şi pentru proceduri standard.
- NRD nu se aplică expunerilor individuale ale pacienţilor.
- NRD sunt stabilite la nivel european, naţional, regional sau local.
- Folosirea NRD este o metoda de a identifica mai rapid şi mai uşor situaţiile în care dozele întru-un anumit laborator sau mediu sunt diferite faţă de cele optime, astfel încât să se poată lua măsuri corective urgente.
  - Dacă valoarea medie a indicatorilor de doza măsurați / înregistrați pentru o procedură standard depăşesc de regulă sau sunt semnificativ mai mici decat valorile NRD relevante, trebuie realizată o revizuire locală a procedurilor și o verificare a echipamentului.
  - În orice proces de comparare a indicatorilor de doza cu NRD trebuie să se faca referire și la calitatea imaginii.
- Cea mai des utilizat metodă de stabilire a nivelelor de referință este pe baza statisticilor realizate pe un număr mare de echipamente. Valorile NRD sunt stabilite ca 75% din curbele de distribuție a valorilor indicatorilor de doză înregistrați / raportați pe tipuri de proceduri radiologice de diagnostic standard.

Indicatori de doză utilizați ca NRD:

a. NRD în radiografiile intraorale

Doza la Suprafața de Intrare (Entrance skin dose - ESD) – reprezintă doza măsurată în aer sau în țesut la capătul conului

- este indicatorul de doză cel mai des folosit deși adeseori există o subestimare a valorilor acestora, datorată faptului că nu include radiaţia retroîmprăștiată de craniul pacientului.
- este o metodă relativ simplă, care poate fi realizată rapid de către un fizician medical / expert în fizica medicală.
- Se foloseşte un dozimetru electronic sau, ca metodă alternativă, un film sau un dispozitiv dozimetric termoluminiscent (TLD) care poate fi pus la dispoziția personalului în practica dentară.

Măsurarea dozei în profunzime

- este un indicator mai bun pentru estimarea dozei efective, decât doza de intrare
- dezavantajul este că ea nu va evidenția diferențe semnificative în doza la piele, cauzate de folosirea unui echipament cu un kilovoltaj scăzut.

Majoritatea măsurătorilor de doză a pacientului în radiografia intraorală au fost dozele măsurate în aer, efectuate la capătul conului.

În UK (2019) se recomandă ca NRD pentru radiografia intraorală la molarul inferior, următoarele valori ale dozei masurată în aer la suprafaţa de intrare (capătul conului) per radiografie:
- la adult: 1,2 mGy
- la copil: 0,7 mGy

Datele din UK sunt de departe cele mai cuprinzătoare măsuratori în practica actuală din Europa, iar recomandările NRD (cunoscute şi ca Diagnostic Reference Level –DRL) se bazează pe aceste valori, deşi nu este indicat să fie adoptate cele mai scăzute valori promovate în UK deoarece este clar că există o variaţie semnificativă în practica din Europa; în Grecia, Portugalia şi Danemarca măsurătorile de doză cuprind un număr semnificativ de echipamente şi indică niveluri ridicate.

NRD rezultate din înregistrările efectuate pe instalaţii care utilizează film

radiologic vor fi mai ridicate decât cele efectuate pe instalaţii cu senzor radiologic digital. Detectorii digitali intraorali necesită în general doze mai mici decât filmul radiologic pentru aceeași calitate a imaginii (Tabel 13.4.1).

Tabel 13.4.1. Dozele efective in radiografiile intraorale (µSv)

Autor/referinta	Protocol de expunere	Doza efectiva (µSv) (ICRP 60)
Gibbs et al.	70kV, con scurt, E-speed film, 18 filme	100 (5.5)
	70kV, colimare rectangular, con lung, E-speed film, 21 filme	14 (0.66)
	colimarea cilindrica, con lung, 4 bite-wings	12 (3)
UNSCEAR 2000	70kV, con scurt, E-speed film, 2 bite-wing	4 (2)
European Commision Issue 136, 2004		1-8.3
White and Paroah , 2015	colimare cilindrica, con lung, PSP sau F film full mouth	171 (8.14)[a]
	colimare rectangulara, con lung, PSP sau F film full mouth	35 (1.6)[a]
Ludlow J.B. at al, 2008	colimare rectangulara, con lung, D-speed film, full mouth	388 [a]
	colimare cilindrica, con lung, PSP sau F film full mouth	170.7 [a]
	colimare rectangulara, con lung, PSP sau F film full mouth	35 [a]
	colimare rectangulara, con lung, PSP sau F film , 4 bitewing	5 [a]

[a]ICRP 103,2007

Detectorii digitali, în special cei PSP, au o plajă largă de sensibilitate.

Pentru aceştia, expunerea la doze mai mari decât cele necesare nu duce neapărat la înnegrirea excesivă a imaginii, ca şi în cazul filmului radiologic. Din acest motiv, este important ca utilizatorii de senzori digitali să monitorizeze permanent nivelurile de doză, pentru a se asigura de utilizarea optimă a acestora.

b. NRD în radiografiile panoramice

Metodologia pentru măsurarea NRD pentru radiografiile panoramice nu este încă bine definită și astfel apar diferențe semnificative între metodele de măsurare folosite. În present nu există recomandări privind un anumit NRD (Tabel 13.4.2).

Indicatorii de doză utilizaţi pentru NRD în radiografia panoramică sunt:

- **Produsul doză-lățime (Gy x m)** - reprezintă doza maximă la fanta casetei cu film, înmulțită cu lățimea fasciculului la fantă, măsurată fără pacient. Pot să apară diferențe semnificative pentru dozele măsurate, în special în cazul echipamentelor panoramice recent introduse, cu fantă îngustă şi cu un profil neuniform de doză în dreptul fantei.
- **produsul doză-suprafața fasciculului** (Dose area product - DAP, măsurat în Gy x cm^2) - poate fi măsurat cu DAP-metru sau cu TLD-ul prin efectuarea măsurătorilor de doză la suprafața pacientului. Utilizarea TLD-ului nu este recomandată deoarece distribuția dozei la suprafață variază în funcție de tipul de instalație panoramică folosit și nu va oferi o bună reprezentare a distribuției dozei în profunzime la nivelul craniului.

În UK (2019) se recomandă ca NRD pentru radiografia panoramică standard , următoarele valori ale produsului -suprafaţă (DAP):
- la adult: 81 mGy x cm^2
- la copil: 60 mGy x cm^2

c. NRD în radiografiile cefalometrice

NRD pentru radiografiile cefalometrice nu sunt stabilite încă în toate ţările europene. Datele înregistrate pentru cefalometrie sunt puține.

Se consideră că măsurarea produsului doză-suprafaţă cu DAP-metru ar fi un indicator mai bun al optimizării dozelor și este parametrul de preferat pentru stabilirea NRD în radiografiile cefalometrice.

În UK (2019) se recomandă ca NRD pentru radiografia cefalometrică laterală, următoarele valori ale produsului doză-arie (DAP):
- la adult: 35 mGy x cm^2
- la copil: 24 mGy x cm^2

- **NRD în expunerile CBCT**

Producătorii de echipamente CBCT dentare trebuie să asigure afişarea produsului doză-arie (DAP) după fiecare expunere.

În UK (2019) se recomandă ca NRD pentru expunerile la CBCT, următoarele valori ale DAP:
- la adult pentru o expunere CBCT în vederea unui implant la molar superior: 265 Gy x cm^2
- la copil pentru o expunere CBCT pentru un canin superior: 170 Gz x cm^2

Stabilirea NRD în expunerile CBCT este problematică deoarece există o multitudine de echipamente CBCT, cu dimensiuni variate ale voxelilor şi a geometriei de expunere.

Nivelurile de referință pentru diagnostic au ca scop optimizarea protecției, dar ele nu reprezintă constrângeri sau limite de doză la pacientul respectiv. Ele sunt stabilite în general de către societățile profesionale medicale, în colaborare cu autoritățile de radioprotecție și de sănătate publică şi sunt specifice unei țări sau unei regiuni.

13.4.2. Estimarea dozei efective

Dozele efective se utilizează pentru a cuantifica efectul biologic al radiațiilor asupra întregului organism supus examinării radiologice.

Doza efectivă nu este o mărime fizică măsurabilă, ea poate fi doar estimată pornind de la doza măsurată în aer şi de la dozele absorbite la nivelul diferitelor țesuturi sau organe, ținând seama de faptul că acestea nu sunt la fel de radiosensibile (Capitolul 11).

Unitatea de măsură pentru cuantificarea dozei efective este Sv (Sievert).

Cunoaşterea dozelor efective pentru expunerile medicale din radiodiagnosticul dentar oferă o bună orientare asupra nivelului de iradiere a pacientului şi asupra riscului asociat expunerii la radiaţiile X, comparativ cu iradierea naturală. Evaluarea riscului unor proceduri de radiodiagnostic trebuie să se facă în funcție de distribuția pe vârste și sex a persoanelor supuse procedurilor medicale.

Doza efectivă poate fi utilă pentru a compara dozele relative datorate diferitelor proceduri de diagnostic, cu condiția ca pacientul sau populația de referință să fie similară în cee ace privește vârsta și sexul.

Radiografiile seriate „toată gura" generează doze efective care depăşesc 100 µSv, deci o doză efectivă mai mare decât în radiografiile panoramice. Se poate observa însă că utilizarea colimării rectangulare, utlizarea receptorilor de imagine sensibili la radiaţii şi reducerea kV, sunt factori importanţi în reducerea dozei efective din cursul expunerilor radiologice intra-orale.

Domeniul de valori ale dozelor efective pentru expunerile panoramice sunt prezentate în tabelul 13.4.2. Dozele efective variază în funcţie de echipamentul radiologic şi de protocolul de expunere, valoride fiind cuprinse între 3,85 – 30 µSv pentru o expunere standard panoramică, la adult.

Dozele efective în imagistica CBCT pentru regiunea dento-alveolară, la o înălțime a FOV-ului mai mică de 10 cm, sunt mai reduse faţă de cele efectuate pentru regiunea craniofacială, cu un FOV mai mare de 10 cm. Totuşi se constată un domeniu larg de variaţie pentru dozele efective în expunerile CBCT datorită variaţiei geometriei de expunere, a mărimii câmpului expus la radiaţii şi a tipului de detector utilizat.

În tabelul 13.4.3 sunt prezentate doar câteva dintre dozele efective estimate pentru câteva dintre tipurile de CBCT şi de protocoale de expunere posibile.

Dozele efective la CBCT cu câmp de iradiere redus, este în general mai mică de 100 µSv, iar pentru expunerile CBCT a întregului craniu ele se situează în medie între 500-700 µSv. În comparaţie cu expunerile la CT care ajung la 10 mSv (Tabelul 13.4.4), riscul examinărilor CBCT este semnificativ mai redus.

Dozele efective sunt o măsură a riscului stochastic asociat. Expunerile radiologice la copii au însă un risc crescut faţă de cele ale adultului, pentru aceeaşi doză efectivă riscul relativ (ERR) fiind cu 20% mai mare la copii.

