

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



## Avatarul digital/ digital twin- clasificare

**static twin** → replică digitală statică

- Ex. Reconstructia CBCT / modele 3D anatomice - fara date fiziologice in timp real;
- Model CAD al unei coroane sau punți dentare, fără simularea forțelor masticatorii sau a uzurii

**mirror/functional twin** → replică cu comportament dinamic

- Ex. Simulare ortodontica a deplasarii dintilor, modele 3D dinamice functionalizate

**shadow/self-adaptive twin** → actualizare în timp real prin date

- Ex: model care primeste date din senzori (ex : senzorii alignerului , inregistrarea miscarilor manibulare in timp real)

**intelligent twin** → Urmărește datele și relațiile **din copilărie până la vârsta adultă**, integrând modificări, intervenții și reacții biologice.

- autonomie, AI, învățare, comunicare între DT-uri
- Sistem care are autonomie +AI
- ghid digital care decide optimizarea tratamentului (ex. Implantologic, orthodontic )
- Model 3D digital care sa prevada prognoza resorbtiei osoase

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



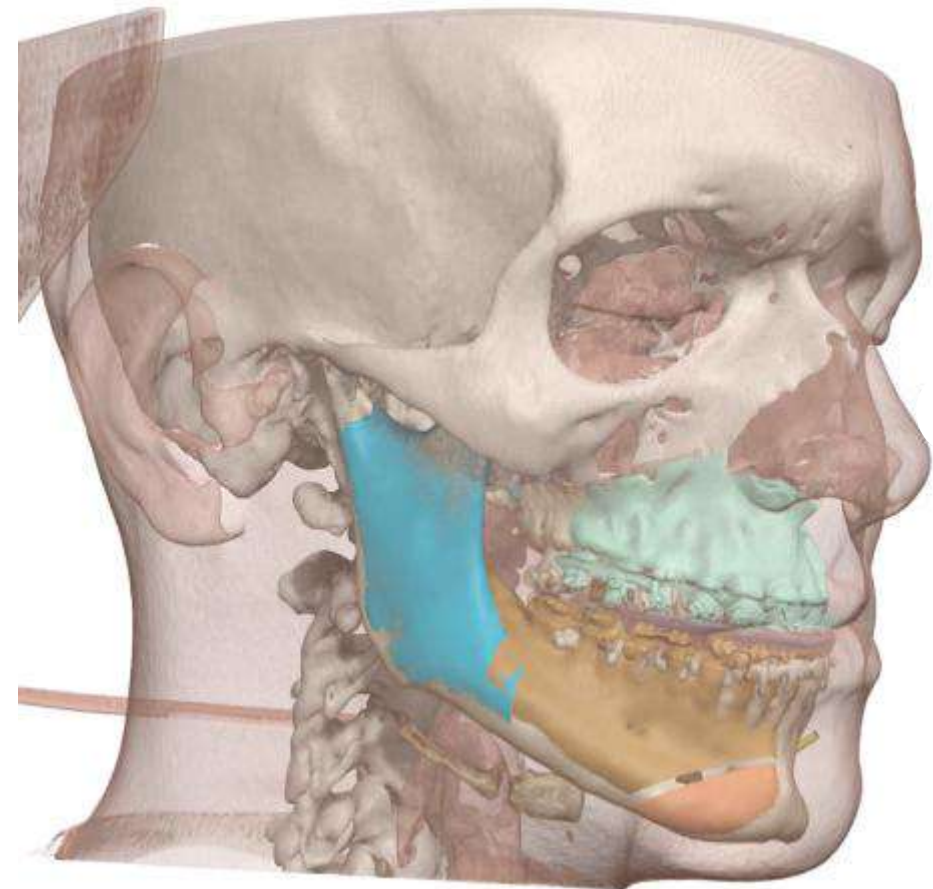
Concepte suport în avatarul digital/ digital twin

## DT instance

Model digital complet al unui pacient cu **tratament ortodontic**, incluzând scanări intraorale, CBCT, fotografii extra/intraorale și istoric evolutiv al poziției dentare.

DT pentru **pacient implantat**, ce include osul disponibil, simulări CAD/CAM de implant, ghid chirurgical și follow-up radiologic.

Model digital al unui **pacient cu DTM (disfuncție temporo-mandibulară)** cu parametri funcționali inițiali, fără a combina date de la alți pacienți.



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



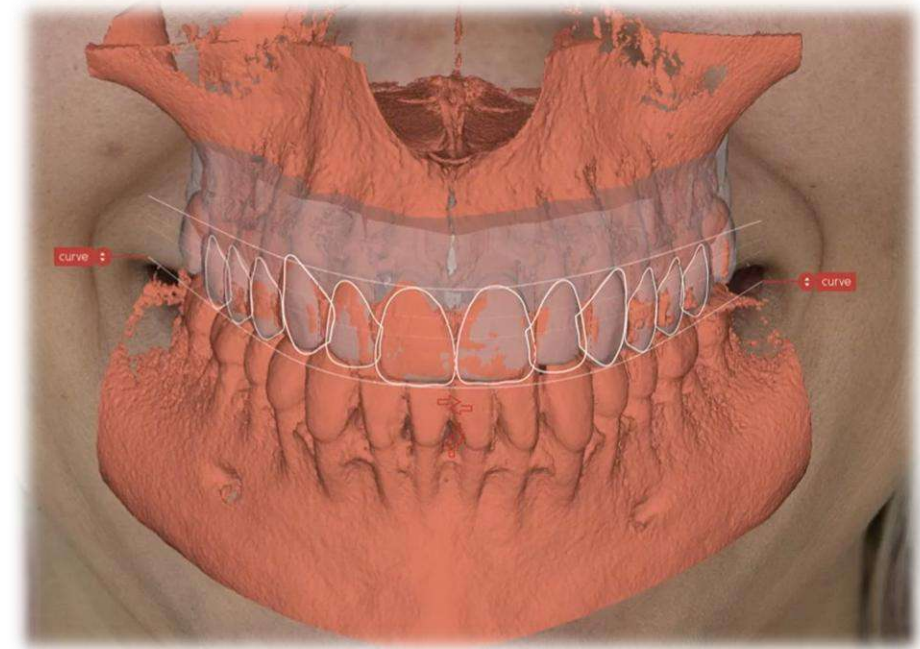
Concepte suport în avatarul digital/ digital twin

## DT aggregate

Grup de înregistrare DT ale pacienților tratați cu o anumită tehnică de **alinie ortodontică**, utilizat pentru a prezice rezultatele tratamentului în cazuri similare.

Ansamblu de DT de **pacienți cu implanturi în zona laterală maxilară**, pentru a prezice rezorbția osoasă și riscul de periimplantită.

Colecție de DT ale pacienților cu **reabilitare protetică totală**, utilizată la optimizarea designului ocluzal.



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



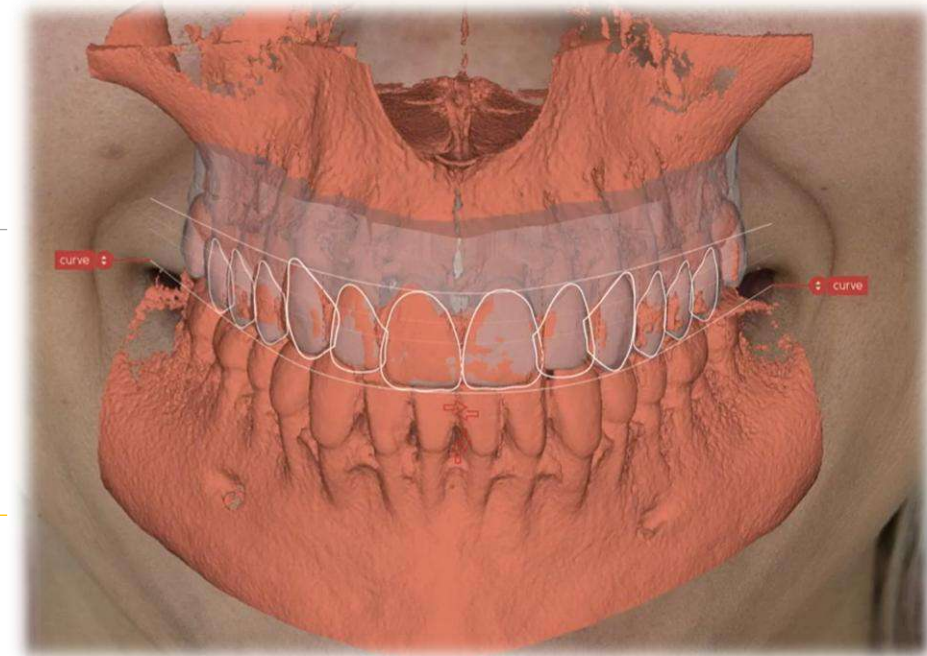
Concepte suport în avatarul digital/ digital twin

## DT Bank

Bază de date națională / multicentrică / grupuri populaționale - cu DT **post ortodonție**, pentru antrenarea AI privind stabilitatea rezultatelor pe termen lung.

Bancă de date DT **post-implantare**, ce include tipul implantului, densitatea osoasă, design protetic și complicații.

DT pentru **planuri și rezultate în tratamentul endodontic**, pentru predicția riscului de reintervenție.



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



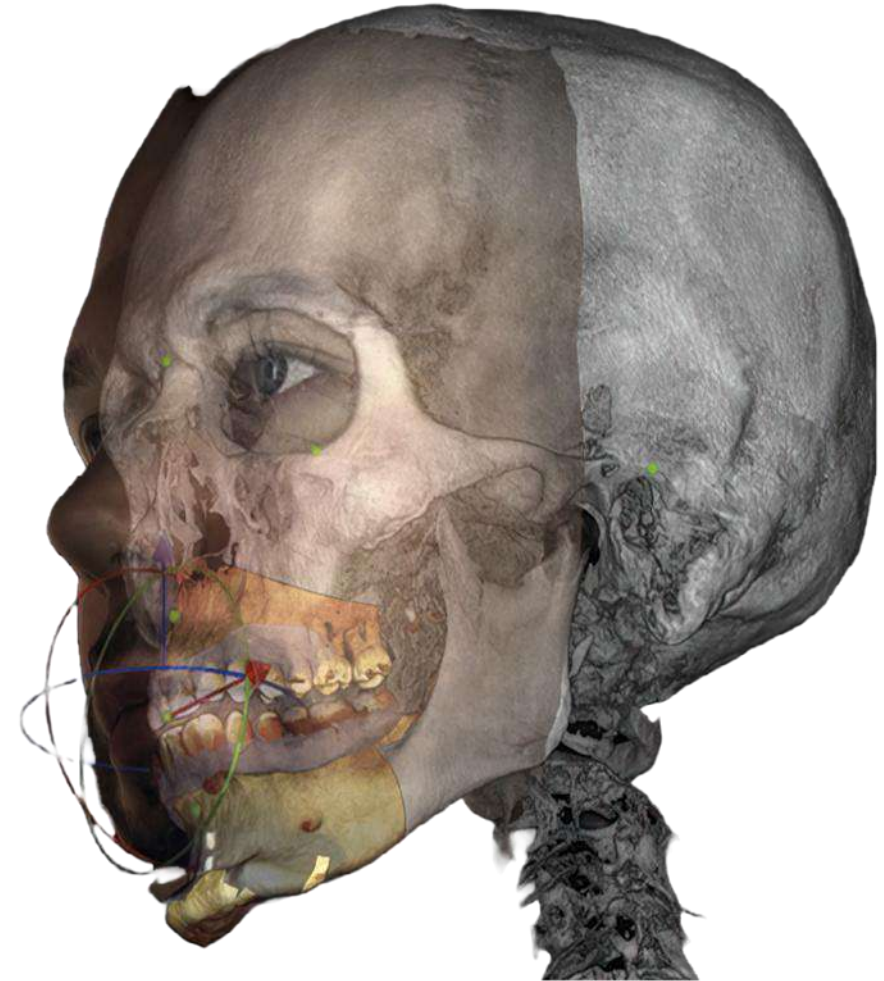
Concepte suport în avatarul digital/ digital twin

## Intelligent digital Twin

Parcursul digital complet al unui pacient de la dentitia mixtă → ortodonție → implanturi → reabilitare protetică.

Evoluția unui pacient cu bruxism, incluzând: scanări, uzuri dentare, status muscular EMG, tratament cu gutieră și monitorizare periodică.

Evoluția DT pentru pacienți cu afecțiuni parodontale cronice, urmărind biomarkeri și pierderea osoasă în timp.



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

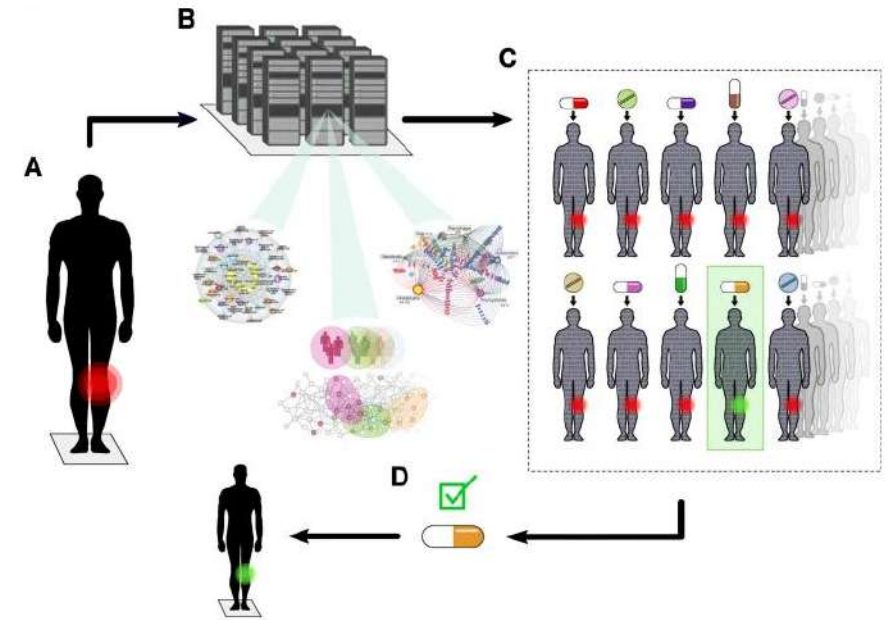


## Concepte suport în avatarul digital/ digital twin

### Intelligent digital Twin

- Folosește AI și ML pentru simulare și predicție
- Schimb bidirecțional de informații între entitate fizică și model virtual
- Optimizează deciziile medicale în timp real
- Poate prezice evoluția stării pacientului

Fig. 1



The digital twin concept for personalized medicine. **a** An individual patient has a local sign of disease (red). **b** A digital twin of this patient is constructed in unlimited copies, based on computational network models of thousands of disease-relevant variables. **c** Each twin is computationally treated with one or more of the thousands of drugs. This results in digital cure of one patient (green). **d** The drug that has the best effect on the digital twin is selected for treatment of the patient

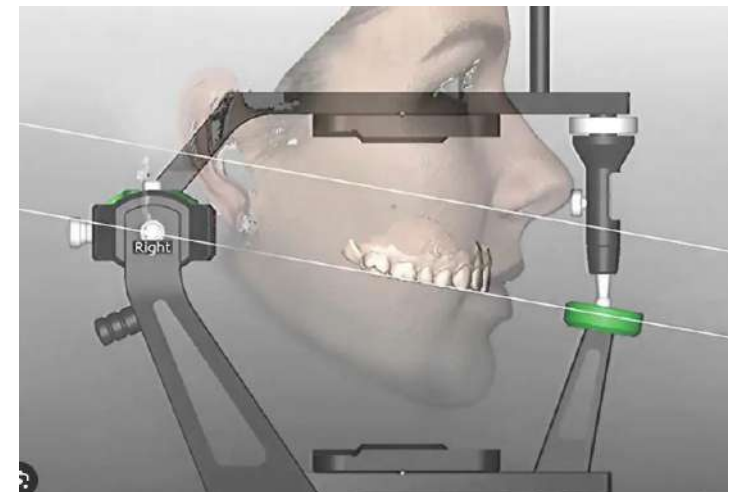
# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



## Achizitia datelor pentru DT in domeniul medical

- **Surse de date principale:**

- **Imagini medicale: Scanări intraorale 3D (IOS)** – arcade dentare, ocluzie, spațiu interdental
- **CBCT și radiografii panoramice** – structură osoasă, canal radicular, sinus maxilar
- **Fotografii intra/extraorale** – estetică, profil facial, zâmbet digital



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



## Achizitia datelor pentru DT in domeniul medical

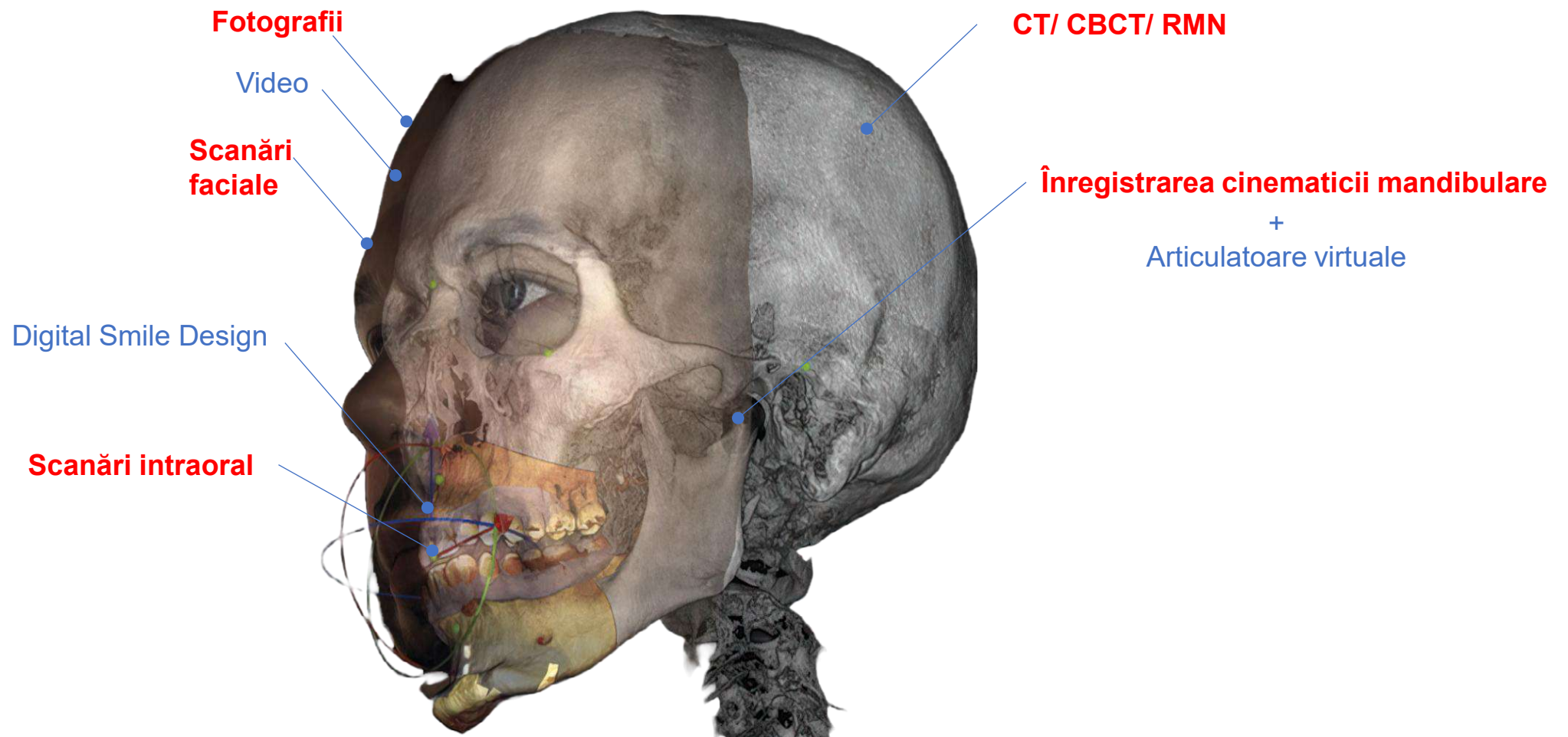
- **Surse de date principale:**
  - **Senzori funcționali** – forțe ocluzale, monitorizare gutiere, EMG pentru disfuncții ATM, Senzori IoT și dispozitive wearable (monitorizare continuă)
  - **Date clinice și biomarkeri** – istoricul pacientului (EHR), date clinice parodontale, inflamatorii, microbiomul, biomarkeri,
  - **parametri fiziologici:** Genomică, transcriptomică, proteomică, date de mediu și stil de viață



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

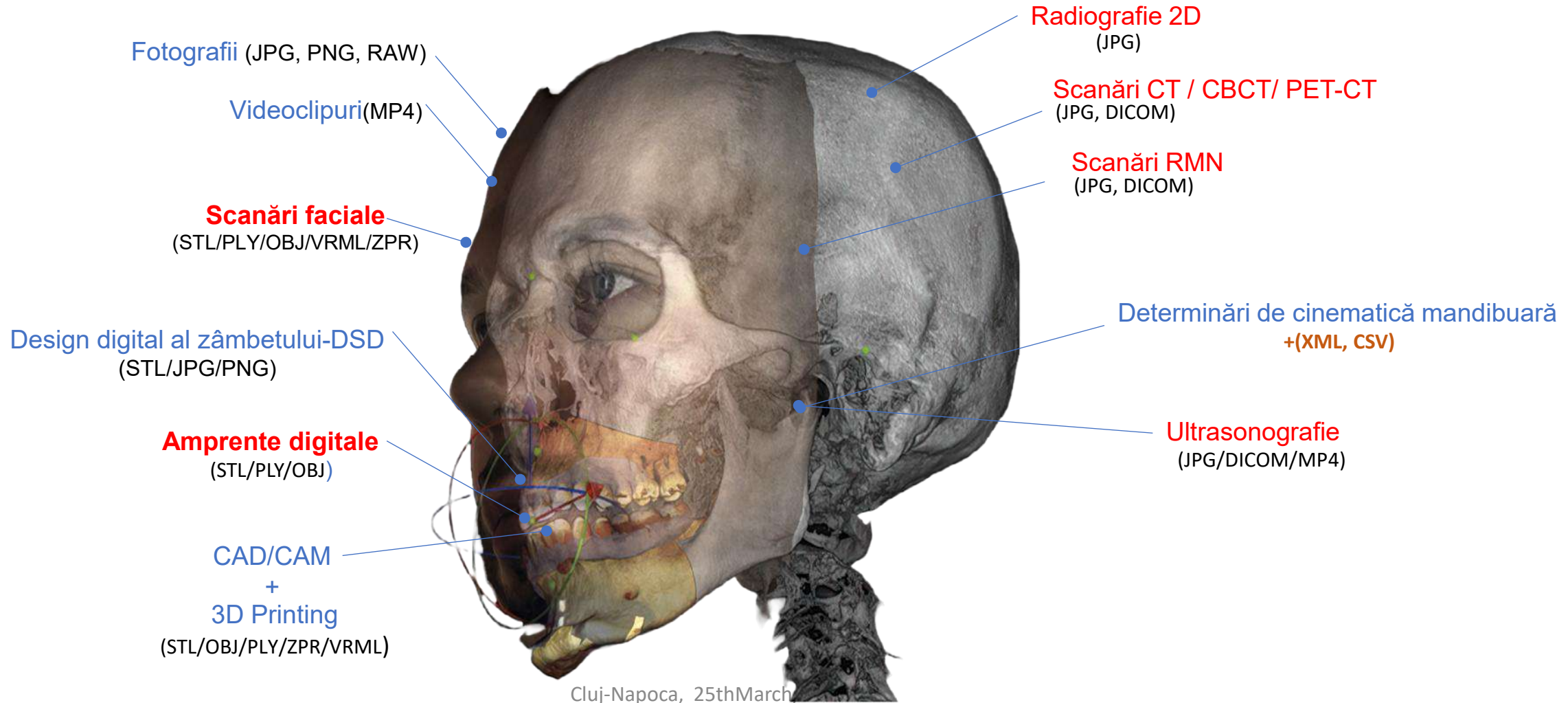


- model generat de calculator care reproduce toate structurile și caracteristicile anatomice ale structurilor din sfera buco-maxilo-facială, prin suprapunerea datelor digitale obținute prin diferite tehnologii



# Formate de fișier în stomatologia digitală

- În funcție de tipul de investigație efectuată, pot fi atașate unul sau mai multe tipuri de formate de fișier



# Integrarea datelor imagistice în avatarul digital



## 🦷 CBCT/ CT – Structura osoasă și contextul tridimensional

- Vizualizarea completă a maxilarelor
- Măsurători precise ale spațiilor anatomice
- Fundamentul pentru implantologie și chirurgie
- Oferă cadrul „scheletic” al avatarului digital

## 🧠 RMN – Țesuturi moi, ATM și funcție articulară

- Vizualizarea discului articular și ligamentelor
- Identificarea disfuncțiilor ATM
- Informații imposibil de obținut din CBCT
- Indispensabil pentru integrarea funcțională reală a mandibulei

## 🦷 Scanare intraorală – Detaliul dentar high-resolution

- Captură de suprafață la nivel de microni
- Reprezintă baza pentru designul restaurărilor CAD/CAM
- Oferă fidelitate superioară modelelor tradiționale
- Se corelează cu mișcările mandibulare pentru analiză ocluzală

## 😊 Scanare facială – Estetică statică și dinamică

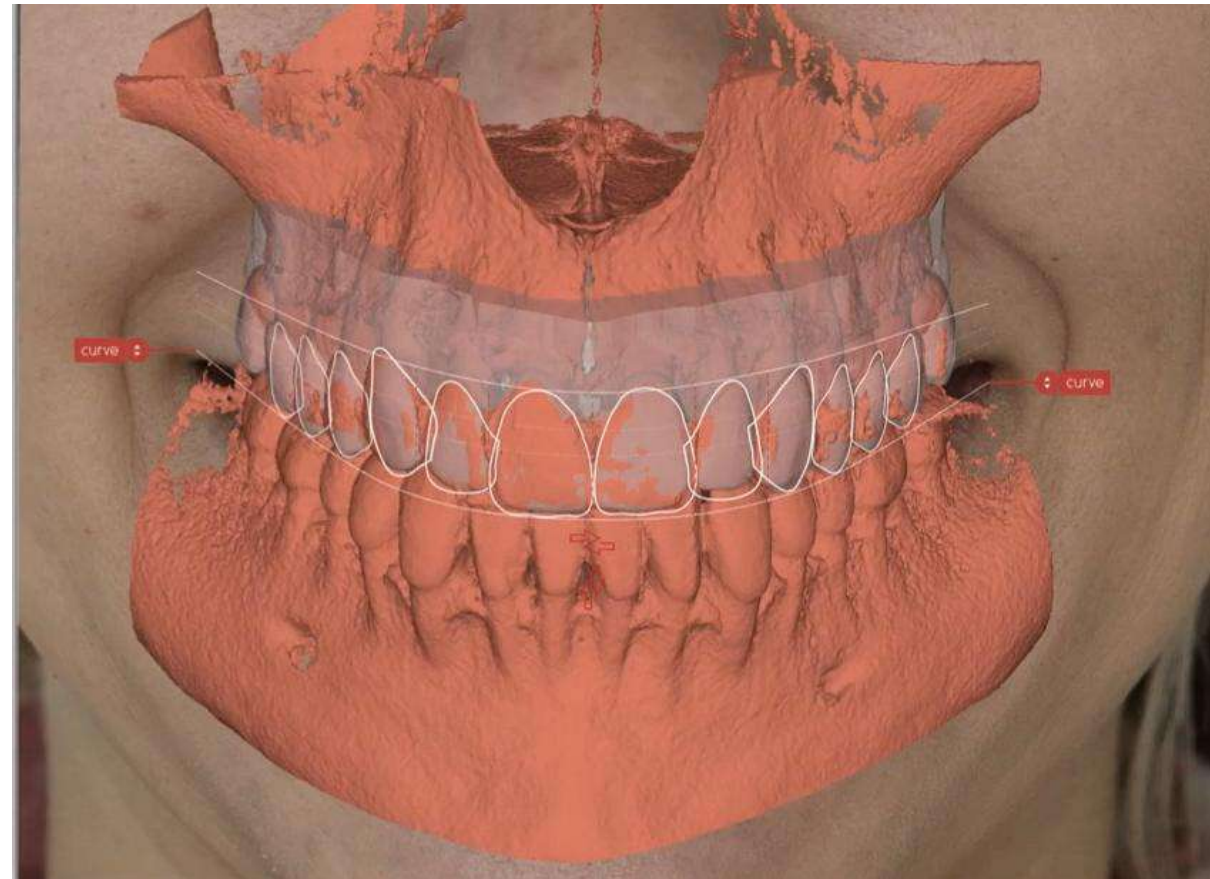
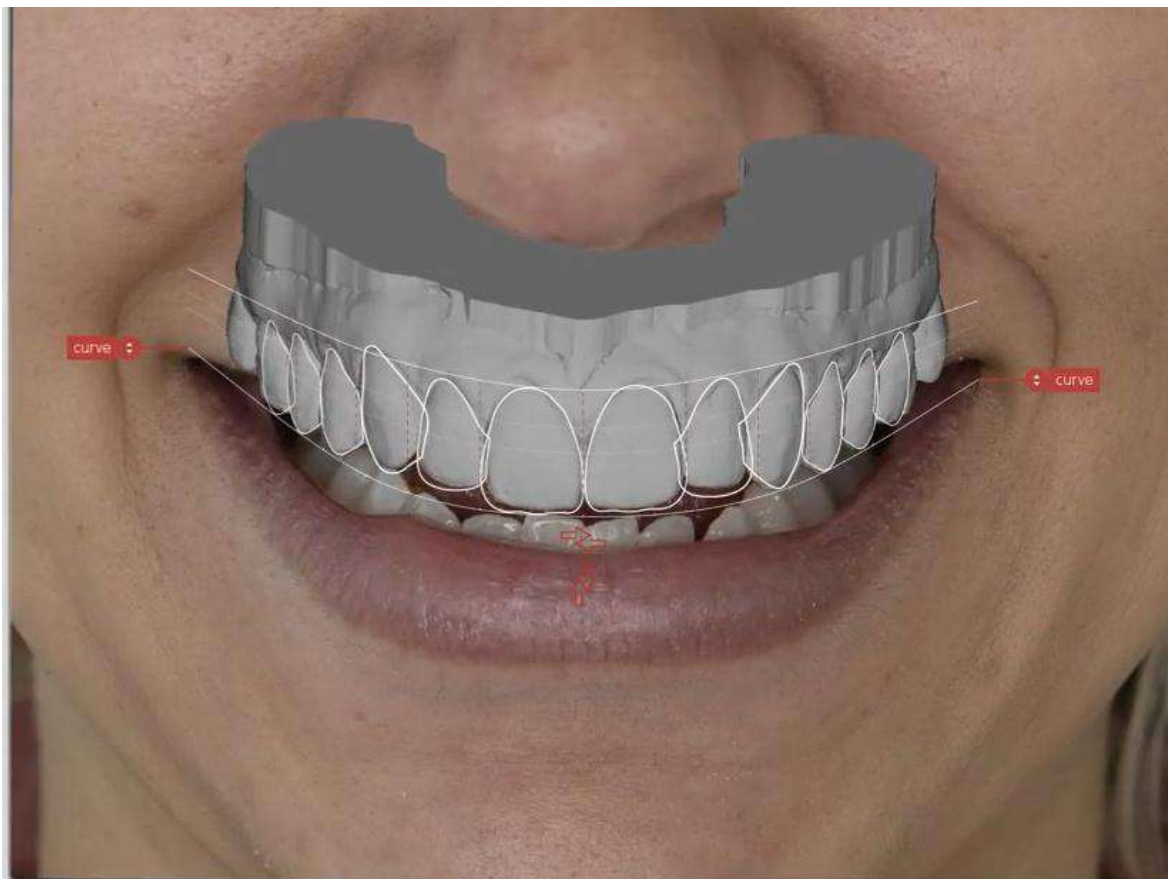
- Captură 3D a zâmbetului în repaus și în expresii
- Linia mediană, planurile faciale, simetria
- Videogrametrie pentru expresii în dinamică
- Indispensabilă pentru reabilitări estetice



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



**Fluxul 3D** reprezintă procesul digital integrat prin care datele estetice, funcționale și anatomice ale pacientului (scanări intraorale, CBCT, fotografii, mișcări mandibulare) sunt combinate într-un model tridimensional virtual, utilizat pentru **planificare, simulare și fabricare CAD/CAM**.



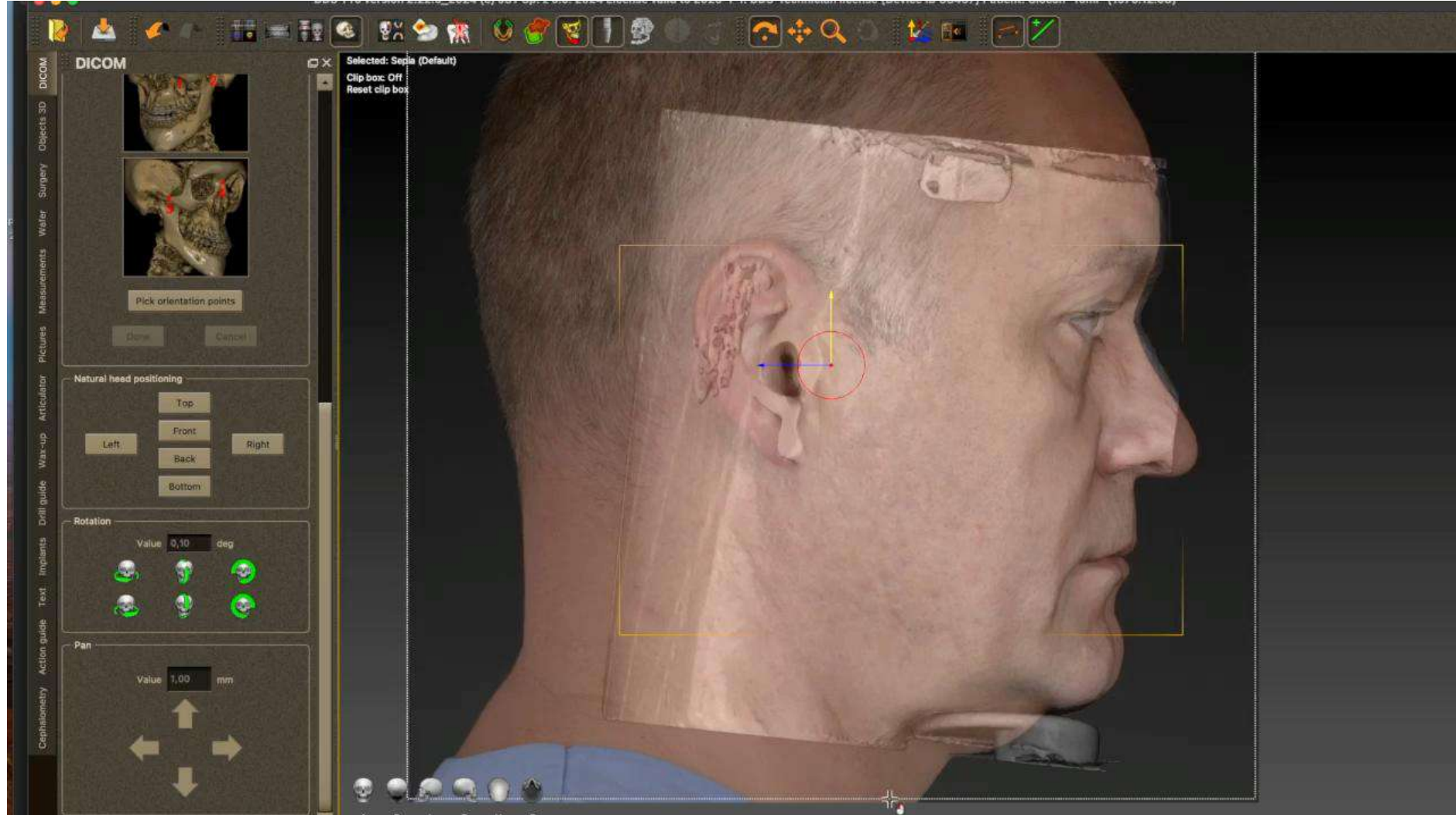
# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



## Alinierea scanării faciale cu CBCT-ul



Scanare facială realizată cu aplicația Qlone Dental



Suprapunere scanare faciala cu CBCT

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



Ce îl face „digital twin” autentic?