Tabel 13.4.2. Dozele efective in radiografiile panoramice (µSv)

Autor/referinta	Protocol de expunere	Doza efectiva (µSv) (ICRP 60)
Danforth et al. 2000	Planmeca, 60kV, 4mA, 18s.	3.85
UNSCEAR, 2000		7-14
ICRP 135, 2010		3.85-30
Gijbels et al, 2005	Cranex Tom : 70kV, 4mA, 15s. Veraviewepox 5D: 70kV, 4mA, 8.2s.	8.1
	Orthoralix 9200 DDE:74kV, 4mA, 12s.	5.5
		4.7
Ludlow et. al, 2008	Sirona Orthophos XG (CCD) 70kV, 4mA, 15s.	14.2[a]
	Planmeca Promax (CCD)	24.3[a]
Matsuda et al. 2009	Asahi Hyper X®: 78 kV, 10 mA	12.76[a]
	PanoACT-1000®: 80 kV, 6 mA	6.6[a]
	OP 200®: 66 kV, 10 mA	8.89[a]

[a]ICRP 103,2007

Tabel 13.4.3. Dozele efective in expunerile radiologice CBCT (µSv)

Autor/referinta	Protocol de expunere	Doza efectiva (µSv) (ICRP 60)
Tsiklakis et al., 2005	NewTom QRDVT 9000, 110kV, 3.4mA	35
Ludlow et. al, 2008	NewTom3G large FOV, 110kV, 1.1-2mA	68[a]
	CB MercuRay: large FOV, 100kV, 10mA	569[a]
	Illuma:large FOV, 120kV, 3.4mA	98[a]
	Galileos: medium FOV, 85kV, 5mA	70[a]
	Promax 3D, small FOV, 84kV, 16mA	652[a]
Hirsch et al. 2008	3D Accuitomo, 6x6cm, 80 kV, 4mA	43.27[a]
	3D Accuitomo, 4x4cm, 80 kV, 4mA	20.02[a]
	Veraviewpocs 3D, 8x4cm, 80 kV, 4mA	39.52[a]
	Veraviewpocs 3D, 4x4cm, 80 kV, 4mA	30.24[a]
Roberts et al, 2009	I-CAT large FOV 120kV, 3-8mA,	182.1[a]
	I-CAT 6x6cm mandible: 120kV, 3-8mA,	75.3[a]
	I-CAT 6x6 cm maxilla : 120kV, 3-8mA,	36.5[a]

[a]ICRP 103,2007

Tabel 13.4.4. Dozele efective in expunerile radiologice din computer tomografie (CT) (mSv)

Autor/referinta	Protocol de expunere	Doza efectiva (mSv)
Mattler , 2008	CT craniu	2 (0.9-4.0)
	CT torace	7 (4.0-18.0)
	CT abdomen	8 (3.5-25)
	CT pelvis	6 (3.3-10)
Ludlow et al. 2008	Somatom Sensation 64 MDCT®: 120 kV, 90 mA, 120 mm	860
Ohman et al	Somatom Plus 4 Volume Zoom®: 120 kV, 100 mA, 52 mm	250
Silva et al	Somatom Sensation 16®: 120 kV, 90 mA, 100 mm	429.7
Loubele et al.	Somatom Sensation 16®: 120 kV, 90 mA, 63 mm	474
	Philips Mx8000IDT®: 120 kV, 140 mA, 60 mm	541

13.4.3. Dozimetria clinică

Expunerea la radiatii trebuie să fie măsurată și documentată prin valori reprezentative ale mărimilor dozimetrice sau ale indicatorilor de doză pentru fiecare tip de examinare radiologică considerată ca fiind efectuată în condiţii standard pentru pacienții standard (adulți, de talie medie).

Măsurătorile în fasciculul de radiație X efectuate în scopul dozimetriei clinice trebuie efectuate numai cu instrumente calibrate și etalonate, cu trasabilitate la un laborator de etalonare desemnat de CNCAN.

Dozimetria clinică include determinări ale următoarelor mărimi dozimetrice și indicatori de doză:

- doza la suprafața de intrare - ESD (Gy)
- produsul doză-arie DAP (Gy x cm^2)
- dozele organ (Sv)
- doza efectivă (Sv)

Valorile dozelor primite de persoanele supuse expunerilor medicale (pacienți examinați și persoanele care ajută la sprijinul acestora pe

durata examinării) vor fi arhivate în registre de evidenţă în care se înregistrează:
• parametrii de expunere (kV, mA, s)
• dozele încasate de pacienţi în timpul expunerii.

Periodic, cel puţin anual, trebuie efectuate măsurători dozimetrice pentru a face evaluarea dozelor pacient representative pentru proceduri radiologice standard . Este foarte important a se lua măsuri corective pentru a reduce dozele livrate pacientului, în cazul în care valorile medii înregistrate pentru un anumit tip de procedură depăşesc constant şi semnificativ nivelul de referinţă în diagnostic (NRD) stabilit.

Sumar

- Nivelurile de referinţă în radiodiagnostic (NRD) sunt folosite ca valori de referinţă în auditul clinic şi în optimizarea procedurilor radiologice.
- NRD sunt stabilite la nivel European, naţional, regional sau local.
- Dozimetria clinică urmăreşte stabilirea unor valori representative ale dozei pentru fiecare explorare radiologică care este efectuată în condiţii standard şi pentru pacienţi standard.
- Dozimetria clinică include determinări ale următoarelor mărimi dozimetrice: doza la suprafaţa de intrare, doza în profunzime, produsul doză-arie, dozele organ, doza efectivă.
- Doza la suprafaţa de intrare reprezintă valoarea dozei măsurată în aer sau în ţesut, la capătul conului localizator, ea se măsoară în Grey (Gy) și nu include retroîmprăștierea.
- Produsul doză - suprafață este un indicator de doză mult mai practic deoarece este uşor de măsurat în timpul examinării pacientului; se exprimă în Gy x cm^2.
- Doza efectivă se utilizează pentru cuantificarea efectului biologic al radiaţiilor asupra întregului organism supus examinărilor radiologice.
- Unitatea de măsura pentru cuantificarea dozei efective este Sievert (Sv).

13.5. Radioprotecţia operaţională. Legislaţie naţională

Autori: Loredana Bogdan, Ciprian Cîndea, Hodorog Lucian, Emil Crăsnean, Mihaela Hedeşiu

Cuprins

13. Principiile generale ale radioprotecţiei în medicina dentară
13.5. Radioprotecţia operaţională
13.5.1. Legislaţia relevantă pentru activitatea de radiodiagnostic dentar
13.5.2. Obţinerea avizului şi suportului experţilor în domeniul radioprotecţiei
13.5.3. Elaborarea unor proceduri clare pentru lucrul cu radiaţiile X
13.5.4. Proiectarea adecvată a laboratorului de radiodiagnostic dentar
13.5.5. Instruirea personalului medical care lucrează în mediul cu radiaţii
13.5.6. Monitorizarea dozimetrică a personalului medical
13.5.7. Limite de doză pentru personalul medical în radiodiagnosticul dentar

Obiective

1. Însuşirea cerinţelor legislative care reglementează activitatea din domeniul radiologiei dentare
2. Identificarea rolului instituţiilor administrative, a persoanelor juridice, a expertului în fizică medicală şi a expertului în protecţie radiologică în asigurarea radioprotecţiei operaţionale a pacientului, personalului expus profesional la radiații și a populaţiei
3. Cunoaşterea cerinţelor legislative pe care trebuie să le îndeplinească echipamentele radiologice
4. Evidenţierea modului în care trebuie organizat un centru de radiologie din punct de vedere a asigurării radioprotecţiei expunerilor medicale
5. Cerinţele de formare pentru personalul medical
6. Măsurarea şi controlul dozelor de iradiere a personalului medical
7. Cunoaşterea limitelor de doză impuse pentru personalul medical

Termeni cheie

cameră de expunere
CNCAN
dozimetru cu film
expert în fizica medicală
medic practician
operator
OSL
responsabil cu protecţia radiologică
titular de autorizaţie
TLD
zona controlată

Radioprotecţia operaţională în expunerile medicale reprezintă o serie de măsuri reglementate legislativ privind asigurarea protecţiei radiologice a pacienţilor, a personalului medical expus profesional la radiaţii şi persoanelor din populaţie.

În cabinetul de radiologie dentară vor fi respectate cu stricteţe prevederile legislaţiei naţionale (*Legea 111/1996, privind desfăşurarea în siguranţă, reglementarea, autorizarea şi controlul activităţilor nucleare, cu modificările şi completările aduse de Legea nr. 63/2018*) şi a altor acte legislative emise de către autorităţile competente în domeniul expunerilor medicale, Comisia Naţională pentru Controlul Activităţilor Nucleare **(CNCAN, Ministerul Sănătății - MS)**, ținându-se cont de directivele şi recomandările internaţionale (emise de exemplu de Comisia Europeană, Agenţia Internaţională pentru Energie Atomică - IEEA).

Actele normative din domeniu reglementează de asemenea, condiţiile şi responsabilităţile care decurg din deţinerea şi utilizarea echipamentelor radiologice (generatori de radiaţii).

Sistemul de protecţie împotriva radiaţiilor ionizante este bazat pe cele 3 principii: justificarea, optimizarea şi limitarea dozelor (Capitolul 13.1, 13.2, 13.3).

Radioprotecţia operaţională în radiodiagnosticul dentar se realizează prin:

a) Respectarea legislaţiei relevante Naţionale
b) Consultarea unui expert în fizică medicală şi / sau a unui expert în protecţie radiologică
c) Elaborarea unor proceduri clare pentru lucrul cu radiaţiile X
d) Proiectarea adecvată a laboratorului de radiologie dentară
e) Pregătirea şi certificarea personalului medical în domeniul protecţiei radiologice

13.5.1. Legislaţia relevantă pentru activitatea de radiodiagnostic dentar

Directiva Europeană 2013/59 EURATOM, face referire *la Standardele Fundamentale de Securitate Radiologică (BSS)* şi acoperă toate problemele în privinţa protecţiei radiologice pentru expunerea profesională, expunerea publică şi expunerea medicală, ca rezultat al practicilor care implică utilizarea radiaţiilor ionizante. Toate statele membre ale Uniunii Europene au obligaţia să implementeze în legislaţia naţională cerinţele acestei Directive.

Chiar dacă în fiecare ţară apar aceleaşi concepte de bază privind cerinţele fundamentale privind securitatea radiologică, interpretările pot să varieze de la o ţară la alta. Totuşi, este esenţial ca practicile de radiodiagnostic dentar să implementeze cerinţele specifice legislaţiei naţionale.

În linii generale, legislaţia naţionala şi europeană în vigoare face referire la următoarele cerinţe de radioprotecţie care trebuie să fie implementate în practica radiologică dentară:

a) Autorizarea activităţilor de deţinere sau de utilizare a surselor de radiaţii ionizante

Orice activitate cu surse de radiaţii ionizante trebuie să fie autorizată de către autorităţile competente. Orice persoană juridică, care intenţionează să utilizeze surse de radiaţii ionizante (generatori de radiaţii) în radiologia dentară, trebuie să solicite la Direcţia de Sănătate Publică emiterea autorizaţiei sanitare de funcţionare şi la CNCAN emiterea Certificatului de înregistrare conform *Normelor privind procedurile de autorizare, aprobate prin Ordinul CNCAN 155/2018, publicate in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I,nr. 576 bis din 9 iulie 2018.*

b) Rolurile şi responsabilităţile persoanelor implicate în radioprotecţia operaţională

Titularul de autorizaţie - este persoana juridică, legal constituită, care deţine / utilizează echipamentul radiologic şi căreia îi revine responsabilitatea principală de a asigura implementarea în practică a prevederilor legislative privind radioprotecţia operaţională.
Titularul de autorizaţie are următoarele responsabilităţi:

- stabilirea și implementarea în practică a unui program de acceptare a instalațiilor radiologice care să cuprindă testări efectuate la instalarea echipamentului, teste periodice de verificare sau teste efectuate după reparații majore (Capitolul 13.2),
- luarea în considerare a informațiilor furnizate de către producători/furnizori, pentru a identifica eventualele avarii ale echipamentelor și erorile umane care pot conduce la expuneri medicale neplanificate,
- formularea măsurilor pentru prevenirea defecțiunilor și a erorilor de manipulare a

echipamentelor radiologice (personal calificat, calibrare şi verificare echipamente, asigurarea calităţii, pregătire personal, proceduri) și pentru a minimiza consecințele acestora,

- asigurarea accesului la serviciile experţilor în fizică medicală și protecție radiologică acreditaţi,
- asigurarea faptului că toate persoanele implicate în expunerile medicale sunt pregătite şi calificate corespunzător responsabilităților pe care le au în cadrul practicii,
- asigurarea participării personalului la cursuri de protecție radiologică avizate CNCAN cu periodicitatea de 5 ani,
- eliberarea de permise de exercitare nivel 1 tuturor persoanelor din unitate, expuse profesional la radiaţii ionizante, care nu posedă permis de exercitare nivel 2 sau 3 emis de CNCAN,
- numirea în scris a unui responsabil cu protecţia radiologică, pentru fiecare zonă controlată și să îl investească cu suficientă autoritate managerială cu privire la asigurarea protecției radiologice în unitate,
- elaborarea și implementarea unui program de asigurarea calității și a unui program de protecție radiologică proporționale cu riscurile asociate practicii,
- dezvoltarea și implementarea unor planuri de urgenţă adecvate pentru a răspunde la evenimentele care pot să apară, afișate la loc vizibil și repetate periodic în cadrul exercițiilor practice,
- răspunde legal de respectarea cerinţelor de radioprotecţie legate de echipament, amenajarea laboratorului şi de procedurile de lucru,
- asigură centralizarea la nivelul unităţii sanitare a tuturor datelor privind înregistrarea individuală a dozei pacientului, în conformitate cu sistemul informaţional al Ministerului Sănătăţii Publice.

Responsabilul cu protecţia radiologică (RPR) – este posesor al unui permis de exercitare nivel 2 emis de CNCAN pentru domeniul Radiodiagnostic (RDG), specialitatea Roentgendiagnostic (RTGD) şi are următoarele responsabilităţi:

- pe lângă responsabilitățile clinice, este obligat să se asigure că în cadrul laboratorului de radiologie dentară se aplică măsurile privind asigurarea securităţii instalaţiilor radiologice, a protecţiei pacientului, personalului expus profesional, a populaţiei şi a zonei înconjurătoare, prevăzute în legislaţia în vigoare, în autorizaţiile eliberate,
- stabilește aspectele operaţionale ale programului de radioprotecţie,
- întocmește și revizuiește periodic procedurile de lucru şi regulile locale,
- se asigură că manualele şi instrucţiunile de utilizare ale instalaţiilor radiologice sunt cunoscute de operatori,
- se asigură de întocmirea și aplicarea planului de urgență radiologică,
- se asigură de verificarea periodică a instalaţiilor radiologice şi a aparaturii dozimetrice,
- conduce ancheta în caz de depășire a limitelor de doză pentru personal și populație
- controlează regulat tehnicile şi protocoalele de expunere radiologică,
- evaluează calitatea în practica de radiologie,
- elaborează criterii specifice pentru: examinarea femeii gravide și a pacientului pediatric,
- raportează incidentele/accidentele radiologice
- răspunde de verificarea corectitudinii înregistrărilor în cabinetul de radiologie dentară (înregistrarea pacienţilor, a dozelor etc).

Medicul practician - este medicul dentist posesor al unui permis de exercitare nivel 2, în domeniul radiodiagnostic (RDG), specialitatea röntgendiagnostic dentar (RTGD).

Medicul practician are responsabilitatea efectuării expunerilor medicale individuale în concordanță cu cerințele naționale şi are următoarele responsabilităţi:

- asigură protecţia generală şi securitatea pacientului

- justifică procedurile de diagnostic folosind criteriile de referinţă stabilite de Ministerul Sănătăţii (MS)
- trebuie să ia în considerare orice informaţie relevantă de la examinările anterioare şi eficacitatea modalităţilor alternative de diagnostic, pentru a evita examinările inutile suplimentare
- acordă consultaţia şi evaluarea clinică a pacientului
- interpretează imaginea radiologică și eliberează rezultatul examinării
- stabileşte protocoale optimizate pentru procedurile de examinare
- răspunde de înregistrarea pacienţilor examinaţi zilnic, a parametrilor de expunere utilizaţi şi de înregistrarea individuală a dozei pacientului
- asigură utilizarea adecvată a instalaţiei radiologice şi expunerea minimă a pacientului
- trebuie să cunoască condiţiile de autorizare şi modul de utilizare a instalaţiei radiologice la parametrii nominali
- trebuie să cunoască protocolul de lucru pentru persoanele ce sprijină pacienţii
- trebuie să cunoască şi să aplice procedurile de radioprotecţie operaţională.

Fizicianul medical (posesor de permis nivel 2, eliberat de CNCAN) are următoarele responsabilități în laboratorul de radiologie dentară:

- să colaboreze cu medicul practician la stabilirea specificatiilor tehnice pentru achizitionarea echipamentului radiologic potrivit de radiologie,
- să colaboreze la întocmirea proiectului pentru amplasarea şi construcţia laboratorului de radiologie,
- să supravegheze sau să participe la testele de acceptare, punerea în funcţiune şi controlul calităţii instalaţiilor radiologice,
- să stabilească proceduri de evaluare a dozei pacientului,
- să supravegheze instalarea-montarea, intreţinerea, verificarea, repararea instalaţiilor radiologice,
- să supravegheze inventarierea instalaţiilor radiologice,
- să participe la investigarea şi la evaluarea incidentelor şi accidentelor radiologice,
- să participle la optimizarea practicii şi a protecţiei pacientului, în special

Operatorul - este o persoană cu studii medicale medii sau superioare și cu pregătire specifică în protecție radiologică, posesor de permis nivel 1 eliberat de titularul de autorizație, care are cunoştinţe privind efectuarea radiografiilor specifice medicinii dentare. Responsabilitatea lui este de a efectua radiografii sub supravegherea medicului practician, de a prelucra imaginile radiologice, de a respecta procedurile de lucru și de radioprotecție operațională, de a efectua teste de control al calității echipamentelor în sfera de competență și de a anunța responsabilul cu protecția radiologica referitor la apariția oricarei neconformități.

13.5.2. Obţinerea avizului şi suportului experţilor în domeniul radioprotecţiei

Titularul de autorizaţie are responsabilitatea de a apela la serviciile unui expert în protecţie radiologică sau a unui expert în fizica medicală, pentru implementarea adecvată a măsurilor de radioprotecţie cerute de normele legislative și pentru expertizarea dosarelor prin care se solicită autorizarea CNCAN.

Expertul în protecție radiologică, posesor de permis de exercitare nivel 3 emis de CNCAN, acționează sau oferă consultanță în aspectele privind protecția radiologică a persoanelor expuse profesional la radiații și a populației, în special cu privire la urmatoarele:

- proiectarea laboratorului din punctul de vedere al protecției împotriva radiațiilor ionizante;

- verificarea sistematică a eficacității dispozitivelor de protecție, a instrumentelor de măsurare și a tehnicilor de protecție;
- elaborarea şi verificarea implementării procedurilor de radioprotecție operațională.

Expertul în fizică medicală, posesor de permis nivel 3, eliberat de CNCAN și MS, oferă consiliere cu privire la instalațiile radiologice medicale și contribuie în special la protecția pacientului prin următoarele:

- efectuarea măsurătorilor fizice pentru evaluarea dozei livrate pacientului și altor persoane supuse expunerii medicale;
- optimizarea protecției radiologice a pacienților și a altor persoane supuse expunerii medicale, inclusiv aplicarea și utilizarea nivelurilor de referință în diagnostic;
- supravegherea instalațiilor radiologice medicale și supervizarea / aplicarea procedurilor de asigurare a calității echipamentelor (testelor de acceptanță, teste de controlul calității;
- elaborarea specificațiilor tehnice pentru echipamentele radiologice medicale și proiectarea laboratorului;
- analizarea evenimentelor care implică, sau care ar putea implica, expuneri medicale accidentale sau neintenționate;
- ia parte la formarea practicienilor medicali pentru implementarea practică a aspectelor specifice în protecția radiologică.

13.5.3. Elaborarea unor proceduri clare pentru lucrul cu radiațiile X

Desfăşurarea activităţilor în radiologia dentară trebuie să se bazeze pe proceduri de lucru clare, stabilite în cadrul laboratorului de radiologie, referitoare la:

- protecția radiologică a personalului (pregatire, certificare, monitorizare dozimetrică individuală, monitorizare stare de sănătate)
- justificarea expunerilor medicale individuale prin colaborarea între medicul ordonator și medicul practician
- informarea pacientului
- protocoale scrise pe tip de procedură radiologică medicală standard, pentru fiecare echipament, pentru categoriile relevante de pacienți
- optimizarea protecției pacientului prin aplicarea principiului ALARA
- înregistrarea, centralizarea și raportarea datelor privind expunerile medicale, conform reglementîrilor MS
- planul de intervenție în caz de urgența
- efectuarea evaluarilor pornind de la nivelurile de referință în diagnostic
- efectuarea auditului clinic
- înregistrarea și investigarea expunerilor accidentale și a expunerilor medicale accidentale și neintenționate.

Pentru a se asigura că personalul este complet conştient de precauţiile care trebuie luate este necesar ca procedurile să fie scrise, aduse la cunoştinţa personalului, păstrate la îndemâna acestuia, afişate după caz în laboratorul Rx dentar.

Se recomandă instruirea periodică a personalului pentru aplicarea masurilor din planul de intervenție în caz de urgentă, care să conțina și exerciții de simulare a urgenței.

Aceste instrucţiuni trebuie să detalieze:
- responsabilitatea pentru efectuarea expunerii
- poziţionarea personalului
- folosirea dispozitivelor de protecţie
- orice restricţie privind direcţia fasciculului primar
- aranjamentele pentru monitorizarea dozimetrică individuală.

Poziţionarea personalului medical în cursul expunerilor radiologice

- **Folosirea distanţei**

Radiaţiile X au o traiectorie rectilinie, dar la interacţiunea lor cu materia, direcţia lor se poate schimba. Fasciculul principal de radiaţii emis de tubul Rx este cunoscut sub numele de

radiaţie primară. Când acest fascicul primar interacţionează cu capul pacientului, radiaţiile vor fi absorbite şi *împrăştiate* în toate direcţiile, aşa cum este reprezentat în Figura 13.5.1.

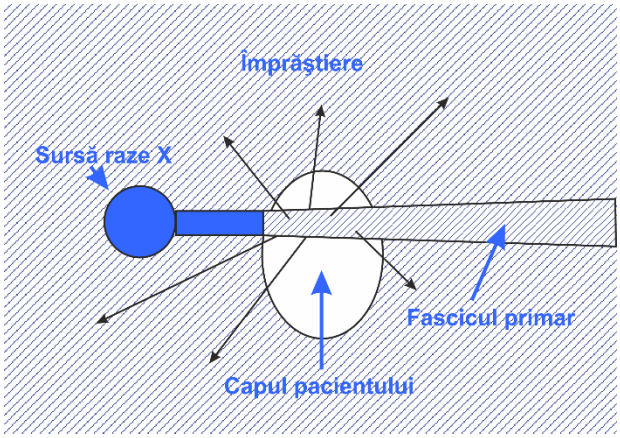


Figura 13.5.1. Radiaţia primară şi radiaţia împrăştiată

Pentru radiografia intraorală, doza de radiaţii măsurată în fasciculul primar este de câţiva mGy la capătul conului. Doza la 1 m de capătul conului, datorată radiatiilor împrăştiate de capul pacientului este cel puţin de 1000 de ori mai mică decât doza iniţială.

În general, pentru o sursă punctiformă de radiaţii, debitul dozei scade cu pătratul distanţei. Stând la o distanţă de 2 m de capul pacientului doza primită va fi un sfert din doza incasată stând la 1 m.

În radiodiagnosticul dentar, doar utilizarea distanţei este adeseori o măsură de radioprotecţie suficientă impotriva radiaţiilor împrăştiate.

Atât pentru radiografia intraorală cât şi pentru cea panoramică sau cefalometrică, expunerea de la o distanţă mai mare de 1,5 m, trebuie să asigure păstrarea dozei anuale sub 1 mSv la un număr de radiografii săptămânale mai mic de 100 filme intraorale sau 50 filme panoramice/cefalometrice.

În general, **se recomandă expunerea de la o distanţă de 2-3 m faţă de pacient**.

Atunci când ne bazăm pe păstrarea distanţei pentru asigurarea radioprotecţiei, este important ca tot personalul să rămână în afara direcţiei fasciculului primar de radiaţii, iar în timpul efectuării radiografiei intraorale să nu direcţioneze fasciculul primar spre uşi sau spre orice altă zonă neprotejată.

- **Folosirea unei camere de comandă separată de camera de expunere**

Este considerată în general o bună practică dacă în timpul expunerii, personalul se află în afara camerei de expunere.

În camera de comandă, operatorul aparatului trebuie să se poziţioneze astfel încât să aibă o vedere clară asupra pacientului, asupra persoanei care susţine pacientul pe durata expunerii, după caz, şi asupra avertizării luminoase Rx.

În timpul expunerii, este necesară utilizarea unui mijloc de vizualizare (vizor, cameră video) care să permită supravegherea permanentă a întregii camere și a pacientului. Aceasta este necesar pentru ca operatorul să se asigure că pacientul este poziţionat corect la iniţierea expunerii şi că expunerea se termină în mod corect.

- **Clasificarea zonelor controlate**

Zonele controlate sunt definite ca zone supuse la reguli speciale menite să asigure securitatea personalului şi a populaţiei.