🌱 **Integrarea multi-modală** (CBCT + IO scan + facial scan + dinamica mandibulară)

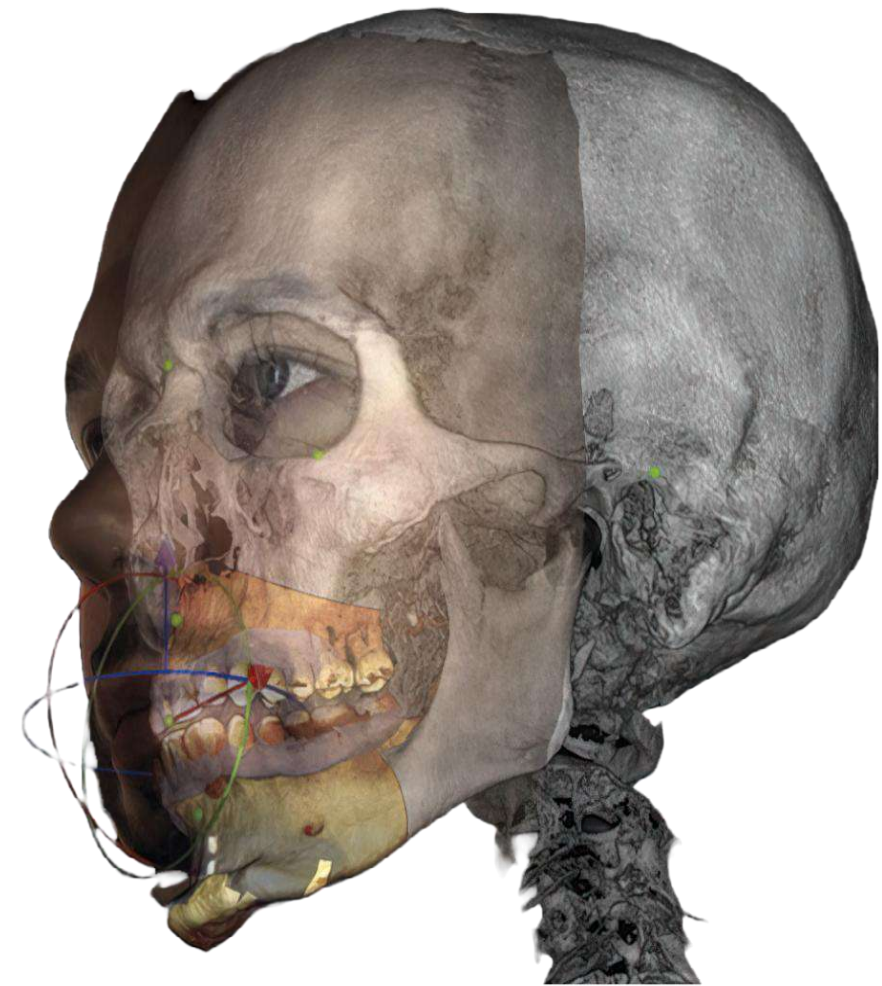
🔍 **Comportament simulativ** (masticăție, vorbire, contacte ocluzale)

📡 **Posibilitatea de actualizare în timp real** (noi date → nouă configurare)

💡 **Predicție:** anticipează rezultatele estetice și funcționale

🦷 **Rolul în stomatologie**

- Permite proiectarea restaurărilor în limitele biologice
- Permite evaluarea impactului asupra feței și zâmbetului
- Reduce imprevizibilitatea planului de tratament
- Deschide drumul către stomatologie complet personalizată



# Caracteristicile fundamentale ale pacientului virtual



## 1. Fidel (Accurate & Realistic)

- Reproduce morfologia dentară
- Integrează date reale despre structurile faciale și craniene
- Păstrează relațiile anatomice exacte (dinți – gingie – os – articulații)

## 2. Dinamic

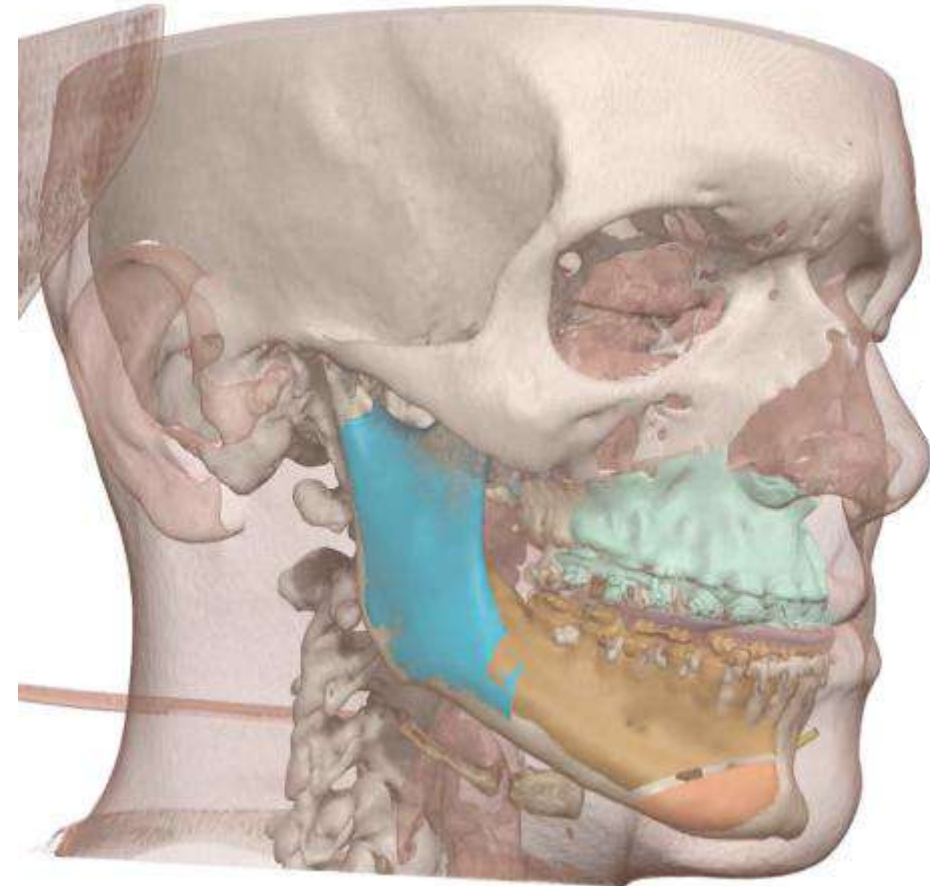
- Poate simula mișcările mandibulare reale
- Permite analiza contactelor ocluzale în masticăție
- Simulează expresiile faciale și zâmbetul în dinamică

## 3. Predictiv (Anticipază rezultatele)

- Modelează modul în care restaurările vor afecta funcția
- Estimează modificările estetice înainte de tratament
- Poate prezice comportamente biomecanice (uzură, contacte premature)

## 4. Actualizabil (Evoluează odată cu pacientul)

- Noi scanări → nou avatar
- Integrează progresul tratamentului în timp real
- Devine un instrument continuu de monitorizare



# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Calitatea datelor in DT stomatologic

- **Acuratețe** – scanările și CBCT trebuie să reflecte fidel anatomia pacientului
- **Completitudine** – lipsa datelor despre dinți sau os afectează simulările implantare sau ortodontice
- **Consistență** – alinierea datelor de la diferite momente și dispozitive
- **Actualitate** – modificările dentare și ocluzale trebuie integrate în timp real pentru modele adaptive
- **Granularitate** – detalii suficiente pentru planificare protetică, ortodontică sau chirurgicală
- **Omogenitatea datelor**- standardizarea formatului (EHR, imagistica)

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Impactul calității datelor:

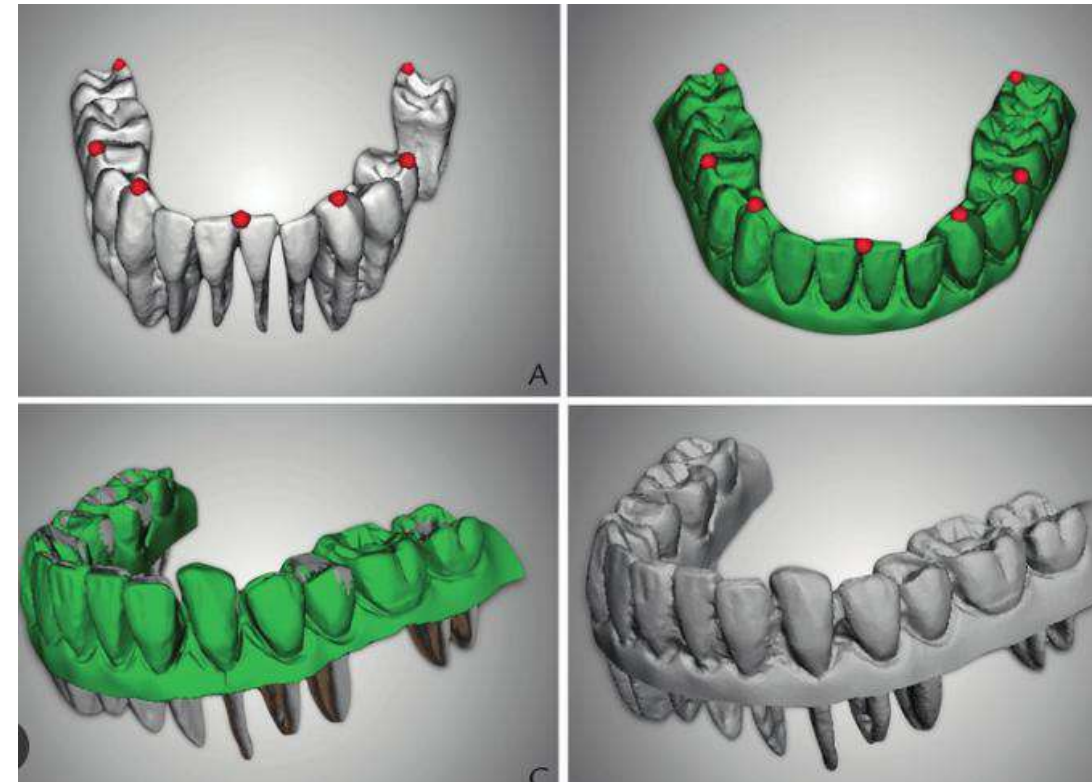
- Date incomplete sau eronate pot genera erori în planul de tratament
- Lipsa standardizării afectează comparabilitatea între pacienți și DT-uri
- Calitate slabă limitează predictibilitatea și personalizarea tratamentului
- Variabilitatea formatelor de generare a imaginii între diferite sisteme de achiziție și producători diferiți – poate afecta acuratetea predicțiilor

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie



## Solutii pentru optimizarea calitatii datelor medicale colectate:

- **Considerații practice pentru stomatologie**
  - Utilizarea **pipeline-urilor de preprocesare** pentru curățarea și standardizarea datelor
  - Preprocesarea scanărilor și imaginilor pentru **corecție, aliniere și filtrare zgomot**
  - Integrarea datelor **multi-modal**: scanări 3D + CBCT + parametri funcționali + fotografii sau imagistică + molecular + clinic
  - Implementarea **framework-urilor de securitate și confidențialitate**
  - Monitorizare continuă a calității datelor pentru **DT-uri adaptive inteligente**





## Exemplu: Crearea Digital Twin static in implantologie

**Obiectiv:** obținerea unei replici digitale fidela a pacientului.

- Model 3D al maxilarului și arcadei dentare
- Include geometria osului și a țesuturilor moi
- Folosit pentru vizualizare și planificare inițială, fără simulări dinamice



## Exemplu : Crearea Digital Twin funcțional

**Obiectiv:** adăugarea comportamentului dinamic.

- Simularea forțelor ocluzale asupra implantului
- Testarea distribuției stresului pe os și implant
- Previziunea răspunsului biomecanic la diferite poziții și tipuri de implant



## Exemplu: Crearea Shadow / Self-Adaptive Twin

**Obiectiv:** integrarea datelor în timp real.

- Date noi din vizite clinice sau senzori: mobilitate implant, densitate osoasă post-operatorie
- Modelul se actualizează automat pentru a reflecta schimbările reale
- Permite ajustarea planului de tratament pe parcurs

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Exemplu: Crearea Digital Twin-ului Inteligent (Intelligent Twin)

**Obiectiv:** autonomie, predicție și optimizare prin AI.

- Integrare AI/ML pentru:
  - Predicția vindecării osoase și succesului implantului
  - Optimizarea tipului și poziției implantului pentru fiecare pacient
- Simulări in silico pentru scenarii “what if” (ex: diferite dimensiuni de implant, tipuri de bont protetic)
- Feedback bidirecțional: datele reale îmbunătățesc modelul, modelul optimizează tratamentul

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Beneficii pentru pacient și clinician

- Planificare precisă și personalizată a implantului
- Reducerea riscurilor intra- și post-operatorii
- Monitorizare continuă a succesului implantului
- Posibilitatea de testare a scenariilor fără intervenție invazivă

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Aplicatii ale DT in medicina

- Management spital și coordonarea îngrijirilor
- Diagnostic:
  - Monitorizare continuă și intervenții personalizate
  - Suport pentru decizii clinice (chirurgie, tratamente țintite)
  - Diagnostic integrat prin imagistică + profil molecular
- Planificare și tratament:
  - Planificare chirurgicală și monitorizare continuă
  - Design de dispozitive medicale și protetică
  - Medicină personalizată și trialuri in silico

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Digital twin : aplicatii in domeniul medical vs industrial

- structura biologică nu este aliniată pe coordonate fixe (spre deosebire de imagini naturale)
- Biologia si fiziopatologia anumitor boli este incomplet elucidata (ex: riscul cancerelor orale, implicatiile microbiomului in aparitia unor boli, proteomica si genomica )
- Dificultatea colectarii datelor personalizate la nivel multipopulational
- Lipsa dezvoltarii unor modele comutationale pentru analiza datelor medicale – sunt necesare platforme de modelare bazate pe agenti

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---

## DT în cercetarea medicală



- Dezvoltarea DT în sănătate este interdisciplinară, implicând colaborare între medicină, inginerie, informatică, știința datelor și alte domenii.
- Facilitarea descoperirii de biomarkeri și medicamente
- Testare virtuală în locul experimentelor directe
- Alternativă pre-clinică pentru reducerea costurilor și eticii (3R: Refine, Reduce, Replace)

# Pacientul virtual/ avatarul digital in stomatologie

---



## Conceptul de Generative Digital Twins (GDT)

- Modele digitale generate prin AI pe baza perechilor de date moleculare + imagini
- Permite simulări „what-if” pentru modificări moleculare
- Elimină bariere etice și legale din medicina experimentală



## Spatial technology

- se referă la metode și instrumente care permit **măsurarea, analiza și reprezentarea datelor în raport cu poziția și structura lor în spațiu.**
- În context biomedical, aceasta înseamnă colectarea și analiza informațiilor **în funcție de localizarea exactă a proceselor biologice în țesuturi**, nu doar a prezenței lor.
- **tehnologie care analizează unde sunt structurile, celulele, moleculele și cum interacționează în spațiu.**



## Convergența Generative AI + Spatial Technologies

- Generative AI evoluează din tehnici vizuale avansate
- Integrări cu date spațiale: epigenomică, transcriptomică, proteomică + imagini biomedicale
- Oferă modele pentru fenomene biologice la nivel celular, tisular, organ



## Limitari si consideratii etice

- Infrastructura si tehnologie
  - Achizitie, stocare, update continuu a datelor pacientilor – big data si costuri crescute de stocarea datelor
  - Real time data collection necesita utilizarea de detectori/senzori si device-uri portabile pentru colectarea datelor in timp real
  - Electronic health record –(EHR)- standardizare
  - Strategii de imbunatatire a interoperabilitatii datelor intre institutii: data format, frequency of capture, storage environment
  - Outcome data – necesita validari clinic multicentrice si care presupun conditii diferite de mediu



## Echitate in colectarea datelor

- Sub-reprezentarea și bias-urile în datele pacienților afectează utilitatea dataset-urilor sintetice.
- Metrici pentru echitate: **demographic parity**, **equalized odds** și metrici de diversitate.
- Acces inegal la tehnologie și dispozitive portabile poate limita reprezentativitatea anumitor grupuri (vârstnici, minorități, persoane cu venituri mici).
- Necesitatea includerii spitalelor rurale și a strategiilor pentru modele generalizabile.



## Reliability and Trust (Fiabilitate și acuratetea datelor)

Acuratetea predicțiilor poate fi afectată de :

- algoritmi AI „black box” greu de explicat.
  - Soluții: **Shapley Additive Explanations**, **Grad-CAM**, framework-uri de încredere (ex. AI TRiSM).
- schimbărilor în practica medicală sau a datelor noi care pot influența modelele AI aplicate
- Importanța consimțământului informat și transparenței privind monitorizarea continuă.



## Consideratii de etica medicala

- **Proprietatea datelor**

- DT se bazează pe datele pacienților → aspecte etice privind proprietatea și utilizarea datelor.
- date medicale sensibile: Genomica
- Securitatea datelor pe device-uri mobile – risc de re-identificare
- Necesitatea unui **cadru etic** privind drepturile pacientului și autonomia post-mortem.
- Legislații relevante: **GDPR, HIPAA**, dar aplicarea pentru DT nu e clar stabilită.



## Dificultati de Implementare la scară largă

- **Reglementari guvernamentale:**
  - FDA clasifică AI în sănătate ca Software as a Medical Device;
  - EU AI Act adaugă măsuri pentru reducerea riscurilor personale.
- **Colaborare internațională :-** evitarea transferului de date sensibile
  - standardizare OMOP CDM,
  - consorții de date (EUDAT, Information Commons),
  - UNESCO open data
- **Implementare în sistemele medicale:**
  - infrastructură pentru date multi-modale,
  - instruirea clinicianilor,
  - ajustarea workflow-urilor,
  - modele de rambursare adaptate.



# Tehnologii digitale în stomatologie

## Sisteme de manufacturare digitală

---

### - Partea I -

**BURDE ALEXANDRU-VICTOR**

Tehnician Dentar, MSc., Ph.D.

Şef Lucrări

Disciplina Tehnică Dentară

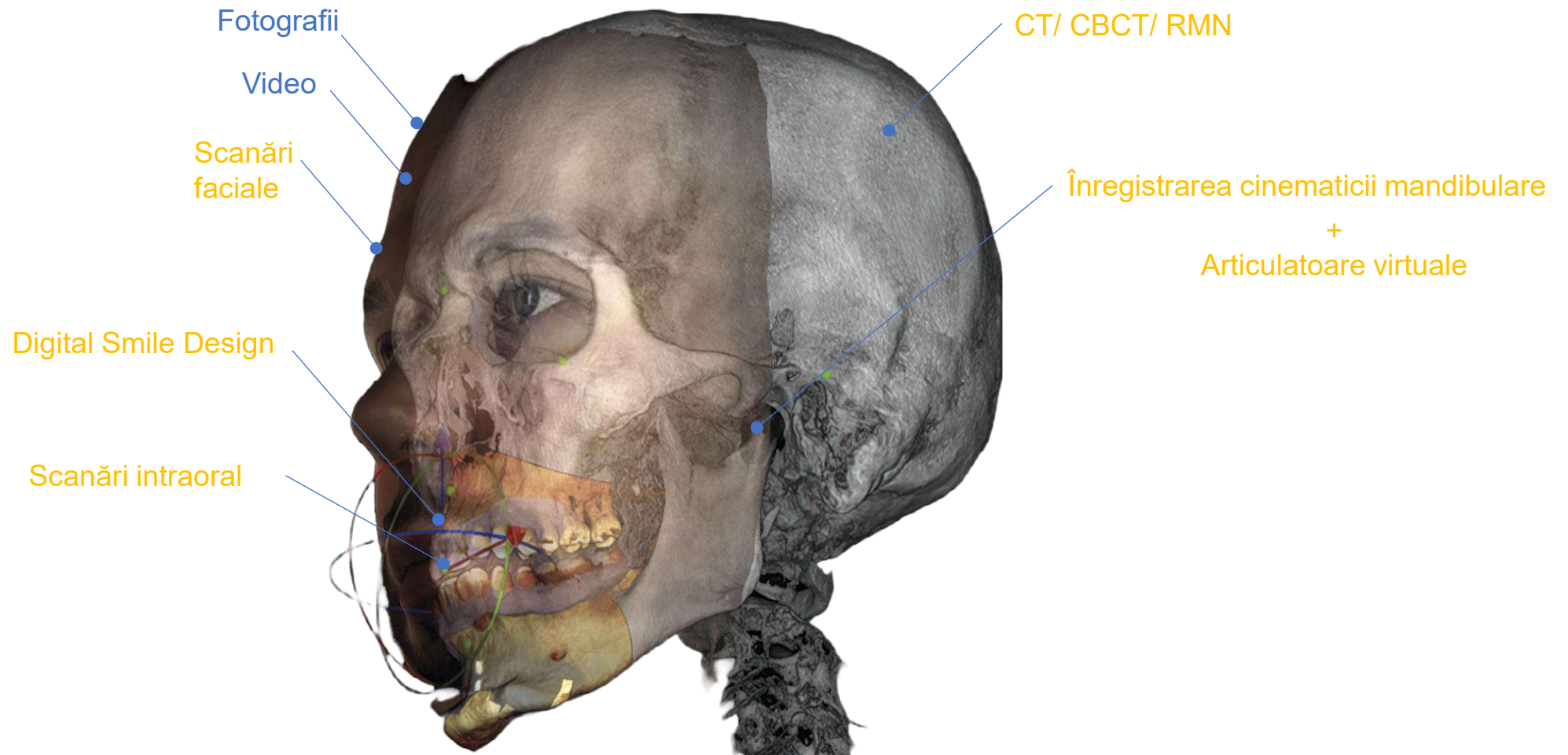
UMF Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca



# Pacientul virtual in stomatologie



- model generat de calculator care reproduce toate structurile și caracteristicile anatomice ale structurilor din sfera buco-maxilo-facială, prin suprapunerea datelor digitale obținute prin diferite tehnologii



## Tehnicile principale de manufacturare- **3 categorii**

### 1. Tehnici **formative**



- Turnarea în forme (matrițe)
- Ștanțarea
- Formarea prin vaccum
- Tehnica cerii pierdute

### 2. Tehnici **substractive**



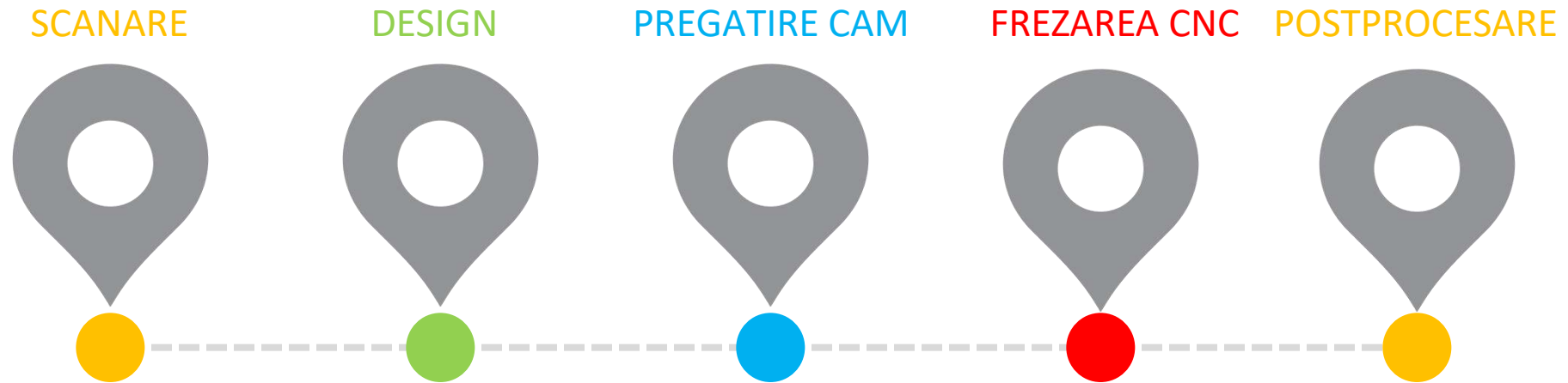
- Frezare CNC
- Frezare strung

### 3. Tehnici **aditive**



- Imprimarea 3D

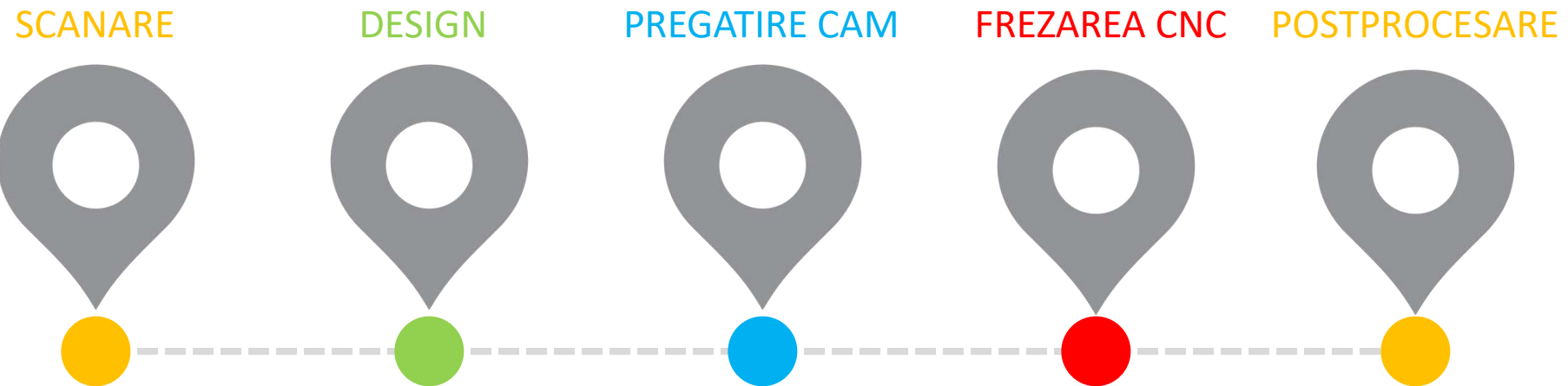
# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

**Scop:** înregistrarea digitală a câmpului protetic

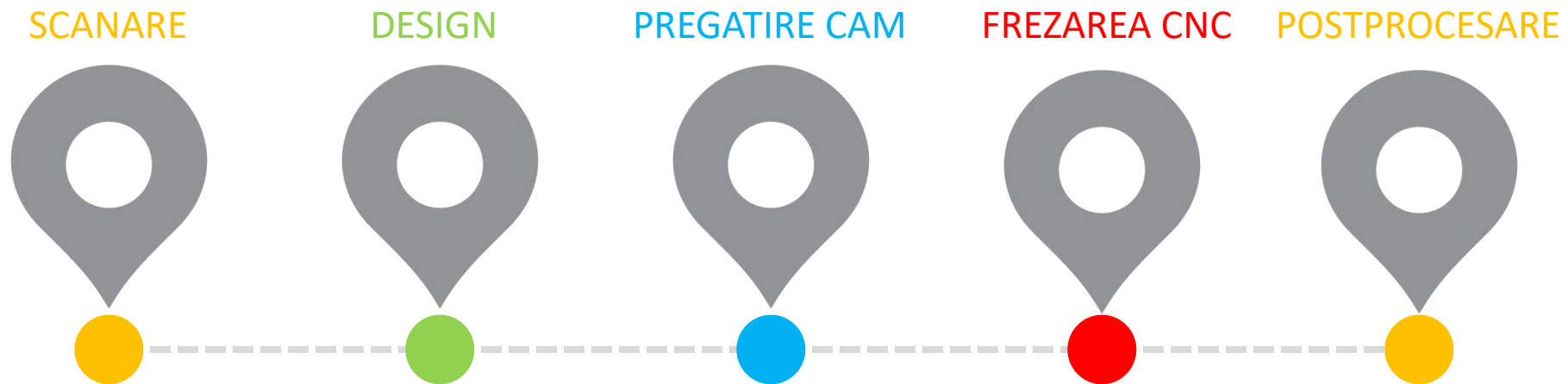
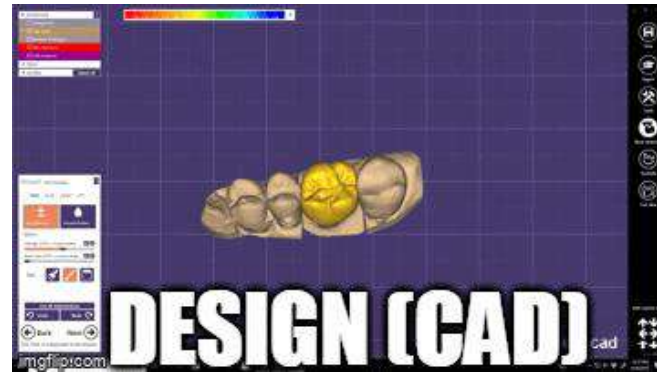
**Mijloace:** scaner intraoral- cabinet  
scaner de laborator- in lab, TD



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

**Scop:** realizarea digitală a formei viitoarei piese

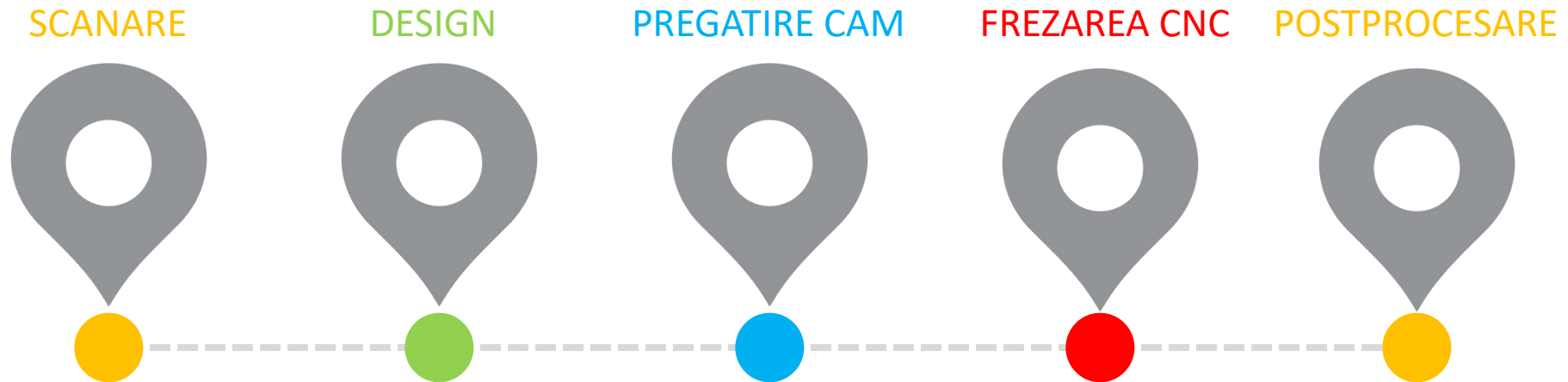
**Mijloace:** software de design (CAD) de cabinet (ex. exocad Chairside)  
software de design de laborator (ex. Exocad, Inlab, DWOS)



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

**Scop:** pozitionarea suportilor pentru frezare  
realizarea strategiei de frezare  
generarea codului G (cod masina)

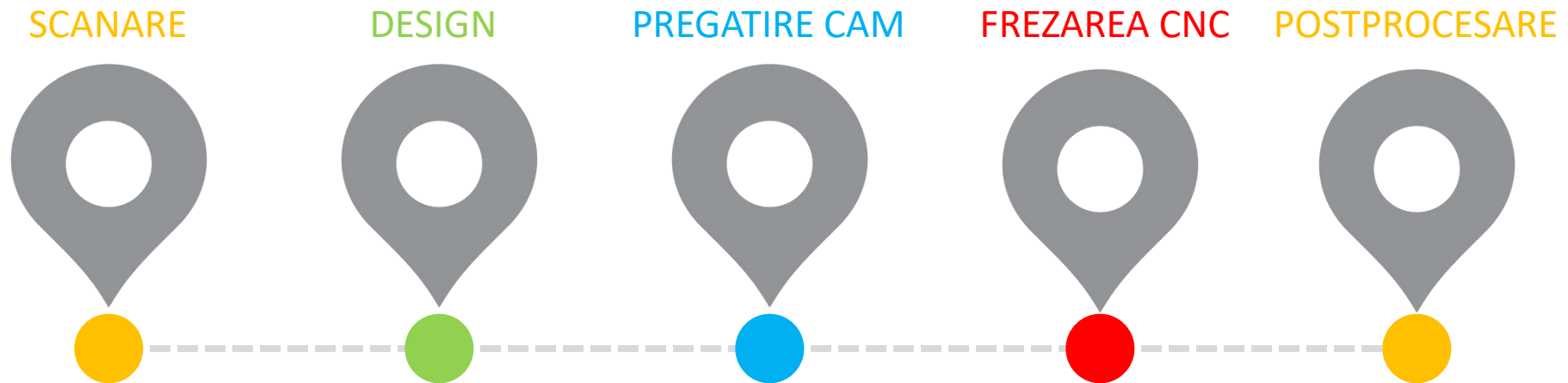
**Mijloace:** software de pregatire CAM (ex. Sum3D, Hyperdent)



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

**Scop:** obținerea efectivă a obiectului real

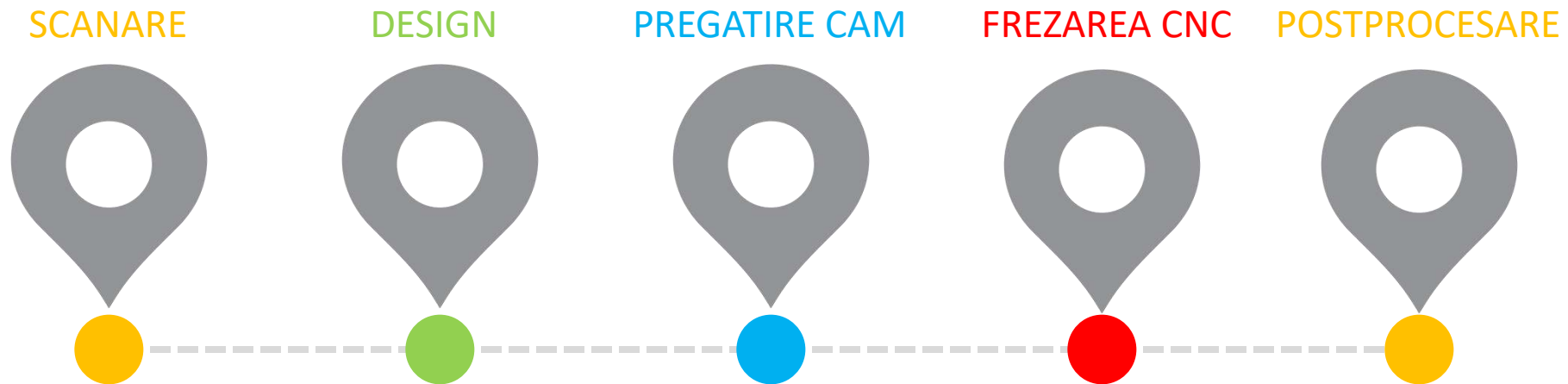
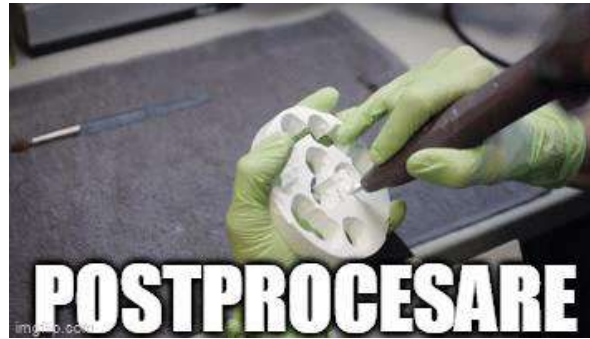
**Mijloace:** sisteme de frezare in 4 sau 5 axe de laborator  
sisteme de frezare in 4 axe de cabinet



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

**Scop:** îndepărtarea materialului în exces  
îndepărtarea tijelor de susținere  
stratificare/ pigmentare/ glazurare  
cristalizare/ sinterizare

**Mijloace:** micromotor cu freze convenționale / diamantate



## Ce este Software-ul CAD?





CAD (Computer-Aided Design) este "arhitectul" stomatologiei digitale. Este instrumentul care înlocuiește **ceara și spatula** cu **mouse-ul și voxelii**. Acesta preia datele pacientului virtual și permite modelarea viitoarei restaurări înainte de a fi produsă fizic.

### 1. Specializat (Dentar)

- ✓ **Inteligent:** Software-ul "știe" ce este un dinte, o linie terminală sau un punct de contact.
- ✓ **Automatizat:** Propune automat morfologia dintelui (biblioteci) adaptată la antagoniști.
- ✓ **Flux Ghidat:** Te conduce pas cu pas (Wizard Mode), prevenind erorile.
- ✓ **Cost:** De obicei ridicat (Licențe anuale/perpetua).

Exemple: Exocad, 3Shape, Dental Wings, CEREC

### 2. Nespecializat (General)

-  **Geometric:** Lucrează cu forme pure (mesh-uri), nu știe anatomie dentară.
-  **Manualitate Pură:** Totul trebuie creat de la zero sau modificat manual ("sculptură digitală").
-  **Libertate Totală:** Nu există restricții, poți modifica orice, dar riscul de eroare e mare.
-  **Cost:** Adesea Gratuit (Open Source).

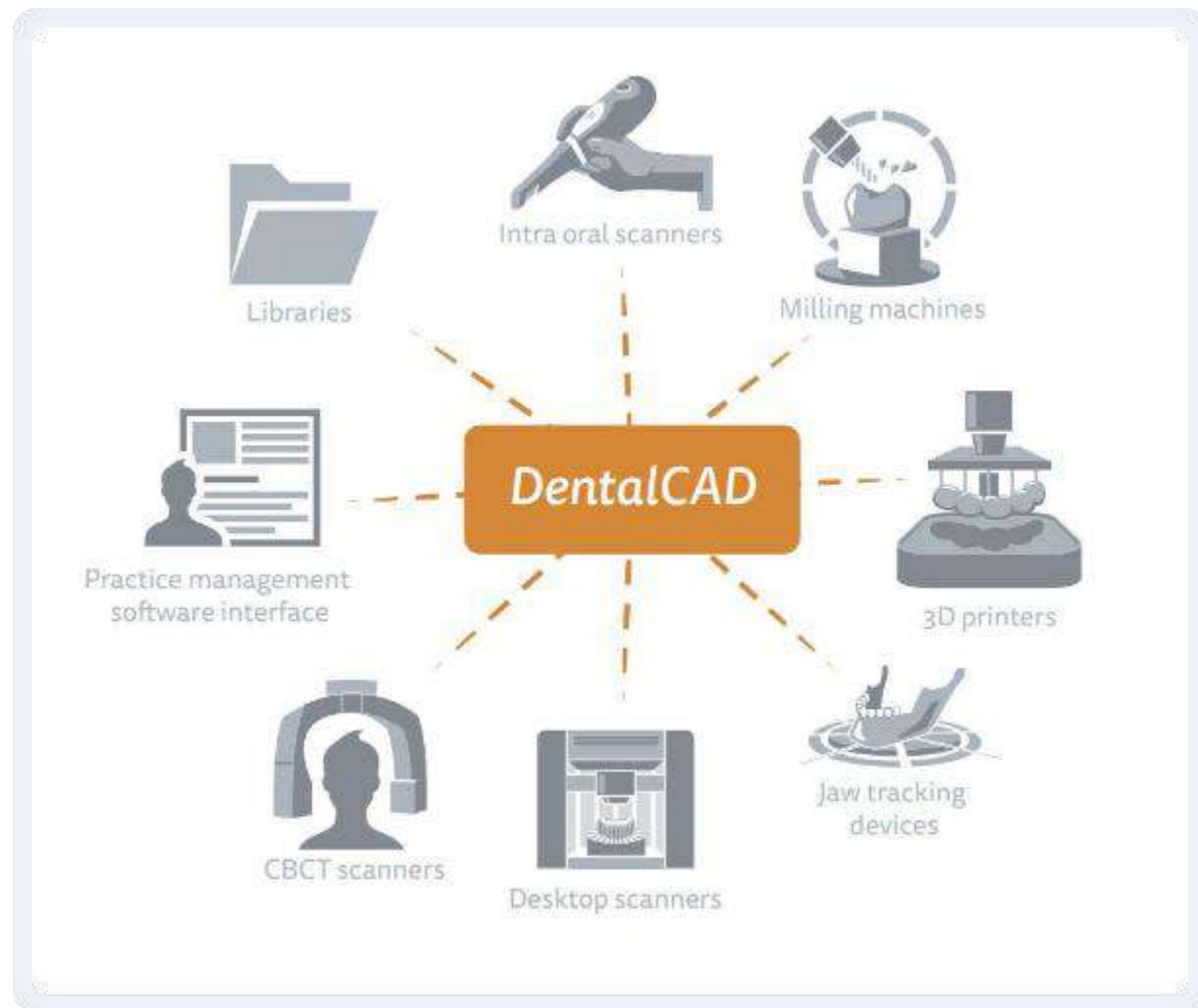
Exemple: Meshmixer, Blender, MeshLab

## Exocad DentalCAD

### Comercial / Laborator & Clinică

Standardul de aur pentru laboratoarele dentare datorită flexibilității și modularității sale.

- ✓ **Arhitectură Deschisă:** Acceptă orice fișier STL/OBJ/PLY.
- ✓ **Modularitate:** Cumperi doar modulele necesare (Implant, Bar, Smile Creator).
- ✓ **Wizard Mode:** Ghidare pas-cu-pas pentru utilizatorii începători.
- ✓ **Expert Mode:** Libertate totală de design pentru cazuri complexe.



## Exocad DentalCAD

Comercial / Laborator & Clinică



Custom abutments



Screw-retained bridges



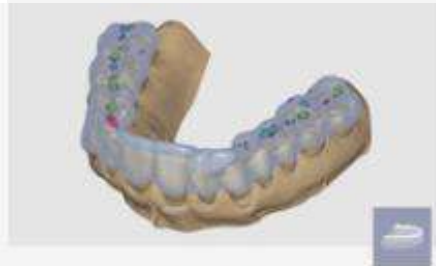
Standardbars



Temporary crowns and bridges



Full dentures



Therapeutic night guards



Dynamic occlusion



Realistic rendering of dental



Extensive library of natural teeth



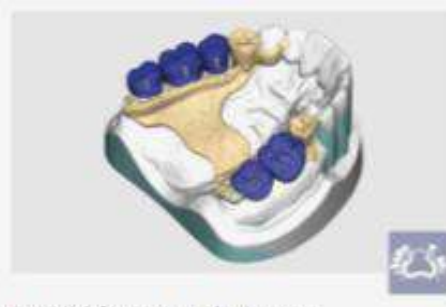
Visualization of voxel data from CT



Jaw Motion Import



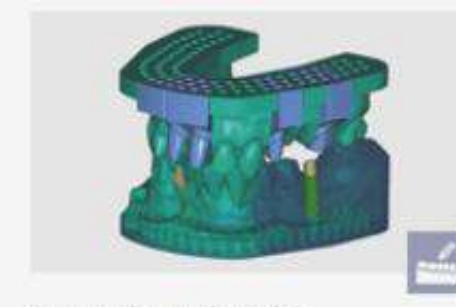
Smile creator



Partial framework design



Complex bars



Create physical models

## 3Shape Dental System

Comercial / Premium



Renumit pentru fluxurile de lucru intuitive și integrarea perfectă cu scanerile TRIOS.

- ✓ **Ecosistem Închis/Hibrid:** Optimizat pentru hardware 3Shape, dar exportă STL.
- ✓ **Interfață Intuitivă:** Proces ghidat care reduce erorile de design.
- ✓ **Focus pe Estetică:** Instrumente avansate precum "Smile Design" și simulatoare de tratament.
- ✓ **Model de Abonament:** Costuri recurente, dar actualizări constante.

## Dentsply Sirona CEREC

Comercial / Chairside

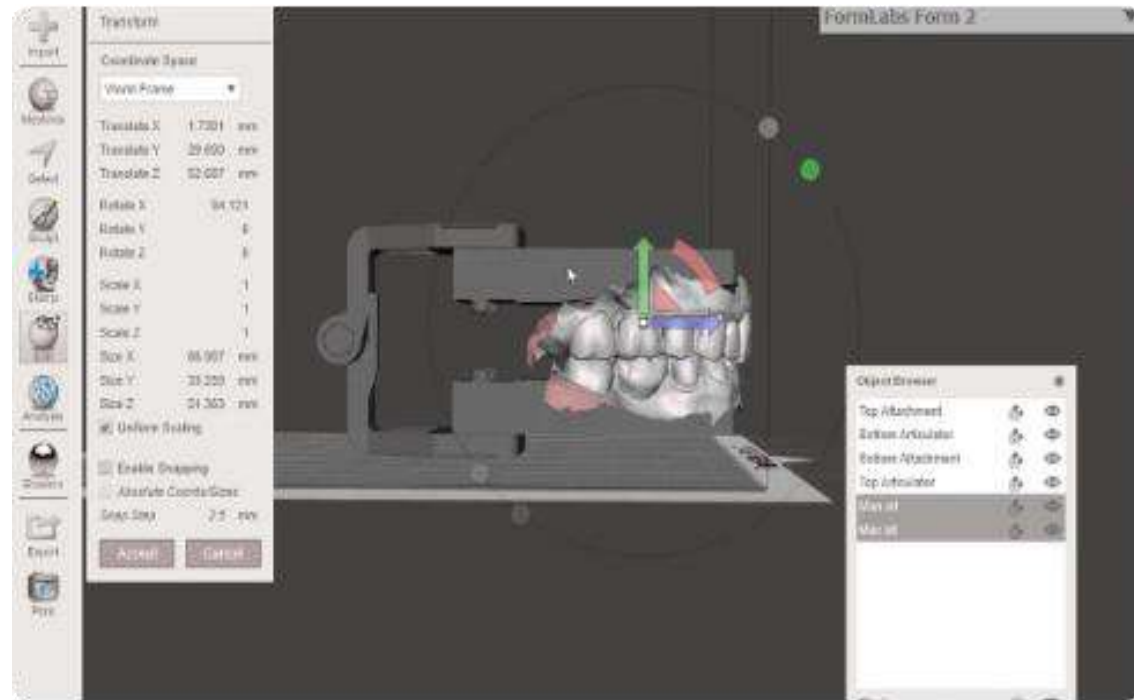
Pionierul stomatologiei "într-o singură vizită" (One-Visit Dentistry).

- ✓ **Viteză Remarcabilă:** De la scanare la frezare în mai puțin de o oră.
- ✓ **Biojaw:** Algoritmi avansați care propun morfologia dintelui bazat pe dinții vecini.
- ✓ **Integrare Hardware:** Conectare directă cu unitățile de frezare (Primemill).
- ✓ **Automatizare:** Intervenție manuală minimă necesară pentru coroane simple.



## Autodesk Meshmixer

Gratuit / Utilitar



Nu este un software dentar dedicat, dar este esențial pentru pregătirea fișierelor de printare 3D.

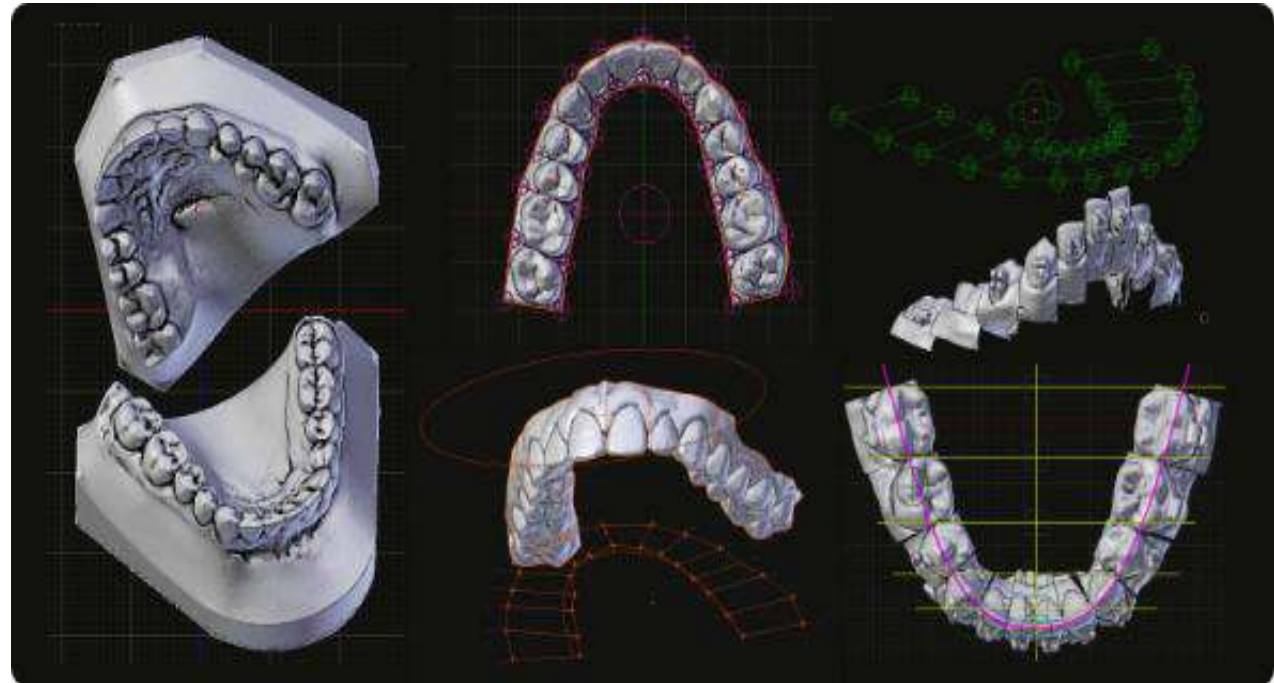
- ✓ **Editare Mesh:** Ideal pentru închiderea găurilor din scanări și netezirea marginilor.
- ✓ **Sculpting Digital:** Instrumente de tip "lut digital" pentru modificări organice.
- ✓ **Pregătire Printare:** Crearea bazelor pentru modele, scobirea (hollowing) pentru economie de rășină.
- ✓ **Gratuit:** Accesibil oricărui clinician sau student.