În laboratoarele de radiografie dentară se delimitează și se semnalizează ca și zonă controlată camera de expunere și camera de comandă. Restul spațiilor sunt considerate spații publice.

- **Limitarea accesului în zonele controlate**

Accesul în zona controlată este permis doar personalului autorizat și altor persoane doar dacă acestea sunt însoțite de personalul autorizat. Pe durata investigației radiologice, în camera de expunere se află doar operatorul, dupa caz, pacientul și eventual persoana care ajuta la sprijinul şi comfortul pacientului.

Pentru a limita / controla accesul în zona controlată, normele cer ca aceasta să fie delimitată și semnalizată prin utilizarea simbolului internațional al radiațiilor ionizante împreună cu mesaje sugestive: “ATENȚIE! Pericol de Iradiere! Generator de radiații. Zona controlată. Accesul interzis persoanelor neautorizate” afișate pe ușile de acces și

opțional prin lumini de avertizare care să indice prezența radiațiilor în camera de expunere.

Controlul accesului în camera de expunere se poate efectua prin blocarea ușii de acces pe durata expunerii, dar de regulă este asigurat prin faptul că operatorul care acționează butonul de expunere se află permanent în spatele ușii de acces prevenind astfel accesul în timpul efectuării radiografiei.

Controlul expunerii

Dacă în aceeași încăpere sunt amplasate mai multe echipamente radiologice, trebuie să fie luate toate măsurile pentru ca operatorul să nu poată declanșa simultan expunerea la două aparate sau să declanșeze expunerea din greșeală, cauzând astfel iradierea accidentală a persoanelor din încăpere.

Dacă este posibilă declanșarea emisiei de radiații de la același punct de comandă, este obligatoriu ca fiecare tub radiologic să fie prevăzut cu un indicator luminos al stării de pregătire a emisiei.

Elemente de radioprotecție care țin de siguranța echipamentului radiologic

Mai mulți factori de echipament pot controla nivelele de radiații în cursul expunerilor și pot reduce dozele personalului medical și cele ale pacientului:

- reducerea dimensiunilor fasciculului de radiații, prin colimarea acestuia la zona de interes clinic
- alinierea și direcționarea precisă a fasciculului util
- filtrarea corespunzătoare a fasciculului primar de radiații
- controlul timpiilor de expunere
- orice alte sisteme de siguranță și protecție (de exemplu contactele de siguranță ale echipamentelor radiologice panoramice).
- toate elementele mecanice și electrice care pot influența radioprotecția (rotirea și frânarea la echipamentele panoramice, mecanismele de echilibrare mecanică a tubului Rx la echipamentele intraorale).

Atitudinea față de incidente, expuneri medicale accidentale și neintenționate

Apariția incidentelor care conduc la niveluri de doze semnificative pentru personalul expus profesional și pentru pacient sunt foarte rare în practica dentară. Totuși, anumite erori în funcționarea și utilizarea instalațiilor radiologice (ex. echipamentul eșuează să se oprească corect), pot fi o astfel de cauză care necesită investigația și remedierea.

Titularul de autorizație trebuie să investigheze și să raporteze prompt la MS și CNCAN:

- orice expunere de diagnostic substanțial mai mare decât aceea intenționată sau care conduce la doze depășind în mod repetat și substanțial NRD stabilite,
- orice defecțiune a instalației radiologice, accident, eroare sau alt eveniment neobișnuit cu potențial de a cauza pacientului o expunere semnificativ mai mare decât cea intenționată,
- orice procedură de radiodiagnostic aplicată persoanei greșite, regiunii greșite a pacientului.

În cadrul investigării expunerilor accidentale, sub responsabilitatea titularului de autorizație se vor întreprinde următoarele acțiuni:

- calcularea sau estimarea dozele primite, cât și distribuția lor în pacient - se va realiza de către un expert în fizică medicală,
- indicarea măsurilor corective necesare pentru a preveni repetarea unui astfel de incident,
- punerea în aplicare a măsurilor corective,
- informarea medicului ordonator și a medicului practician, precum și a pacientului sau a reprezentantului acestuia, cu privire la expunerile neintenționate sau accidentale semnificative din punct de vedere clinic și la rezultatele analizelor.

Este important ca investigaţia să fie realizată imediat, cât timp detaliile incidentului sunt proaspete în memoria celor implicaţi.

Orice incident trebuie raportat la autorităţile competente (CNCAN şi MS) prin trimiterea în termen de 10 zile a unui raport scris care să prezinte cauza incidentului, să includă informațiile specificate mai sus și rezultatele anchetei, informarea pacientului și medicului curant despre incident.

Asistarea pacienţilor copii sau cu handicap pe parcursul examinării

În mod exceptional, poate fi necesară susţinerea unui pacient (ex. cu un handicap sau copil) în cursul expunerii radiologice. Pentru aceasta trebuie să existe protocoale scrise privind măsurile de protecţie împotriva radiaţiilor ionizante care să prevadă cel puţin următoarele: persoana care ajută pacientul trebuie să fie adultă, să se ofere voluntar, să fie informată asupra beneficiilor şi a riscurilor asociate expunerii medicale, să fie protejată printr-un şorţ cu plumb şi să fie poziţionată astfel încât corpul său să se găsească în afara fasciculului primar de radiaţii.

Dacă aceasta este o cerinţă permanentă într-o practică, atunci trebuie cerut avizul unui expert în fizică medicală pentru stabilirea celei mai potrivite protecţii şi estimarea dozelor potenţiale. În optimizarea protecţiei se utilizează constrângerile de doză stabilite de MS.

În radiografia intra-orală, filmul sau senzorul trebuie să fie ţinut de pacient, atunci când nu există o altă metodă de a-l menţine în poziţia corectă. Senzorul nu trebuie niciodată ţinut cu mâna de către personalul medical. Dacă este necesar ca altă persoană, în afara pacientului, să ţină receptorul de imagine, acest lucru trebuie făcut cu o pensetă lungă, astfel încât degetele să nu fie în fasciculul primar de radiaţii.

Pacientul anesteziat prezintă o situaţie particulară, dar este posibil de obicei să se asigure ca receptorul de imagine să ramâna în poziţia corectă prin utilizarea unor suporturi adecvate.

Măsuri individuale de radioprotecție pentru personalul medical

Şorţul de radioprotecție:

- trebuie să fie purtat în cursul radiografiilor efectuate la patul pacientului, în sala de operaţii sau în cursul manoperelor radiologice intervenționale.

Şorțurile de radioprotecție sunt fabricate din 0,25 mm, 0,5 mm sau 1 mm echivalent de plumb. Un fascicul de radiații X generat la o tensiune în tubul Röntgen de 75 kV, poate fi atenuat în proportie de 99% de un şorţ cu 1 mm echivalent de plumb.

Femeile gravide care au optat să-și continue lucrul în cabinetul de radiologie trebuie să poarte pe perioada graviditățiі un şorţ şi un guler de radioprotecţie cu cel puţin 0,5 mm echivalent de plumb.

Camera de comandă

În timpul expunerii, personalul medical va rămâne într-o cameră separată care este izolată prin ecrane de radioprotecție față de locul unde se face expunerea.

Respectarea zonelor controlate

Dacă expunerea trebuie să se facă din interiorul încăperii unde se găsește și pacientul (de exemplu în sălile de operații), pentru a primi o doză cât mai mică de radiație împrăștiată în timpul expunerii, radiologul trebuie să se găsească la o distanță de cel puțin 2,5-3 m faţă de tubul Röntgen şi unghiul din care se face expunerea va fi cuprins în intervalul 90^0- 135° față de fascicolul primar de radiații.

Ecrane de radioprotecţie
Interpunerea unor materiale de radioprotecție cu plumb între fasciculul primar de radiaţii şi personalul medical (panouri cu plumb, uşi de radioprotecţie cu plumb, ferestre de sticlă impregnate cu săruri cu plumb, pereţi cu tencuiala de barită).

Menţinerea filmului şi a instrumentelor
Operatorului nu îi este permis să menţină cu mâna intrumentele sau filmul radiologic în timpul expunerii. De asemenea, nu este permis ca tubul radiogen să fie ţinut sau suspendat de către operator în cursul expunerii la radiaţii. Filmele radiologice sau detectorul digital este menţinut în cavitatea orală prin utilizarea suporturilor pentru film, iar dacă acestea nu sunt disponibile sau se preferă tehnica bisectoarei, filmul sau senzorul vor fi menţinute de către pacient. Dacă este necesar ca o altă persoană, în afara pacientului, să ţină filmul, acest lucru trebuie făcut cu o pensetă lungă, astfel încât degetele să nu se găsească în fasciculul primar de radiaţii.

Supravegherea copiilor sau persoanelor asistate
Persoana adultă care ajută pacientul, trebuie să fie voluntar informat, să poarte un şorţ cu plumb şi să fie poziţionată astfel încât corpul său să se găsească în afara fasciculului primar de radiaţii. Dacă aceasta este o cerinţă permanentă într-un anumit serviciu de radiologie, atunci trebuie cerut avizul unui expert calificat pentru stabilirea celei mai potrivite protecţii şi pentru evaluarea dozelor potenţiale.

Manipularea aparatelor portabile
Pentru aparatele radiologice mobile, tehnicianul radiolog va evacua încăperea înainte de expunere şi orice persoană care trebuie să rămână în camera de expunere va purta un şorţ cu plumb sau va fi poziţionat în spatele unui ecran de protecţie.

Femeile însărcinate care lucrează în mediu cu radiaţii trebuie să anunţe angajatorul asupra stării lor. Doza acestora va fi atent monitorizată să nu depăşească 1 mSv pe perioada de graviditate rămasă.

13.5.4. Proiectarea adecvată a laboratorului de radiodiagnostic dentar

- **Protecţia zonelor învecinate**

Când se decide locul de instalare al echipamentului radiologic, este importantă luarea în considerare a consecinţelor probabile asupra dozelor personalului şi ale persoanelor din public, în zonele învecinate.

De fiecare dată când se intenţionează instalarea unui aparat radiologic trebuie cerut avizul unui expert pentru a stabili necesarul de ecranare structurală a pereţilor şi a plafoanelor.

Calcularea protecţiei necesare se exprimă în grosimea echivalentă de plumb şi este de obicei între 0,1 şi 1 mm. Ea depinde de următorii factori:

- distanţa de la ecran la tubul RX (dacă distanţa este **sub 1,5 m** pentru situaţii cu încărcări mari)
- dacă peretele sau podeaua se află în direcţia fasciculului primar de radiaţii (intraorale sau cefalometrice)
- dacă există un număr mare de expuneri radiologice
- utilizarea zonelor adiacente.

Protecţia structurală se poate realiza utilizând materiale de construcţie tradiţionale (beton, cărămidă) sau pereţilor falşi din rigips baritat sau placaţi cu folie de plumb ca o metodă alternativă sau complementară de obţinere a protecţiei dorite.

Este posibil ca furnizorul care instalează echipamentul radiologic să poată oferi şi avizul unui expert calificat pentru a asista la proiectarea laboratorului şi la testele la punerea în funcţiune a echipamentului radiologic dentar.

- **Proiectarea camerei**

Pentru optimizarea protecţiei radiologice, trebuie acordată atenţie proiectării camerei de expunere. Aceasta trebuie să aibă dimensiunile adecvate, conform cerinţelor legale, a condiţiilor din autorizaţia de securitate radiologică pentru produs sau din autorizaţia de furnizare şi a recomandărilor producătorului.

Echipamentul trebuie să fie poziţionat astfel încât fasciculul primar de radiaţii să nu fie îndreptat spre uşi sau spre ferestre.

Butonul de declanşare a expunerii trebuie aşezat astfel încât operatorul să rămână în afara zonei controlate sau în spatele unui ecran protector, într-o poziţie care să-i permită să vadă pacientul, zona controlată şi indicatorul luminos "X-rays on". Se pot utiliza vizoare confecţionate din săruri de Pb sau mijloace de vizualizare (cameră video) care să permită supravegherea permanentă a întregii camere şi a pacientului pe durata expunerii. În plus, trebuie acordată atenţie poziţionării comutatorului de alimentare de la reţeaua de energie. Acesta trebuie aşezat astfel încât, în eventualitatea improbabilă a incapacităţii în a termina expunerea, echipamentul să poată fi deconectat imediat de la priză fără ca personalul să fie expus radiaţiilor primare.

- **Semnalizările şi luminile de avertizare**

Este important ca accesul neautorizat în zona controlată să fie limitat în timpul expunerii la radiaţii. Aceasta se poate realiza prin utilizarea semnalizărilor şi a luminilor de avertizare.

- **Dozimetria de arie**

Confirmarea ecranărilor corespunzătoare se face prin efectuarea de către operatori autorizaţi de măsuratori de verificare a eficacităţii ecranelor de protecţie la radiaţii. Pentru aceasta se măsoară nivelele de radiaţii în zona controlată și în spațiile adiacente acesteia, în punctele stabilite încă din procesul de autorizare de către expertul în protecție radiologică sau expertul în fizică medicală. Măsurătorile se efectuează cu instrumente calibrate și verificate corespunzător, în condițiile de funcționare a instalației radiologice la parametrii maximi utilizați clinic.

Încadrarea valorilor măsurate în limitele admise de normele de securitate radiologică condiționează emiterea autorizațiilor de funcționare de către autoritățile competente (MS și CNCAN)

13.5.5. Instruirea personalului medical care lucrează în mediul cu radiaţii

Toți profesioniștii implicați în radiologia stomatologică trebuie să aibă parte de o instruire adecvată pentru rolul lor specific. Întreg personalul (nu doar operatorul echipamentului) trebuie să fie conștient de riscurile asociate expunerilor radiologice şi trebuie să cunoască prevederile legale pentru menținerea dozelor la un nivel cât mai redus (ALARA).

Cei mai mulți angajați în domeniul dentar vor primi instruire în radioprotecție ca parte a pregătirii lor profesionale. Este totuși foarte important ca programele operaţionale de radioprotecţie aplicate local să fie explicate întregului personal.

Pentru membrii personalului este important să fie luate măsuri de instruire adecvată (inițială şi continuă) prin urmarea unor cursuri de pregătire în protecţie radiologică avizate CNCAN, cursuri de tehnici de efectuare ale radiografiilor dentare sau de CBCT. Este totodată importantă o pregătire practică adecvată care se va putea realiza la locul de muncă sau în alte

centre specializate acreditate ca formatori în domeniul radiologiei dentare.

Deşi nu toate aceste categorii de personal necesită același nivel de pregătire, fiecare trebuie să-și însușească cunoștințele teoretice și practice pentru desfășurarea activității în cabinete de radiologie dentară și să aibă cunoștințele necesare de radioprotecție care se aplică în radiologia dentară.

Este necesară pregătirea profesională continuă a personalului medical şi mai ales în cazul introducerii unor tehnici noi (de exemplu tehnica CBCT şi alte metode digitale de ghidaj în terapia implantară şi ortodontică) sau când se achiziționează echipamente radiologice noi. Instruirea cadrelor care utilizează aparatura CBCT cu privire la directivele radioprotecției trebuie să se realizele constant.

Certificarea personalului în protecție radiologică se realizează prin emiterea, pe bază de examinare, de permise de exercitare:

- nivel 1 – emise de titularul de autorizație
- nivel 2 – emise de CNCAN,

în funcție de responsabilitățile avute în cadrul laboratorului de radiologie.

Conform normelor în vigoare, permisele de exercitare au valabilitatea de 5 ani și necesită prelungirea lor de catre emitent, de preferat ănainte de expirarea termenului de valabilitate.

13.5.6. Monitorizarea dozimetrică a personalului medical

Pentru personalul medical care lucrează în mediul cu radiaţii ionizante (laboratoare de radiologie) există un potențial risc al apariției efectelor biologice după expunerea la radiații ionizante. De aceea, personalul medical trebuie să fie monitorizat dozimetric pentru a a asigura faptul că nivelul de iradiere rămâne inferior faţă de limitele de doză legale.

Monitorizarea dozimetrica individuală a personalului se efectuează sub responsabilitatea titularului de autorizație de catre Organisme Dozimetrice Acreditate de CNCAN (ODA), pe baze contractuale. Pentru aceasta se utilizează dozimetrele individuale care înregistrează doza de iradiere externă primită de acea persoană. Ele trebuie să fie purtate de către personalul care lucrează în mediul cu radiații, pe perioada activităților în laboratorul de radiologie.

ODA emite un buletin dozimetric lunar care conține valorile măsurate ale dozelor ocupaționale. Aceste valori sunt înregistrate în cadrul laboratorului pe fișa de monitorizare dozimetrică individuală, păstrată de responsabilul cu protecția radiologică.

Fişa individuală de monitorizare dozimetrică a personalului medical va conţine cel puţin următoarele informaţii:

- datele de identificare ale persoanei monitorizate,
- datele referitoare la locul de muncă, titular de autorizație și tip de activitate,
- data şi rezultatul ultimului control medical periodic care atestă că persoana este aptă pentru lucrul în mediu cu radiații,
- valoarea dozei efective totale cumulate pe durata activității ca expus profesional,
- valorile dozelor echivalente și a dozei efective totale datorate expunerii interne și externe înregistrate lunar.

Având în vedere dozele relativ scăzute încasate de personalul care lucrează în domeniul radiodiagnosticului dentar, asigurarea monitorizării personalului medical este considerată în general de dorit, dar nu universal necesară. Monitorizarea personalului medical este necesară doar dacă există șansa ca acesta să primească 10% din nivelul dozei limită anuale.

Ghidul de radioprotecţie al Marii Britanii recomandă ca monitorizarea să fie cerută doar dacă evaluarea riscului în laboratorul Rx dentar respectiv indică faptul că doza individuală ar putea să depăşească 1 mSv pe an (de ex. în cazul în care se realizează peste 100 de radiografii

intraorale sau peste 50 de filme panoramice pe săptămână). Totuşi, în alte ţări, cum ar fi şi România, se recomandă monitorizarea dozimetrică individuală pentru toţi practicienii care folosesc echipamentele Rx dentare, renunţarea la aceasta putându-se face doar pe baza unei justificari, cu acordul CNCAN.

Se pot utiliza mai multe tipuri de dozimetre individuale: dozimetrele cu film, dozimetrele termoluminiscente (TLD), dozimetrele cu luminiscenţă stimulată optic (OSL).

Personalul expus profesional la radiaţii are responsabilitatea să poarte dozimetrele individuale corect, la nivelul toracelui, la mijlocul distanţei dintre talie şi umăr şi să le returneze lunar pentru a putea fi trimise spre citire la Organismul Dozimetric Acreditat.

Dozimetrele individuale trebuie purtate pe întreg programul de lucru din cabinetul de radiologie, iar în afara orelor de activitate, dozimetrele vor fi păstrate departe de sursele de radiaţii, în condiţii de căldură şi umiditate normale.

Dozimetrele cu film - un film similar filmului radiologic dentar şi care este introdus într-o cutie din material plastic care conţine o serie de filtre specifice (Figura 13.5.2).

Figura 13.5.2. Dozimetrul cu film

Avantajele dozimetrelor cu film

- sunt simplu de utilizat
- implică costuri reduse
- pot fi interpretate de multe laboratoare
- înregistrarea este permanentă şi pot fi păstrate în timp pentru comparaţie

Dezavantajele dozimetrelor cu film

- nu sunt reutilizabile
- limita de sensibilitate pentru radiaţii este redusă, de 10 mrem
- acurateţea este doar de 10% – 20% ,
- sunt susceptibile la căldură, umiditate şi lumină

Dozimetrele cu termoluminiscenţă (TLD-uri) - conţin cristale de florură de litiu (LiF) sau de florură de calciu (CaF). Când sunt expuse la radiaţii ionizante, cristalele înmagazinează energia radiantă şi se încălzesc. Prin încălzire, cristalele eliberează energia înmagazinată sub formă de lumină, care apoi este înregistrată. Există o relaţie direct proporţională între intensitatea luminii emise de TLD şi doza de radiaţie captată de cristalele acestuia.

TLD-urile pot fi purtate şi ca un inel pe deget de personalul care lucrează în laboratoare de radiologie intervenţională sau de medicină nucleară pentru a măsura expunerea ocupaţională şi în special expunerea mâinii prin manipularea materialului radioactiv (Figura 13.5.3).

Dozimetrele cu luminiscenţă stimulată optic (OSL) (Figura 13.5.4) - conţin filtre compuse din aluminiu şi cupru precum şi un strat subţire de oxid de aluminiu care devine luminiscent dacă este stimulat de o lumină laser. Luminiscenţa este proporţională cu cantitatea de radiaţii primită.

Dozimetrele OSL sunt capabile să măsoare doza la diferite nivele care corespund ţesuturilor din profunzime şi tesuturilor superficiale.

Figura 13.5.3. Dozimetrul TLD

Figura 13.5.4. Dozimetrul cu luminiscenţă stimulată (OSL)

Avantajele dozimetrelor TLD

- Pot avea dimensiuni mici (figura)
- Sunt mai sensibile faţă de dozimetrele cu film, doza limită de expunere este 5 mrem
- acuratețea este crescută
- pot fi purtate și la deget
- pot fi citite după un timp mai îndelugat (trei luni)
- sunt reutilizabile
- sunt mai puțin sesibile la căldură faţă de dozimetrele cu film

Dezavantajele dozimetrelor TLD

- nu pot fi păstrate ca înregistrare permanentă a dozelor
- sunt mai scumpe decât dozimetrele cu film

Avantajele dozimetrelor OSL

- Sunt foarte sensibile la radiaţii, doza limită de expunere ajunge la 1 mrem.
- Acuratețea este de 15% la nivelul ţesuturilor superficiale
- Pot fi utilizate pentru diferite expuneri : la radiații X, radiaţii gama, sau beta
- Nivelul energiilor măsurate este între 5 keV – 40 MeV
- Înregistrarea dozei este permanentă şi pot fi reanalizate după un timp
- nu sunt afectate de modificările de căldură sau de presiune
- pot să fie purtate în diferite locuri: la guler, la încheietură
- raportul dozelor este dat într-o mare varietate de forme.

Principalul lor dezavantaj este costul lor ridicat, acestea fiind mai scumpe decât TLD-urile.

13.5.6. Limite de doză pentru pesonalul medical în radiodiagnosticul dentar

Măsurile de radioprotecţie ale personalului medical trebuie să se bazeze pe următoarele:

- evaluarea anterioară a riscului asociat cu lucrul în mediul cu radiaţii,
- realizarea procedurilor de lucru pentru limitarea dozei personalului şi implementarea lor în practica curentă din cabinetul de radiologie dentară,
- completarea formularelor cu cele mai importante constatări apărute în cursul practicii medicale de radiodiagnostic.

În practica dentară, pot fi instituite măsuri relativ simple pentru limitarea dozei personalului. Prin urmare, în mod normal, angajaţii din domeniul practicii radiologice dentare nu trebuie să primească o doză semnificativă de radiaţii.

Comisia Naţională pentru Protecţia împotriva Radiaţiilor din SUA (NCRP) raportează ca doza medie primită de lucrătorii în domeniul dentar este de 0,2 mSv pe an. Similar, Consiliul Naţional pentru Protecţia împotriva Radiaţiilor din UK (NRPB) estimează un nivel mediu de mai puţin de 0,1 mSv pe an.

Limitele maxime de doză anuală pentru lucrători şi pentru public sunt stabilite de Directiva 2013/59 EURATOM, transpusă în România prin Normele privind cerințele de bază în securitate radiologică aprobate prin ordinul comun nr. 752/3.978/136/2018 al MS, MEN şi CNCAN.

Pentru lucrătorii în mediul cu radiaţii, limita de doză efectivă este de 20 mSv pentru fiecare an, cu respectarea limitelor de doză echivalentă: 20 mSv / an pentru cristalin, 500 mSv / an pentru piele şi 150 mSv / an pentru extremităţi.

Conform Ghidurilor UK, în practica dentară normală, doza efectivă nu ar trebuie să depăşească 1 mSv pe an, valoare care reprezintă limita de doză anuală pentru public.

De asemenea, doza la pielea mâinilor trebuie să fie mult sub doza limită. Totusi, în trecut, au fost raportate efecte deterministice la degetele dentiştilor, datorate obiceiului de a ţine filmul în gura pacientului, o practică care nu trebuie să se mai întâmple acum.