## Blender for Dental (B4D)

### Open-Source + Add-ons

Transformă puternicul software de animație Blender într-o stație CAD dentară completă.

- ✓ **Cost-Eficient:** Plătești doar modulele necesare (ex: Model Builder, Crowns), fără abonament anual.
- ✓ **Putere Nelimitată:** Capacități grafice superioare software-urilor dentare clasice.
- ✓ **Versatilitate:** Poți crea orice, de la ghiduri chirurgicale la aparate ortodontice complexe.
- ✓ **Comunitate:** Suport vast și tutoriale online.



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## 8 sfaturi pentru proiectarea CAD/CAM

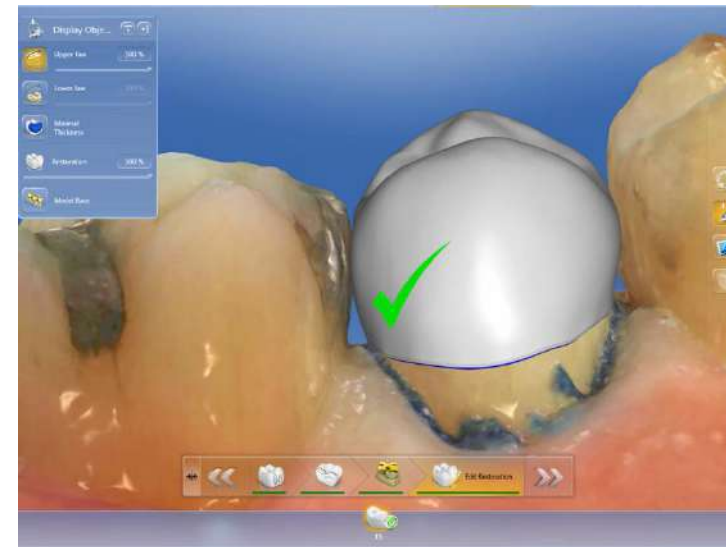
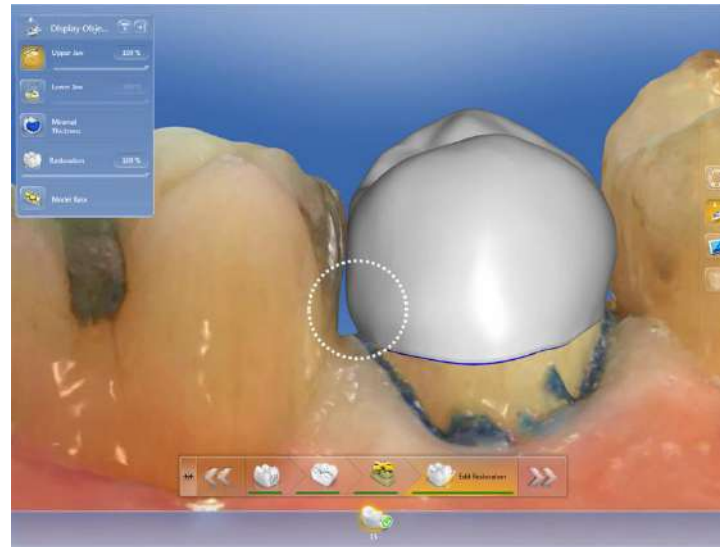
### TIP #1

Ajustarea intersecțiilor  
(contact vs intersecție)



### TIP #2

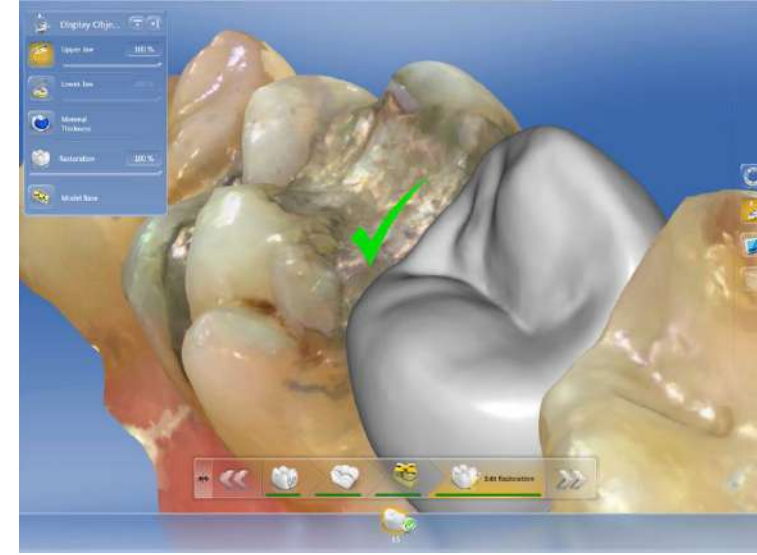
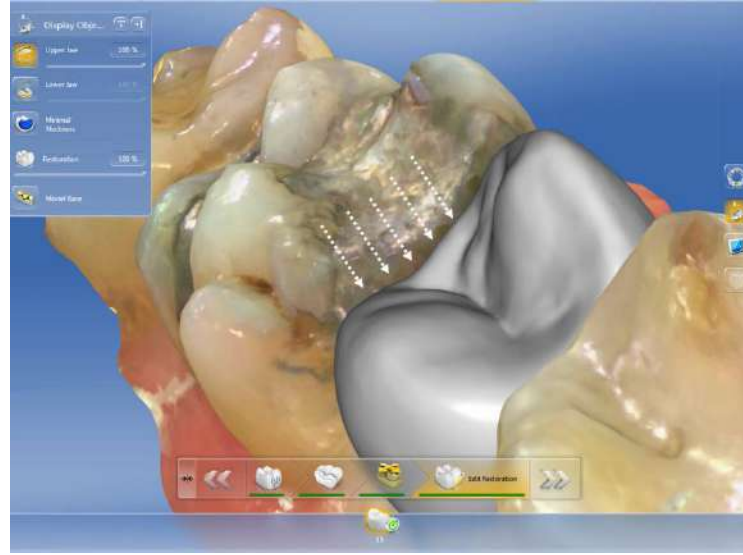
Ajustează profilul proximal  
(evită subminările retentive)



## 8 sfaturi pentru proiectarea CAD/CAM

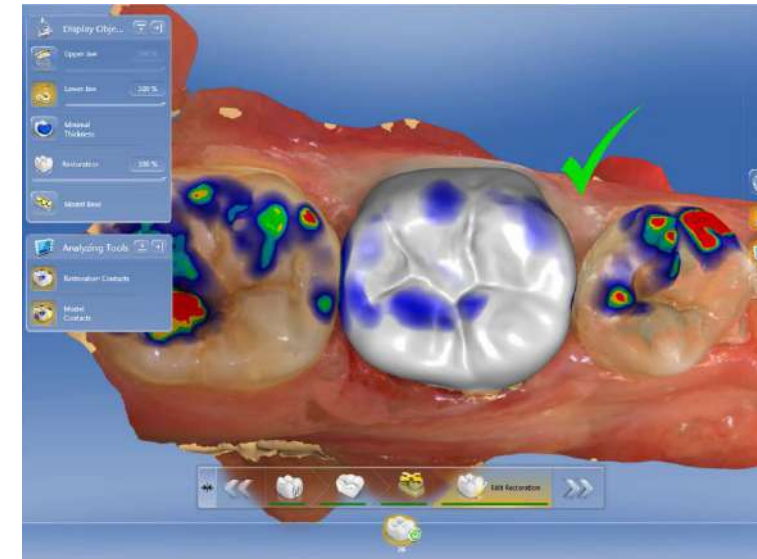
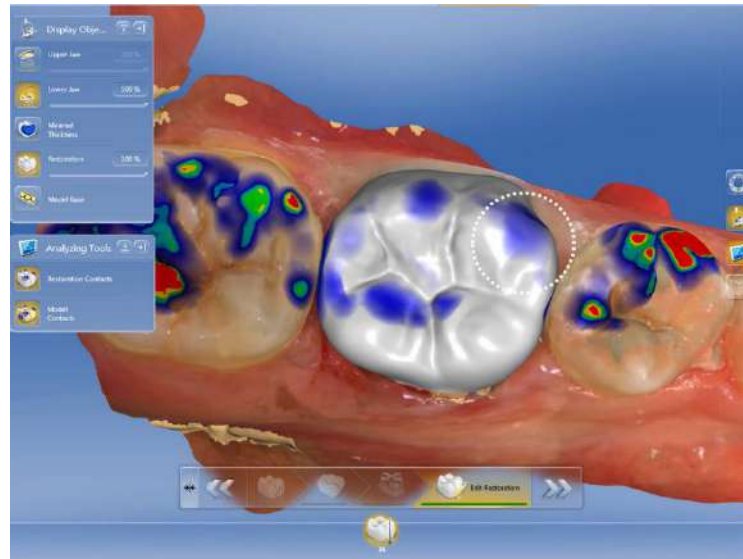
### TIP #3

Înălțimea creștelor  
marginale



### TIP #4

Ajustează ambrazurile  
vestibulare



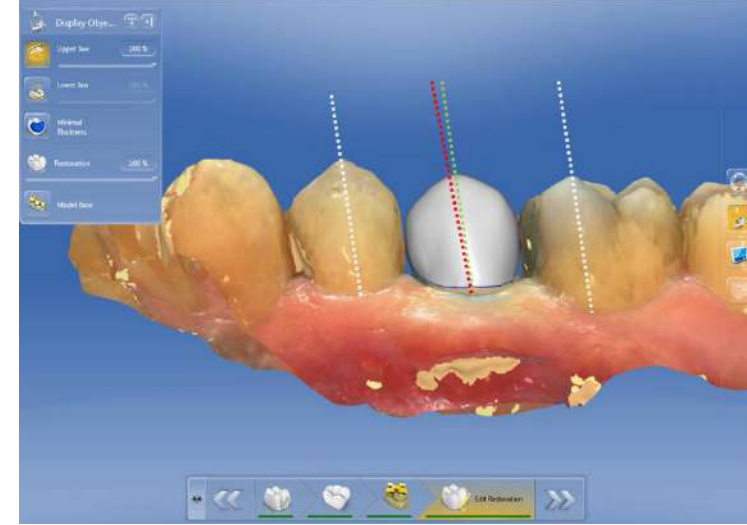
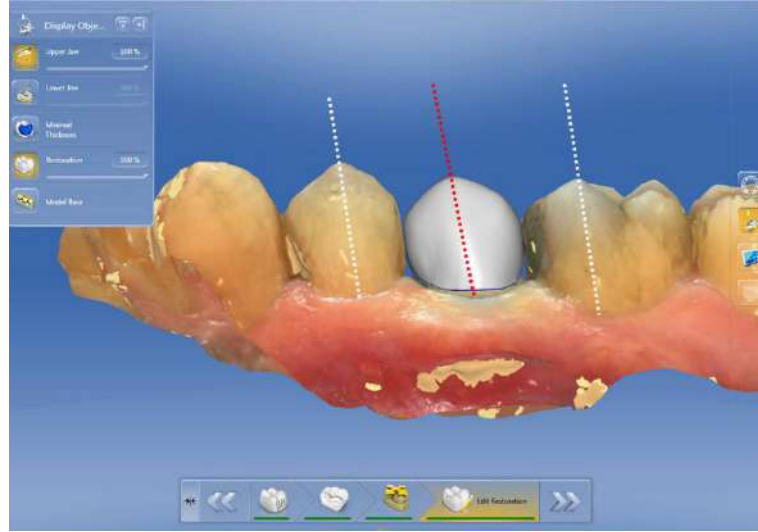
# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## 8 sfaturi pentru proiectarea CAD/CAM

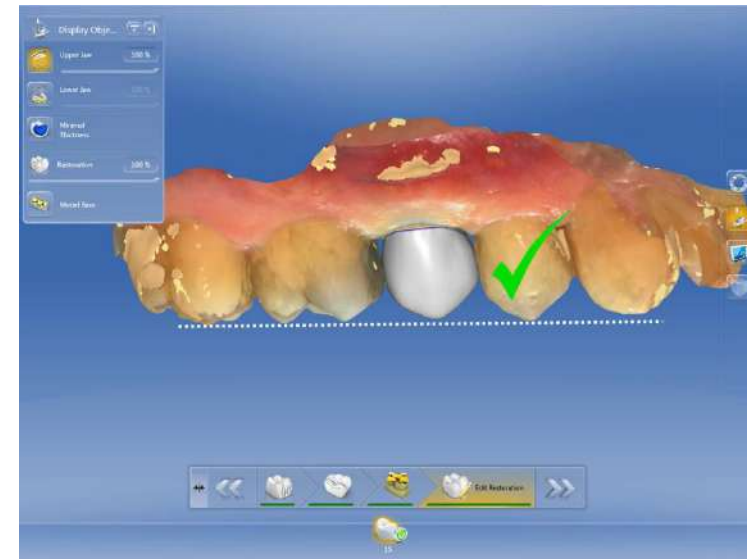
### TIP #5

Ajustează angulația  
vârfului cuspidului



### TIP #6

Ajustează înălțimea  
cuspidului



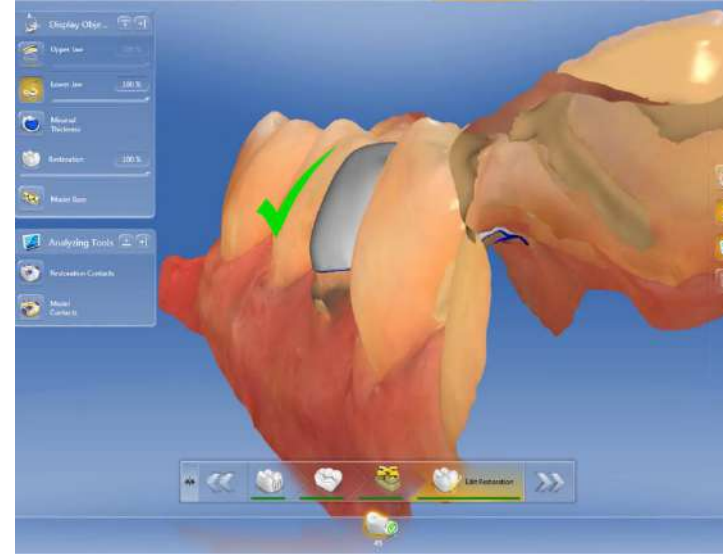
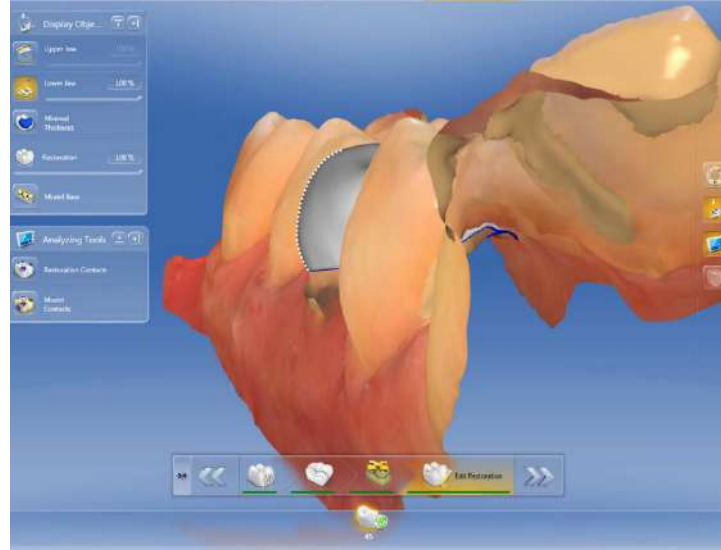
# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## 8 sfaturi pentru proiectarea CAD/CAM

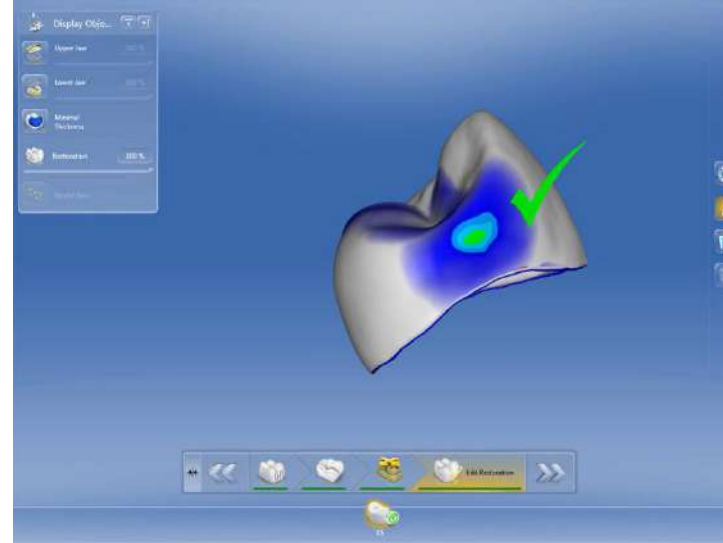
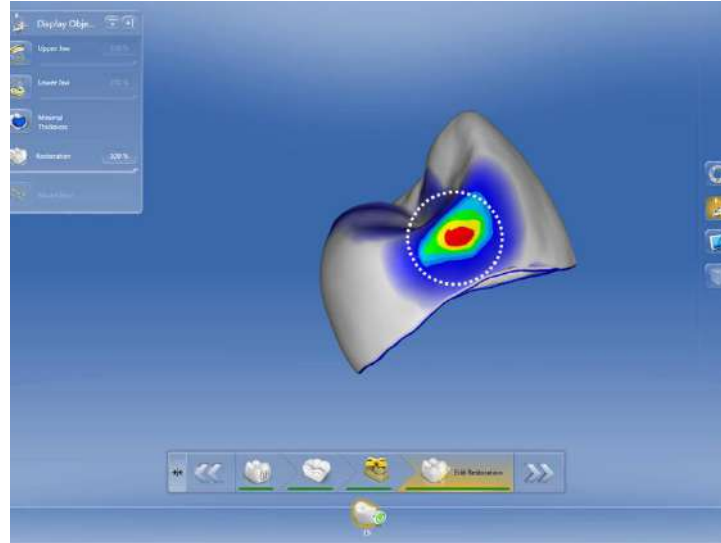
### TIP #7

Ajustează înălțimea  
ecuatorului



### TIP #8

Ajustează contactele  
interproximale



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

## Platforme automatizate CAD



### Design Automatizat cu AI

#### Conceptul

Algoritmii de inteligență artificială preiau sarcina de design, livrând o propunere finală în minute, fără intervenție umană.

#### Cloud Computing:

Procesarea nu se face pe PC-ul tău, ci pe servere puternice care analizează milioane de cazuri similare.

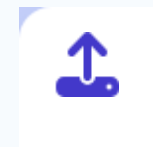
#### Viteză și Scalabilitate:

Poți designa 1 coroană sau 1000 simultan. Timpul de livrare este standard (ex: 5-10 minute).

#### Cost Variabil:

Nu cumperi licența, plătești per design acceptat.

#### Fluxul de Lucru (Workflow)



**Upload**  
Scanare (STL)




**AI Design**  
Analiză Neurală



**Download**  
Gata de Frezat

3shape  **AUTOMATE**

 **Dentbird crown**

 **DS CORE**

**Indicații:** Coroane (posteroare/anterioare), Gutiere (Nightguards).

**Funcționare:** Detectează automat linia marginală, ocluzia și axa de inserție.

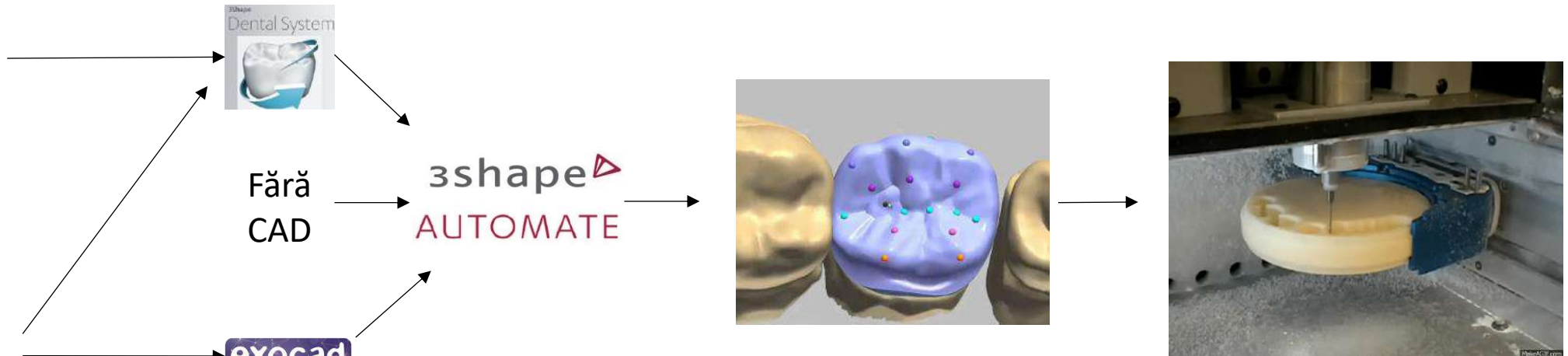
# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## Platforme automatizate CAD

3shape  
AUTOMATE

Platformă automatizată CAD ce permite realizarea automată a design-ului pentru PFU



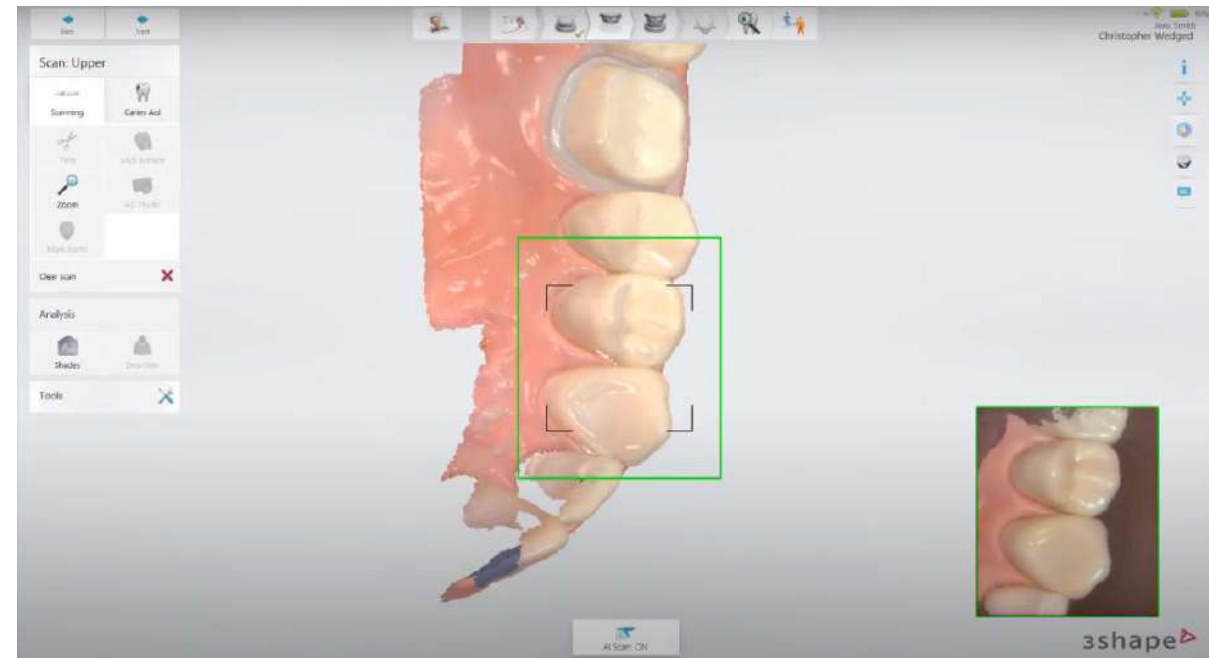
Design Time	 10 Hours	 30 Minutes	 5 Minutes
Regular Price	€1.59	€2.49	€11.99

## Platforme automatizate CAD

3shape  AUTOMATE



**1. Realizarea fișei virtuale a pacientului**



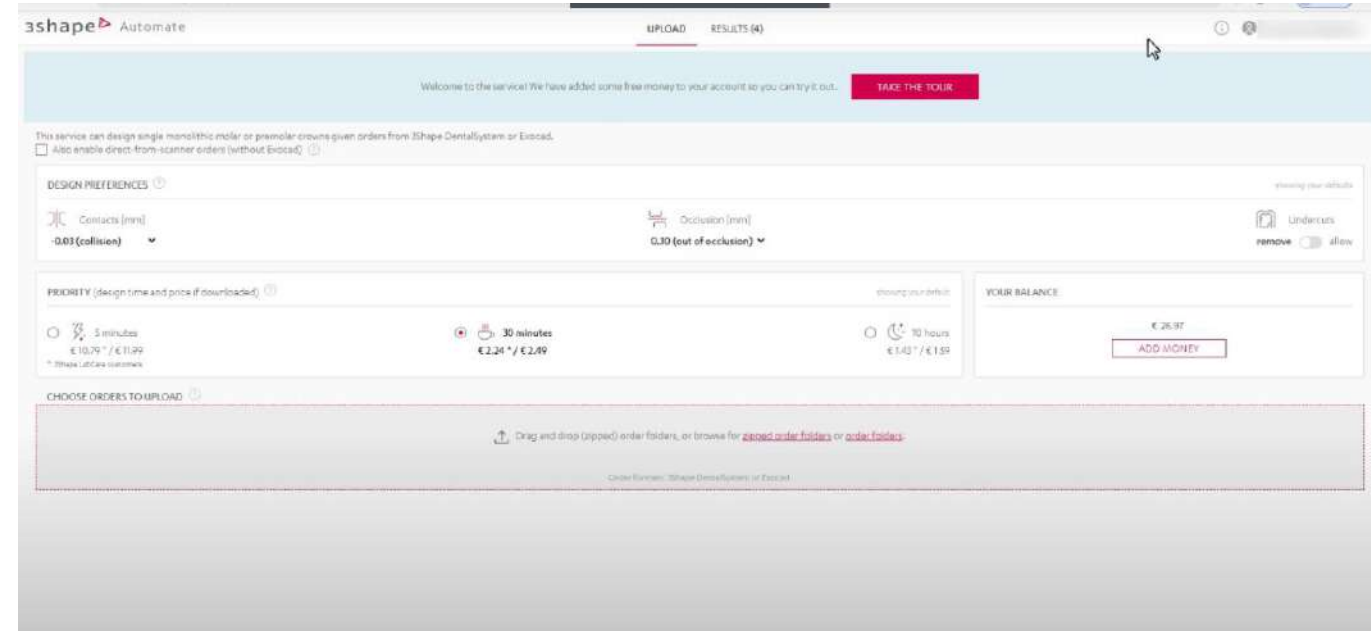
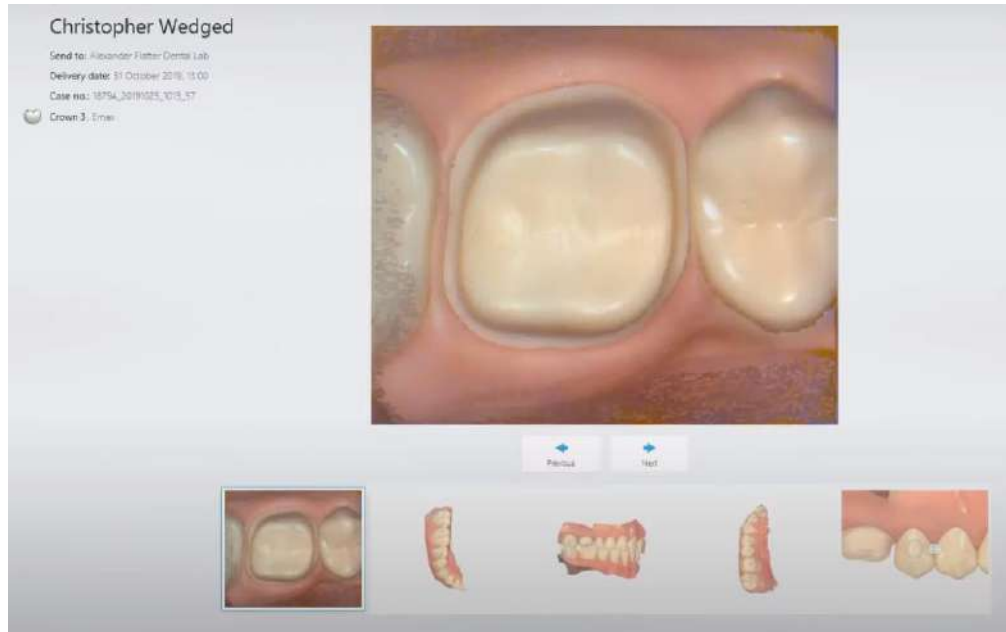
**2. Scanarea pacientului**

# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## Platforme automatizate CAD

3shape  AUTOMATE



**3. Generarea fișierului de comandă**

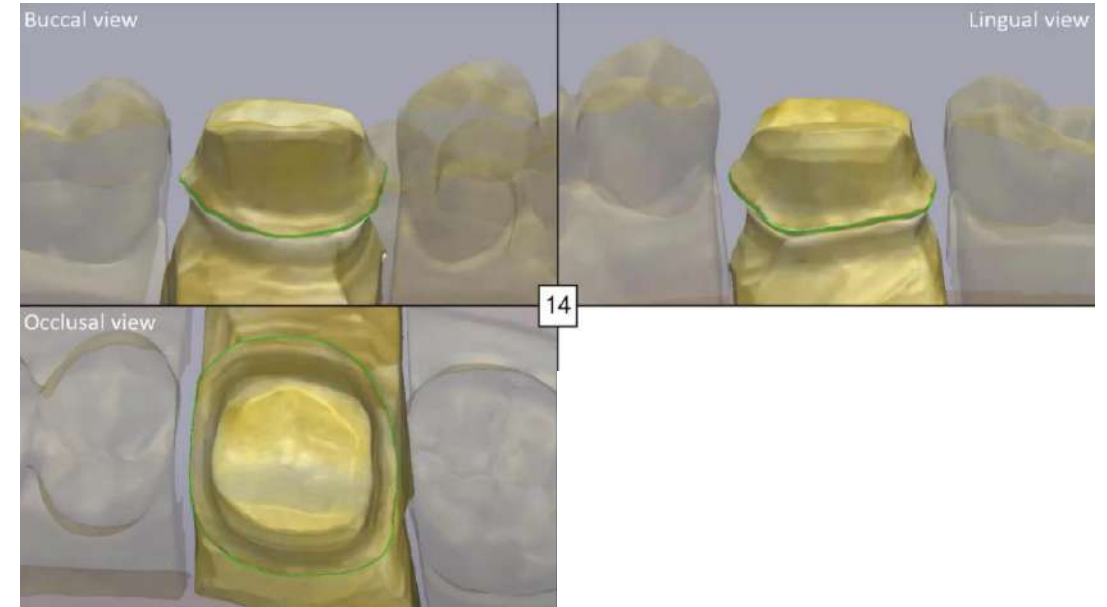
**4. Configurarea parametrilor de generare a coroanei**

## Platforme automatizate CAD

3shape  AUTOMATE



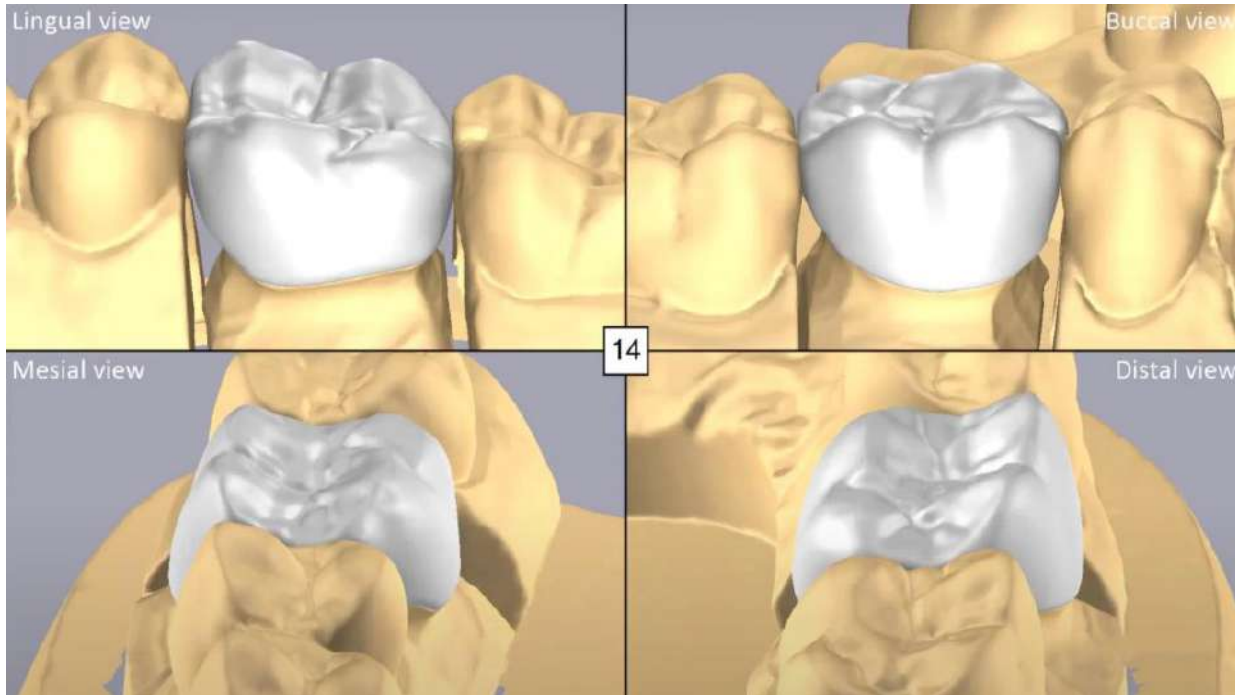
5. Încărcare fișierului de comandă



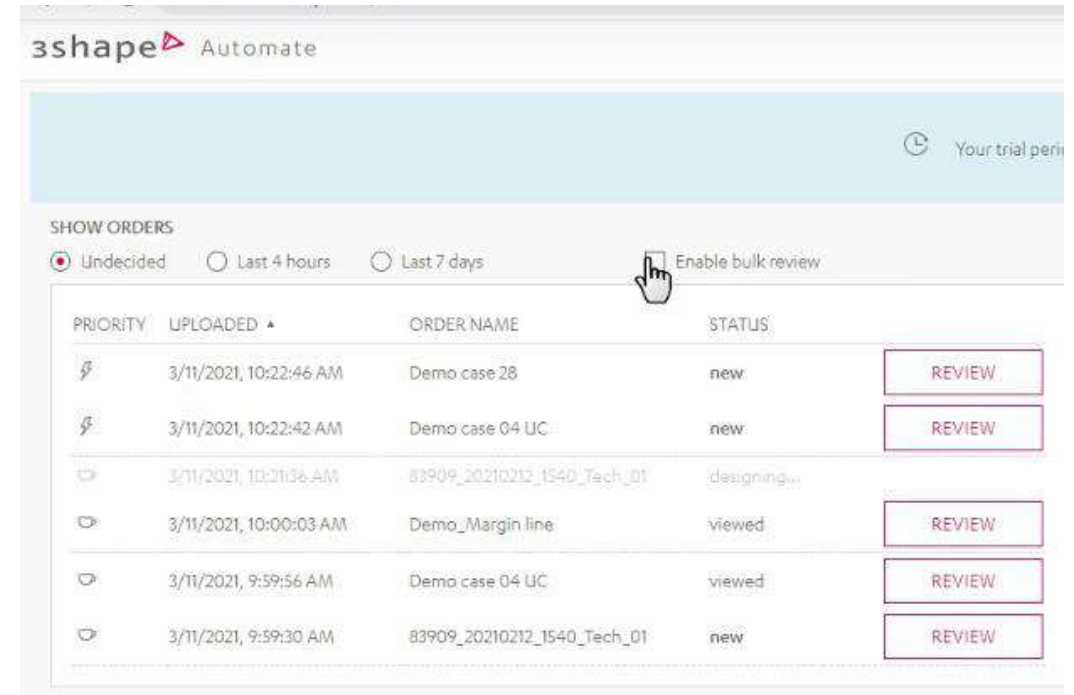
6. Evaluarea coroanei generate

## Platforme automatizate CAD

3shape  AUTOMATE



**6. Evaluarea  
coroanei generate**



3shape Automate

SHOW ORDERS

Undecided  Last 4 hours  Last 7 days

PRIORITY	UPLOADED	ORDER NAME	STATUS	
\$	3/11/2021, 10:22:46 AM	Demo case 28	new	<input type="button" value="REVIEW"/>
\$	3/11/2021, 10:22:42 AM	Demo case 04 UC	new	<input type="button" value="REVIEW"/>
	3/11/2021, 10:21:36 AM	83909_20210212_1540_Tech_01	designing...	
	3/11/2021, 10:00:03 AM	Demo_Margin line	viewed	<input type="button" value="REVIEW"/>
	3/11/2021, 9:59:56 AM	Demo case 04 UC	viewed	<input type="button" value="REVIEW"/>
	3/11/2021, 9:59:30 AM	83909_20210212_1540_Tech_01	new	<input type="button" value="REVIEW"/>

**7. Descarcarea  
fisierului STL a  
coroanei generate**

# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## Materiale frezate:

### ✓ Varietate mare de materiale

• Sistemele CAD/CAM permit utilizarea unei game extinse de blocuri pentru restaurări dentare.

### ✓ 4 tipuri principale de blocuri ceramice

#### • Ceramică feldspatică

- Estetică excelentă, translucență ridicată
- Indicate pentru fațete, inlay/onlay, coroane anterioare

#### • Litiu-silicați și disilicați

- Rezistență mecanică superioară
- Potrivite pentru coroane anterioare și posterioare, punți scurte

#### • Ceramici hibride pe bază de rășină

- Elasticitate crescută, absorb șocurile ocluzale
- Ideale pentru restaurări provizorii de lungă durată și indicații CAD/CAM rapide

#### • Zirconia

- Rezistență foarte mare, biocompatibilitate excelentă
- Indicații pentru coroane posterioare, punți extinse, infrastructuri

### ✓ Alte tipuri de blocuri

• Metale pre-sinterizate

• Blocuri din ceară

• PMMA (provizorii, mock-up, ghiduri)



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

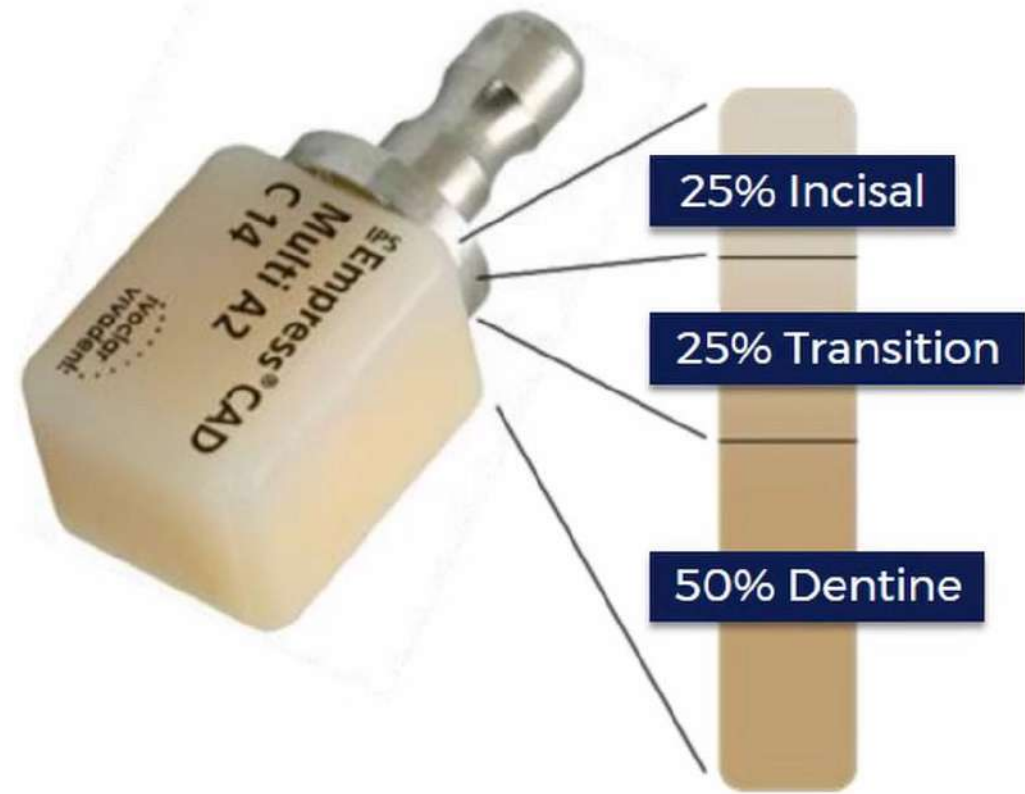
## Ceramică feldspatică



High Class  
= Excellent Aesthetics

# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

## Ceramică feldspatică



## Ceramică feldspatică

### ✓ Caracteristici generale

- Necesită **design de preparație atent**, manevrare delicată și **tehnică adecvată de bonding**.
- Când sunt utilizate corect, au **rate mari de succes clinic** datorită esteticului superior și translučenței.

### ✗ Rata de eșec crește semnificativ atunci când:

- **Grosimea materialului este prea mică**
  - Fragilitate crescută, risc de fractură.
- **Se fac ajustări extinse**
  - Slefuirea excesivă compromite structura ceramicii.
- **Bonding-ul este deficitar**
  - Adhezia insuficientă reduce rezistența restaurării.

### ✓ Considerație clinică

- Există materiale **mai tolerate** și mai rezistente pentru multe indicații (ex. disilicat de litiu, zirconia), în special în zone posterioare cu solicitări ocluzale mari.