Având în vedere dozele relativ scăzute încasate de personal, asigurarea monitorizării personale este considerată în general de dorit, dar nu universal necesară. Conform cerințelor Normelor privind cerințele de bază în securitate radiologică personalul pentru care este probabil ca doza efectivă anuală provenită din expunerea profesională la radiații ionizante să nu depășească 6 mSv / an pot fi încadrați, cu acordul CNCSAN, în categoria B de personal, pentru care nu este obligatorie monitorizarea dozimetrică individuală. Normele de securitate radiologică în practicile de radiologie de diagnostic și intervențională prevăd ca personalul care utilizează unele instalații radiologice dentare să fie scutite cu acordul CNCAN de monitorizarea dozimetrică individuală, aceasta fiind înlocuită cu monitorizarea radiologică a mediului de muncă prin dozimetrie de arie.

În practica dentară, pot fi instituite măsuri relativ simple pentru limitarea dozei personalului. Prin urmare, în mod normal, angajații din domeniul practicii radiologice dentare nu trebuie să primească o doză semnificativă de radiații.

Pentru protecția persoanelor expuse profesional însărcinate, angajatorul trebuie să asigure condiții de lucru corespunzătoare, astfel încât doza echivalentă la care este expus fătul să nu depașească, în perioada rămasă a sarcinii limita de doză pentru populaţie care este de 1

mSv. În practica normală de radiologie dentară, această doză este puţin probabil să fie atinsă.

Responsabilul cu protecţia radiologică trebuie să se asigure că sarcinile de serviciu sunt evaluate corect, iar dacă există probabilitatea ca doza la nivelul fătului să depăşească această limită, trebuie să fie consultat un expert calificat pentru avizul specific şi asigurarea că aceasta doză să fie limitată.

Sumar

- În cabinetul de radiodiagnostic dentar vor fi respectate cu strictete prevederile Legii 111/1996 revizuită şi completată cu Legea 63/2018.
- Orice persoană juridică ce intenţionează să desfăşoare activităţi cu surse de radiatii ionizante trebuie sa solicite autorizarea la CNCAN.
- Titularul de autorizaţie este persoana juridică care deţine / utilizează echipamentul radiologic şi care are responsabilitatea de a asigura în practică prevederile legislative privind radioprotecţia operatională.
- Resonsabilul cu protecţia radiologică este posesorul unui permis de exercitare nivel 2 în domeniul RDG, specialitatea RTGD.
- Procedurile de protecţie radiologică operaţională includ o serie de măsuri menite să diminueze riscul asociat expunerii la radiaţii a personalului medical, a pacienţilor şi a persoanelor din populaţie.
- Zonele controlate sunt încăperile în care sunt amplasate tubul X și pupitrul de comandă / butonul de la care se declanșează expunerea la radiații şi în care accesul este controlat.
- Monitorizarea dozimetrică a personalului medical care lucrează în mediul cu radiaţii ionizante este necesară pentru a ne asigura că nivelul de expunere la radiaţii rămâne inferior faţă de limitele de doză cerute de legislaţia în vigoare.
- Conform Ghidurilor UK, în practica dentară, doza efectiva nu ar trebuie să depăşească 1mSv /an, valoare care reprezintă limita de doză anuală pentru public.

Referinţe

Danforth RA., et al. Effective dose from radiation absorbed during a panoramic examination with a new generation machine. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology . 2000.March. 89(2):236-43

Gibbs SJ., et al. Patient risk from intraoral dental radiography, Dentomaxillofacial Radiol. 17:15, 1988.

Gijbels F. , Jacobs R, Bogaerts R, Debaveye D, Verlinden S, Sanderink G. Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: Patient exposure Dentomaxillofac Radiol. 2005 May;34(3):145-9.

Hedeşiu M, Marcu M, Salmon B, Pauwels R, Oenning AC, Almasan O, Roman R, Baciut M, Jacobs R; DIMITRA Research Group. Irradiation provided by dental radiological procedures în a pediatric population. Eur J Radiol. 2018 Jun;103:112-117. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.04.021. Epub 2018 Apr 23.

Hirsch E., Wolf U., Heinicke,. Silva M.A.G. Dosimetry of the cone beam computed tomography veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. Dentomaxillofac Radiol, 37 (2008), pp. 268-273

International Commission on Radiological Protection . Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. 2007.

International Commission on Radiological Protection . The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. 2007. Ann. ICRP 37 (2-4).

International Commission on Radiological Protection . Radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT) ICRP Publication 129. Ann. ICRP 129, 2015. Ann. ICRP 44(1)

International Commission on Radiological Protection (ICRP). Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging . ICRP Publication 135: 2010. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).'

International Commission on Radiological Protection (ICRP). European Commission. Radiation Protection 136. European guidelines on radiation protection in dental radiology. Luxembourg: Office for Official Publications of the EC; 2004.

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136_en.pdf.

International Commission on Radiological Protection . European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures. ICRP Publication 154. 2008

https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/72d806a2-2fb4-4e4d-a845-3b276feed8eb

International Commission on Radiological Protection: Medical Radiation Exposure of the European Population. ICRP publ. 180 . 2014

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180%20part2.pdf

Kutanzi KR1, Lumen A2, Koturbash I3, Miousse IR4.Pediatric Exposures to Ionizing Radiation: Carcinogenic Considerations Int J Environ Res Public Health. 2016 Oct 28;13(11).

Ludlow J.B., Davies-Ludlow L.E., White S.C. Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. J Am Dent Assoc. 2008 Sep;139(9):1237-43.

Marcu M, Hedeşiu M, Salmon B, Pauwels R, Stratis A, Oenning ACC, Cohen ME, Jacobs R, Baciut M, Roman R, Dinu C, Rotaru H, Barbur I; DIMITRA Research Group. Estimation of the radiation dose for pediatric CBCT indications: a prospective study on ProMax3D. Int J Paediatr Dent. 2018 May;28(3):300-309. doi: 10.1111/ipd.12355. Epub 2018 Jan 22.

Mettler F.A., Huda W., Yoshizumi T.T., Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. Radiology, 248 (2008), pp. 254-263

Matsuda T., Okano T., Endo A., Katoh T., Kaneko N., Harata Y., et al. An optically-stimulated luminescence dosimeter to measure an organ dose in diagnostic radiology Programme and Abstract Book, 17th International Congress of Dentomaxillofacial Radiology (2009), p. 133

Roberts J.A., Drage N.A., Davies J., Thomas D.W. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. Br J Radiol, 82 (2009), pp. 35-40

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION, UNSCEAR 2017 Report Supplement No. 46: 1-15

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION, UNSCEAR 2000 Report Vol 1: 1-497

White S.C., Pharoah, Oral Radiology, Principles and interpretation , 7th Edition, St Louis, Mosby, 2015.

Smith KR, Bexon AP, Sihra K, Simmonds JR (HPA) Lochard J, Schneider T, Bataille C (CEPN) Guidance on the calculation, presentation and use of collective doses for routine discharges Radiation Protection 144 https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/144.pdf

Tsiklakis K., Donta C., Gavala S., Karayianni K., Kamenopoulou V., Hourdakis C.J. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose cone beam CT Eur J Radiol, 56 (2005), pp. 413-417

ICRP 129 June 2014 Radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT)

Tomohiro Okano, Jaideep Su. Radiation dose and protection în dentistry Japanese Dental Science Review (2010)46, 112—121

Capitolul 14
Controlul infecţiilor asociate asistenţei medicale (IAAM) în cabinetul de radiologie orală

Autori: Ramona Ionescu, Mihaela Hedeşiu, Sergiu Văcăraş

Cuprins

14.1. Principiile de bază ale prevenirii infecţiilor asociate asistenţei medicale (IAAM)
14.2. Ghid de prevenire a IAAM în cabinetul de radiologie orală
14.2.1. Vaccinarea personalului medical
14.2.2. Echipamente de protecţie împotriva infecţiilor
14.2.3. Procedura de igienizare a mâinilor
14.2.4. Dezinfecţia şi sterilizarea instrumentelor
14.2.5. Spălarea şi dezinfecţia echipamentelor şi a suprafeţelor din cabinet
14.3. Proceduri de lucru pentru combaterea IAAM în radiodiagnosticul dentar
14.3.1. Proceduri de control ale IAAM, aplicate înainte de expunerea radiologică
14.3.2. Proceduri de control ale IAAM, aplicate după efectuarea radiografiei

Obiective

1. Educaţia medicală privitoare la epidemiologia IAAM specifice radiologiei dentare
2. Creşterea capacităţii de identificare a riscului de contaminare microbiană la nivelul cabinetelor de radiologie dentară
3. Cunoaşterea căilor de transmitere ale IAAM în cursul efectuării radiografiilor Diferenţierea riscurilor de IAAM, generate de instrumentarul şi dispozitivele medicale utilizate în cabinetul de radiologie dentară
4. Creşterea capacităţii de identificare a măsurilor de combatere şi prevenire a IAAM eficiente înainte de efectuarea radiografiilor. Însuşirea metodelor de dezinfecţie a mediului de lucru din cabinetul de radiologie dentară
5. Însuşirea procedurilor de igienă a mâinilor
6. Creşterea capacităţii de identificare a măsurilor de combatere şi prevenire a IAAM, eficiente după efectuarea radiografiilor

Termeni cheie

agent patogen
căi de transmitere a infecţiei
combaterea infecţiilor
contaminare
deşeuri biologice
dezinfectante de nivel intermediar
dezinfecţie
echipamente de protecţie
folii de protecţie
instrumente critice
instrumente non-critice
instrumente semi-critice
risc infecţios
sterilizare
suprafeţe contaminate

Prevenirea transmiterii microbiene prin contaminarea obiectelor sau a mediului de lucru din cabinetul de radiologie orală, reprezintă una dintre preocupările principale din cadrul planurilor anuale de management a calităţii serviciilor medicale.

Procedurile de control şi de prevenire ale bolilor infecţioase, includ măsuri specifice adresate cadrelor medicale, pacienţilor şi

persoanelor care au acces în centrele de radiologie dentară. Fiecare dintre aceste grupuri ţintă trebuie să fie prevenite asupra riscurilor de contaminare infecţioasă din cursul expunerilor radiologice şi să înţeleagă importanţa respectării măsurilor de diminuare ale riscului infecţios.

14.1. Principiile de bază ale prevenirii infecţiilor

Obiectivul principal al procedurilor de prevenire a infecţiilor vizează transmiterea infecţiilor de la medic la pacient şi invers, precum şi de la un pacient către un alt pacient.

Agenţii patogeni care ar putea produce infecţii în cabinetul stomatologic şi implicit în cel de radiologie dentară o constituie microorganisme cu transmitere pe cale orală sau respiratorie.

Agenţii patogeni cu potenţial risc de contaminare în cabinetul de radiodiagnostic dentar

- Virusurile gripale şi respiratorii
- Citomegalovirusurile (CMV)
- Virusul hepatitei B (HPV)
- Virusul hepatitei C (HCV)
- Herpes simplex (HSV-1 şi HSV-2)
- HIV
- Stafilococul auriu
- Streptococii
- Mycobacterium tuberculosis

Pentru a se produce infectarea pacientului prin manopere de radiologie dentară, sunt necesare a fi îndeplinite cel puţin una dintre următoarele condiţii:

- Să existe o susceptibilitate crescută a organismului la infecţii
- Gradul de agresivitate a agentului patogen să fie suficient de mare pentru a produce infecţia
- Să existe o cale de transmitere
- Să existe o susceptibilitate a gazdei pentru infecţie.

Căile de transmitere ale infecţiilor în cabinetul de radiologie dentară, pot fi:

- Contactul direct cu saliva, secreţiile respiratorii sau sângele pacientului
- Contactul indirect prin contaminarea instrumentelor şi a unor suprafeţe
- Diseminarea de aerosoli contaminaţi cu microbi din secreţiile salivare şi respiratorii ale pacientului

14.2. Ghid de prevenire a infecţiilor în cabientul de radiologie orală

În cabinetele de stomatologie trebuie să existe proceduri scrise de prevenire şi control al transmiterii infecţiilor în cursul efectuării radiografiilor. Aceste proceduri sunt realizate în concordanţă cu reglementările naţionale existente şi cu riscul infecţios specific locului în care se găseşte cabinetul. Ele trebuie să fie adaptate şi actualizate anual.