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

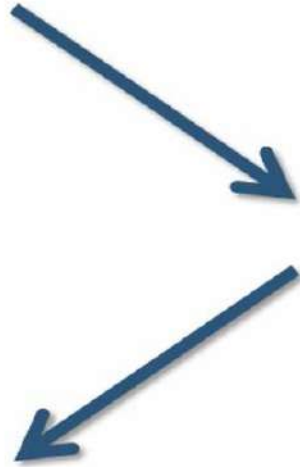


## Silicat / disilicat de litiu



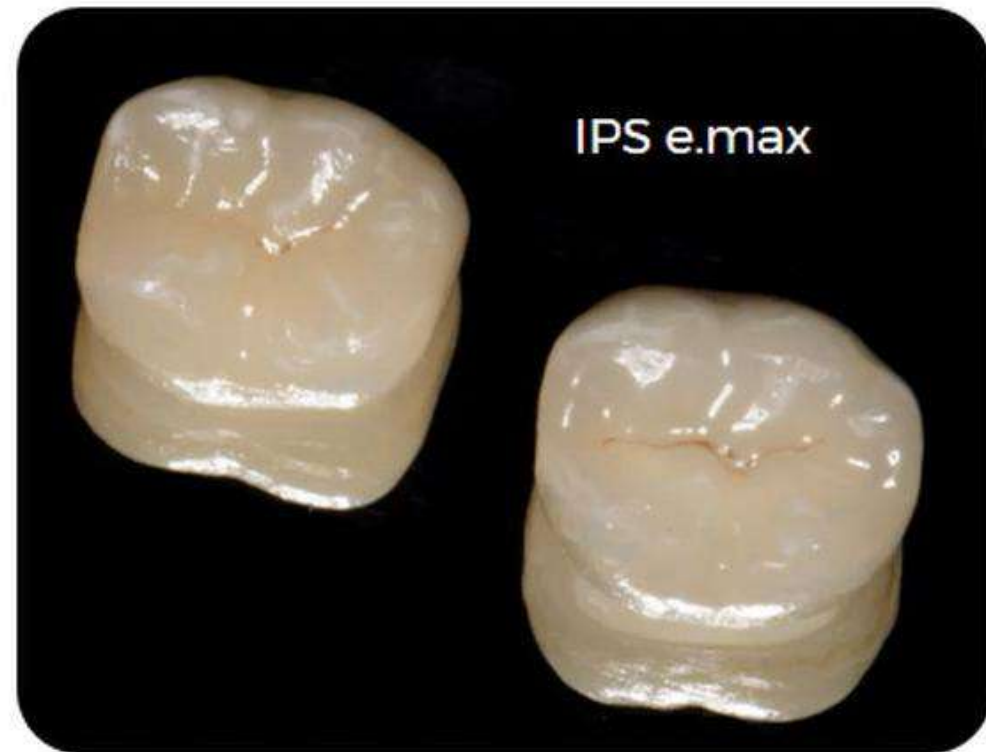
# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

## Silicat / disilicat de litiu



## Silicat / disilicat de litiu

- Unul dintre cele mai versatile materiale CAD/CAM
- Date excelente pe termen lung pentru e.max
- Estetică foarte bună
- Rezistență ridicată  $\approx 500$  MPa
- Una dintre cele mai bune opțiuni pentru restaurările unitare (single-unit)



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

## Rășini / ceramici hibride



## Rășini / ceramici hibride

- Cea mai bună indicație pare a fi pentru inlay-uri și onlay-uri
- Frezare rapidă și ciobire minimă la margini
- Nu necesită ardere; procesare rapidă și ușor de realizat
- Rezistență scăzută  $\approx 150\text{--}220$  MPa
- Probleme raportate de dezlipire a coroanelor? (ex. Lava Ultimate)
- Multe materiale noi pe piață – fără date solide pe termen lung



# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

## Oxidul de zirconiu



## Oxidul de zirconiu

### Variante constructive

1. PPF de tip Maryland



2. PPF anterior  
(cu stratificare sau monolitic)



3. PPF posterioare



4. PPF totale



## Oxidul de zirconiu

1. După **forma de fabricare** (post-procesare necesară):
  - a. **Presat la rece**= se frezează în stadiul "verde" (cretos) și necesită sinterizare
  - b. **Isostatic presat la cald**= nu necesită sinterizare în laborator
2. După **modul de nuanțare** (modul în care se ajunge la culoarea de bază)



- Imersare în lichid colorant
- Pensulare lichid colorant



- Pensulare lichid colorant







- Disc pre-nuanțat 3D

## Oxidul de zirconiu

3. După **translucența și rezistență** ("câtă lumină permite să treacă prin grosimea sa") :

- a. **Translucent**= 30-40%
- b. **High Translucent**= 40-45%
- c. **Super Translucent**=45-50%
- d. **Extra Translucent**=  $\geq 50\%$



Valoriile medii ale translucidității determinate		
VITA YZ T	32 %	
VITA YZ HT	42 %	
VITA YZ ST	46 %	
VITA YZ XT	50 %	

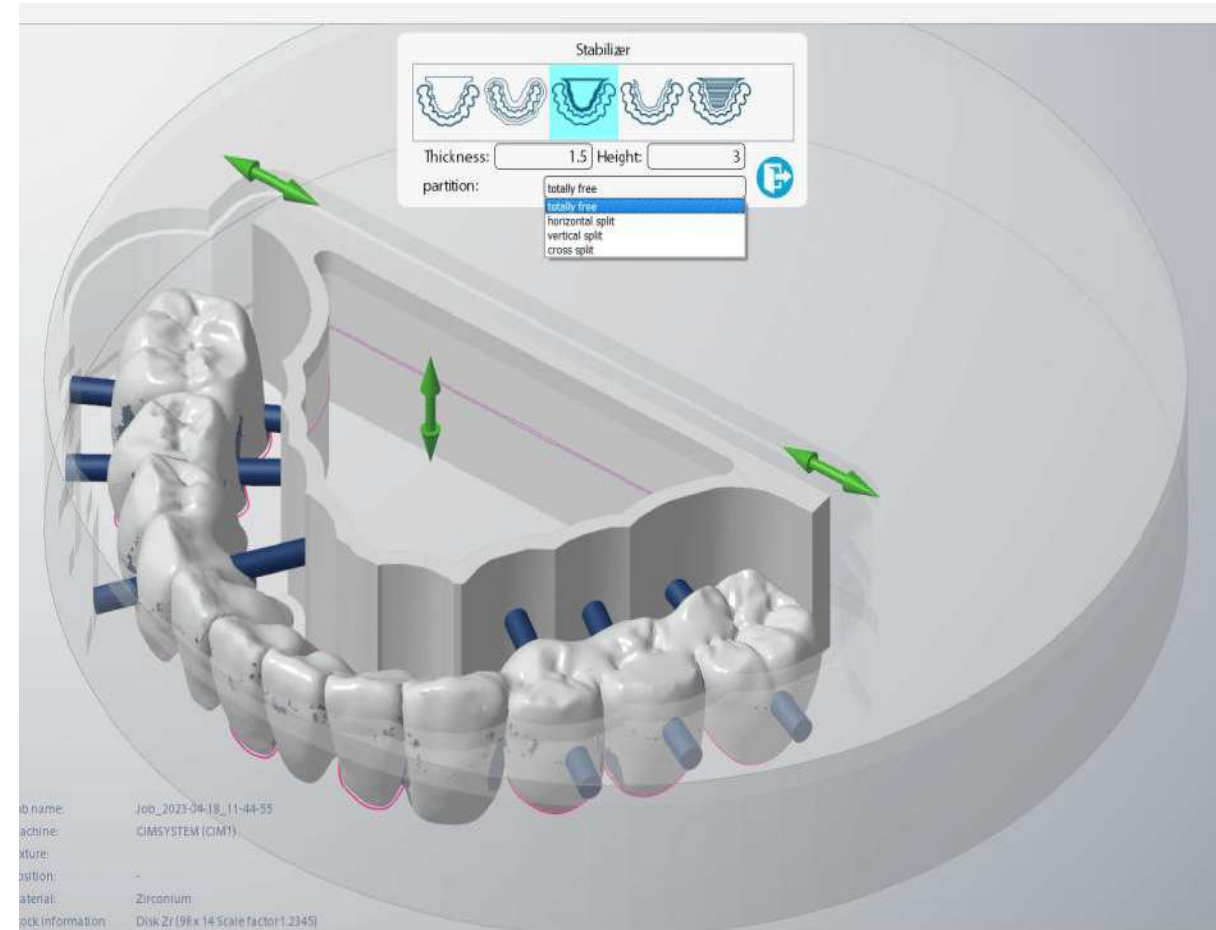
Compoziție chimică Greutate%	VITA YZ T	VITA YZ HT	VITA YZ ST	VITA YZ XT
ZrO <sub>2</sub>	90-95	90-95	88-93	86-91
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4-6	4-6	6-8	8-10
HfO <sub>2</sub>	1-3	1-3	1-3	1-3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0-1	0-1	0-1	0-1
Pigmenți	0-1	0-1	0-1	0-1

## Ce este CAM?

**CAM (Computer-Aided Manufacturing)** este "translatorul" dintre designul digital și mașina de frezat.

Mașina de frezat nu înțelege fișierele STL ("dinți"). Ea înțelege doar coordonate matematice (X, Y, Z, A, B) și comenzi de viteză. Software-ul CAM convertește forma dintelui în mii de linii de cod.

```
G0 X12.5 Y-10.2 Z5.0
S15000 M3 (Pornire Spindle)
G1 Z-2.5 F800 (Frezare)
...
```



## Etapele de CAM

Procesul de pregătire durează de obicei între 5 și 15 minute per disc.

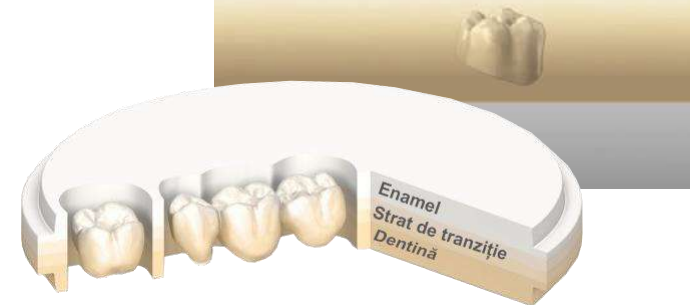


## Etapele de CAM

### Nesting-ul

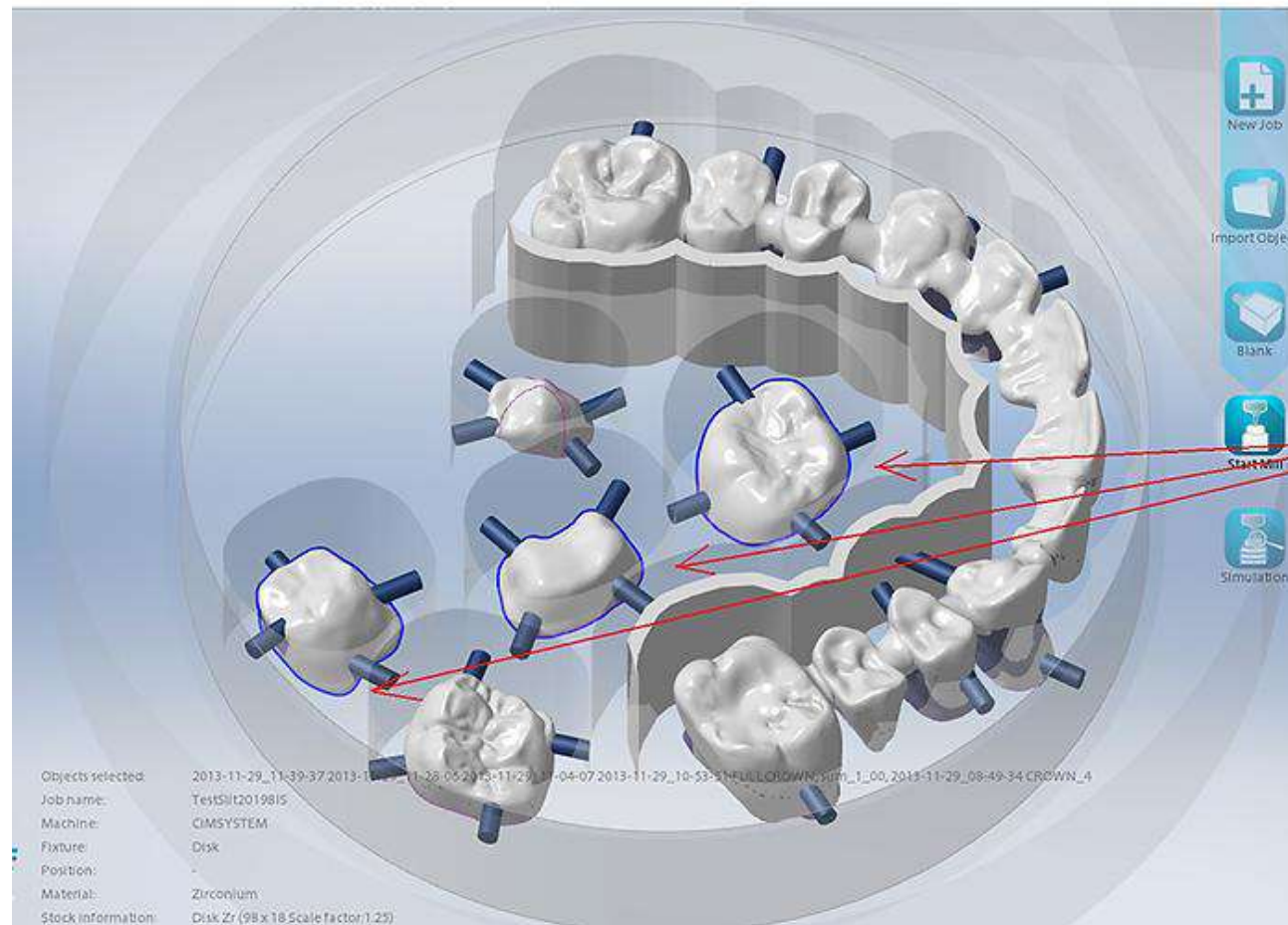
- 🎯 **Poziționarea Tijelor (Sprue):**  
Tijele trebuie plasate pe zonele convexe (ecuator), evitând marginile de cimentare și zonele de contact interproximal.
- 📏 **Multilayer (Gradient):**  
În zirconiu multistrat, poziționarea pe verticală (Z) determină cât de transparentă va fi marginea incizală.

#### Poziționare în disc



- ⚠️ **Zone Retentive (Undercuts):**

CAM-ul trebuie să rotească piesa sau să folosească o frezare în 5 axe pentru a accesa zonele ascunse.



## Etapele de CAM

### Strategii de Frezare

#### 1. DEGROȘARE (ROUGHING)

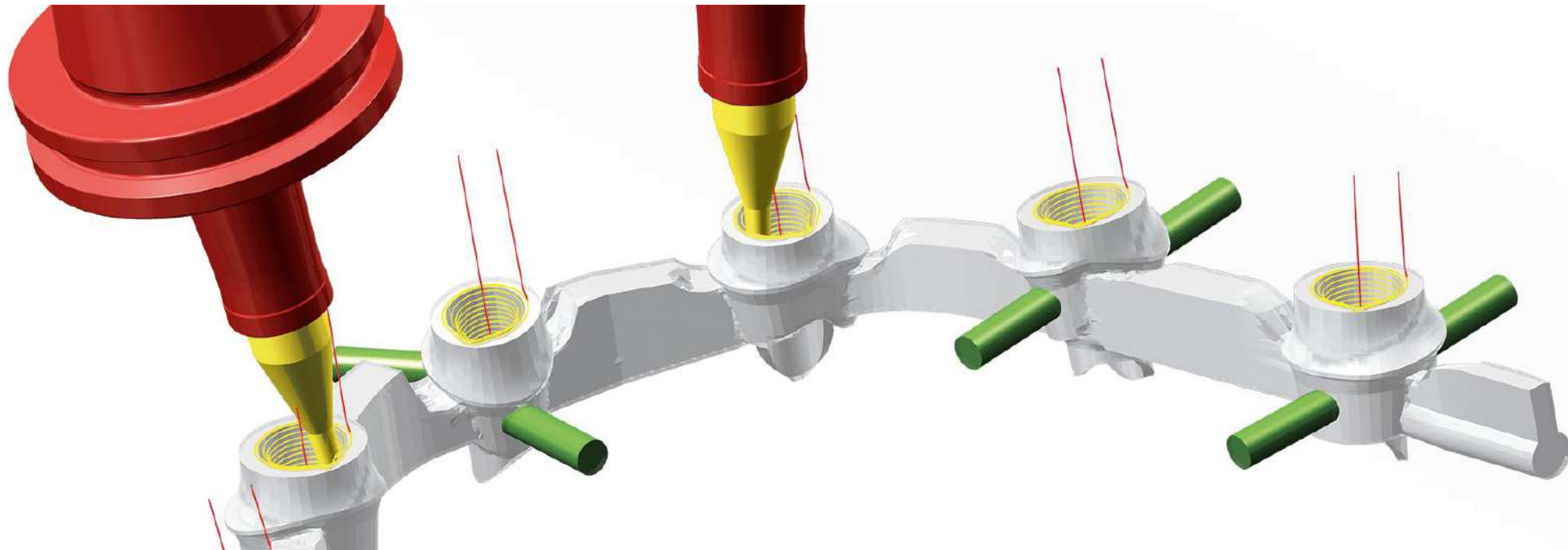
Îndepărtarea rapidă a volumului mare de material. Se folosesc freze groase (2mm - 3mm). Suprafața rezultată este rugoasă, în "trepte".

#### 2. FINISARE (FINISHING)

Conturarea detaliilor fine și a morfologiei ocluzale. Se folosesc freze medii și fine (1mm - 0.6mm). Acuratețe maximă la linia marginală.

#### 3. DETALIERE (FISSURES)

Opțional. Folosirea frezelor extra-fine (0.3mm) pentru a crea șanțuri și fosete adânci, imitând anatomia naturală.



## Etapele de CAM

### Erori Comune în CAM

✘ **Chipping la Margine:**

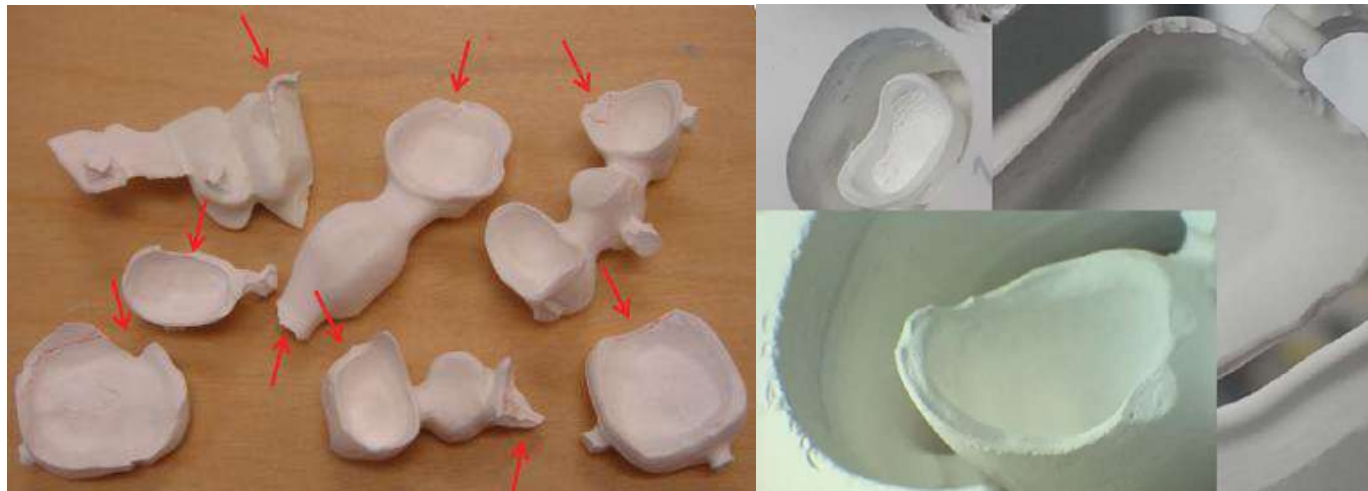
Cauză: Strategie de frezare prea agresivă sau nesting prea aproape de marginea subțire. Soluție: Reduceți viteza de avans la margine.

✘ **Restaurarea nu intră pe bont:**

Cauză: Calibrarea mașinii este incorectă sau frezele sunt uzate. Soluție: Recalibrare și schimbarea frezelor.

✘ **Punte ruptă la sinterizare:**

Cauză: Poziționarea greșită în disc (tensiuni interne) sau tije de susținere insuficiente. Soluție: Adăugați bare de sinterizare (Sintering Frame).

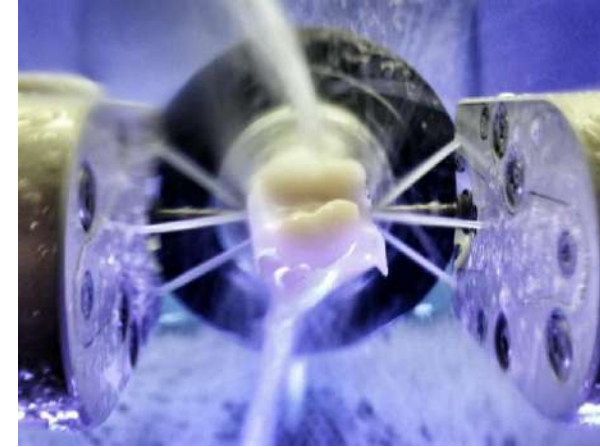
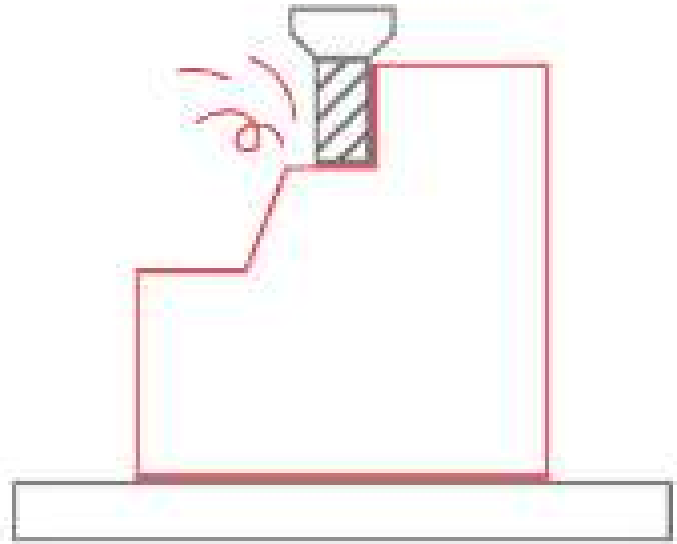


# Fluxul de lucru - tehnica substractivă



## Metode principale de frezare

### Proceduri substructive



Frezare de cabinet- chairside milling



Frezare în laboratoare de tehnică dentară

## Frezarea

Cerec MC XL



Imes-icore  
CORITEC One



Roland DWX-42W



Cerec Primemill



Planmeca PlanMill 40 S



VHF E4,Z4, N4+

## Frezarea

3 axe carteziene:

X- lungime (inainte- inapoi)

Y- latime (stanga-dreapta)

Z- inaltime (sus-jos)

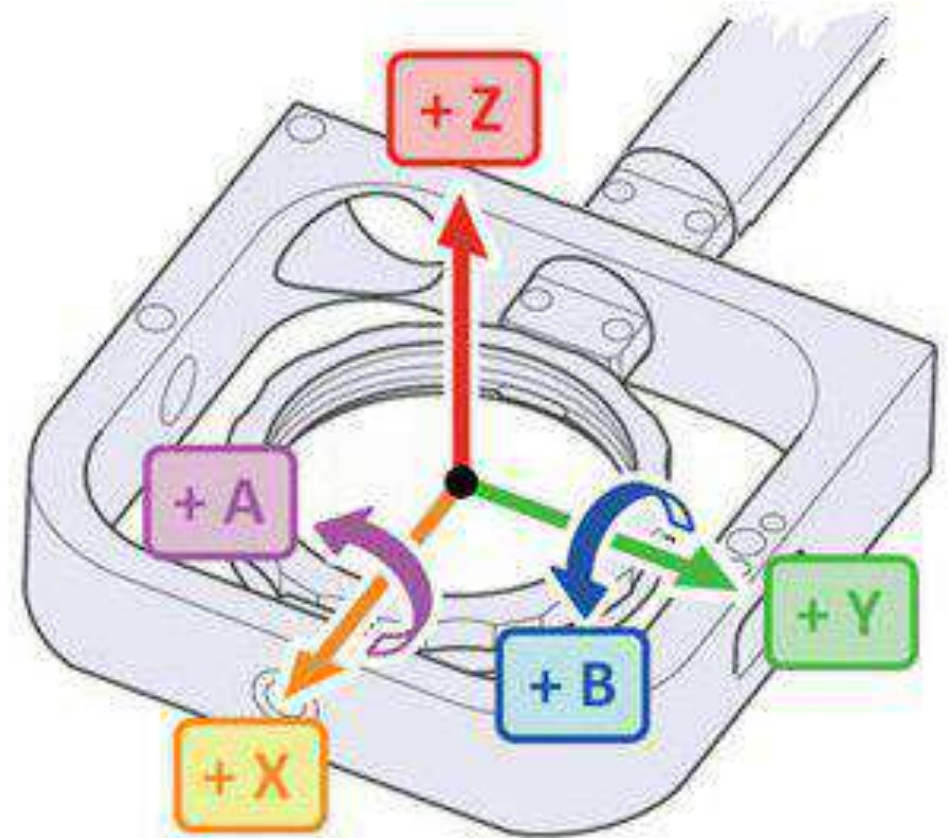
2 axe de rotatie:

A- rotatie in jurul axei X

Y- rotatie in jurul axei Y

Majoritatea sist. de frezare de cabinet- 4 axe

Sisteme de laborator- 4 sau 5 axe



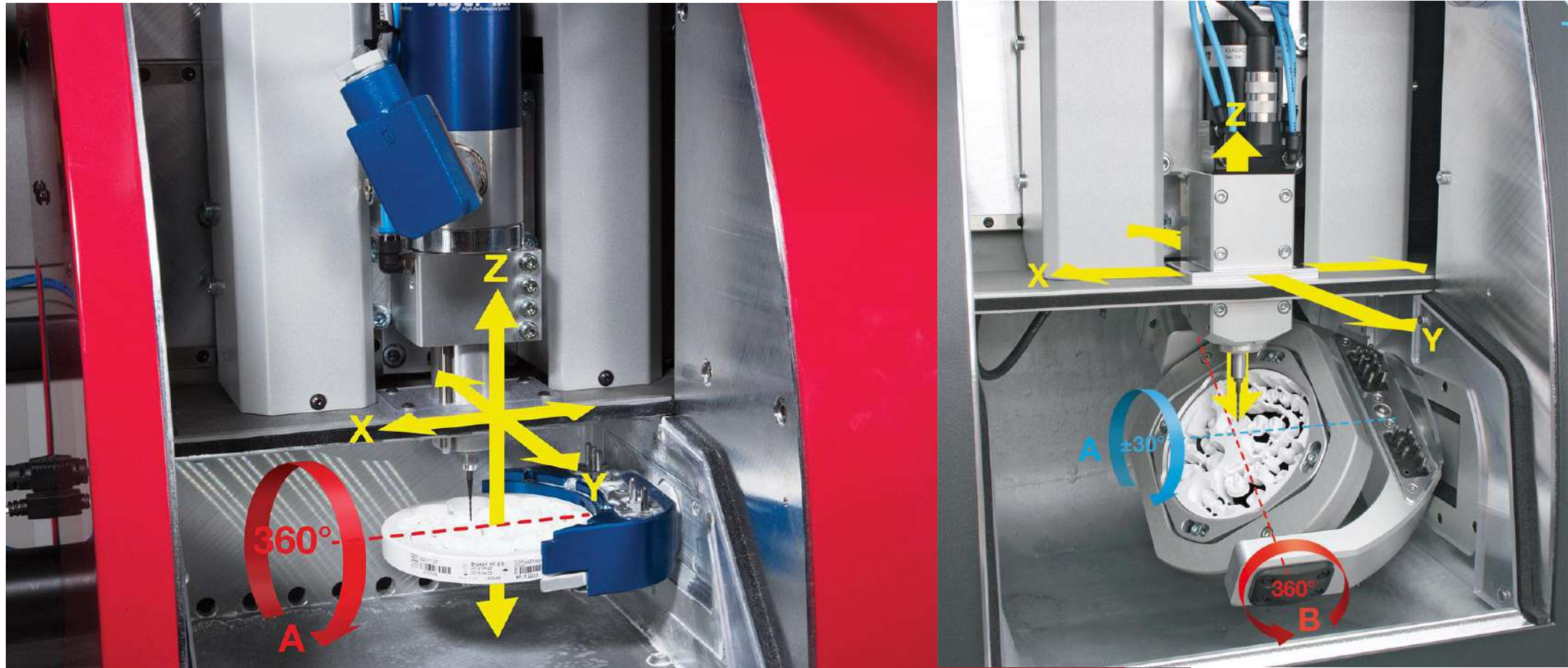
## Frezarea

Modul de realizare a frezarii (mediul):

- Frezare umeda
- Frezare uscata
- Frezare alternativă (umeda + uscata)



## Frezarea



Frezare pozitională

Frezare continuă

## Frezarea



Frezare pozitionala

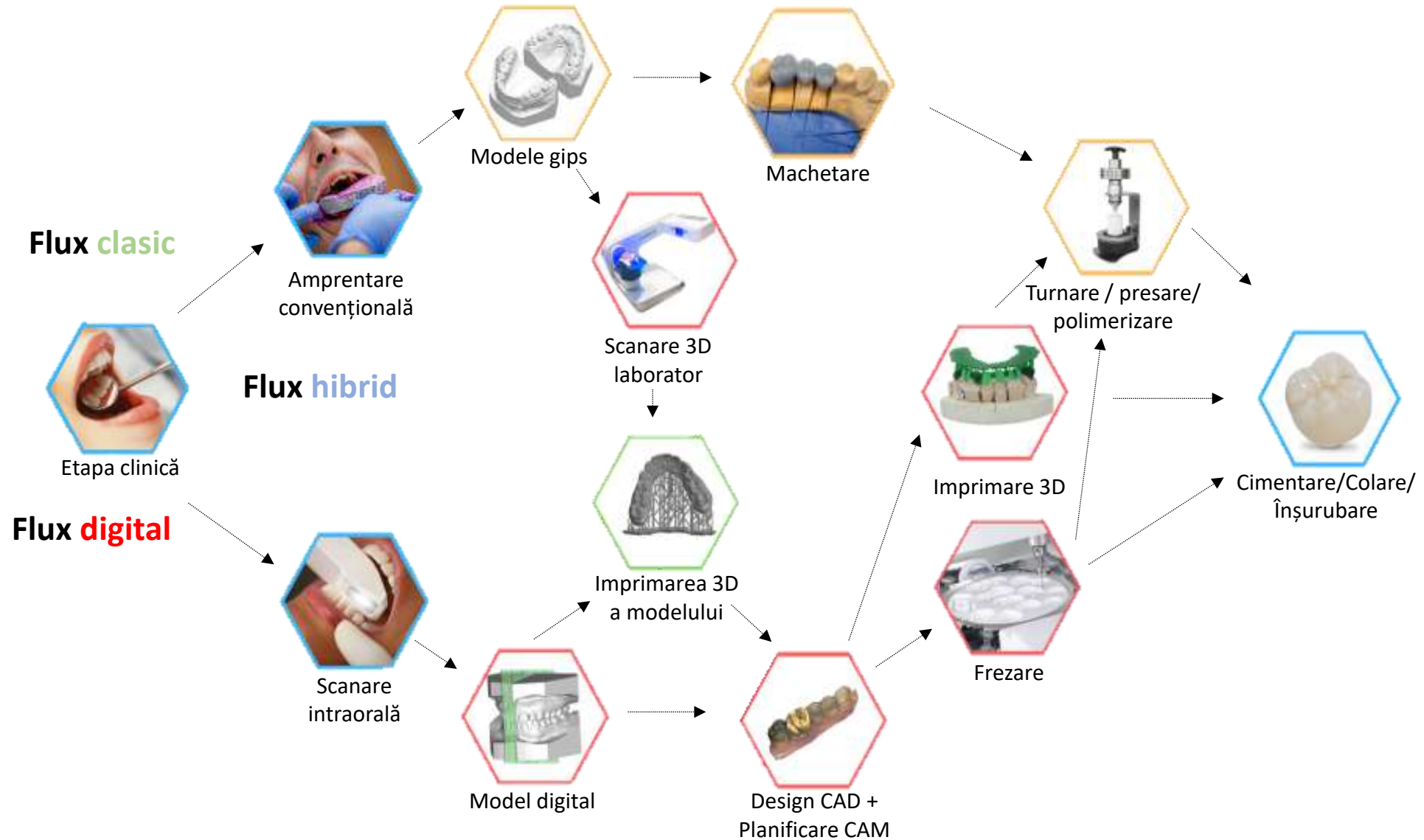


Frezare continua

# Fluxul de lucru - tehnica substractivă

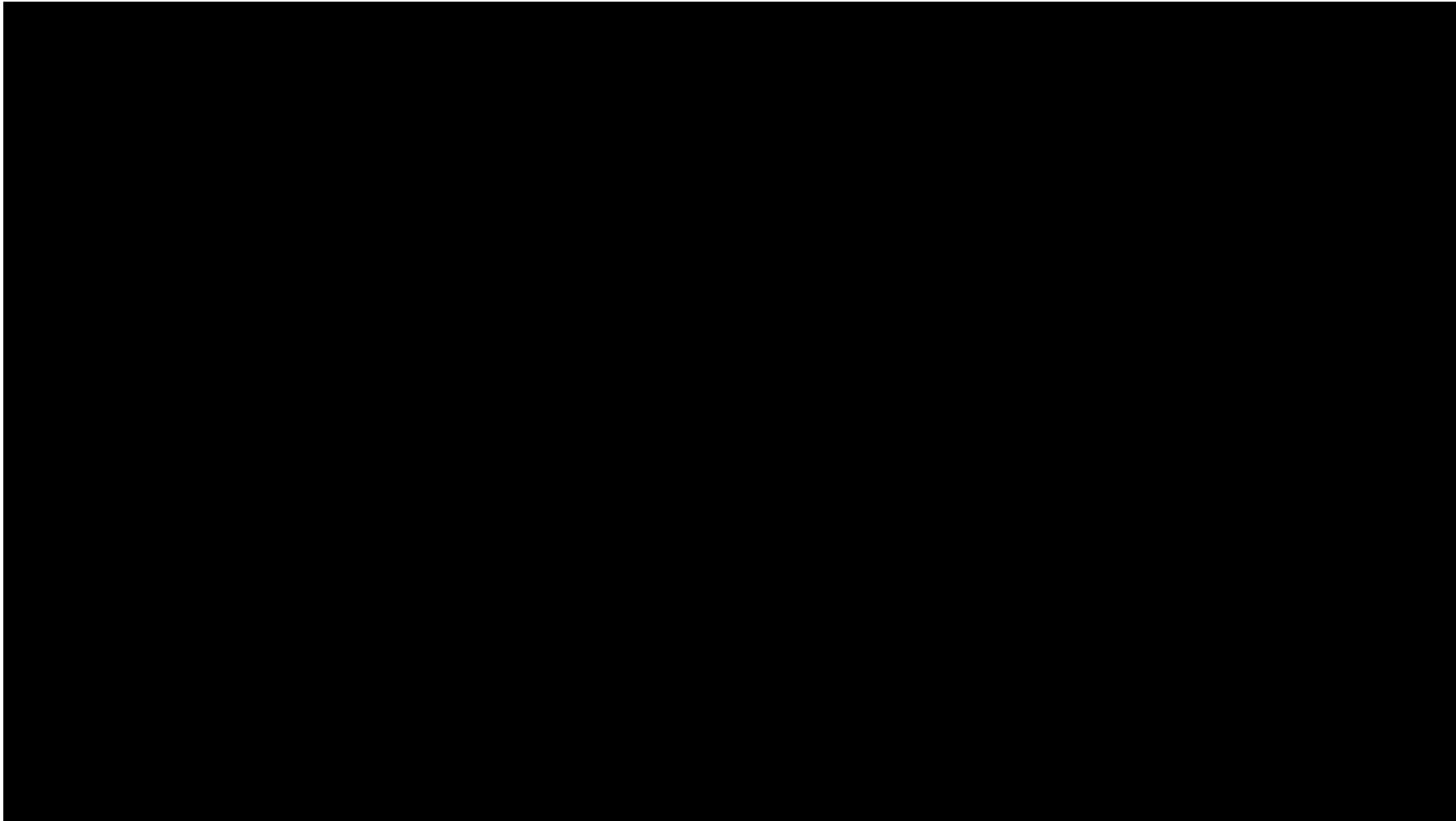


## Fluxul de lucru hibrid



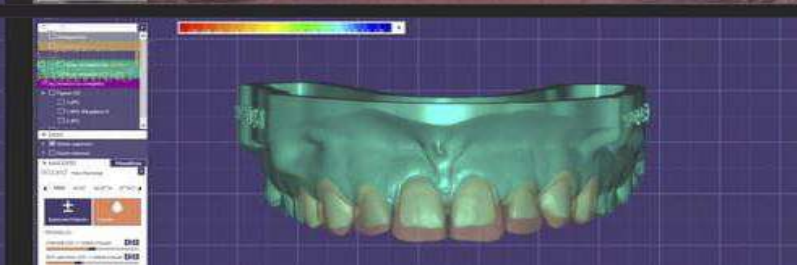
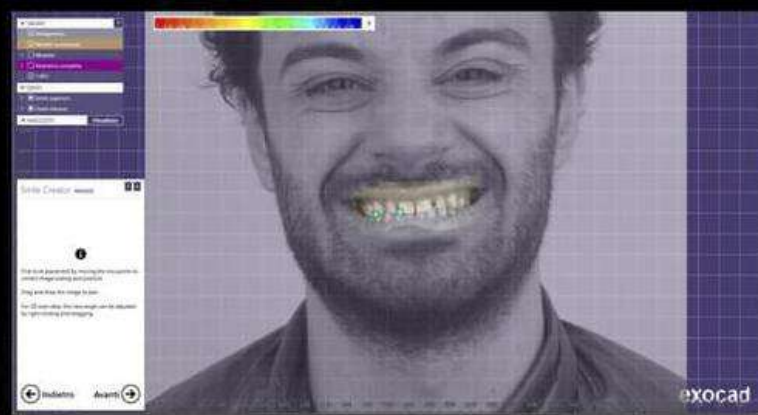
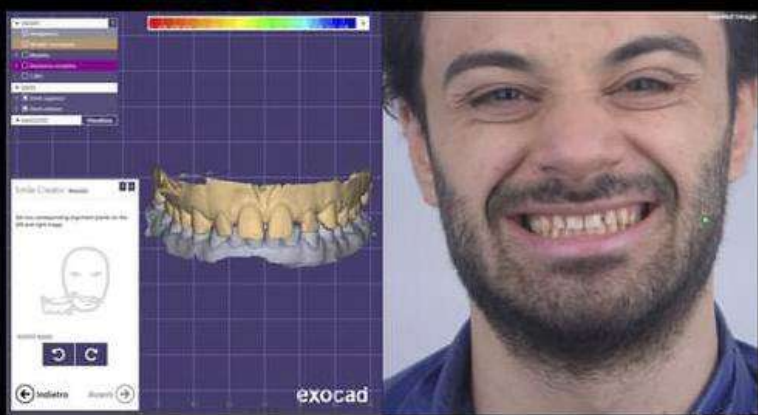
## Fluxul de lucru hibrid

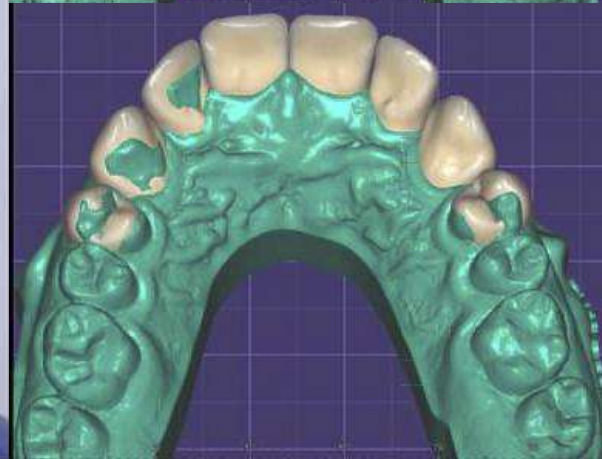
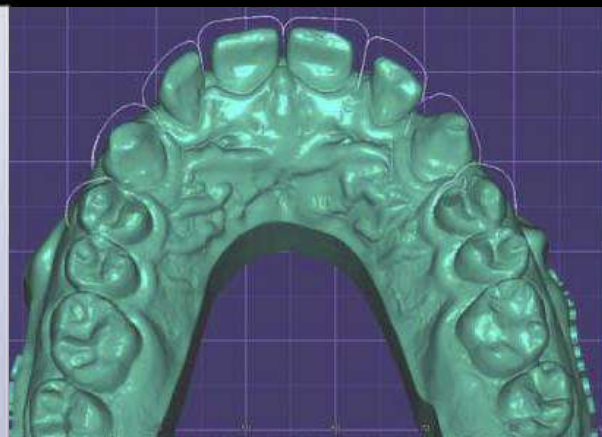
Sint-Mill- SLM + frezare CNC in 5 axe









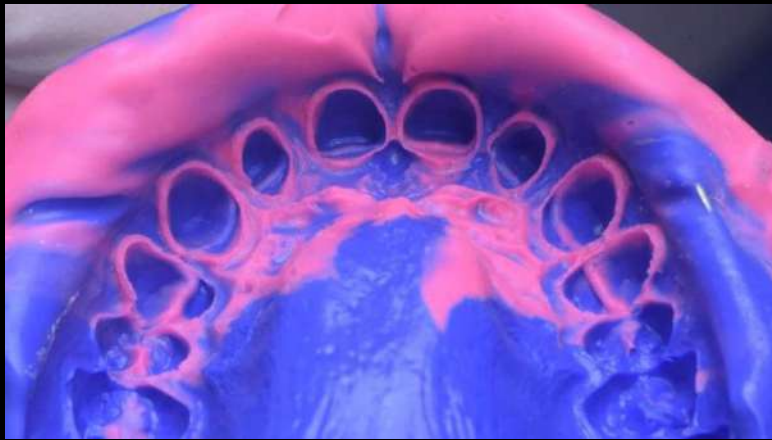


# Model imprimat și chei silicon (gingivoplastie și mock-up)



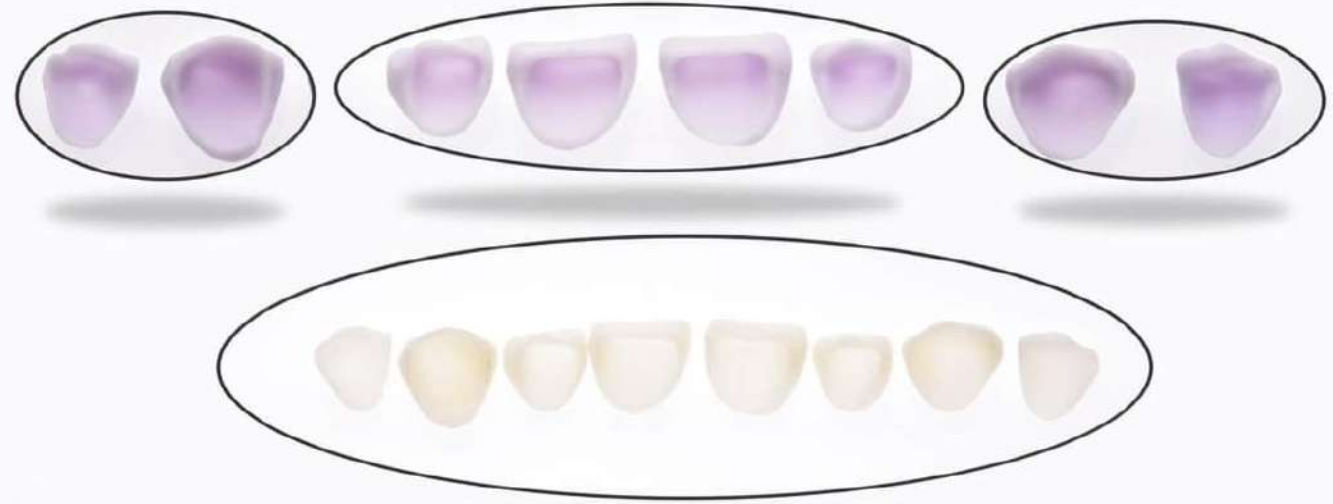


# Preparații și amprentare



# Montarea în articulatorul Artex CT





# Aspectul PFU post-pigmentare





# Aspectul post-cimentare







După 2 luni



După 8 luni



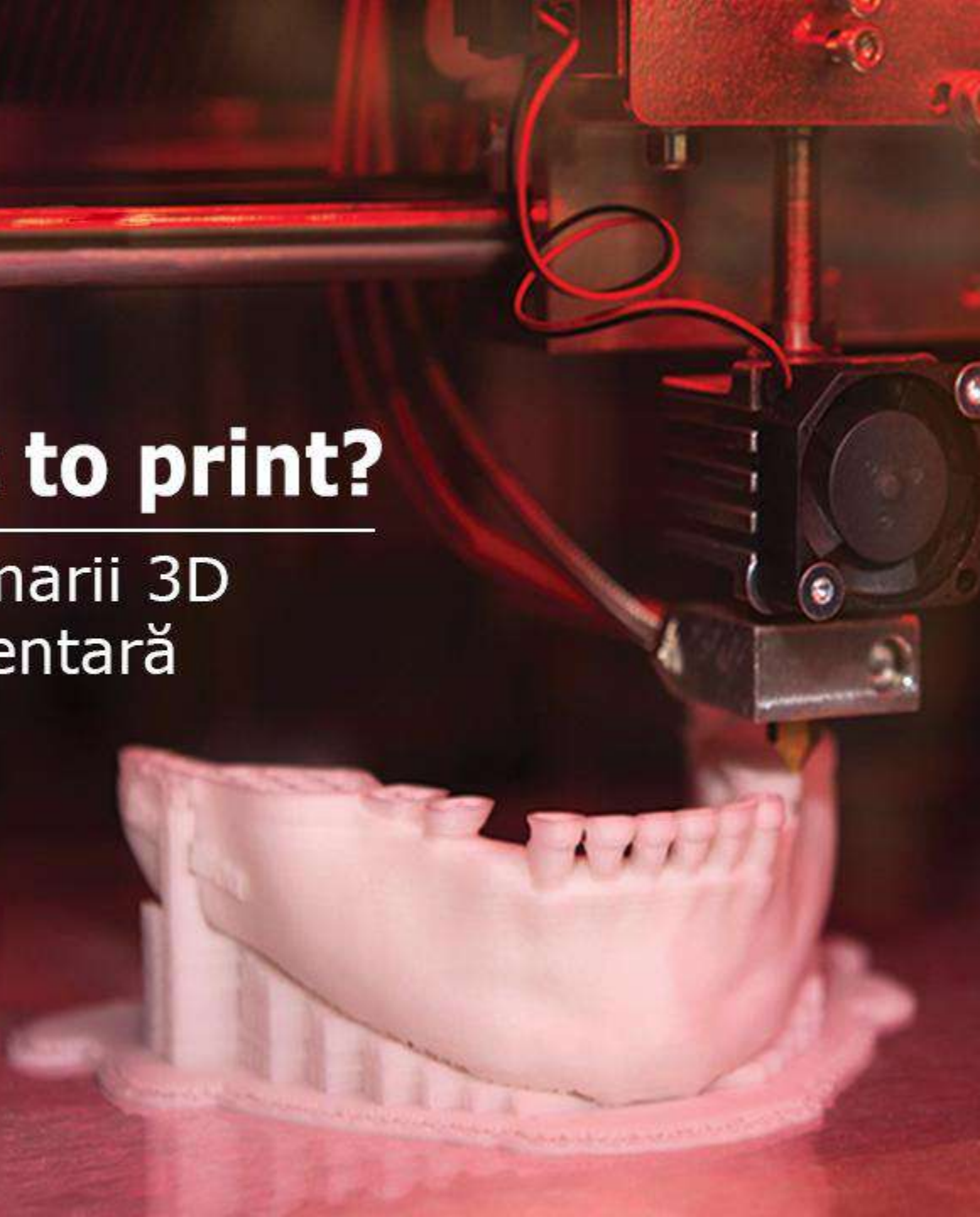


# To print or not to print?

---

Aplicațiile imprimării 3D  
în medicina dentară

**S.L.Dr. Burde Alexandru**  
*-tehnician dentar-*



# Principalele proceduri de fabricație în tehnologia dentară

## 3 tehnologii

### 1. Formativă



- Metode tradiționale de producție

### 2. Substractivă



- Frezare CAD-CAM (CNC)

### 3. Aditivă



- Imprimare 3D

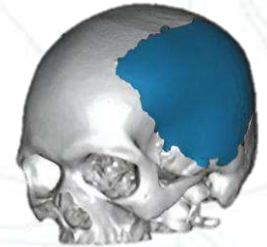
# Experiență profesională



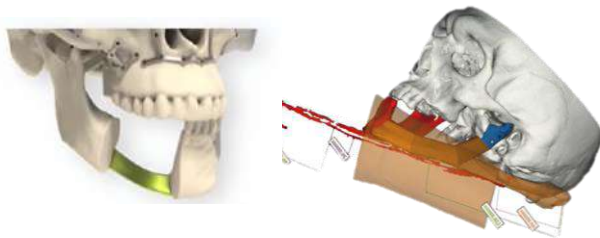
Modele anatomice



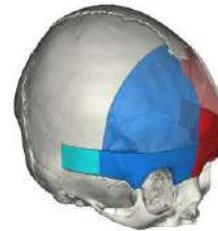
Modele pentru pre-îndoire



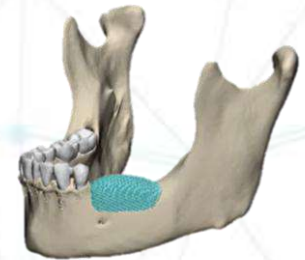
Implanturi craniene  
(PMMA, Ti, PEEK)



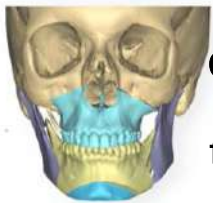
Planificare și ghiduri pentru  
Grefe fibulare/scapulare



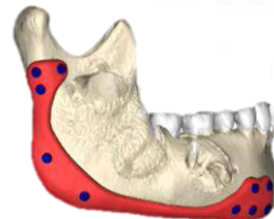
Planificare și ghiduri  
pentru  
craniosinostoză



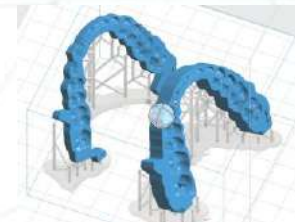
Protecția grefei osoase



Chirurgie ortognatică  
planificare, ghiduri,  
farfurii personalizate



Implanturi  
Personalizate



Gutiere  
Dispozitive

# Procedee/ tehnici de manufacturare

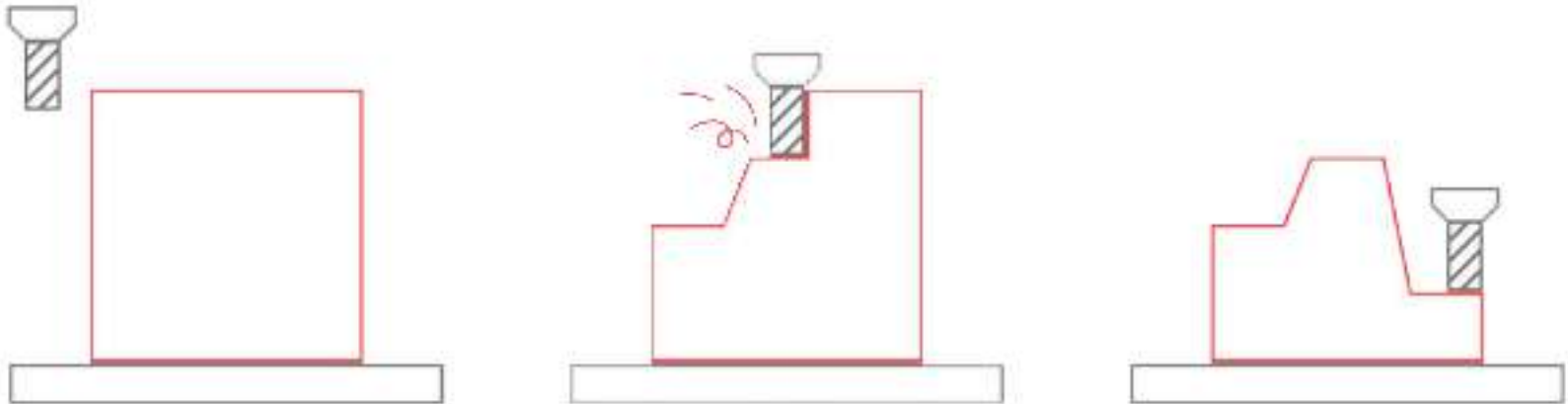
## 2. Tehnici **subtractive**

### Avantaje:

Utilizează o gamă variată de materiale (metal, ceramică, plastic, ceară)  
Are cea mai mare acuratețe și cea mai bună finisare a suprafețelor

### Limitări:

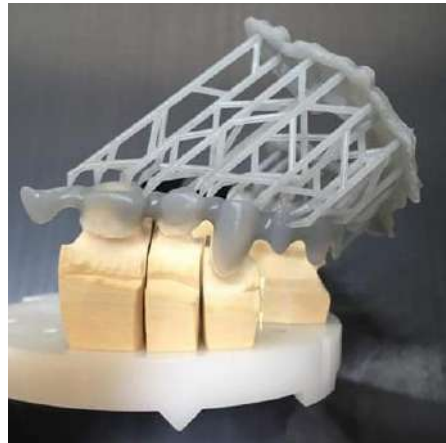
Necesită realizarea strategiilor complexe de frezare  
Complexitatea pieselor este limitată  
Generează pierderi severe de material



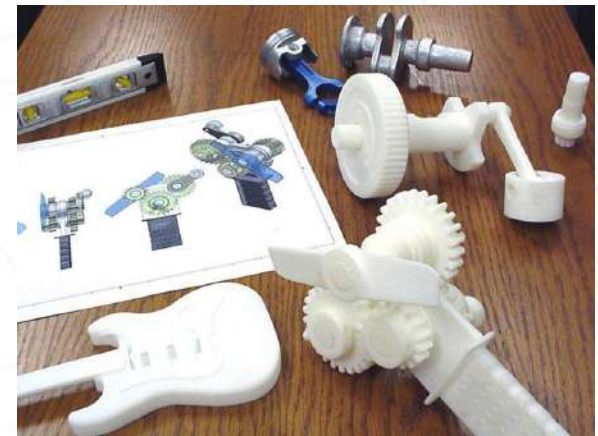
# Procedee/ tehnici de manufacturare

## 3. Tehnici aditive

Ex. în TD- realizarea scheletelor metalice, a modelelor, a ghidurilor chirurgicale

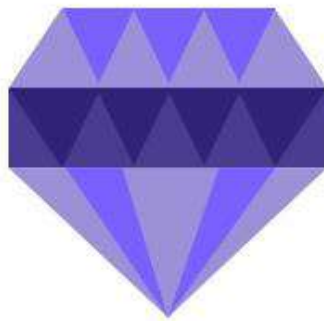


Ex. în alte industrii- realizarea pieselor si anasamblelor, a prototipurilor

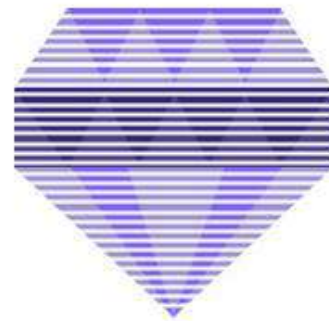


# Imprimarea 3D- ce este?

- Conform **ISO/ASTM 52921- 2011**:  
”**procesul de adăugare strat cu strat** a unui material pentru a obține un **obiect fizic**, pe baza **modelului său digital 3D**”
- **opusul tehnologiilor de fabricație prin eliminare de material**



Forma  
dorită



Forma obținută  
prin "feliere"



Imprimarea  
formeii

# Imprimarea 3D- ce este?

- opusul tehnologiilor de fabricație prin eliminare de material

Fabricație  
substractivă  
-CAD/CAM-  
-CNC-



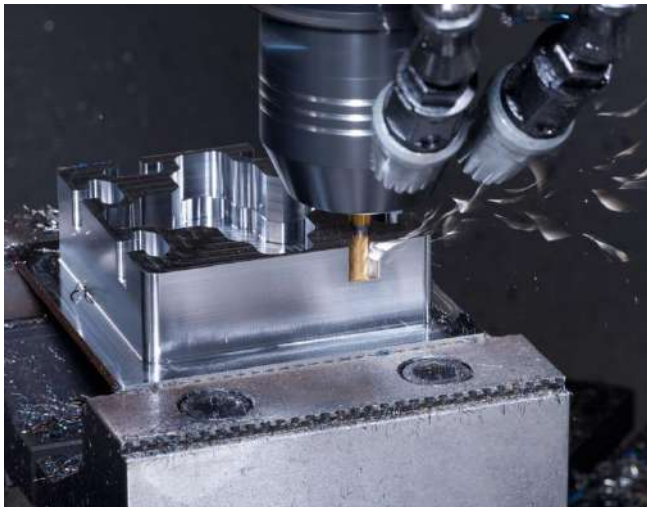
VS.

Fabricație  
aditivă  
-imprimare 3D-



CAD/CAM

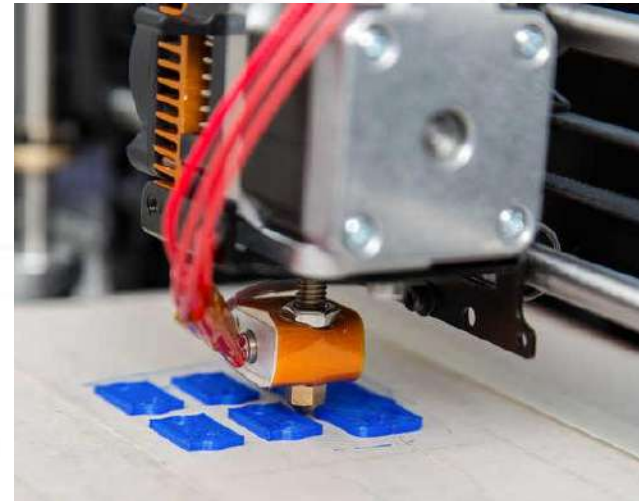
Fabricația  
"de **SUS**  
în **JOS**"



VS.

3D Printing

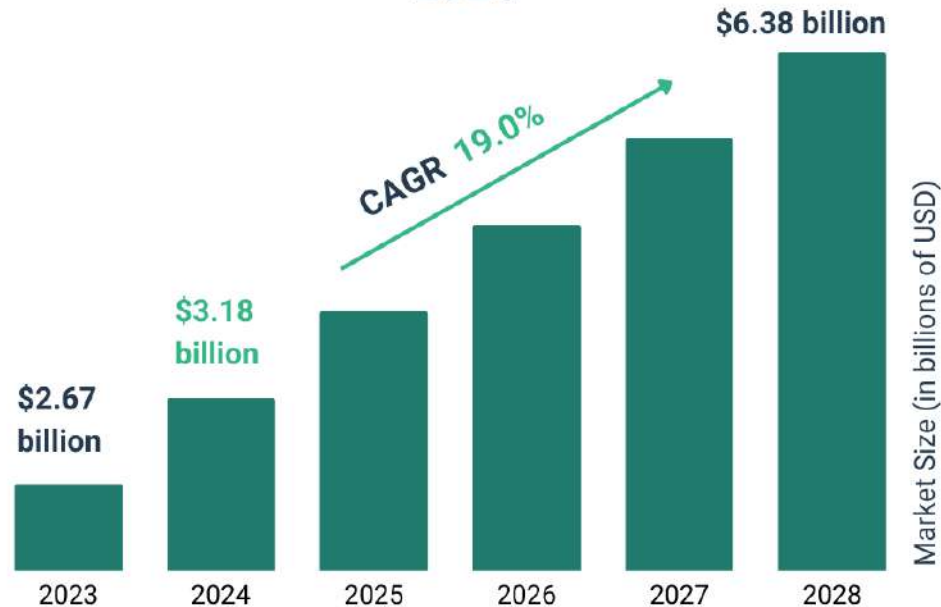
Fabricația  
"de **JOS**  
în **SUS**"



# SmarTech Report says Dental 3D Printing Market flourishes in 2024, will grow to \$6.38B by 2028

SmarTech Publishing fully believes that by 2027, 3D printing technologies will become the leading production source for dental restorations and devices worldwide, overtaking digital subtractive milling and traditional analog fabrication processes.

## 3D Printed Implants Global Market Report 2024



For more details on the report, please go to

<https://www.smartechanalysis.com/reports/3d-printing-in-dentistry->

# Fluxul de lucru

SCANARE

DESIGN

PREGATIRE CAM

IMPRIMARE 3D

POSTPROCESARE



# Fluxul de lucru

**Scop:** înregistrarea digitală a câmpului protetic

**Mijloace:** scaner intraoral- cabinet  
scaner de laborator- in lab, TD



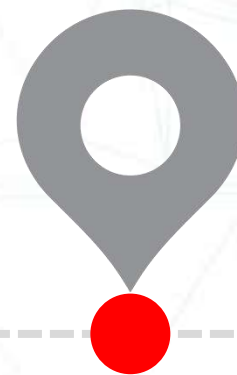
SCANARE

DESIGN

PREGATIRE CAM

IMPRIMARE 3D

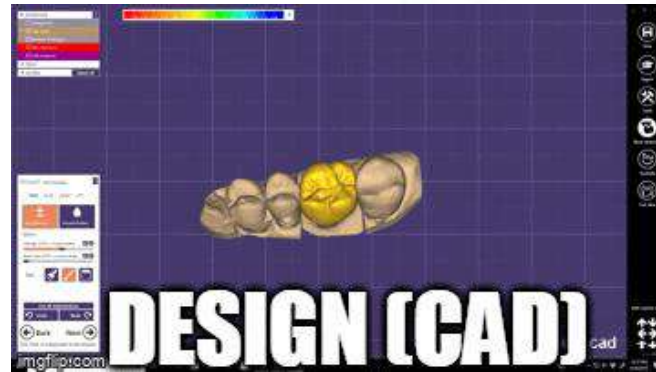
POSTPROCESARE



# Fluxul de lucru

**Scop:** realizarea digitală a formei viitoarei piese

**Mijloace:** software de design (CAD) de cabinet (ex. exocad Chairside)  
software de design de laborator (ex. Exocad, Inlab, DWOS)



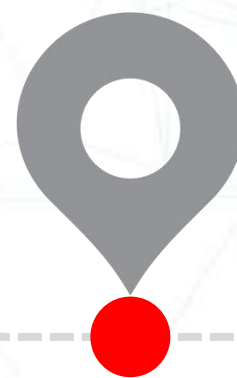
SCANARE

DESIGN

PREGATIRE CAM

IMPRIMARE 3D

POSTPROCESARE



# Fluxul de lucru

**Scop:** positionarea suportilor pentru imprimare  
realizarea strategiei de imprimare  
realizarea felierii modelului

**Mijloace:** software de pregatire CAM (ex. Preform, Autofabb)



SCANARE

DESIGN

PREGATIRE CAM

IMPRIMARE 3D

POSTPROCESARE



# Fluxul de lucru

**Scop:** obținerea efectivă a obiectului real

**Mijloace:** imprimantele 3D dedicate domeniului stomatologic  
imprimantele 3D generice



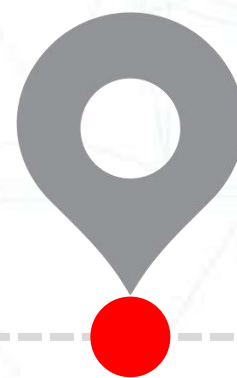
SCANARE

DESIGN

PREGATIRE CAM

IMPRIMARE 3D

POSTPROCESARE



# Fluxul de lucru

**Scop:** îndepărtarea materialului în exces  
îndepărtarea tijelor de susținere

**Mijloace:** micromotor cu freze convenționale / diamantate



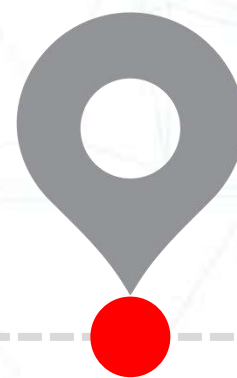
SCANARE

DESIGN

PREGATIRE CAM

IMPRIMARE 3D

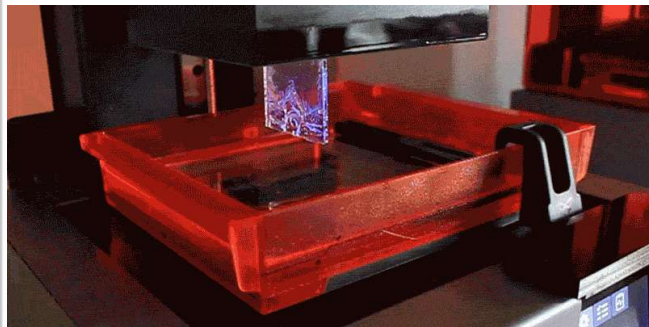
POSTPROCESARE



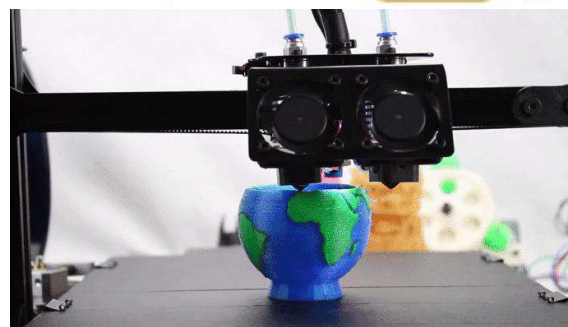
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

Standardul ISO/ASTM 52900/2015- 7 procedee/ tehnici de imprimare 3D

Polimerizare  
în cuvă



Extruzie  
de material



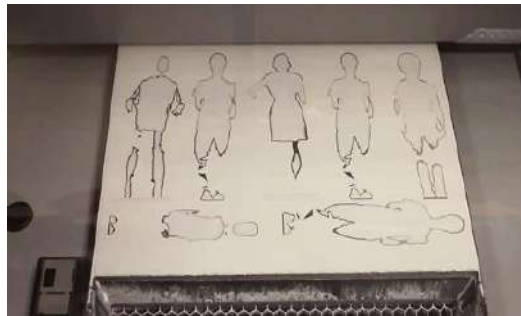
Fuziunea patului  
cu pulberi



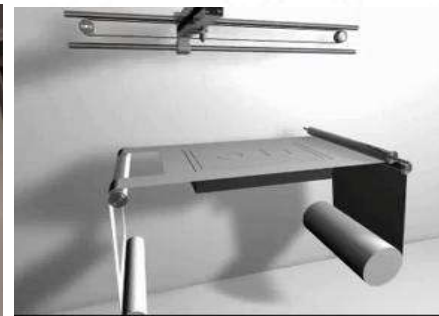
Pulverizare  
de material



Pulverizare  
de liant



Laminare  
de foi



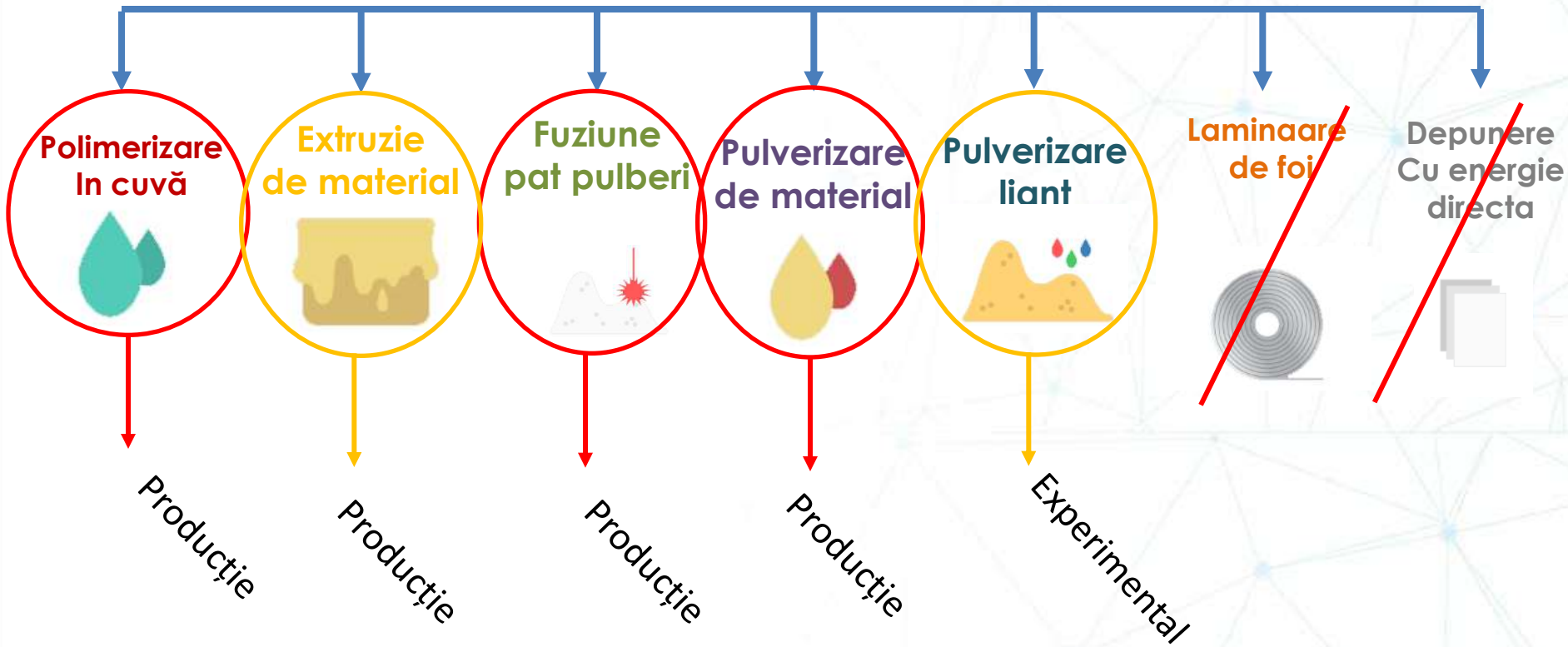
Depunere cu energie  
directă



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

Tehnologii utilizate în stomatologie/ tehnologie dentară

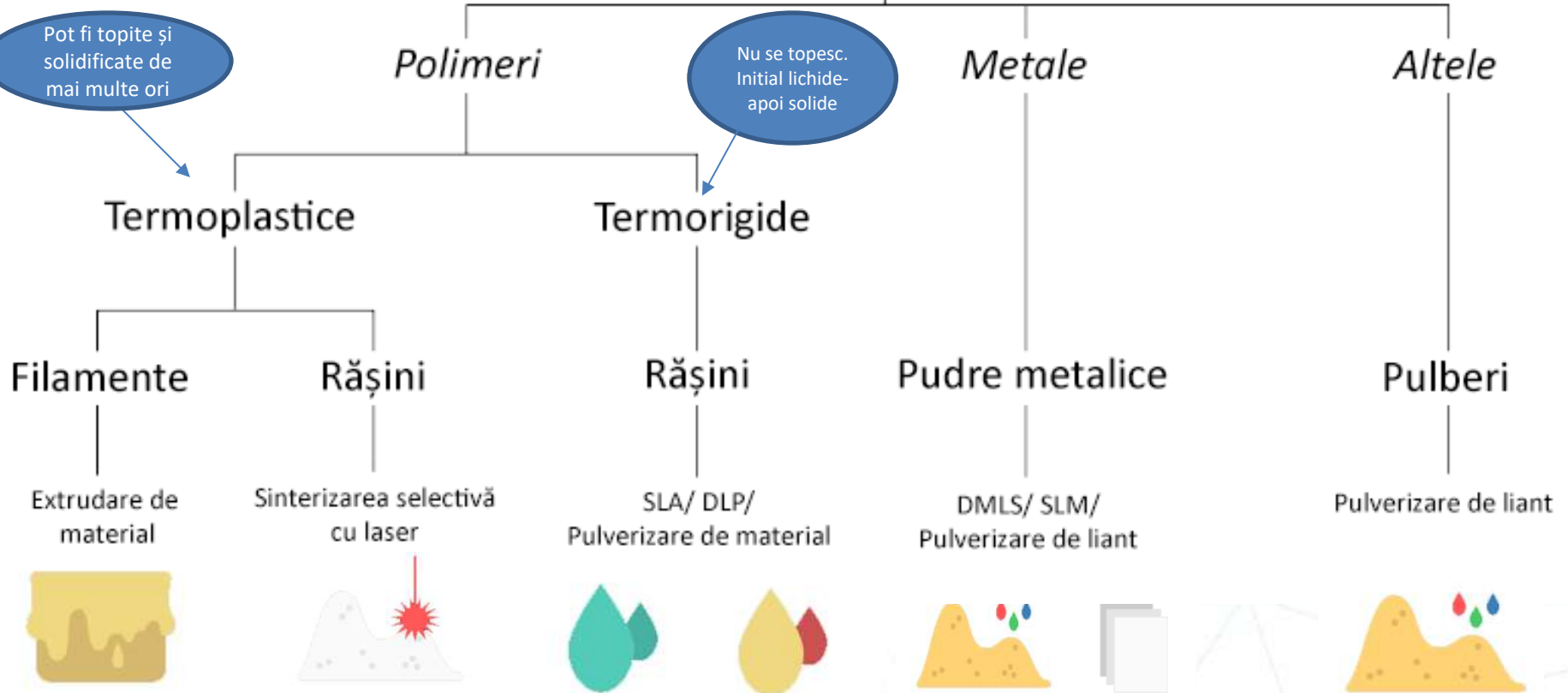
## Fabricație aditivă (Imprimare 3D)



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Clasificarea după materialele utilizare în imprimarea 3D

### Materiale utilizate în imprimarea 3D

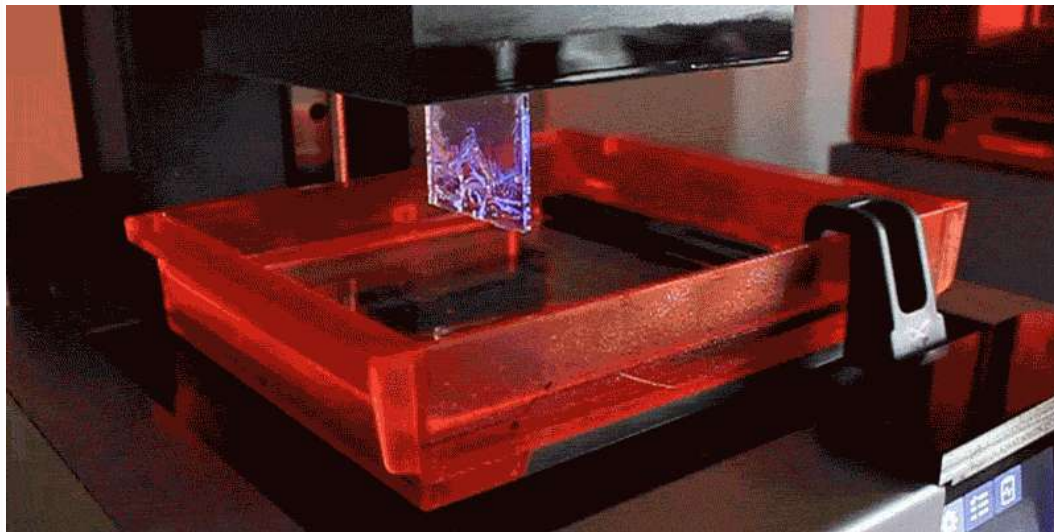


# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Polimerizare în cuvă



**DEF:** procesul de manufacturare aditivă prin care un polimer în stare lichidă, aflat în interiorul unei cuve, este polimerizat selectiv printr-un stimul exterior (ex. radiația ultravioletă)



## Fotopolimerizare în cuvă

Polimerizare  
cu laser



SLA  
Stereolitografie



Plastic



formlabs



Polimerizare  
cu proiector



DLP  
Digital Light  
Processing



Plastic

envisionTEC



Polimerizare  
cu LED și oxigen



CDLP  
Continuous Digital  
Light Processing



Plastic

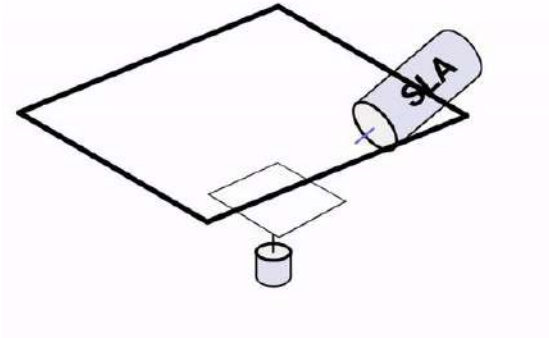
carbon3D

envisionTEC

# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

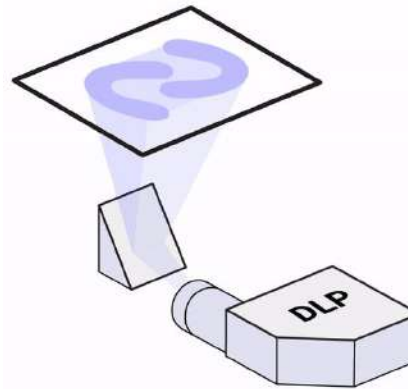
## Polimerizare în cuvă

Subtipuri:



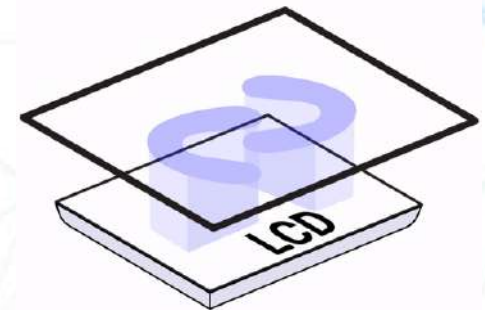
### Stereolithography (SLA)

- Subtip de fabricație pe bază de laser



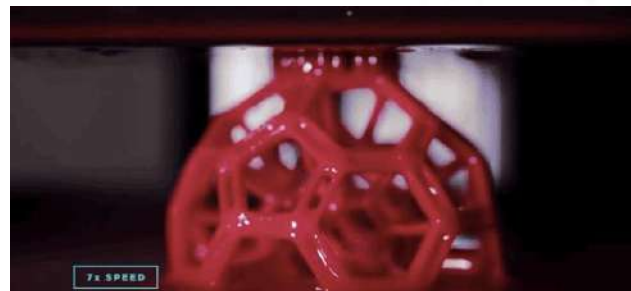
### Digital Light Processing (DLP)

- Producție bazată pe proiectoare



### LCD

-Stereolitografie bazată pe mascare



### Continuous Digital Light Processing (CDLP)

- Bazat pe proiector +  
- membrană permeabilă la oxigen

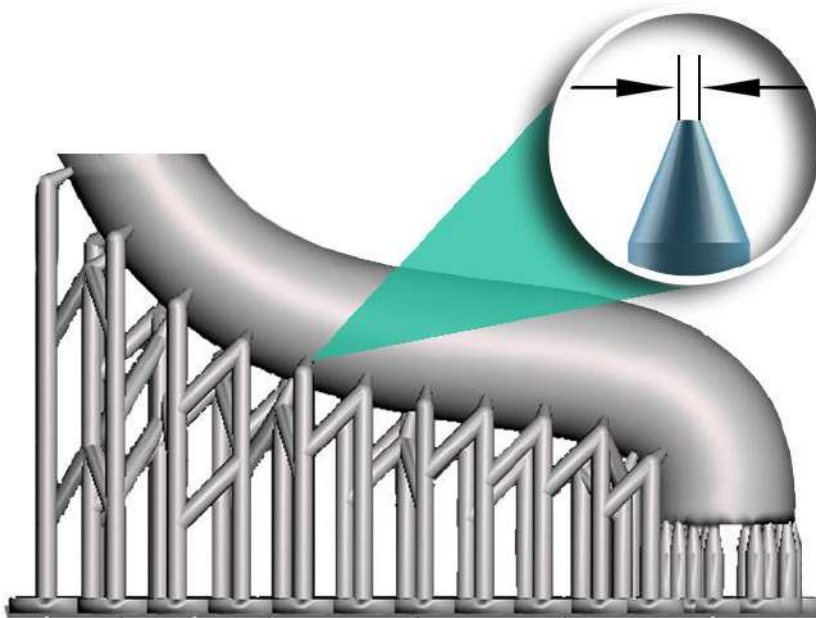
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Polimerizare în cuvă



### Structuri de susținere:

În unele cazuri, structurile de susținere sunt imprimate de-a lungul obiectului pentru a menține zonele de proeminență sau geometriile complexe pe loc. Aceste suporturi sunt îndepărtate după imprimare.



Stânga: Structuri de susținere de jos în sus Dreapta: Structuri de susținere de sus în jos

# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Polimerizare în cuvă



### Stereolitografie (SLA)

### Direct Light Projection (DLP)

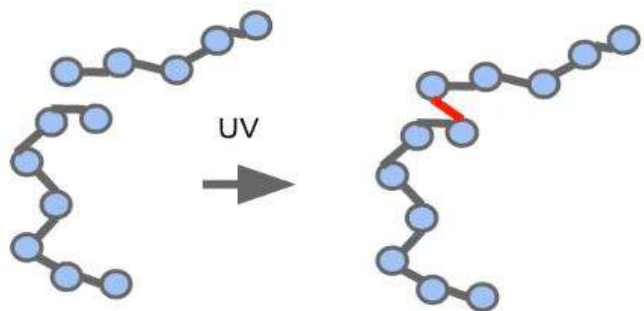
### Liquid Crystal Display (LCD)



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Stereolitografia

### Rășina fotopolimerizabilă



Lanțuri scurte de oligomeri și monomeri + inițiatori de fotopolimerizare

+ UV

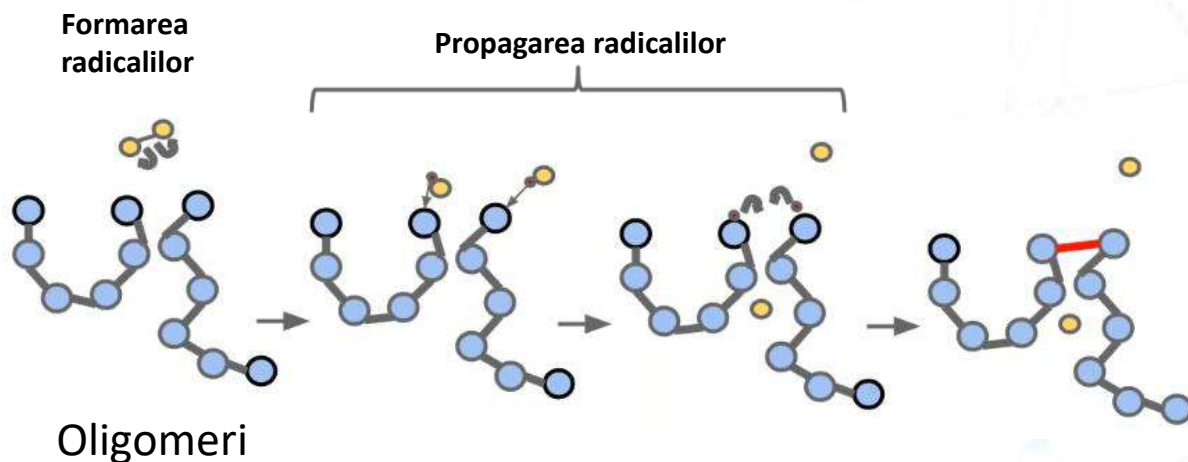
Eliberare de radicali liberi

Oligomeri și monomeri  
Formează lanțuri lungi

Polimeri

Monomeri și oligomeri= lanțuri scurte de molecule

Polimeri= lanțuri 2D sau 3D lungi de molecule



Rășinile fotopolimerice= polimeri termoset  
≠termoplastice

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

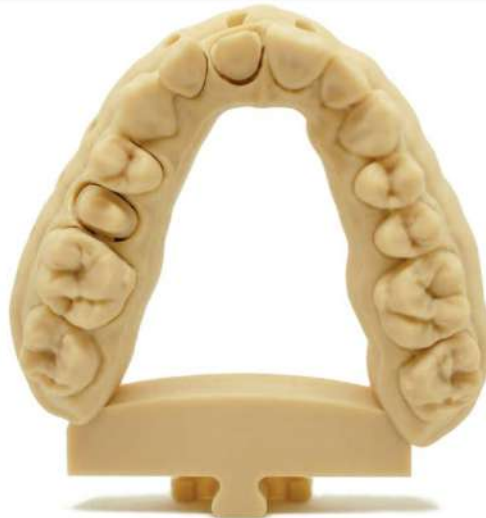
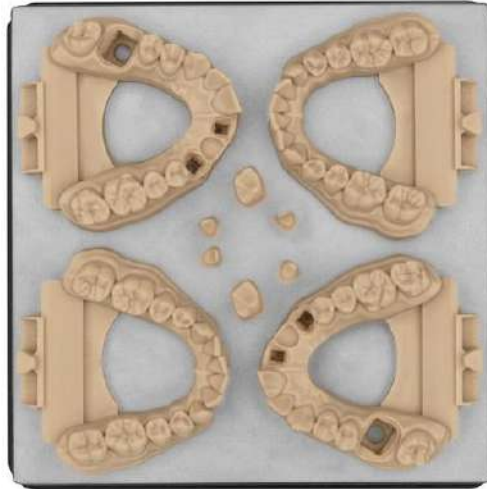
1. Modele de lucru (+/- bont mobil)
2. Modele de analiză/ diagnostic
3. Modele de lucru pt. implantologie
4. Machete calcinabile
5. PFU- PPF provizorii +/- probă
6. Ghiduri pt. pozitionarea implantelor
7. Clear aligner / modele
8. Gutiere / Splint
9. Gutiere pt. colarea indirectă
10. Proteze mobile (PT, PP)
11. Portamprente individuale
12. Replici anatomice
13. Modele educaționale
14. PFU/ PPF de lungă durată



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 1. Modele de lucru (+/- bont mobil)



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 1. Modele de lucru (+/- bont mobil)



Journal of  
*Clinical Medicine*



*Review*

### Accuracy of 3-Dimensionally Printed Full-Arch Dental Models: A Systematic Review

Yasaman Etemad-Shahidi, Omel Baneen Qallandar, Jessica Evenden, Frank Alifui-Segbaya<sup>id</sup> and Khaled Elsayed Ahmed \*<sup>id</sup>

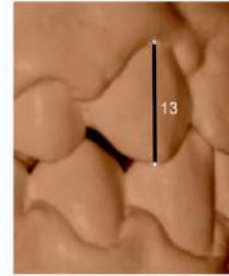
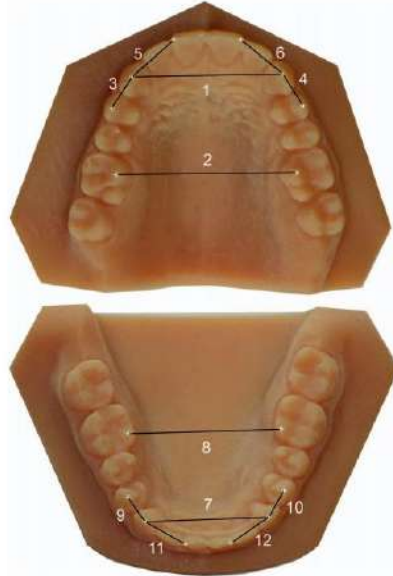
Seven databases were searched, and 2209 articles initially identified of which twenty-eight studies fulfilling the inclusion criteria were analysed. A meta-analysis was not possible due to unclear reporting and heterogeneity of studies. Stereolithography (SLA) was the most investigated technology, followed by digital light processing (DLP).