Ghidurile de prevenire şi control al infecţiilor în practica stomatologică (2003) cuprind o serie de direcţii general valabile şi un set de măsuri specifice pentru activitatea radiologică:

- Vacinarea personalului medical
- Utilizarea unor echipamente de protecţie adecvate
- Igiena mâinilor
- Utilizarea corectă a instrumentarului medical
- Spălarea şi dezinfecţia echipamentelor şi a suprafeţelor din cabinet

- Utilizarea unor instrumente de unică folosinţă acolo unde este posibil
- Izolarea pieselor bucale şi ale altor componente ale aparatelor care intră în contact cu pacientul
- Depozitarea adecvată a deşeurilor biologice
- Implementarea în practică a măsurilor de protecţie impotriva infecţiilor şi instruirea adecvată a personalului medical.

14.2.1. Vaccinarea personalului medical

Se recomandă următoarele vaccinări pentru personalul medical care lucrează în laboratorul de radiologie orală:

- **Vaccinarea împotriva virusului hepatitei B** - se poate realiza cu 2 doze (la 0, 1 luni) sau cu 3 doze (la 0, 1, 6 luni), în funcţie de preparatul vaccinal (se vor consulta prospectele respective); se va verifica titrul de anticorpi anti HBs la 1-2 luni după administrarea ultimei doze de vaccin; dacă titrul de anticorpi este de cel putin 10 mUI/ml, persoana vaccinată s-a imunizat şi nu este necesară o altă verificare serologică sau administrarea unei doze suplimentare de vaccin; un titru de anticorpi anti HBs mai mic de 10 mUI/ml indică lipsa protecţiei prin vaccinare, iar persoana respectivă trebuie să reia întreaga schemă de vaccinare (2 sau 3 doze) şi să efectueze titrarea de anticorpi după 1-2 luni de la ultima administrare; lipsa unui răspuns imun suficient de bun (titru de anticorpi sub valoarea sus menţionată) indica un "non-responder". Aceştia necesită administrarea de imunglobuline specifice anti hepatită B, după fiecare accident prin expunere la sânge.
- **Vaccinarea antigripală** cu vaccin inactivat, administrat intramuscular, este indicată anual, la începutul sezonului rece.
- **Vaccinarea impotriva rujeolei, rubeolei şi oreionului (ROR)** se efectuează de obicei în copilărie, persoanele vaccinate fiind considerate imune; cei nevaccinaţi şi care nu au trecut prin infecţiile respective/ nu au anticorpi evidenţiabili, se recomandă administrarea a 2 doze de vaccine la diferenţă de 4 săptămâni.
- **Vaccinarea impotriva varicelei şi herpesului zoster** se recomandă la cei nevaccinaţi anterior sau neimunizaţi prin boală; se administrează 2 doze de vaccine la interval de 28 de zile.
- **Vaccinarea anti tetanica-difterică** şi **antiPertussis (DiTePer)** se face cu o doză unică de vaccin şi rapel anti DiTe la fiecare 10 ani.
- **Vaccinarea antimeningococică** se recomandă numai în cazul unei epidemii de meningită meningococică din arealul geografic respectiv.

14.2.2. Echipamente de protecţie utilizate în cabinetul de radiologie dentară

Toţi membrii personalului care lucrează în centrul de radiologie trebuie să poarte echipament de protecţie adecvat, format din halat sau costum de clinică, mănuşi, botoşei, bonetă şi măşti chirurgicale, respectiv măşti FPP2 în cazul în care pacientul este infectat cu SARS-CoV2 sau cu Mycobacterium tuberculosis (Figura14.1). Masca FPP3 este necesară în cazul practicării procedurilor generatoare de aerosoli.

Îmbrăcămintea va fi schimbată zilnic sau ori de câte ori a fost murdărită cu produse biologice provenite de la pacient.

Mănuşile pot fi nesterile, fabricate din latex sau vinil (având marca CE), având rolul de a împiedica pătrunderea sângelui, a salivei şi a altor secreţii provenite de la pacient. Mărimea mănuşilor trebuie să fie adecvată mărimii mâinii, în caz contrar ele se pot rupe sau pot împiedica manevrele personalului medical. Ele sunt de unică folosinţă şi trebuie înlocuite după fiecare pacient examinat. Nici într-un caz ele nu pot fi reutilizate sau dezinfectate după utilizare, deoarece îşi pierd calitatea de barieră biologică.

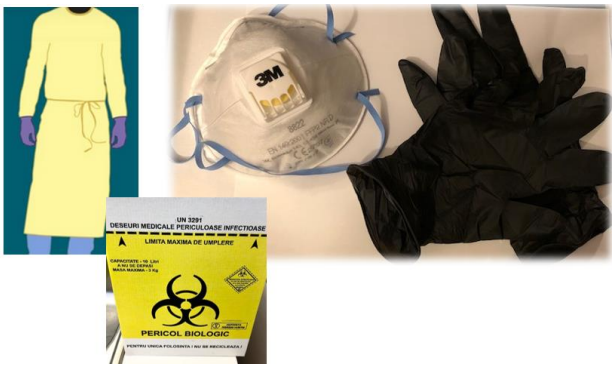


Figura 14.1. Echipament de protecţie a personalului medical pentru prevenirea infecţiilor din cabinetul de radiologie orală

Vizierele de plastic, transparente, pot fi utilizate în cazul în care se realizează radiografii la pacienţi cu infecţii cunoscute ca având o contagiozitate crescută (COVID 19, bacil Koch etc.) şi au rolul de a proteja faţa şi ochii de contactul cu aerosolii posibili contaminaţi. Vizierele vor fi introduse în cutii de plastic cu dezinfectant proaspăt preparat, fiind schimbate după fiecare pacient. Măştile vor fi aruncate în containerul de deşeuri biologice, fiind schimbate după fiecare pacient. Dezinfecţia lor prin pulverizare cu dezinfectanţi, este contraindicată.

14.2.3. Procedura de igienizare a mâinilor

În radiologia dentară, procedura de igienizare a mâinilor este foarte importantă; mâinile trebuie să fie spălate cu apă şi săpun sau dezinfectate cu gelul specific pe bază de alcool, înainte de aplicarea mănuşilor şi după îndepărtarea acestora, la fiecare examinare radiologică efectuată.

Spălarea de rutină a mâinilor se face timp de 15 minute cu apă şi săpun obişnuit; dezinfecţia igienică a mâinilor, cu soluţie hidroalcoolică, consumă mai puţin timp (20 secunde, manevra) şi, dacă respectă toţi paşii recomandaţi de OMS, este eficientă.

După contactul cu produse posibil contaminate (sânge, salivă, alte secreţii), este indicată spălarea mâinilor cu săpun antimicrobian (Clorhexidina, cloroxylenol, triclosan) timp de 15 minute.

14.2.4. Dezinfecţia şi sterilizarea instrumentelor

Din punct de vedere al riscului de contaminare infecţioasă, instrumentarul medical poate fi împărţit în următoarele categorii (Tabel 14.1):

Tabelul 14.1. Clasificarea instrumentelor din cabinetul de radiodiagnostic dentar în funcţie de riscul de contaminare infecţios

Caracteristici	Instrumente critice	Instrumente semicritice	Instrumente non-critice
Penetrarea tesuturilor	penetreaza anumite tesuturi	nu penetreaza tesuturi dar vin in contact cu tegumentul sau mucoasele pacientului	nu vin in contact cu pacientul dar pot fi contaminate indirect
Dezinfectie/sterilizare	se sterilizeaza in autoclav dupa fiecare utilizare	necesita dezinfectie cu substante biocide de tip inalt	necesita dezinfectie de tip mediu, dupa fiecare pacient
Exemple de instrumente	ace endodontice canule, ace in sialografie acele de punctie	detectorul digital intra-oral suportul de mentinere a filmului piesa bucala	sistemul de imobilizare a capului suportul pentru barbie, tubul collimator tabloul de comanda butonul exponometru

- **Instrumente critice**
  - sunt utilizate pentru penetrarea unor structuri tisulare (părţi moi, părţi osoase).
  - trebuie să fie sterilizate după fiecare utilizare
  - în radiodiagnosticul dentar putem avea instrumente critice doar în cazul efectuării unor proceduri chirurgicale conexe expunerii radiologice: în cursul sialografiei (canula introdusă în canalul salivar), în radiografiile efectuate în cursul tratamentelor endodontice (acele de canal) sau în puncţiile ecografice (dispozitivele de puncţionare).
- **Instrumente semicritice**
  - Instrumente care vin în contact cu anumite ţesuturi, dar nu penetrează ţesuturile interne ale organismului
  - necesită un grad înalt de dezinfecţie
  - în radiografia intra-orală sunt intrumente semicritice: film holder-ul, filmul radiologic sau detectorul digital
  - în radiografia panoramică: - piesa bucală.
- **Instrumente non-critice**
  - nu vin în contact direct cu tegumentul sau cu mucoasele, dar pot fi contaminate în mod indirect prin mâinile operatorului sau prin alte instrumente contaminate (filmul radiologic)
  - prin intermediul lor se pot transmite anumite infecţii
  - necesită o dezinfecţie după fiecare pacient.

În radiodiagnosticul dentar, următoarele suprafeţe sau părţi componente ale echipamentului pot fi contaminate indirect: tubul colimator, tabloul de comandă al aparatului, butonul de expunere, suportul pentru bărbie utilizat în CBCT, sistemul de imobilizare a capului pacientului.

Scanerul, tastatura calculatorului şi alte componente periferice sau suprafeţe cu care operatorul vine în contact nu sunt de obicei contaminate dacă se respectă procedurile operaţionale pentru prevenirea contaminării în cabinetul de radiologie. Aceste proceduri trebuie să fie cunoscute de toţi operatorii care efectuează radiografii şi ele trebuie să fie urmate cu stricteţe în cazul tuturor pacienţilor, indiferent dacă aceştia sunt sau nu cunoscuţi ca purtători ai unor microbi patogeni.

14.2.5. Spălarea şi dezinfecţia echipamentelor şi a suprafeţelor din cabinet

Spălarea şi dezinfecţia suprafeţelor din cabinetul de radiodiagnostic trebuie să se facă după fiecare pacient. Unele suprafeţe din cabinet pot fi contaminate cu sânge sau cu salivă.

Contaminarea cu sânge este posibilă în cazul efectuării radiografiilor intra-orale din cursul tratamentelor endodontice sau la pacienţii cu traumatisme şi plăgi deschise la nivelul cavităţii orale sau a tegumentelor, respectiv la pacienţii la care se efectuează radiografii în cursul unor intervenţii chirurgicale sângerânde.

Contaminarea cu salivă este frecventă, mai ales în cazul efectuării radiografiilor intra-orale. Ea poate fi:

- **Contaminare directă**, prin contactul direct al filmului cu mâna operatorului sau cu anumite suprafeţe.
- **Contaminare indirectă** – contaminarea indirectă a suprafeţelor este frecventă în cabinetul radiologic şi se face prin intemediul mâinilor contaminate ale operatorului, care după poziţionarea filmului în cavitatea orală atinge suprafeţele echipamentului radiologic pentru poziţionarea fasciculului de radiaţii şi efectuarea expunerii. Nerespectarea instrucţiunilor de lucru poate conduce şi la contaminarea altor suprafeţe prin intermediul mâinilor operatorului cum ar fi: suprafeţele din camera obscură, componentele periferice ale sistemului digital (scaner digital, computer, tastatură, monitor, imprimantă termică etc.) (Figura 14.2.).

Figura 14.2. Căile de contaminare bacteriană în cursul activităţilor de radiologie orală

Figura 14.3. Suprafeţele contaminate. Înfolierea suprafeţelor cu risc de contaminare bacteriană în expunerile radiologice cu film endo-oral

Suprafeţele posibil contaminate în cursul efectuării expunerilor radiologice trebuie să fie curaţate după fiecare pacient prin ştergere cu laveta de unică folosinţă, cu apă şi detergent, iar ulterior, suprafeţele se vor dezinfecta cu substanţe biocide ce se regăsesc în lista aprobată de Ministerul Sănătăţii.

14.3. Proceduri de lucru pentru combaterea infecţiilor în radiodiagnosticul dentar

Pentru a beneficia de un control eficient al transmiterii infecţiilor prin intermediul procedurilor radiologice, nu trebuie să existe excepţii de la respectarea acestor protocoale şi a măsurilor suplimentare în cazul pacienţilor cu boli contagioase. Măsurile sunt aceleaşi şi trebuie respectate cu stricteţe în cazul oricărui pacient care efectuează radiografia.