Accuracy of 3D printed models varied widely between <100 to >500  $\mu\text{m}$  with the majority of models deemed of clinically acceptable accuracy. The smallest (3.3  $\mu\text{m}$ ) and largest (579  $\mu\text{m}$ ) mean errors were produced by SLA printers. For DLP majority of investigated printers ( $n = 6/8$ ) produced models with <100  $\mu\text{m}$  accuracy. Manufacturing parameters, including layer thickness, base design, postprocessing and storage, significantly influenced the model's accuracy. Majority of studies supported the use of 3D printed dental models. Nonetheless, models deemed clinically acceptable for orthodontic purposes may not necessarily be acceptable for the prosthodontic workflow or applications requiring high accuracy.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 2. Modele de analiză/ diagnostic



Review Article

DOI: 10.17354/ijss/2016/99

## Applications of 3-D Printing in Orthodontics: A Review

Shahnaz Mahamood<sup>1</sup>, Maimoona Abdul Khader<sup>1</sup>, Hashim Ali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Junior Resident, Department Of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Kannur Dental College and Hospital, Anjarakandy, Kerala, India,  
<sup>2</sup>Professor & Head of Department of Orthodontics, Kannur Dental College and Hospital, Anjarakandy, Kerala, India

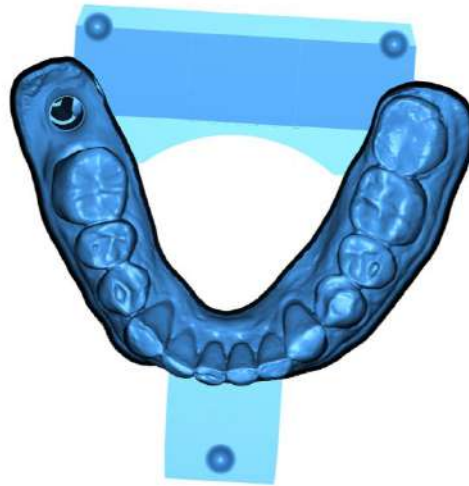
## CONCLUSION

Automated model-making with the 3-D printer dramatically reduces fabrication times and exponentially increases output per technician. Thus by transitioning to a fully digital process, there is no need to store bulky physical models and keep all your cases digitally, for as long as you need.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

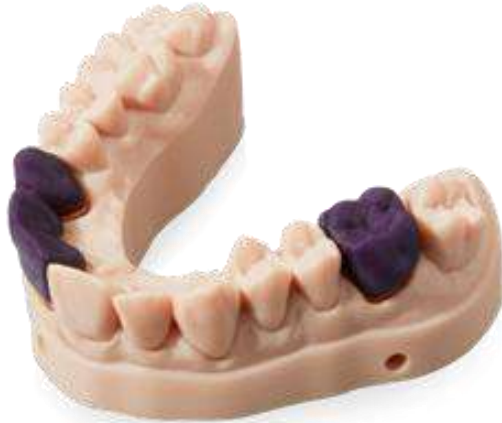


## 3. Modele de lucru pt. implantologie



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 4. Machete calcinabile



➤ [J Esthet Restor Dent. 2020 Nov 10. doi: 10.1111/jerd.12675. Online ahead of print.](#)

### Comparison of marginal and internal fit of pressed lithium disilicate veneers fabricated via a manual waxing technique versus a 3D printed technique

Lizeth Guachetá <sup>1</sup>, Clinton D Stevens <sup>2</sup>, Julián A Tamayo Cardona <sup>1</sup>, Rafael Murgueitio <sup>1</sup>

**Conclusion:** There was no difference in marginal fit or internal fit between pressed lithium disilicate veneers fabricated with a 3D printed castable resin and those fabricated with a manual waxing technique. The use of digital technologies and 3D printing provide significant advantages in the fabrication of pressed glass ceramic veneers, with marginal and internal adaptation comparable to manual wax and press techniques.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 5. PFU- PPF provizorii +/- probă



► [Technol Health Care. 2020;28\(6\):635-642. doi: 10.3233/THC-191964.](#)

## Marginal and internal fit of provisional crowns fabricated using 3D printing technology

[Saurabh Chaturvedi, Nasser M Alqahtani, Mohamed Khaled Addas, Mohammed A Alfarsi](#)

PMID: 32280071 DOI: [10.3233/THC-191964](#)

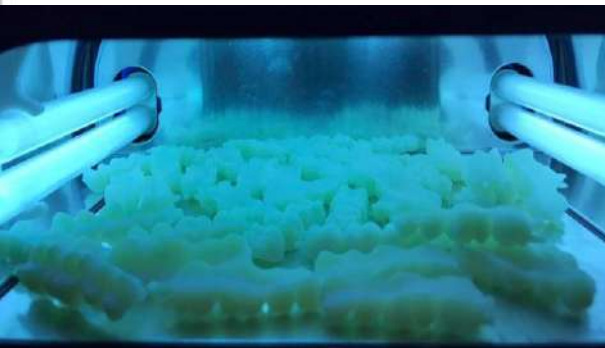
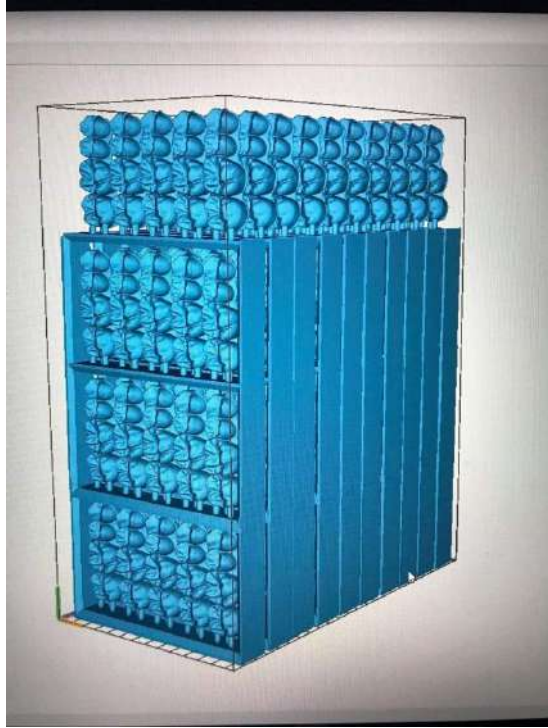
### 5. Conclusions

3D printing improved the fit of interim crowns in the proximal, marginal and internal regions, and its effect was evident in the occlusal region.

The accuracy of interim crowns fabricated using 3D printing was comparable with that of the milling method. Thus, 3D printing could be an alternative approach to fabricate interim crowns.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 5. PFU- PPF provizorii +/- probă



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

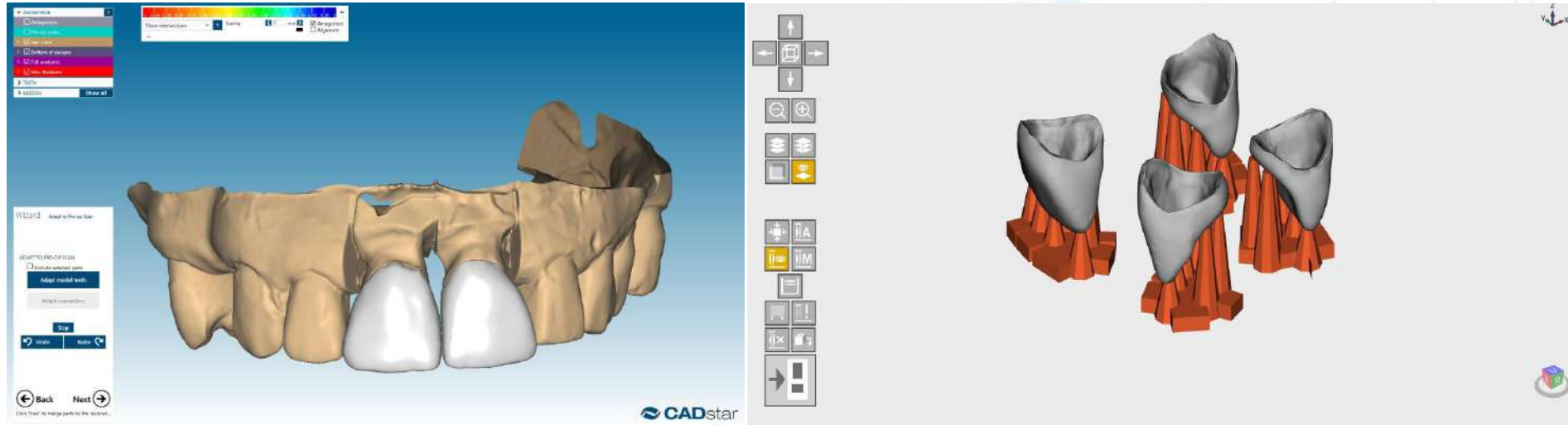
## 5. PFU- PPF provizorii +/- probă



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 5. PFU- PPF provizorii +/- probă



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



5. PFU- PPF provizorii +/- probă

*Romanian Journal of Oral Rehabilitation*

*Vol. 16, No.2 April-June 2024*

## SHORT-TERM AESTHETIC REHABILITATION WITH 3D PRINTED SNAP-ON SMILE DEVICES - LITERATURE REVIEW AND A CASE REPORT

Alexandru-Victor Burde<sup>1</sup>, Codruța Frățilă<sup>2</sup>, Elena Bianca Varvară<sup>1\*</sup>, Adrian Mihai Varvară<sup>1</sup>



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 6. Ghiduri pt. pozitionarea implantelor



> [J Prosthodont.](#) 2020 Jul;29(6):534-541. doi: 10.1111/jopr.13161. Epub 2020 May 6.

### Comparison of the Accuracy of Implant Position Using Surgical Guides Fabricated by Additive and Subtractive Techniques

Pantip Henprasert <sup>1</sup>, Deborah V Dawson <sup>2</sup>, Tarek El-Kerdani <sup>1</sup>, Xuan Song <sup>3</sup>, Emilio Couso-Queiruga <sup>4</sup>, Julie A Holloway <sup>1</sup>

A surgical guide was designed using BlueSky Plan 4 software and a reference implant was placed in the #30 region. The STL file of the surgical guide was exported and specimens ( $n = 15$ ) were fabricated by two different techniques: additive (3D printing) and subtractive (milling). The standardized mandibular model was surface-scanned and duplicated with printed dental model resin ( $n = 30$ ). Each surgical guide was used to place an implant in thirty duplicate printed models. Differences in implant position as compared to the reference were measured from digital scans with scan bodies in place.

**Results:** There were no significant differences in accuracy of implant placement using guides fabricated using additive vs subtractive techniques.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 7. Clear aligner / modele



Editorial > [Materials \(Basel\)](#). 2020 Nov 18;13(22):5204. doi: 10.3390/ma13225204.

## 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Where We Are and Where We Are Going

Cinzia Maspero <sup>1 2</sup>, Gianluca Martino Tartaglia <sup>1 2</sup>

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint



> Clin Oral Investig. 2020 Dec;24(12):4607-4615. doi: 10.1007/s00784-020-03329-x. Epub 2020 May 21.

### Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing

Reymus Marcel <sup>1</sup>, Hickel Reinhard <sup>2</sup>, Keßler Andreas <sup>2</sup>

**Materials and methods:** Bite splints were 3D-printed in either horizontal or vertical position (n = 10) using four different resins (Dental LT, Ortho Clear, Freeprint Splint, V-Splint). As control, ten bite splints were fabricated by CNC milling (ProArt CAD Splint). The splints were scanned and deviations between the CAD-file (trueness) and between each other within one group (precision) were measured by two different software applications and methods (cloud-to-cloud vs cloud-to-mesh)

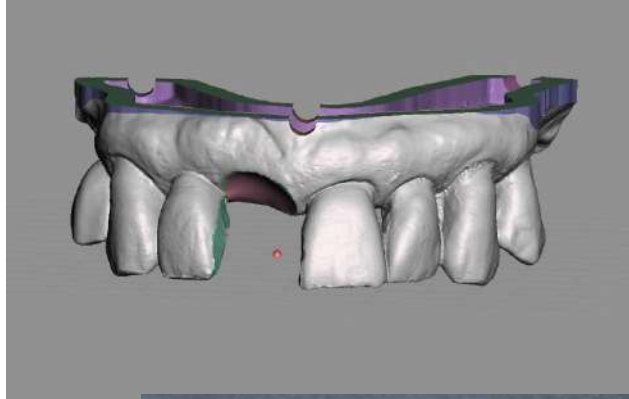
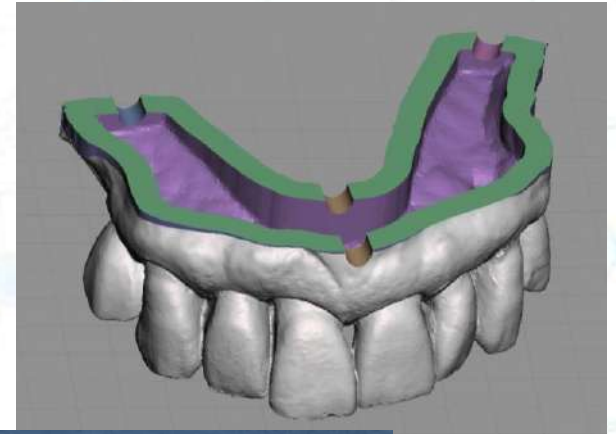
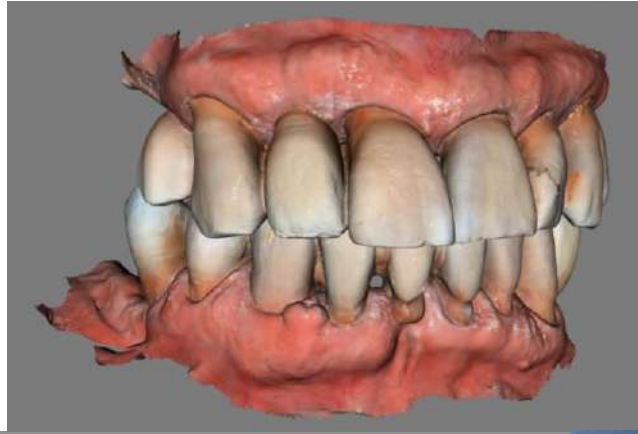
**Conclusion:** Milled splints show higher trueness than 3D-printed ones, while the latter reveal higher reproducibility. The calculated deviations vary according to the measurement method used.

**Clinical relevance:** In terms of accuracy, milled and 3D-printed bite splints seem to be of equal quality.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



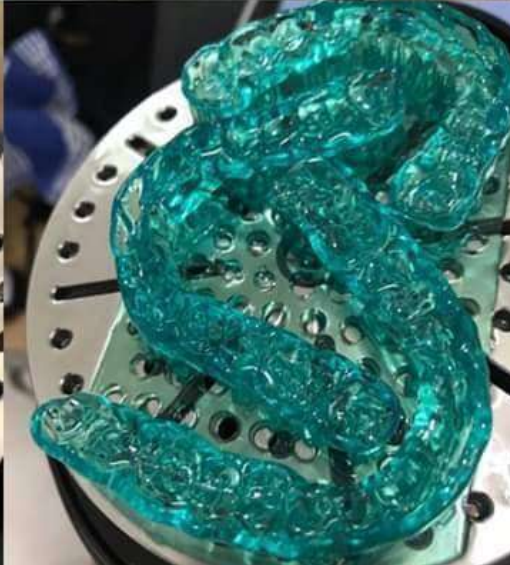
## 8. Gutiere / Splint



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint



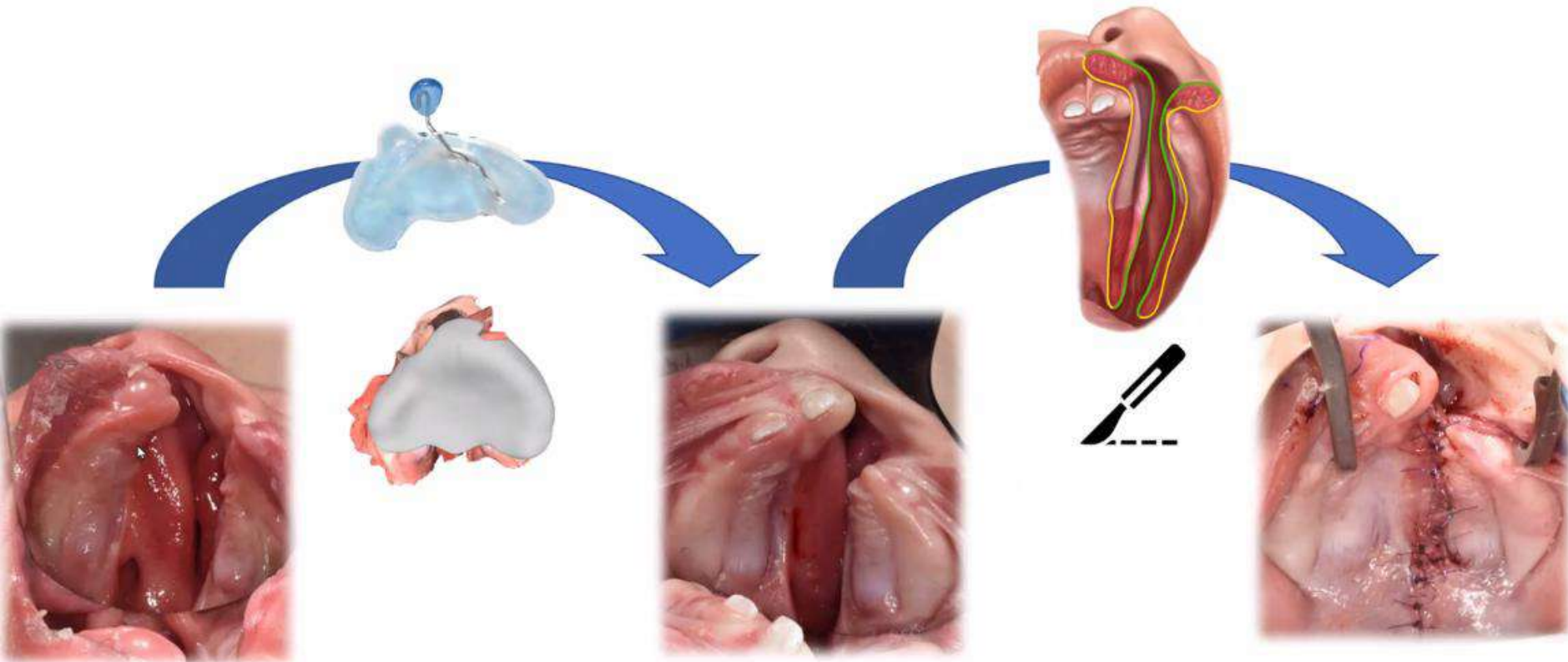
# Aplicații ale **polimerizării în cuvă**



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

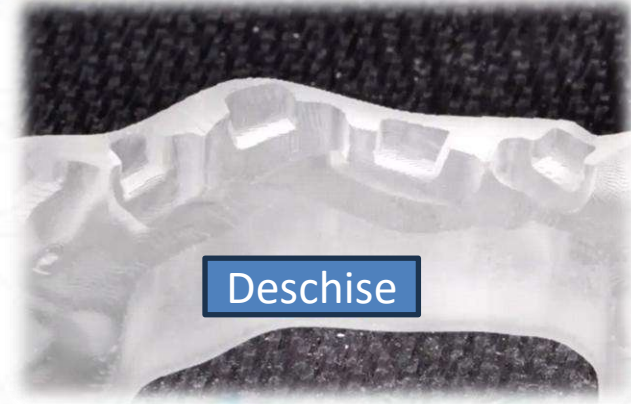
## 8. Gutiere / Splint

Plăci de hrănire/terapie pentru despicătura labio-maxilo-palatină



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 9. Gutiere colare indirectă



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 10. Proteze totale



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 10. Proteze totale

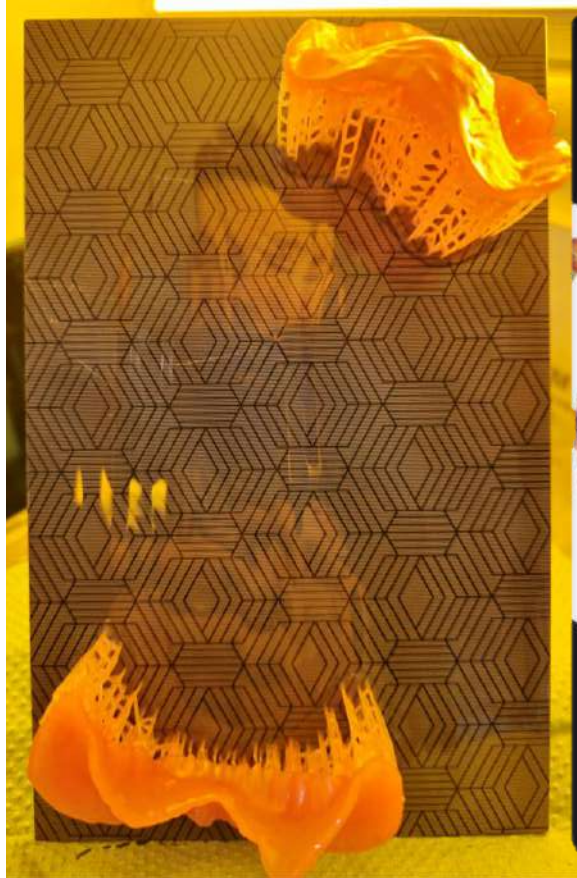


Try in dentures

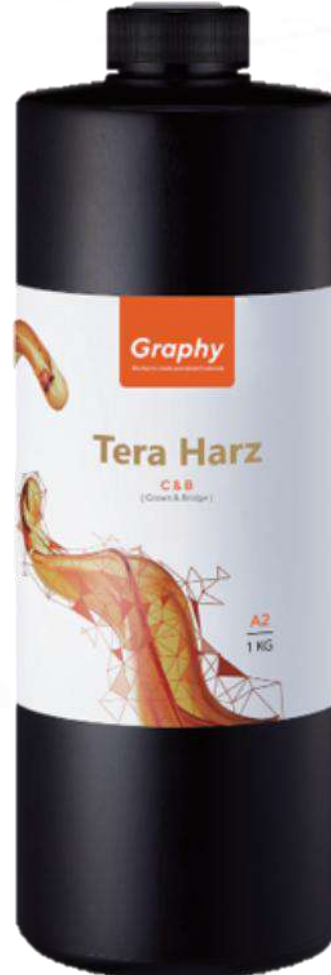
# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 10. Proteze totale



THD



TC 80 DP



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

Gutiere pentru chirurgia ortognatică

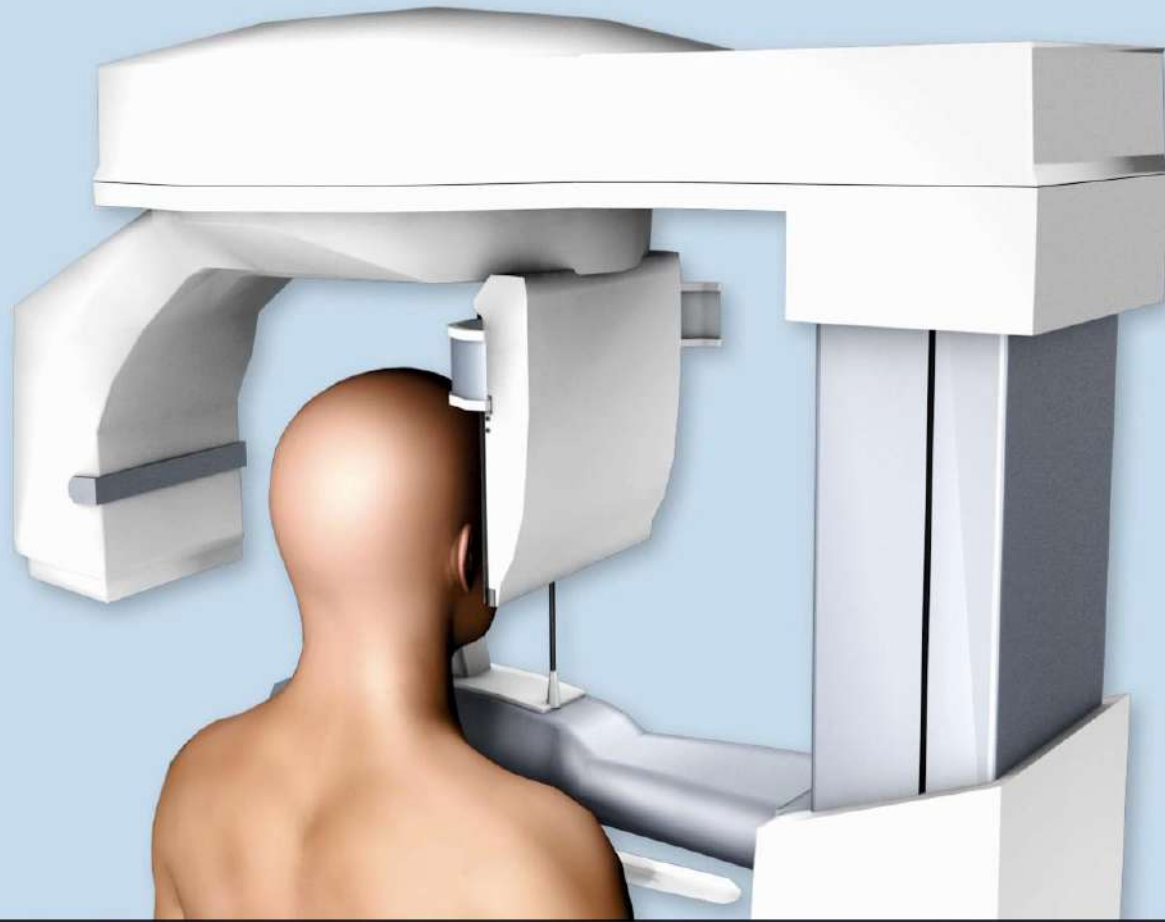


# Aplicații ale polimerizării în cuvă



8. Gutiere / Splint

Gutiere pentru chirurgia ortognatică



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

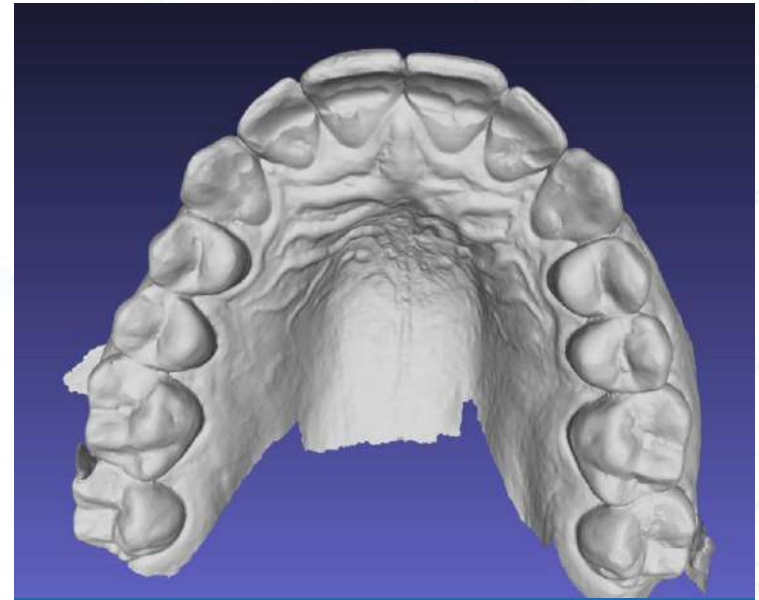


## 8. Gutiere / Splint

Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Scanare intraorală



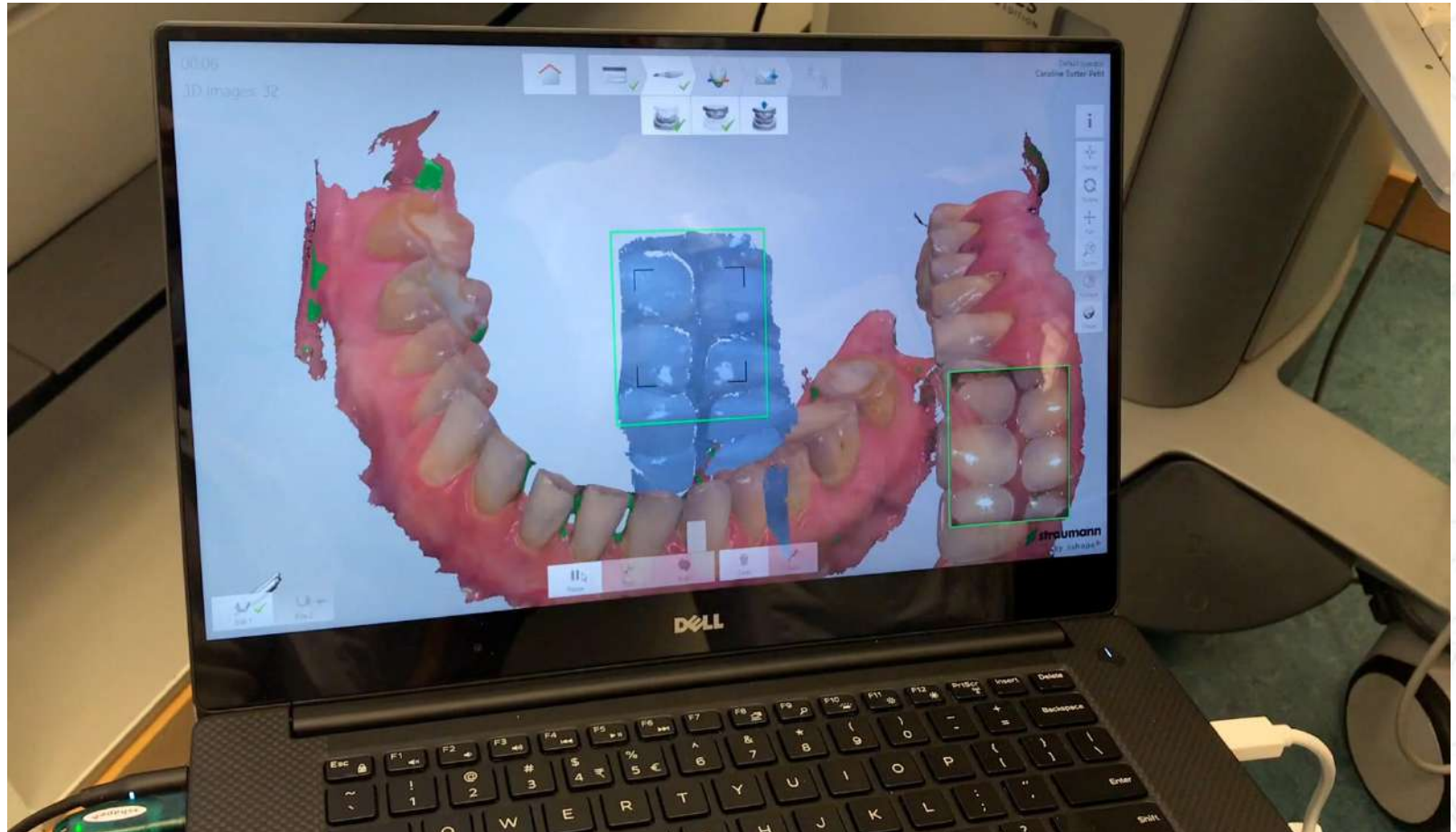
Modelele digitale

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică

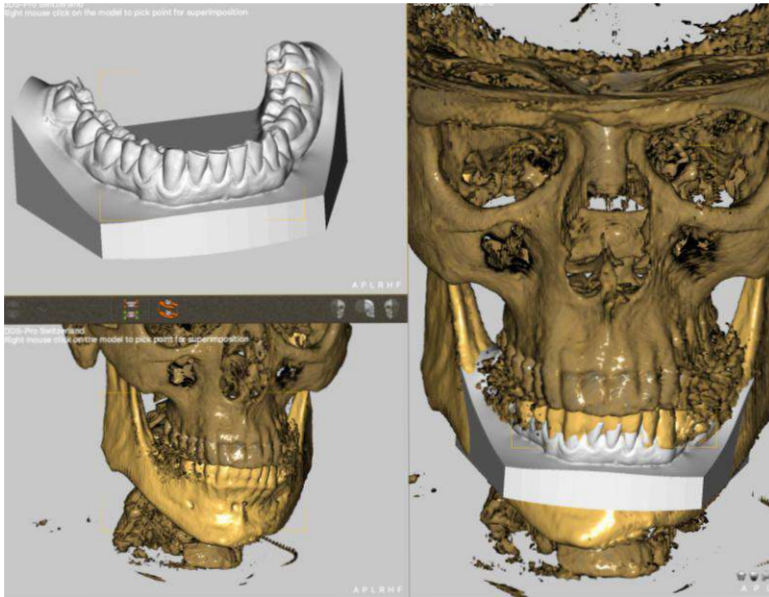


# Aplicații ale polimerizării în cuvă

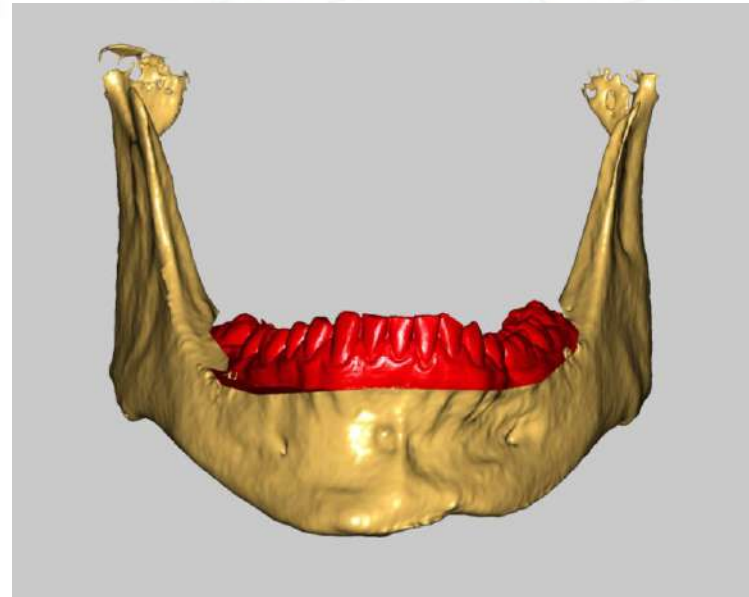


## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Suprapunere CBCT / modele digitale



Modelele multi-modale

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Scanare faciala



Scanner facial compact

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

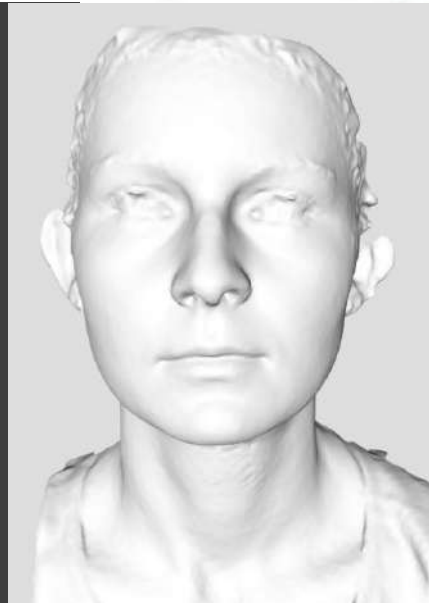


## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Scanare faciala / simulare chirurgicala



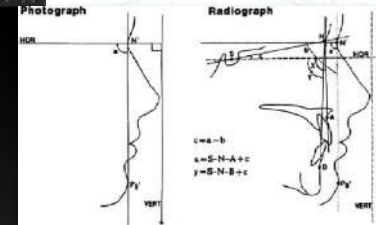
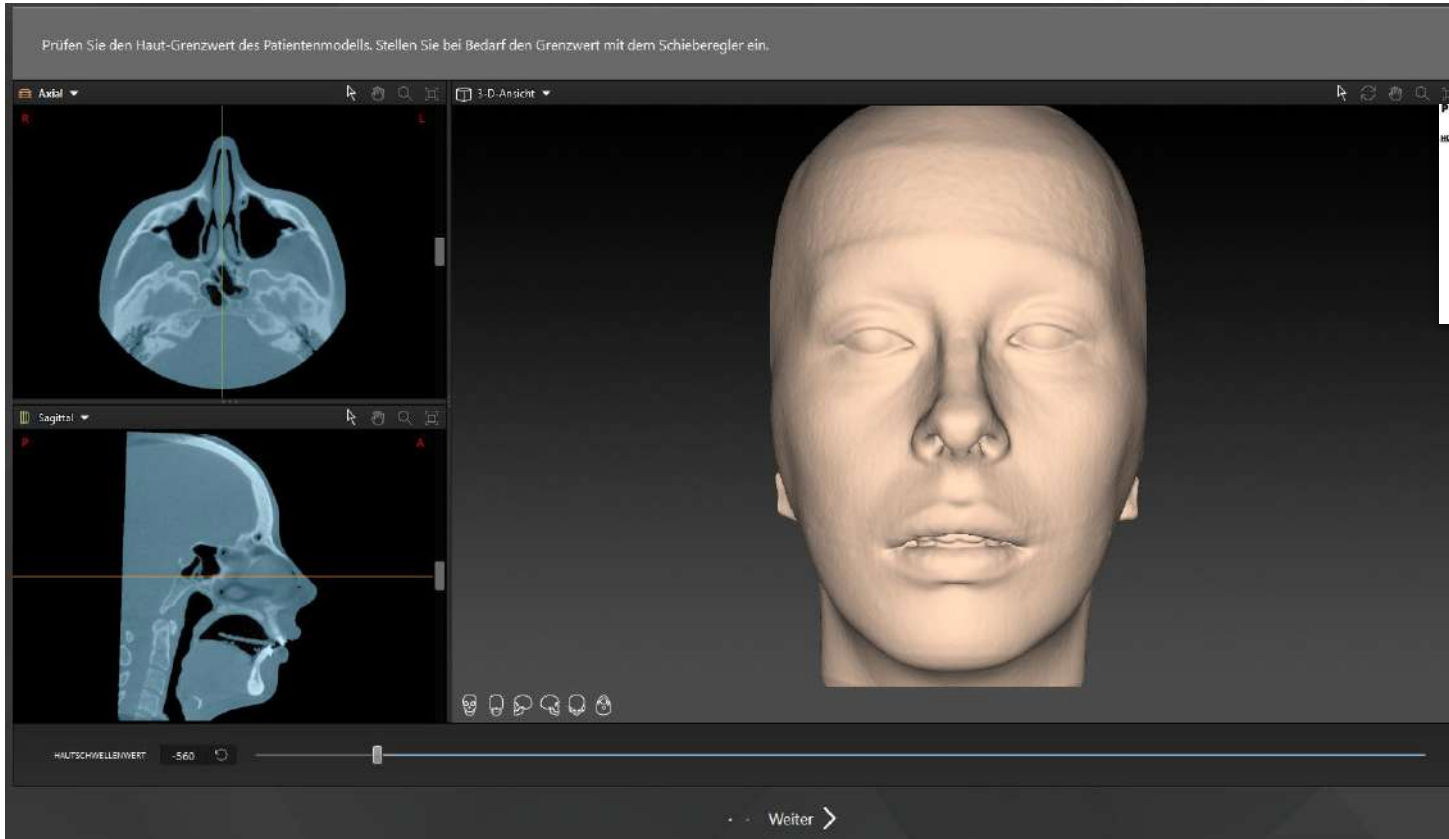
3D-scanner entry-level (iPad-Addon)

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

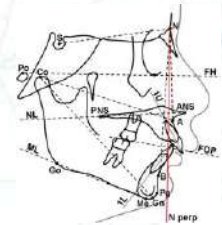


## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Fredrik Lundström, Anders Lundström,  
Natural head position as a basis for cephalometric analysis,  
American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics,  
Volume 101, Issue 3,  
1992,  
Pages 244-247,  
ISSN 0889-5406,



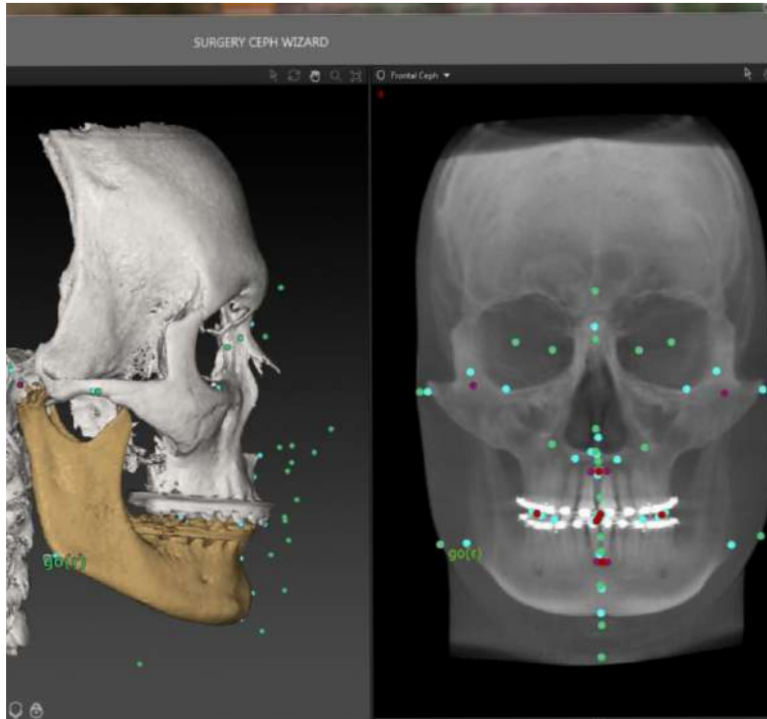
< image: IPS / KLS Martin

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

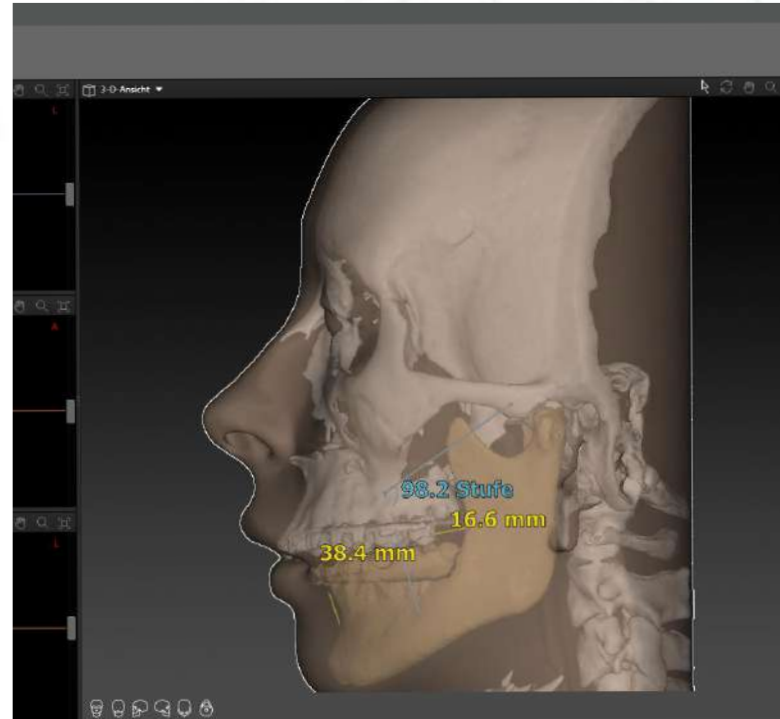


## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Analiza cefalometrica



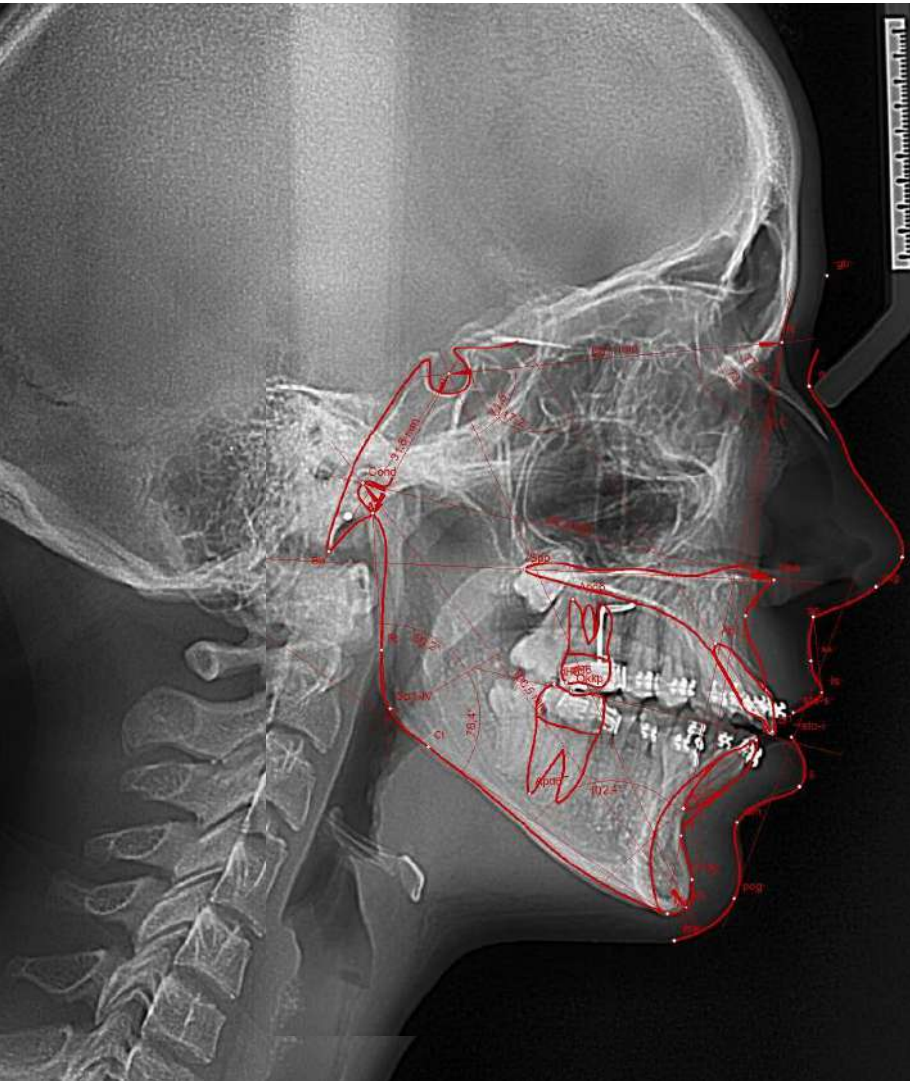
Analiza 2D / 3D

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Variable	Norm	Auswertung 25.03.2019	Differenz	Standardabweichung					vertikale Einschätzung					
				5	4	3	2	1		0	1	2	3	4
SNA Winkel	82,0±3,0°	77,2°	-4,8°											
SNB Winkel	79,0±3,0°	73,1°	-5,9°											
ANB Winkel	3,0±3,0°	4,1°	+1,1°											
Oberer KBW	7,0±3,0°	7,9°	+0,9°											
Unterer KBW	24,0±5,0°	34,0°	+10,0°											
Unterer KBW für IV	26,0±5,0°	32,4°	+6,4°											N-positiv. Ziffer 209 ?
Totaler KBW	31,0±5,0°	41,9°	+10,9°											
Y-Achse	66,0±3,0°	71,5°	+5,5°											
%-Jarabak	63,0±3,0%	59,9%	-3,1%											
Harold Differenz	25,0±3,0 mm	22,2 mm	-2,8 mm											
OKklusurlebene	16,0±3,0°	18,7°	+2,7°											
OK1 Inklination	103,0±4,0°	117,2°	+14,2°											
UK1 Inklination	93,0±4,0°	102,4°	+9,4°											
Interzisal Winkel	131,0±6,0°	100,1°	-30,9°											
Holdaway	0,0±3,0 mm	7,2 mm	+7,2 mm											
Ricketts	22,0°	35,6°	+13,6°											15°-35°
Vordere Schädelbasis	71,0±3,0 mm	66,7 mm	-4,3 mm											
Hint. Schädelbasis	32,0±3,0 mm	31,8 mm	-0,2 mm											
Ar-Go	44,0±5,0 mm	41,0 mm	-3,0 mm											
Go-Me	71,0±5,0 mm	69,1 mm	-1,9 mm											
NSAr Winkel	123,0±5,0°	124,2°	+1,2°											
SArGo (Gonionprm)	143,0±6,0°	147,5°	+4,5°											
Gonion Winkel	130,0±7,0°	128,0°	-1,4°											
Gonion Winkel sup.	50,0±2,0°	50,2°	+0,2°											
Gonion Winkel inf.	72,0±2,0°	78,4°	+6,4°											
Nasolabial Winkel	112,0±7,0°	109,9°	-2,1°											
S-Line-UL	0,0±2,0 mm	2,1 mm	+2,1 mm											
S-Line-LL	0,0±2,0 mm	4,6 mm	+4,6 mm											
Facial Komexität	12,0±4,0°	13,5°	+1,5°											
OK1 Exposition	3,0±1,5 mm	4,5 mm	+1,5 mm											
Overbite	2,5±1,5 mm	-2,6 mm	-5,1 mm											
Overjet	2,0±1,0 mm	2,6 mm	+0,6 mm											

Bei Ziffern den 209 und 210 GbV unbedingt  
dentale Bedingungen und Kombinationen beachten.

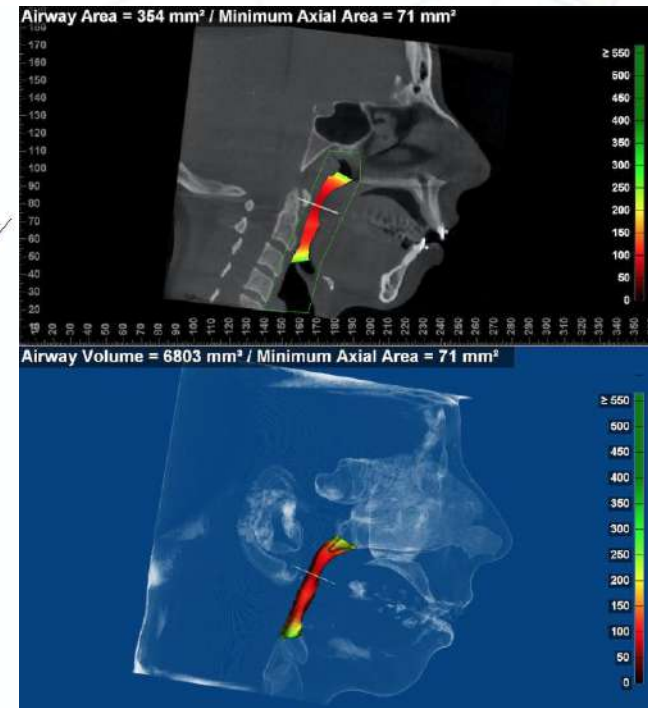
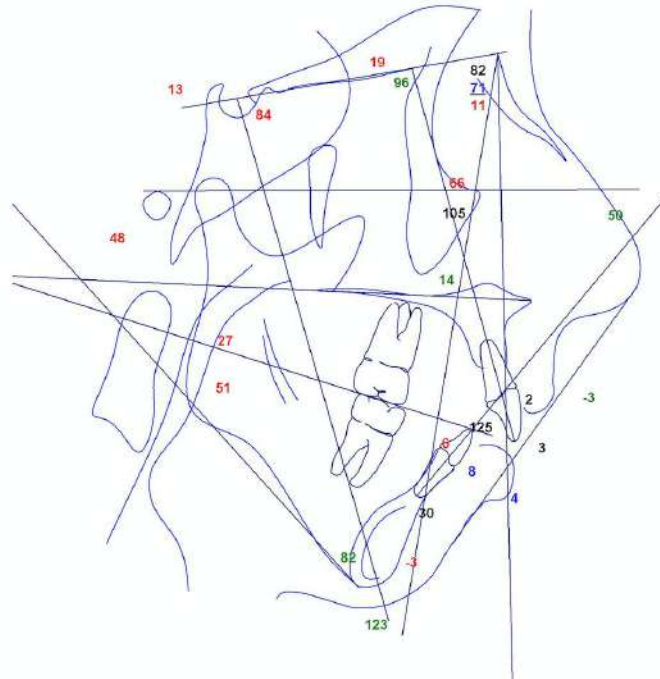
# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică

SHA (°)	81.6	82.0	3.5	-0.1
SMB (°)	70.9	80.9	3.4	-2.9 **
AMB (°)	10.7	1.6	1.5	6.0 *****
SND (°)	66.2	80.0	3.0	-4.6 ****
UI - NA (mm)	1.7	4.3	2.7	-1.0 *
UI - NA (°)	14.1	22.8	5.7	-1.5 **
LI - NB (mm)	7.9	4.0	1.8	2.2 **
LI - NB (°)	30.5	25.3	6.0	0.9
Pos - NB (mm)	-3.1	2.4	1.7	-3.3 ***
Pos & LI - NB Diff (mm)	11.1	2.6	1.7	5.0 *****
Interincisal Angle (UI-L1) (°)	124.8	130.0	6.0	-0.9
Occ Plane to SN (°)	27.4	14.4	2.5	5.2 *****
SH - GoGn (°)	51.4	32.9	5.2	3.6 ****
S-L (mm)	19.4	51.0	3.0	-10.5 *****
S-E (mm)	12.7	22.0	3.0	-3.1 ***
FMA (MP-FH) (°)	48.1	23.9	4.5	5.8 *****
IMPA (LI-MP) (°)	81.8	95.0	7.0	-1.9 *
FMA (LI-FH) (°)	50.0	64.8	8.5	-1.7 *
Y-Axis (SGn-SN) (°)	83.6	67.0	5.5	3.0 ***
UI - SN (°)	95.6	102.8	5.5	-1.3 *
L1 Protrusion (LI-Ape) (mm)	2.7	2.7	1.7	0.0
Y-Axis Length (mm)	123.4	131.0	6.0	-1.3 *
Upper Lip to E-Plane (mm)	-2.9	-6.0	2.0	1.6 *
Lower Lip to E-Plane (mm)	3.5	-2.0	2.0	2.8 **
Wits Appraisal (mm)	5.8	-1.0	1.0	6.8 *****
UI - FH (°)	105.2	111.0	6.0	-1.0 *
LFH (ANS-Me    FH) (°)	53.5	54.0	5.0	0.1
UFH (Na-ANS) (%)	46.5	46.0	5.0	0.1

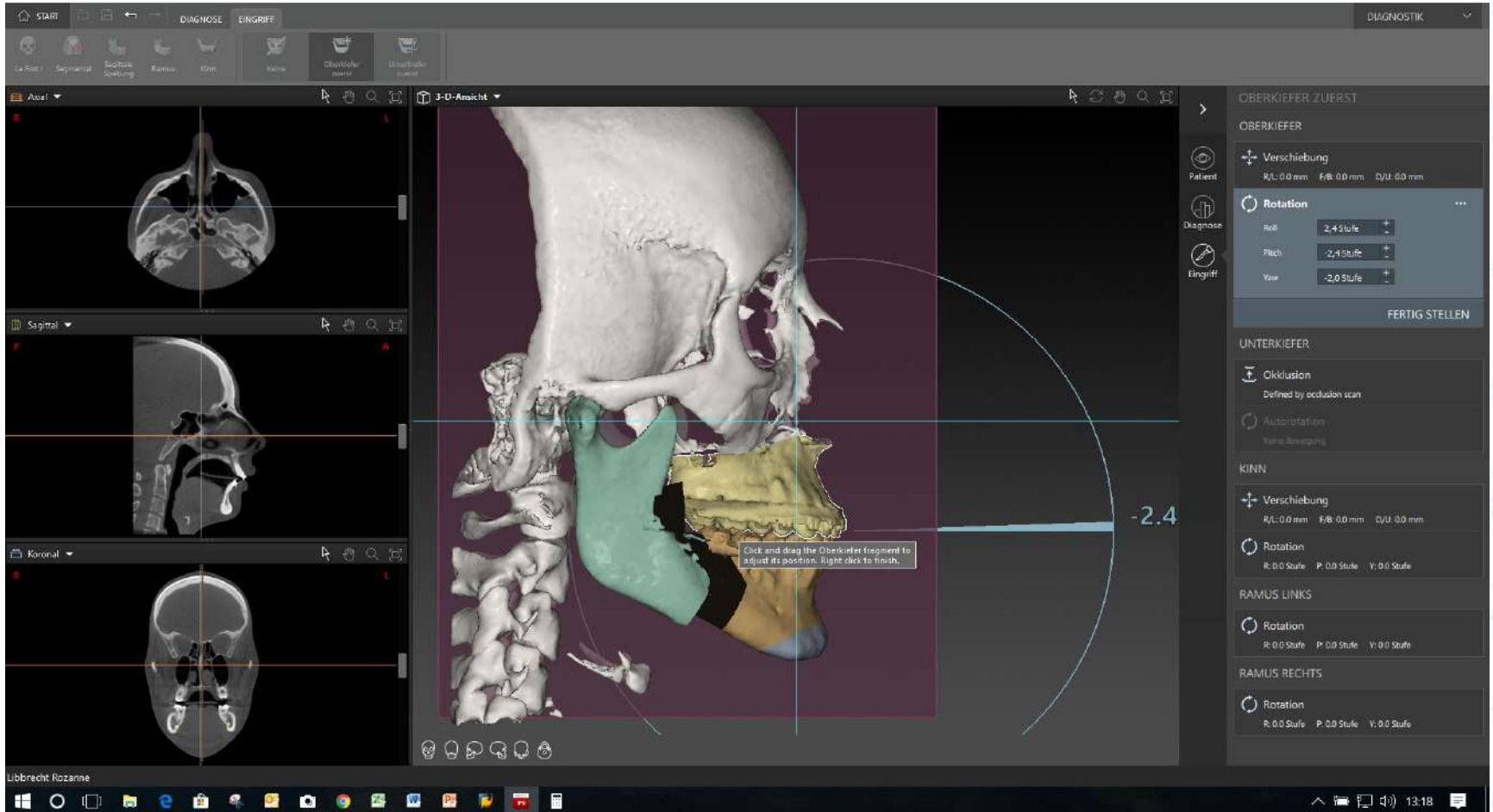


# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică

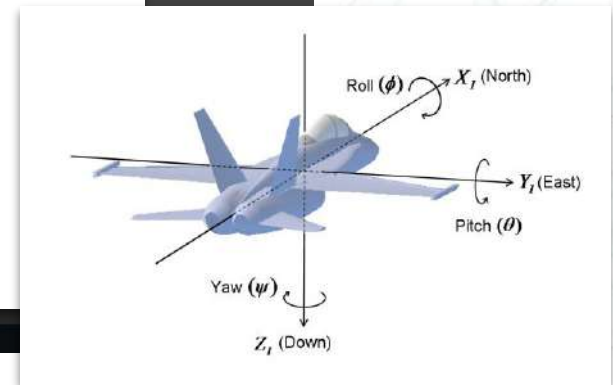
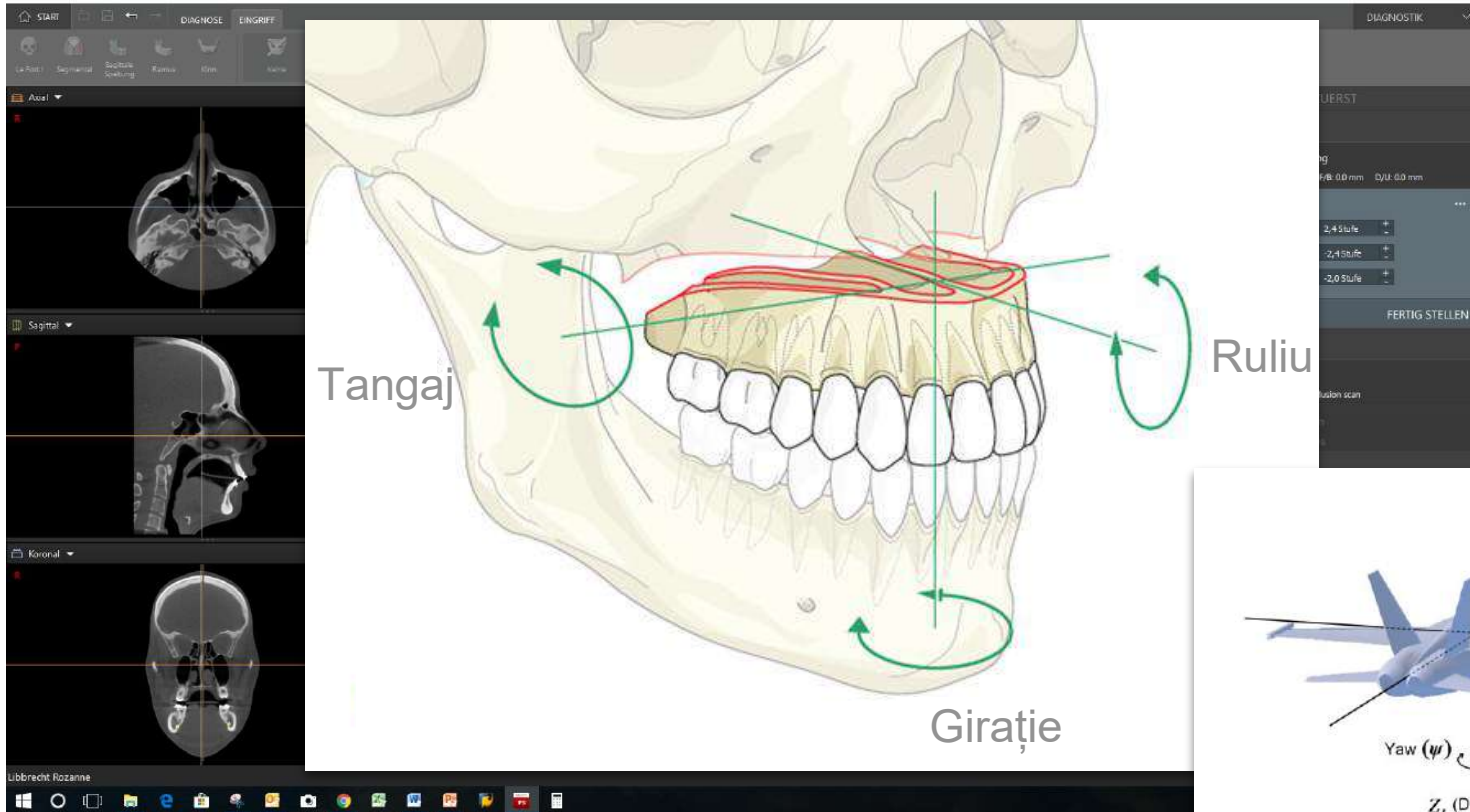


# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

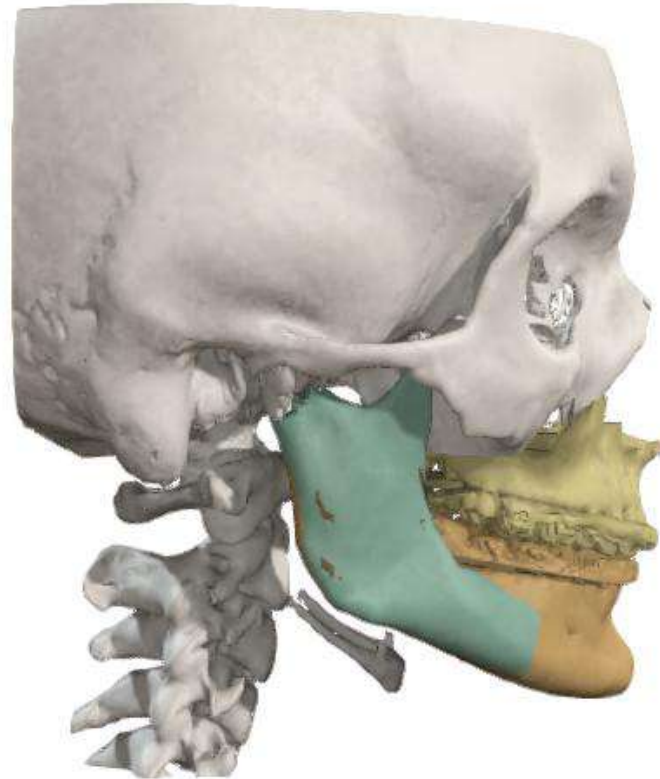
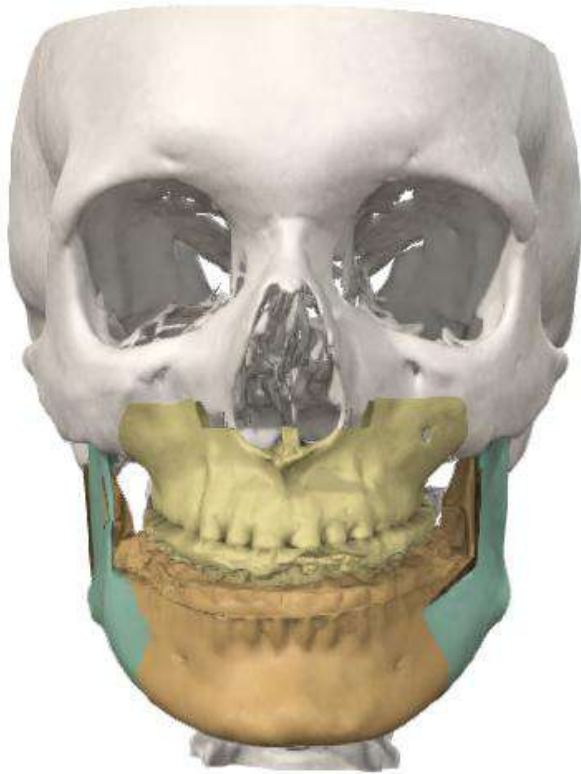
### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



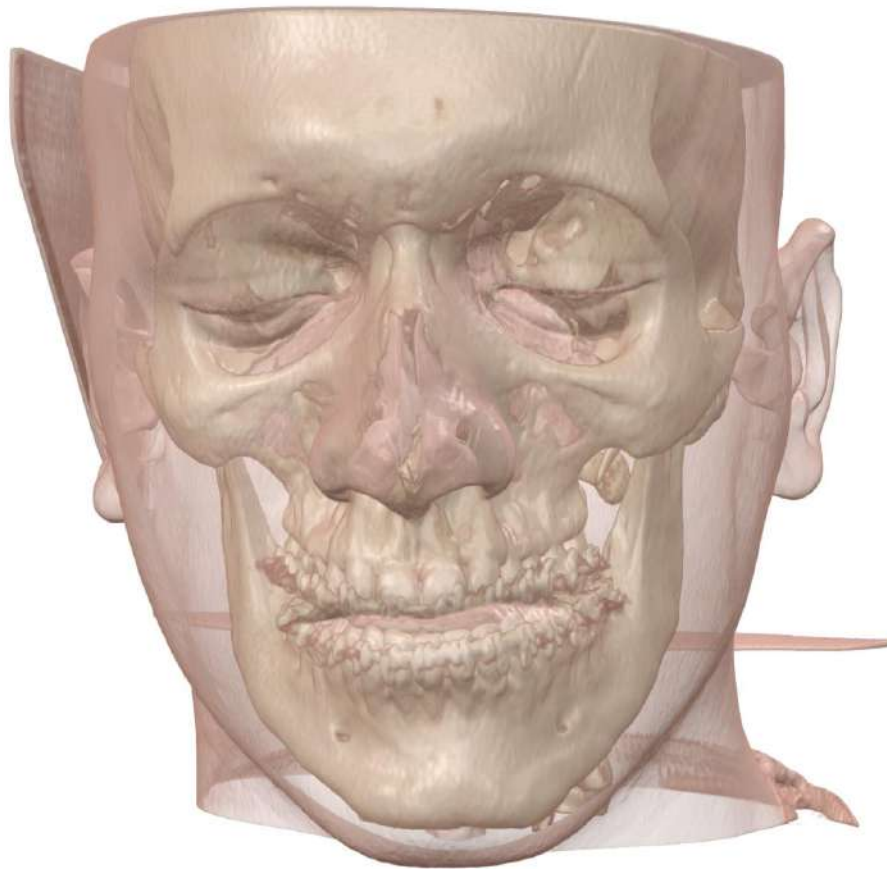
Plan chirurgical: Le Fort I modificat cu 6mm avansare și 3mm impactare posterioară

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică

Simularea tesuturilor moi prin planificare 3D

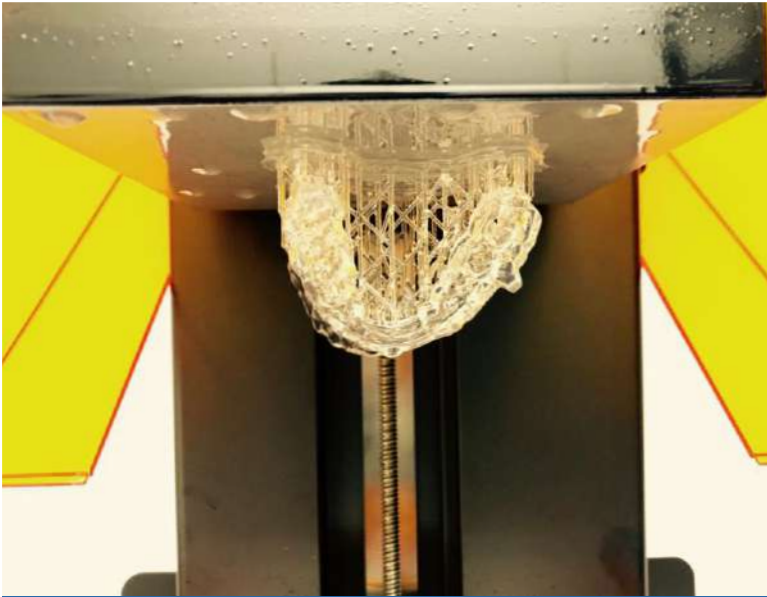


# Aplicații ale polimerizării în cuvă

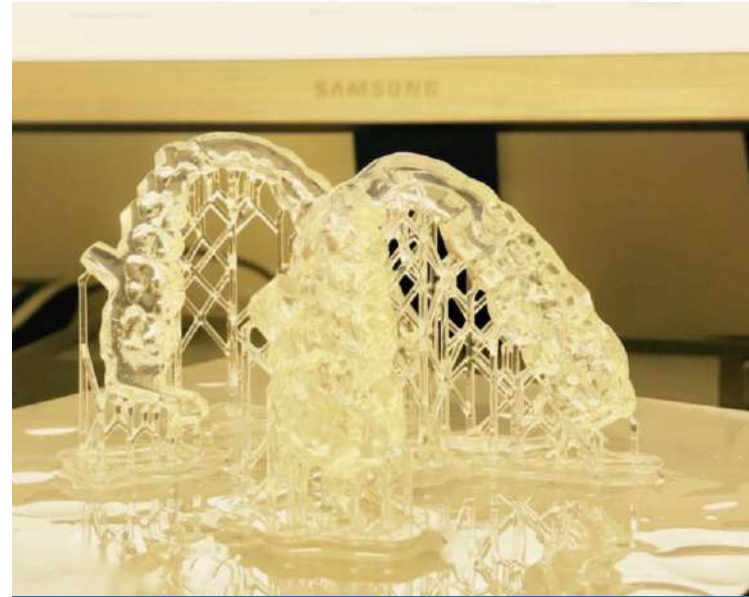


## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Imprimarea 3D SLA



Structurile de suport

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



Rezultatul final



Adaptare intraorală

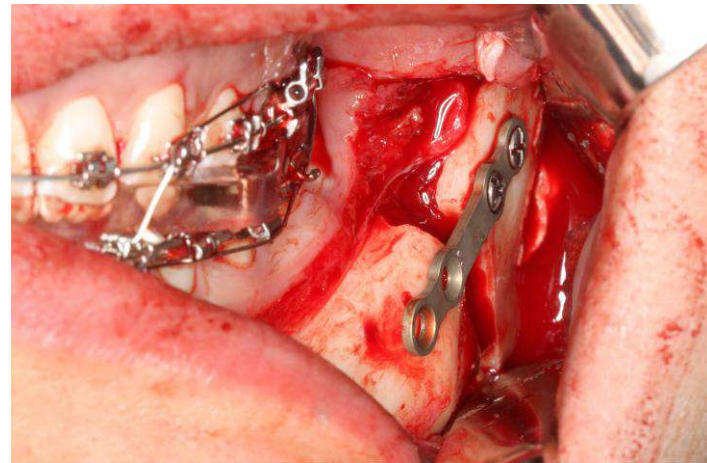
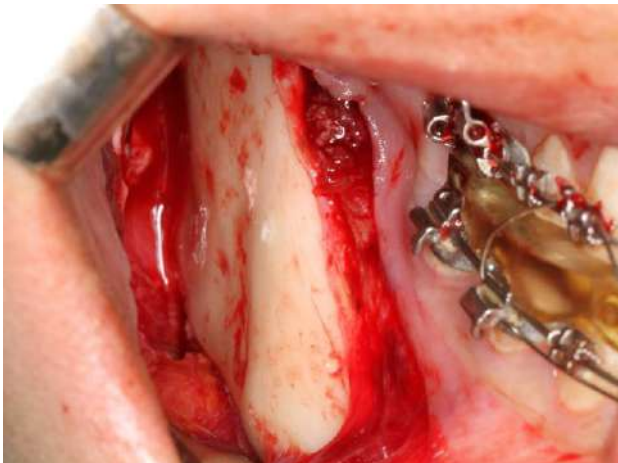


# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Gutiere pentru chirurgia ortognatică



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Ghid pentru poziționarea implantelor

#### Rășina pentru șabloane chirurgicale:

- rășină biocompatibilă clasa 1 autoclavabilă
- Dental SG este proiectată pentru tipărirea unor ghidaje chirurgicale precise și a unor dispozitive similare.
- Poate fi utilizată în cavitatea bucala un timp foarte redus



Printat



Post-Polimerizare



Finisare



Asamblare



Sterilizare

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Ghid pentru poziționarea implantelor

Pacienta A.I., 26 ani, anodonție de Incisiv Lateral Maxilar- 1.2

Post-tratament ortodontic și protetic provizoriu

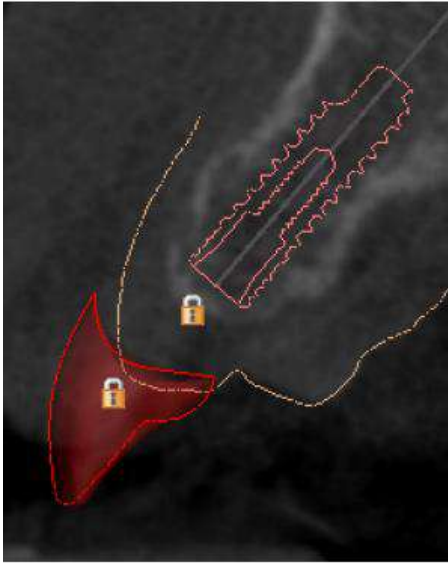


# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Ghid pentru poziționarea implantelor



**Examinare CBCT-** lamela osoasă de 5-6 mm

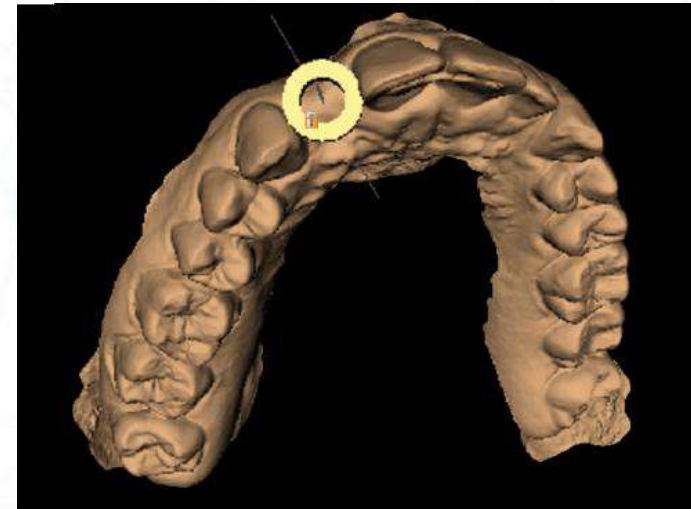
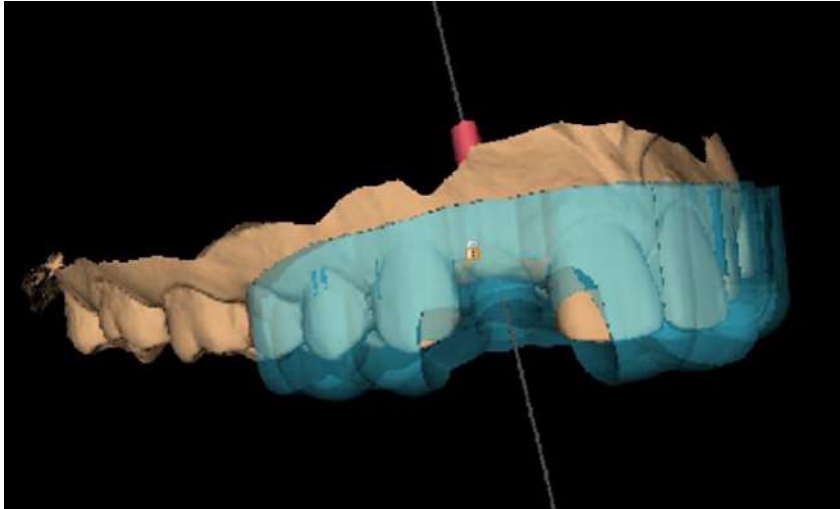
Necesita gutiera chirurgicala pt. pozitionare implant

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 8. Gutiere / Splint

### Ghid pentru poziționarea implantelor



Planificarea- software Blue Sky Bio  
Implant Zimmer Eztetic Ø3.1 mm  
Scanare intraorală- CEREC Omnicam  
Imprimare 3D- Formlabs Form 2, rasina Dental SG



Printat



Post-Polimerizare



Finisare



Asamblare



Sterilizare

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 8. Gutiere / Splint

### Ghid pentru poziționarea implantelor



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 9. Gutiere pt. colarea indirectă



> *Angle Orthod.* 2020 Jan;90(1):92-99. doi: 10.2319/030919-176.1. Epub 2019 Aug 14.

### Reproducibility of digital indirect bonding technique using three-dimensional (3D) models and 3D-printed transfer trays

Maria Eduarda Assad Duarte, Bruno Frazão Gribel, Alice Spitz, Flavia Artese, José Augusto Mendes Miguel

**Materials and methods:** Digital indirect bonding was performed by positioning brackets on digital models superimposed by tomography using Ortho Analyzer (3Shape) software. Thirty-three orthodontists performed indirect bonding on prototyped models of the same malocclusion using prototyped transfer trays for two types of brackets (MiniSprint Roth and BioQuick self-ligating). The models with brackets were scanned using an intraoral scanner (Trios, 3Shape). Superimpositions were made between the digital models obtained after indirect bonding and those from the original virtual setup.

**Conclusions:** The reproducibility of digital indirect bonding was confirmed in terms of bracket positions using three-dimensional printed transfer trays.



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 10. Proteze mobile (PT, PP)



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 11. Portamprente individuale



> *Dent Mater.* 2020 Jul;36(7):e241-e254. doi: 10.1016/j.j.dental.2020.04.015. Epub 2020 May 23.

### Peel bond strength between 3D printing tray materials and elastomeric impression/adhesive systems: A laboratory study

Y Xu <sup>1</sup>, F Huettig <sup>2</sup>, C Schille <sup>3</sup>, E Schweizer <sup>3</sup>, J Geis-Gerstorfer <sup>3</sup>, S Spintzyk <sup>3</sup>

**Methods:** Test blocks were 3D printed by three different technologies using Dental LT, FREEPRINT tray, and polylactide (PLA) tray materials. The reference test blocks were conventionally fabricated with Zeta Tray LC, a light-curing resin. The surface topographies of the four tray materials were investigated by scanning electron microscopy (SEM) analyses and roughness measurements. The peel bond strength between the four tray materials and three impression/adhesive systems, vinylsiloxanether (VSXE), vinyl polysiloxane (VPS), and polyether (PE), was measured (n=12 per group). The peeling failure modes and rupture sites were identified microscopically.

**Significance:** The 3D printed tray materials can achieve satisfactory chemical compatibility with the adhesives of VSXE, VPS, and PE. Surface topographies generated by the 3D printing technologies may affect bonding. Generally, 3D printed tray materials can provide clinically adequate bond strength with the elastomeric impression/adhesive systems. PLA is recommended for bonding with VPS when severe impression removal resistance is detected.