Procedurile de lucru pentru prevenirea infecţiilor în laboratorul de radiologie dentară includ următoarele etape care trebuie urmate în succesiunea următoare:

14.3.1. Proceduri de control al infecţiilor aplicate înainte de expunere

1. **Pregătirea zonei de expunere**

   - Suprafeţele care au risc crescut de a intra în contact cu produse biologice sau cu mâinile contaminate ale examinatorului se vor izola prin acoperirea lor cu folii impermeabile din material plastic, de unică folosinţă (Figura 14.3)

   - Dacă aceste folii nu sunt disponibile, toate suprafeţele cu risc de contaminare vor fi dezinfectate după fiecare expunere prin utilizarea de biocide, urmându-se intrucţiunile de folosire a producătorului agentului dezinfectant.

Suprafeţele care trebuie izolate sau dezinfectate după fiecare expunere radiologică:

- aparatul radiologic
- scaunul de examinare
- suprafeţele de lucru
- şorţul de radioprotecţie

2. **Pregătirea zonei de expunere**:
   - Filmele radiologice şi senzorul digital vor fi luate din locul de depozitare şi vor fi aduse în camera de expunere.
   - Detectorii vor fi inseraţi într-un înveliş din material plastic care va fi închis ermetic pentru a se evita contactul cu secreţiile salivare ale pacientului (Figura 14.4). Detectorii vor fi dezinfectaţi cu biocide de tip intermediar, după îndepărtarea barierei protective şi înainte de reutilizarea lui la un alt pacient.
   - Detectorii digitali de tip direct (CCD/CMOS) cu fir vor fi izolaţi cu un inveliş protector de plastic care să acopere şi conexiunea cu cablul detectorului şi partea de fir care vine în contact cu pacientul.
   - Suportul pentru filmul radiologic intra-oral va fi adus din locul de depozitare în camera de expunere, fiind menţinut în punga de plastic utilizată în cursul sterilizării.
   - La îndemâna operatorului trebuie să existe: serveţele, soluţii dezinfectante, rulouri de material textil şi un mic container pentru plasarea detectorului şi a suportului de film după efectuarea radiografiei.
3. **Pregătirea pacientului**:
   - Vor fi îndepărtate obiectele metalice care ar putea interfera cu examinarea radiologică şi vor fi plasate într-un loc special amenajat pentru obiecetele care aparţin pacientului
   - Înainte de poziţionare, pacientul va îmbrăca echipamentul de radioprotecţie (şorţul sau gulerul de plumb)
   - Pacientul va fi poziţionat în scaunul de examinare, respectându-se cerinţele efectuării tehnicilor radiologice.
4. **Pregătirea operatorului** care execută radiografia include:
   - spălarea mâinilor
   - plasarea mănuşilor de unică folosinţă
   - examinatorul pregătit astfel va putea manipula echipamentul radiologic pentru efectuarea radiografiei.

Figura 14.4. Inserarea detectorului în folii de protecţii

14.3.2. Proceduri de prevenire ale IAAM, aplicate în cursul şi după expunerea radiologică

- În cursul examinării, operatorul trebuie să atingă cât mai puţine suprafeţe
- Sistemul de menţinere a filmului în cavitatea orală va fi îndepărtat şi va fi plasat imediat într-un recipient cu capac destinat instrumentelor contaminate
- În cazul utilizării detectorilor direcţi (CCD/CMOS)
  - examinatorul va şterge cu un şerveţel cu alcool, folia de protecţie pentru îndepărtarea salivei şi apoi folia va fi îndepărtată şi plasată în containerul de deşeuri biologice
  - examinatorul îşi va îndepărta mănuşile fără să atingă detectorul şi va arunca mănuşile la containerul de deşeuri biologice
  - Detectorul va fi ulterior dezinfectat cu biocide de nivel intermediar.
- în cazul detectorilor indirecţi (PSP)
  - detectorul va fi spălat şi şters cu un şerveţel uscat, apoi va fi plasat într-un container pentru a-l transporta către scaner
  - tehnicianul radiolog îşi va îndepărta mănuşile şi le va arunca la containerul de deşeuri biologice
  - se va spăla pe mâini şi va dezinfecta suprafeţele contaminate
  - înainte de scanarea detectorului, îşi va lua o altă pereche de mănuşi cu care va îndepărta folia de protecţie a detectorului şi fără să atingă detectorul, acesta va fi plasat în scanner
  - ulterior, se vor îndepărta mănuşile care vor fi aruncate împreună cu ambalajul de plastic al detectorului, în containerul de deşeuri biologice.
- Se vor dezinfecta toate suprafeţele contaminate după fiecare pacient, inclusiv scaner-ul şi tastatura computerului.

Sumar

- Agenţii patogeni care ar putea produce infecţii în cabinetul stomatologic şi implicit în cel de radiologie dentară o constituie microorganismele cu transmitere pe cale orală sau respiratorie.
- Căile de transmitere ale infecţiilor în cabinetul de radiologie dentară pot fi: contactul direct cu saliva, secreţiile respiratorii sau sângele pacientului, contactul indirect prin contaminarea instrumentelor şi a unor suprafeţe, diseminarea de aerosoli contaminaţi cu microbi din secreţiile salivare şi respiratorii ale pacientului.
- Toţi membrii personalului care lucrează în centrul de radiologie trebuie să poarte echipament de protecţie adecvat, format din halat sau costum de clinică, mănuşi, botoşei, bonetă şi măşti chirurgicale.
- Procedura de igienizare a mâinilor este foarte importantă; mâinile trebuie să fie spălate cu apă şi săpun sau dezinfectate cu gelul specific pe bază de alcool, înainte de aplicarea mănuşilor şi după îndepărtarea acestora, la fiecare examinare radiologică efectuată.
- Contaminarea cu salivă este frecventă, mai ales în cazul efectuării radiografiilor intra-orale. Ea poate fi: **directă**, prin contactul direct al filmului cu mâna operatorului sau cu anumite suprafeţe şi **indirectă**, prin intermediul mâinilor contaminate ale operatorului.
- Protocoalele de prevenire şi combatere a infecţiilor în cabinetul de radiologie dentară includ: vaccinarea personalului medical, utilizarea unor echipamente de protecţie adecvate, igiena mâinilor, utilizarea corectă a instrumentarului medical, spălarea şi dezinfecţia echipamentelor şi a suprafeţelor din cabinet, utilizarea unor instrumente de unică folosinţă acolo unde este posibil, izolarea pieselor bucale şi al altor componente ale aparatelor care intră în contact cu pacientul, depozitarea adecvată a deşeurilor biologice şi instruirea adecvată a personalului medical.

Referinţe

Guidelines for Infection Control în Dental Health-Care Settings. 2003
https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5217a1.htm

Healthcare Personnel Vaccination Recommendations Immunization of HCW: Recommendations of ACIP. MMWR. 2011;60(RR07):1-45 (https://www.cdc.gov/mmwr/pdf/rr/rr6007.pdf)

Teste de verificare a cunoştinţelor

1) Din categoria instrumentelor non-critice fac parte:

a) instrumente care necesită o dezinfecţie după fiecare pacient

b) instrumente care vin în contact cu anumite ţesuturi, dar nu penetrează ţesuturile interne ale organismului

c) instrumente care nu vin în contact direct cu tegumentul sau cu mucoasele, dar pot fi contaminate în mod indirect prin mâinile operatorului sau prin alte instrumente contaminate (film radiologic)

d) instrumente care sunt utilizate pentru penetrarea unor structuri tisulare (părţi moi, părţi osoase)

e) instrumente prin intermediul cărora se pot transmite anumite infecţii.

2) Ce condiţii sunt necesare pentru a se produce infectarea pacientului prin manopere de radiologie dentară?

a) să existe o susceptibilitate scăzuta a organismului la infecţii
b) numărul de agenţi patogeni să fie suficient de mare penru a produce infecţia
c) să nu existe o susceptibilitate a gazdei pentru infecţie
d) să existe o cale de transmitere
e) gradul de agresivitate a agenţilor patogeni să fie suficient de mare pentru a produce infecţia.

3) Care dintre următorii agenţi patogeni prezintă un potenţial risc de contaminare în cabinetul de radiodiagnostic dentar?

a) Sifilis
b) Citomegalovirusurile
c) Agregatibacter actinomycetemcomitans
d) Virusul hepatic C
e) Mycobacterium tuberculosis.

4) Printre căile de transmitere ale infecţiilor în cabinetul de radiologie dentară, nu se numără:

a) Contactul indirect prin contaminarea instrumentelor şi a unor suprafeţe
b) Contactul direct prin atingerea cu mâna a diferitelor părţi ale corpului pacientului
c) Contactul direct prin atingerea cu mâna strict a mâinii pacientului
d) Contactul direct cu saliva
e) Contactul direct cu secreţiile respiratorii.

5) Următoarele afirmaţii sunt adevărate, cu excepţia:

a) Vaccinarea personalului medical împotriva virusului hepatic B se poate realiza cu 2 doze (0,1 luni) sau cu 3 doze (0,1,12 luni)
b) Vaccinarea antigripală cu vaccin inactivat, administrat intramuscular, este indicată anual, la începutul sezonului rece
c) Vaccinarea antigripală cu vaccin inactivat, administrat intramuscular, este indicată anual, la sfârşitul sezonului rece
d) Vaccinarea anti-tetanica-difterică şi antiPertussis (DiTePer) se face cu doză unică de vaccine şi rapel anti Di Te la fiecare 10 ani
e) Vaccinarea antimeningococică se recomandă numai în cazul unei epidemii de meningită meningococică din arealul geografic respectiv.

6) Privitor la echipamentele de protecţie utilizate în cabinetul de radiologie dentară, sunt adevărate următoarele afirmaţii:

a) îmbrăcămintea va fi schimbată o singură dată pe zi, indiferent dacă a fost murdărită sau nu cu produse biologice provenite de la pacient
b) manuşile utilizate vor fi doar sterile, fabricate din latex
c) în cazul în care pacientul este infectat cu SARS-CoV2, toţi membrii personalului ce lucrează în centrul radiologic trebuie să poarte echipament de protecţie adecvat
d) în cazul în care pacientul este infectat cu Mycobacterium tuberculosis, toţi membrii personalului ce lucrează în centrul radiologic trebuie să poarte echipament de protecţie adecvat

e) îmbrăcămintea va fi schimbată zilnic sau ori de câte ori a fost murdărită cu produse biologice de la pacient.

7) Conform clasificării instrumentelor din cabinetul de radiodiagnostic dentar în funcţie de riscul de contaminare infecţios, acestea sunt:

a) Instrumente semicritice
b) Instrumente pseudocritice
c) Instrumente bicritice
d) Instrumente non-critice
e) Instrumente relativ critice.

Teste recapitulative. Răspunsuri

Capitolul 2

1. a: 2, 5; b:1, 3; c:1, 3, 4
2. a, b
3. b, c, d
4. b, d, e
5. a, b, c, d
6. a, b, c
7. c
8. a, c, d
9. a: 2; b: 1; c: 4; d: 3
10. a, c
11. a, b, c, d
12. a, c, e
13. a:1, 4; b: 2, 3
14. a, b, d
15. a, c, d
16. a: 2; b: 1; c: 3

Capitolul 3

2. a, b, d
3. e
4. a, b
5. a, d
6. i-5, j-4, k-2, l-3, m-1
7. a, c, d
8. a, c, e
9. a, b, d
10. e
11. a, b, d

Capitolul 6

1. a: 1, 6 b: 4, 7,8 c: 3, 9 d: 2, 5
2. a: 2, 5 b: 1, 4c: 3, 6
3. b, c, e
4. a, d, e
5. a, d, e
6. a, c, e
7. b, c, e
8. a, c,d,e
9. a, b, d, e
10. a, c, d, e

Capitolul 11

1. a, b, c, d
2. a,b
3. e
4. a, b, d
5. b, d, e
6. e
7. a-3, b-1, c-5, d-2, e-4
9. a, c, d, e
10. a, b, c, e

Capitolul 14

1. a, c, e
2. d, e
3. b, d, e
4. b, c
5. a, c
6. c, d, e
7. a, d