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



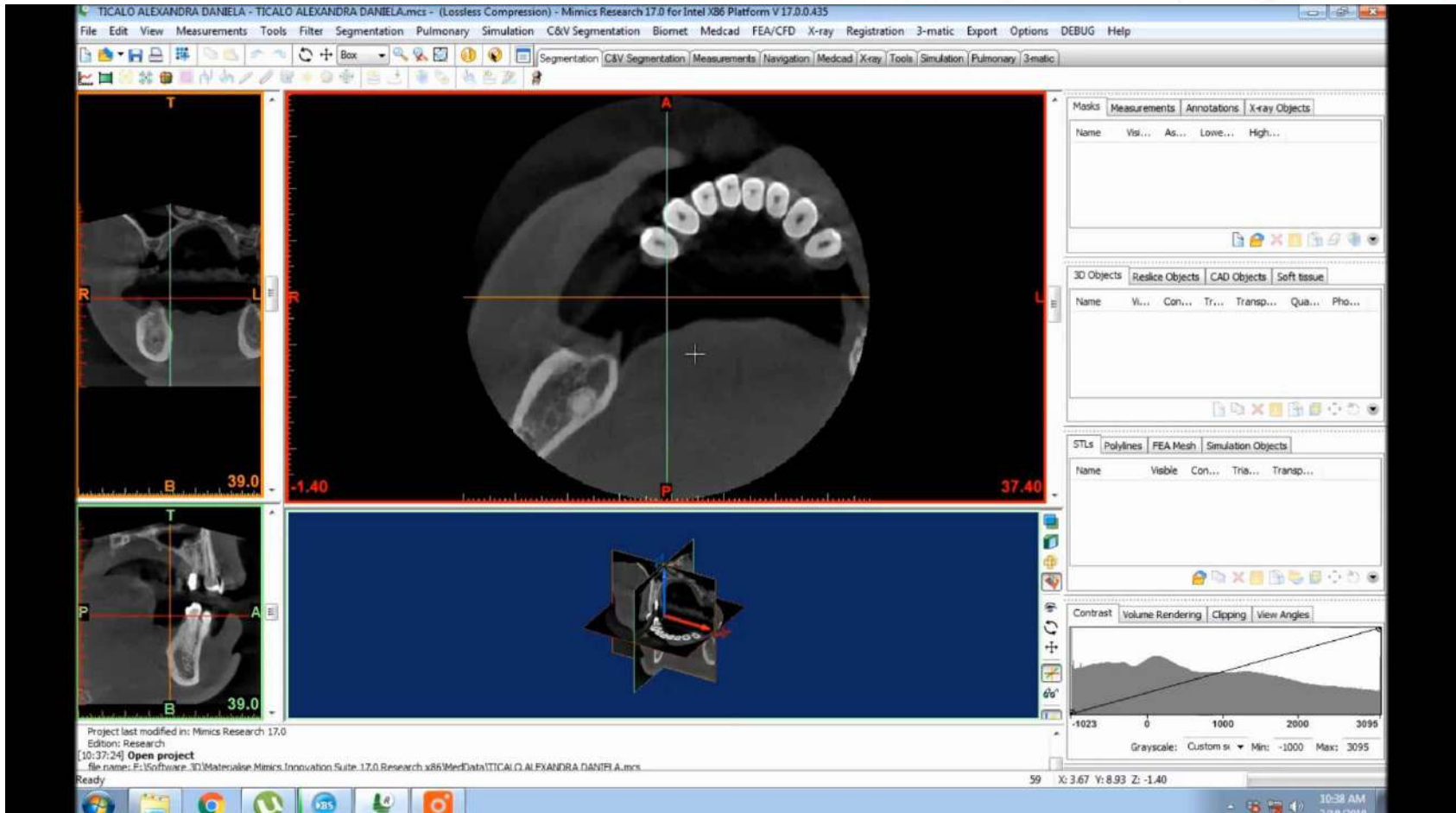
## 12. Replici anatomiche



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 12. Replici anatomiche



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 12. Replici anatomiche



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



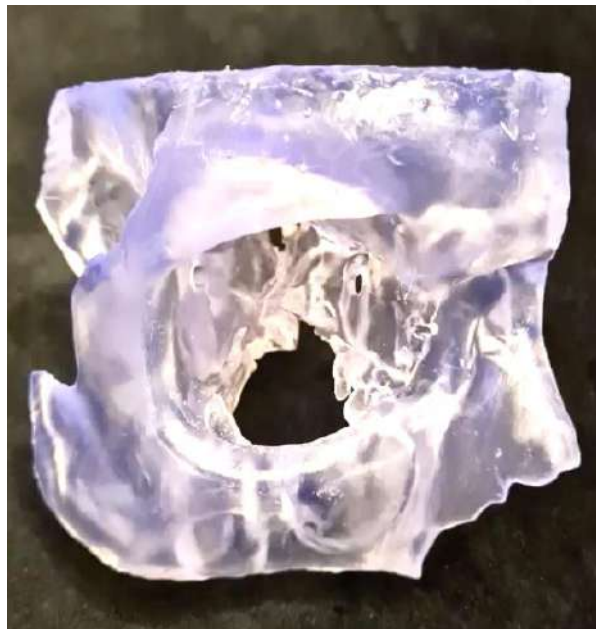
## 12. Replici anatomiche



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 12. Replici anatomiche

Modele de preîndoire pentru reconstrucția  
planșeul orbitei



# Aplicații ale polimerizării în cuvă



Modelul inițial



Model pt preîndoire



Model de verificare a grefei



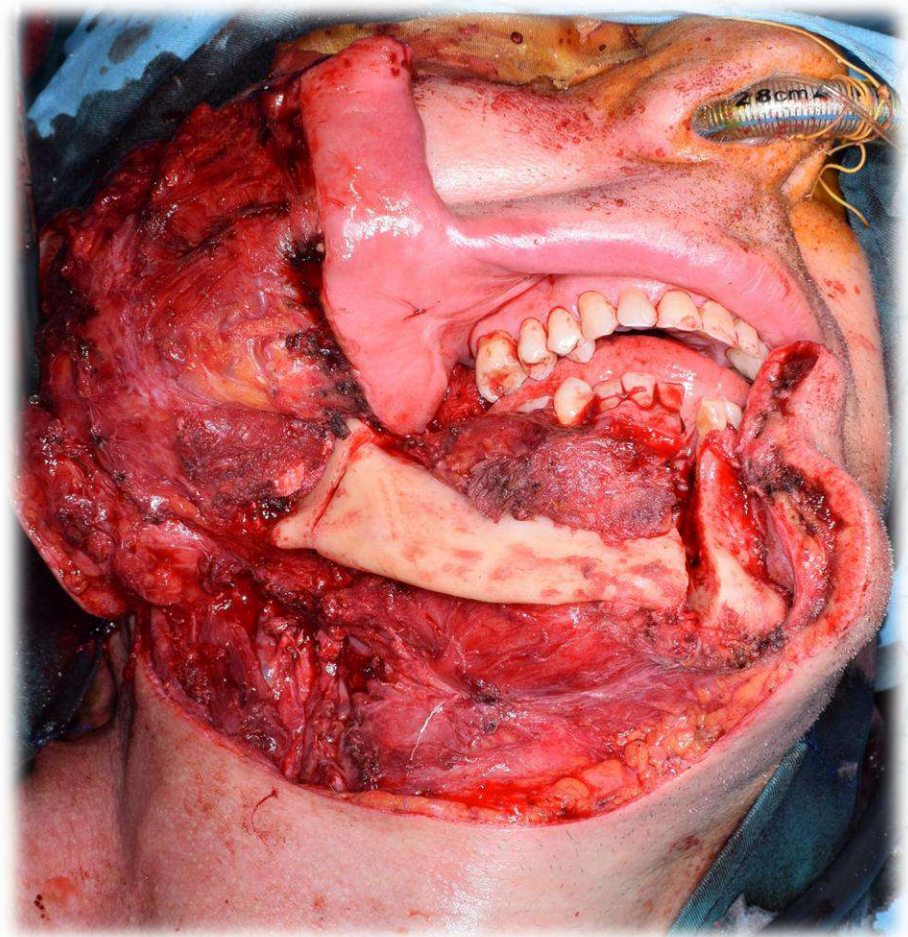
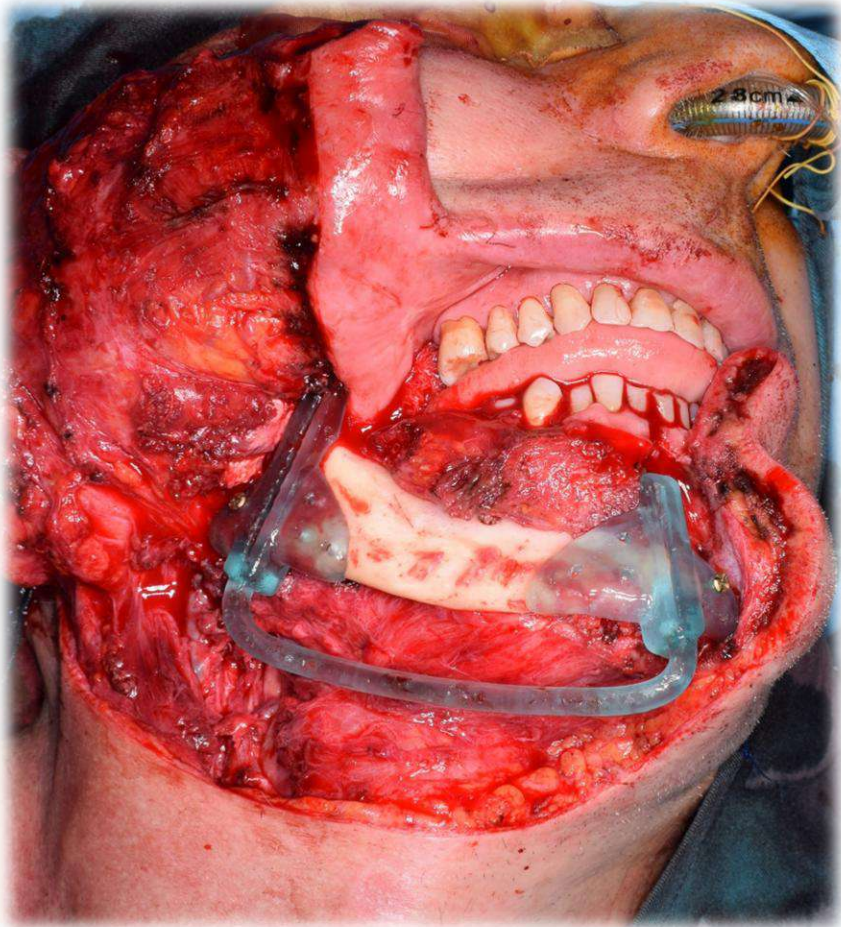
Ghiduri  
sectionare  
mandibula



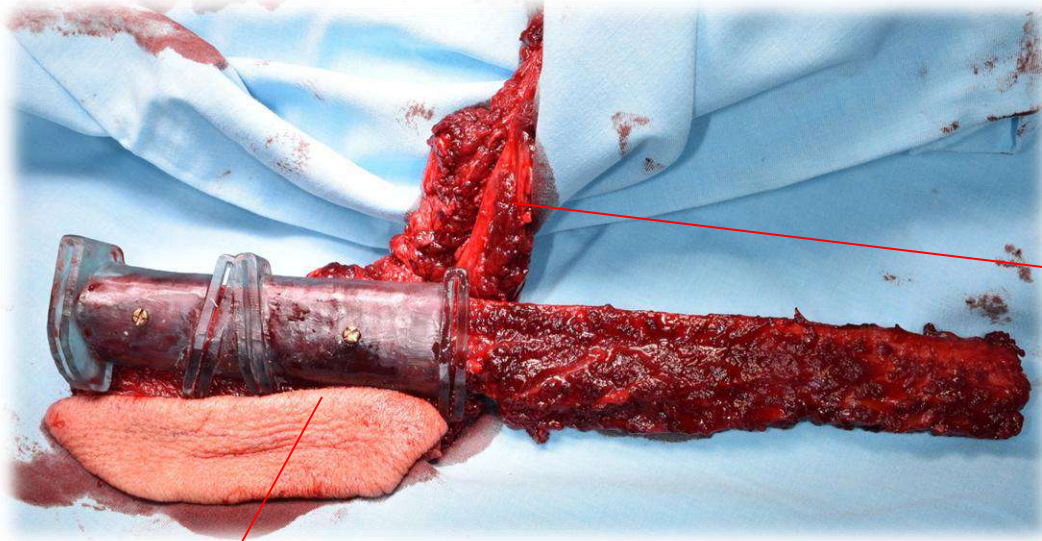
Ghid sectionare fibulă



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

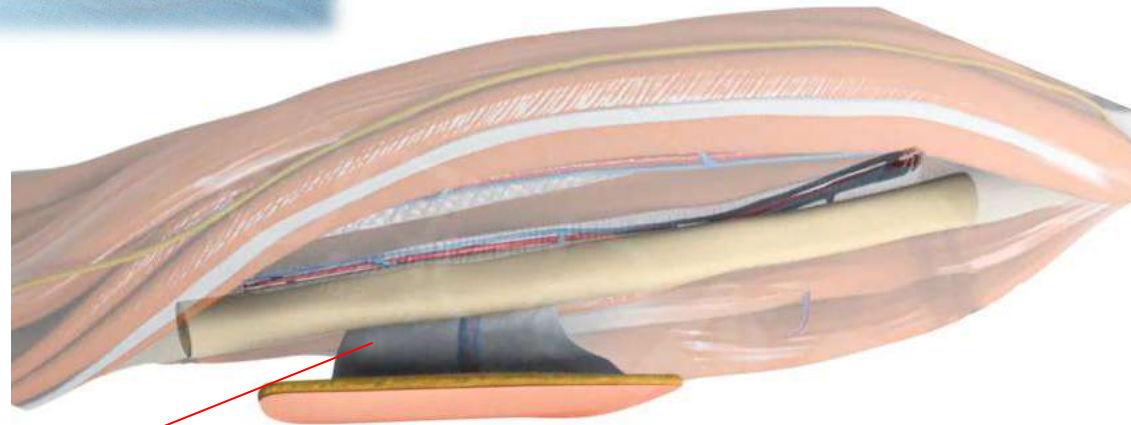


# Aplicații ale polimerizării în cuvă



Pachet vascular fibular

Septul intermuscular posterior



Septul intermuscular posterior

# Aplicații ale polimerizării în cuvă



## 13. Modele educaționale



> [Int Endod J. 2019 Jan;52\(1\):123-130. doi: 10.1111/iej.12964. Epub 2018 Jun 29.](#)

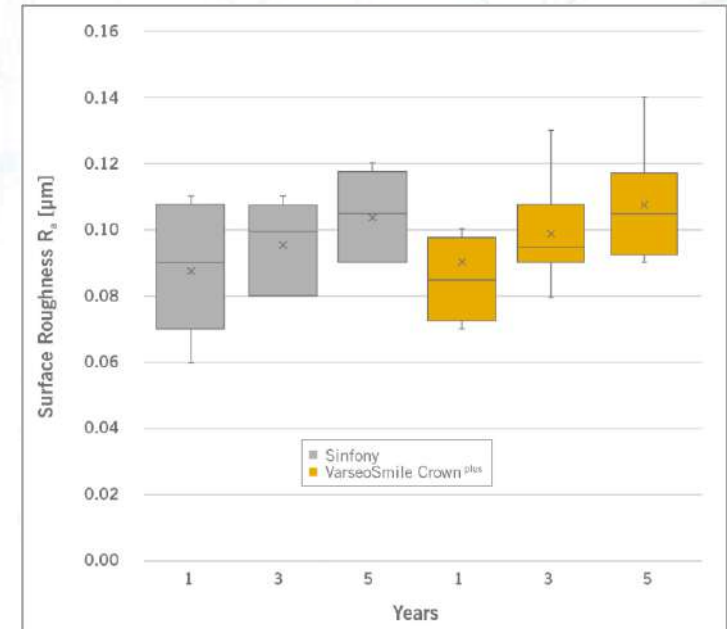
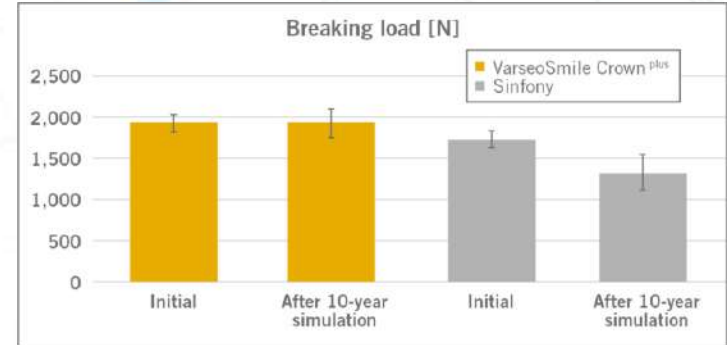
### 3D printed replicas for endodontic education

M Reymus<sup>1</sup>, C Fotiadou<sup>1</sup>, A Kessler<sup>1</sup>, K Heck<sup>1</sup>, R Hickel<sup>1</sup>, C Diegritz<sup>1</sup>

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

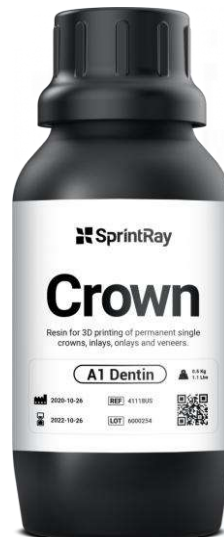
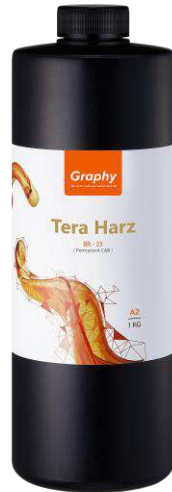


## 14. PFU/ PPF de lungă durată



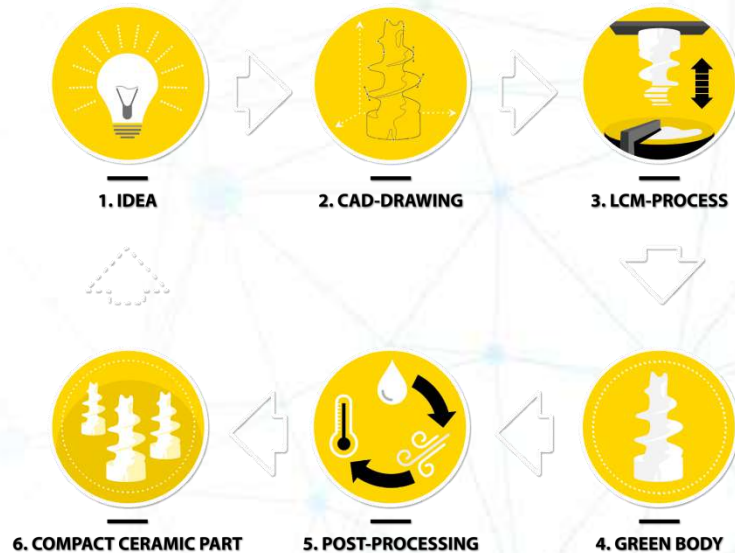
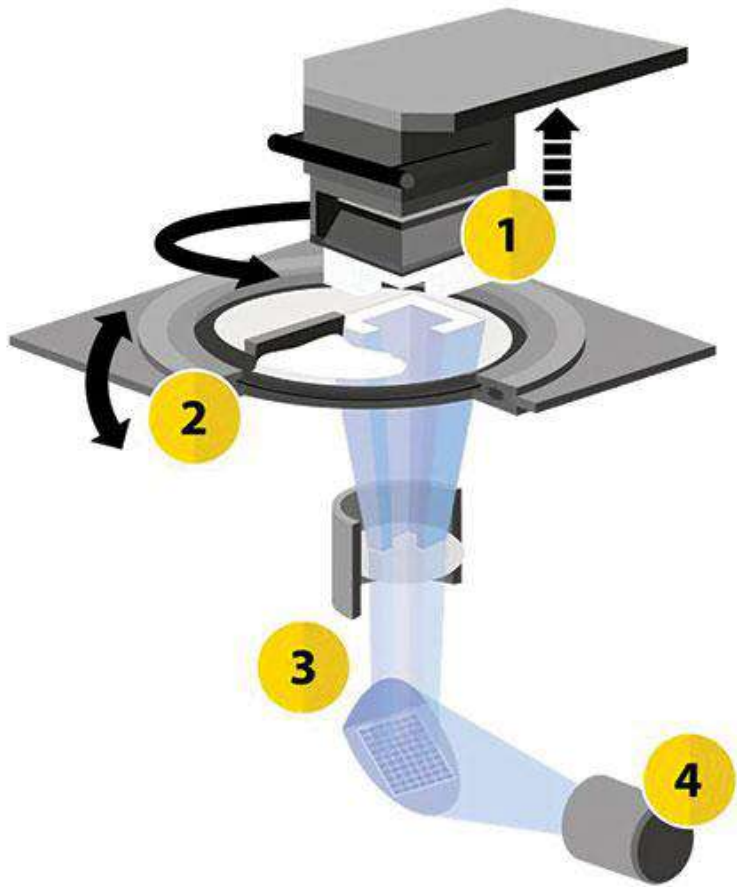
# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## 14. PFU/ PPF de lungă durată



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## LCM- Lithography-based Ceramic Manufacturing



Technical Properties	CeraFab 7500   Dental
Lateral resolution:	40 $\mu\text{m}$ (635 dpi)
Slice thickness:	10 – 100 $\mu\text{m}$
Number of pixels (X, Y):	1920 x 1080
Build envelope:	76 x 43 x 170 mm (x/y/z)
Data format:	.stl (binary)
Light source:	LED
Build speed:	Up to 100 layers per hour

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

LCM- Lithography-based Ceramic  
Manufacturing



## Material standard:

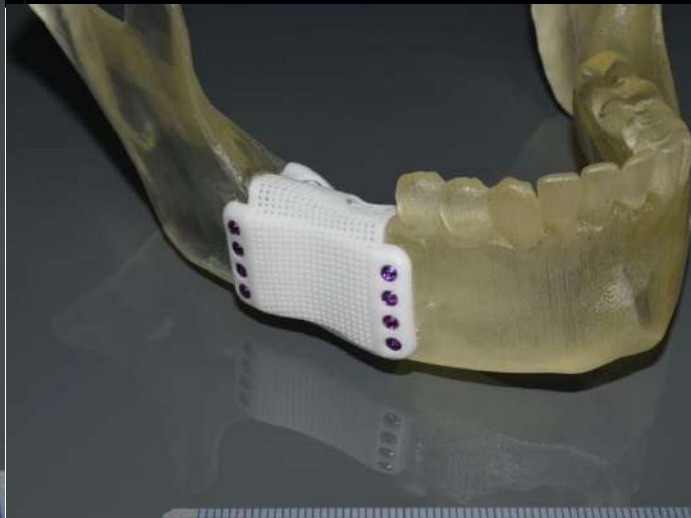
- Alumina
- Zirconiu
- Nitrură de siliciu
- Siliciu
- Fosfat tricalcic
- Hidroxiapatită

## Material experimentale:

- Biosticlă
- Fotopolimeri bioresorbabili
- Zirconiu+ alumina
- Alumina+ zirconia
- Titan

# Aplicații ale polimerizării în cuvă

LCM- Lithography-based Ceramic  
Manufacturing



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

LCM- Lithography-based Ceramic

Manufacturing



## Carcasa de suport:

- Oxid de zirconiu
- Șuruburi de titan anodizate
- Oferă stabilitate, rezistență și protecție pe perioada de osteogeneză (osteointegrare)

## Structura de tip "lattice" :

- Fosfat tricalcic (TCP)
- Înlocuiește grefa osoasă clasică
- Facilitează osteogeneza post-implantare și oferă suport pentru regenerare pe termen scurt
- Structura se reseoarbe



# Aplicații ale polimerizării în cuvă

## Imprimarea 3D a oxidului de Zr



AON3D



**Rășina de oxid de zirconiu**= combinație de particule de oxid de zirconiu cu polimeri fotopolimerizabili calcinabili (slurry= pastă vâscoasă)

**Debinding**= arderea compusilor organici a polimerilor fără fracturarea lucrării de zirconiu

**Colorarea**= se realizează cu coloranți convenționali pentru Zr presinterizat

Necesită un cuptor special cu funcție de ventilare și precizie mare la creșterea extrem de lentă a temperaturii

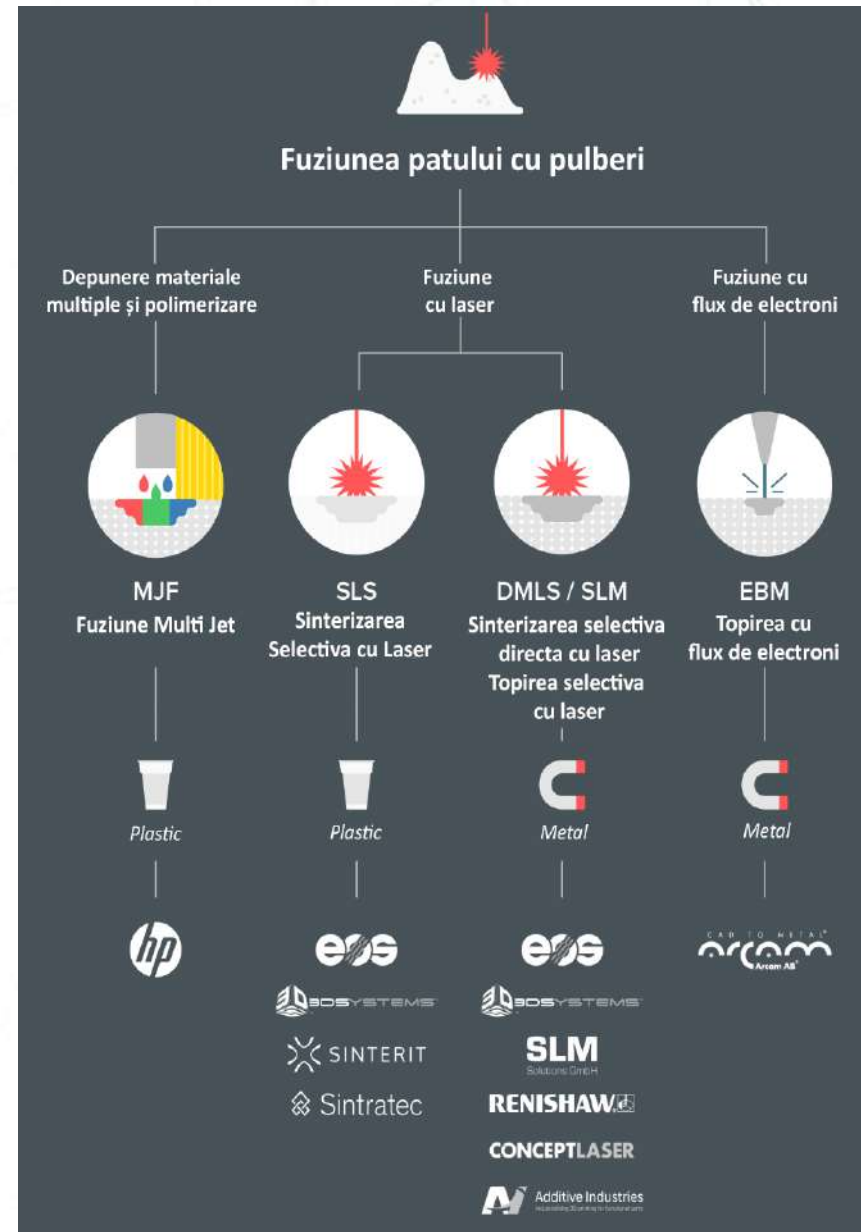


# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Fuziunea patului cu pulberi



**DEF:** procesul de manufacturare aditivă prin **energia termică** topește și leagă selectiv regiuni ale unui **pat de material** sub formă de **pulbere**



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Etape de lucru- MySint 100:



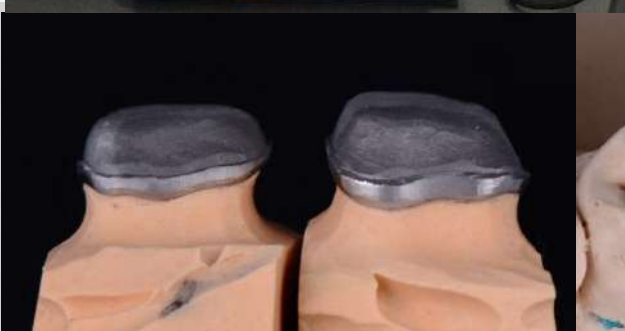
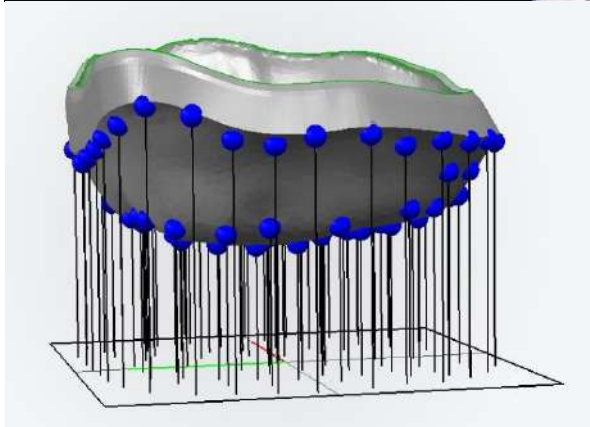
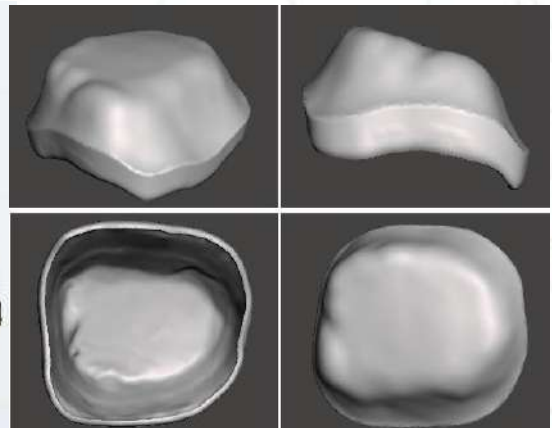
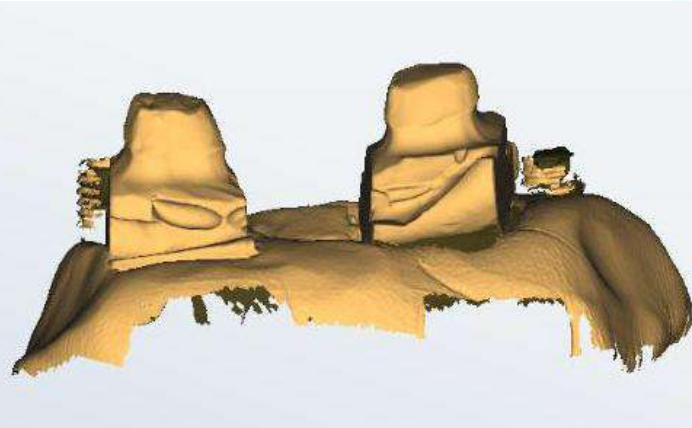
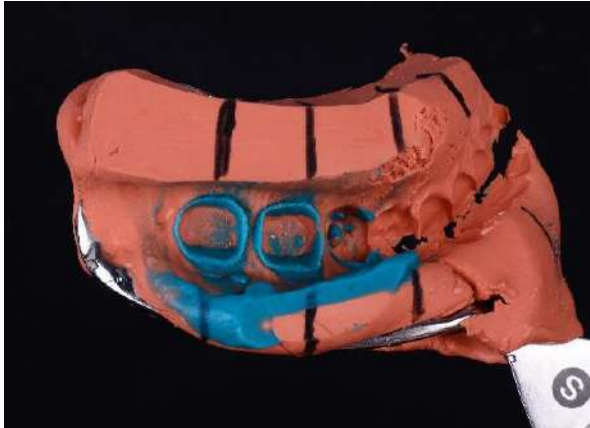
# Aplicații ale fuziunii patului cu pulberi

## METAL

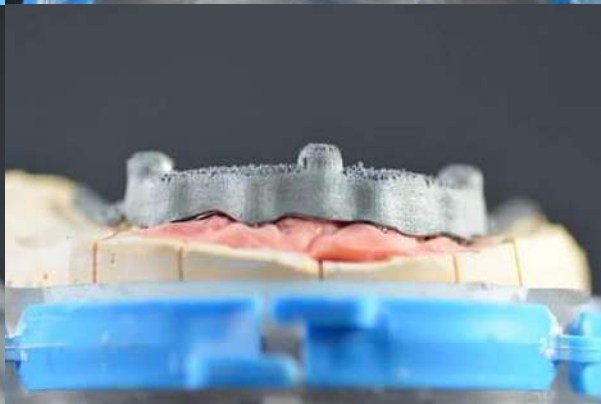
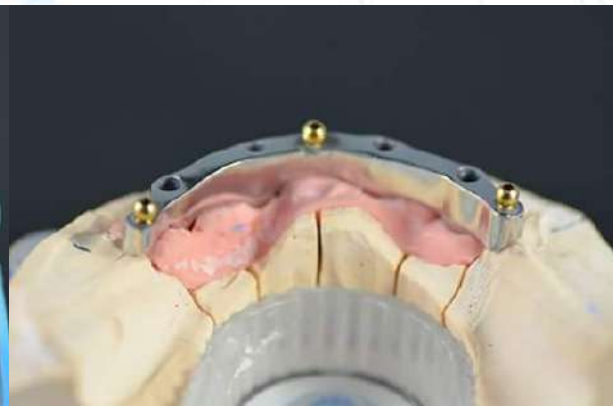
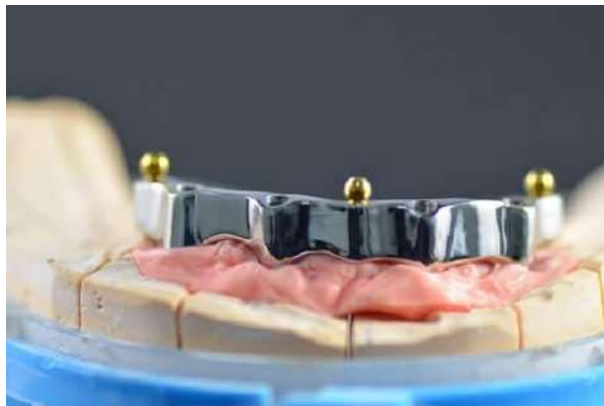
1. Cape și structuri metalice (metalo-ceramică)
2. PFU/ PPF masiv metalice
3. Componenta metalica a PPMS
4. Supraproteze pe implanturi
5. Abutmenturi personalizate
6. Implanturi personalizate
7. Implanturi in sfera chirurgiei BMF



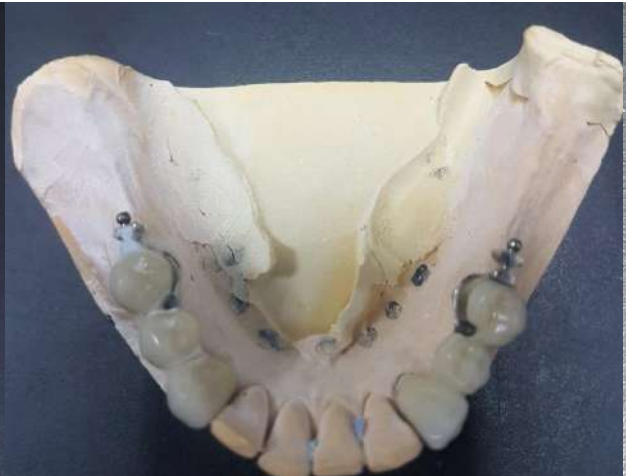
# Aplicații ale fuziunii patului cu pulberi



# Aplicații ale fuziunii patului cu pulberi



# Aplicații ale fuziunii patului cu pulberi



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru chirurgia ortognatica**



Placutele si ghidurile personalizate



Placutele si ghidurile personalizate

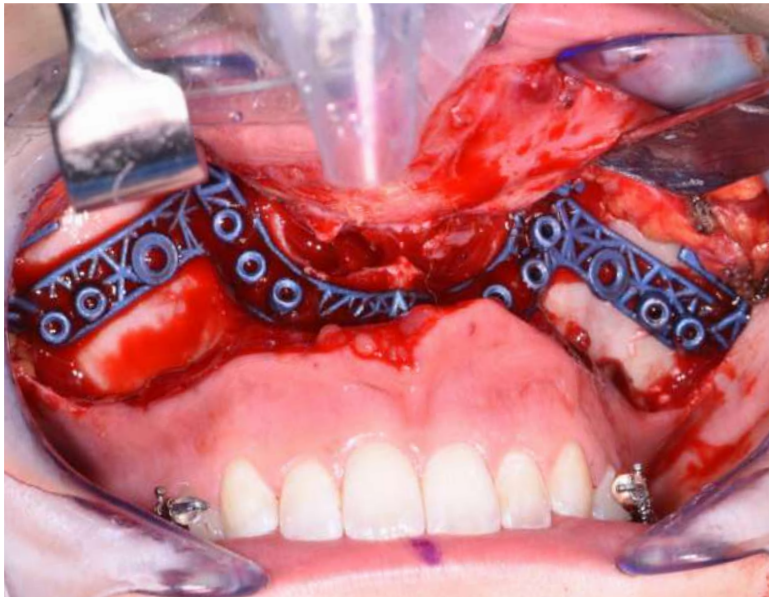
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

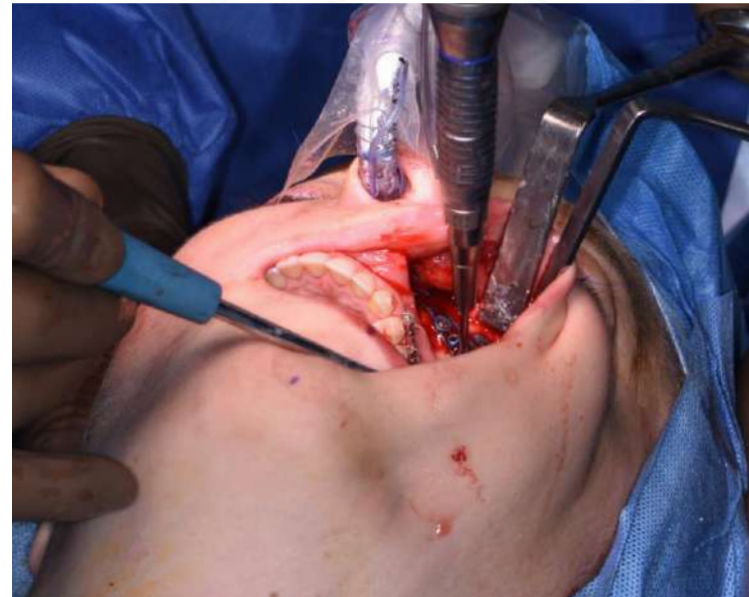
- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru chirurgia ortognatica**



Ghid de osteotomie



Fixare temporară

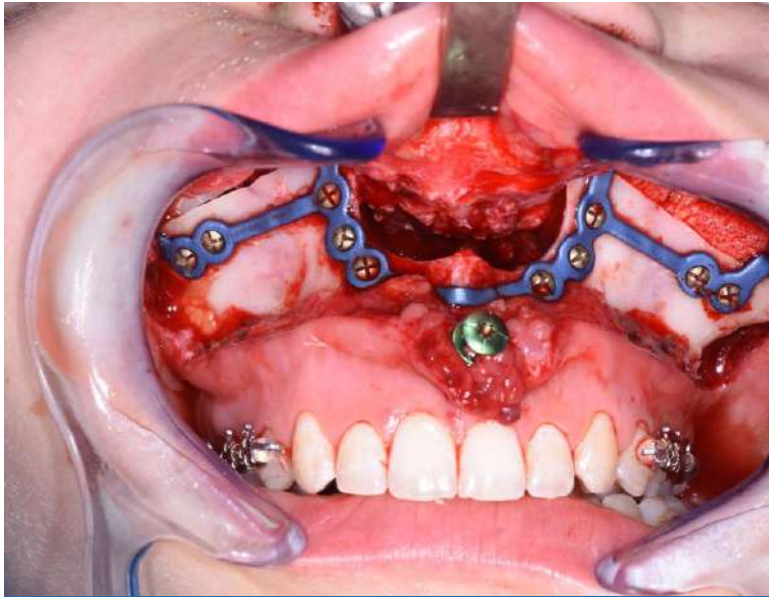
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

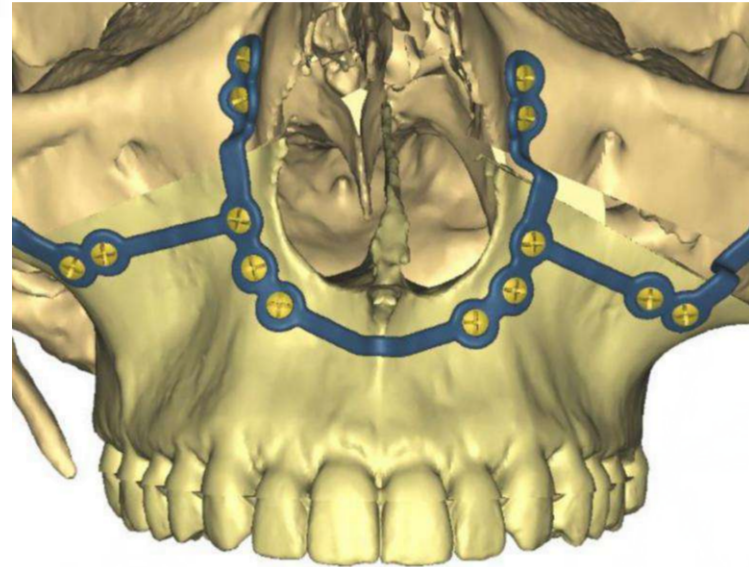
- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru chirurgia ortognatica**



Placuta personalizata de osteosinteza



Aspectul planificarii

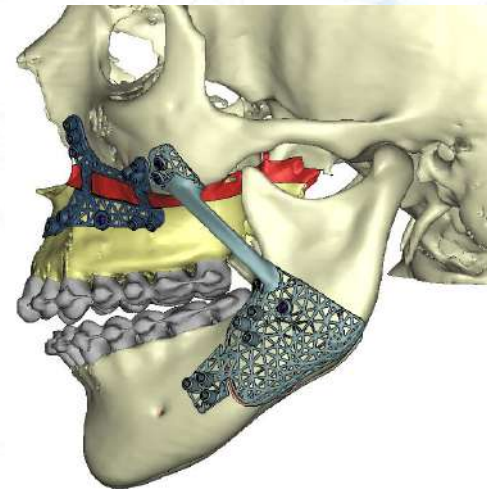
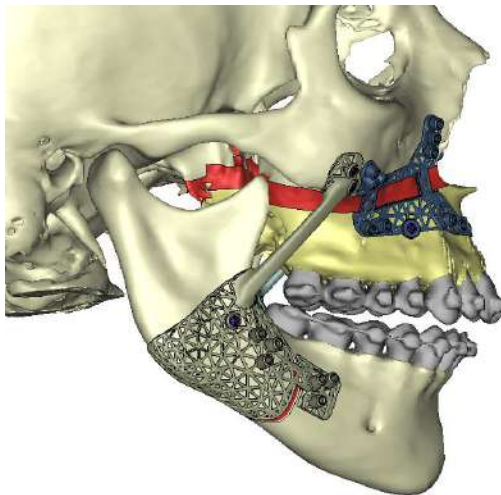
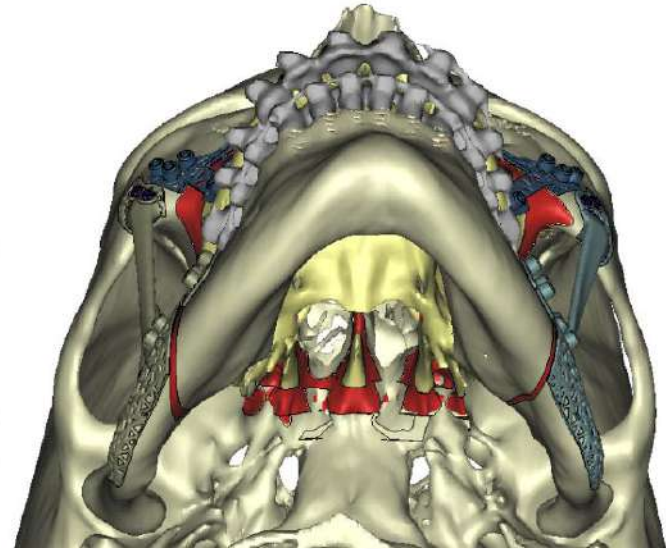
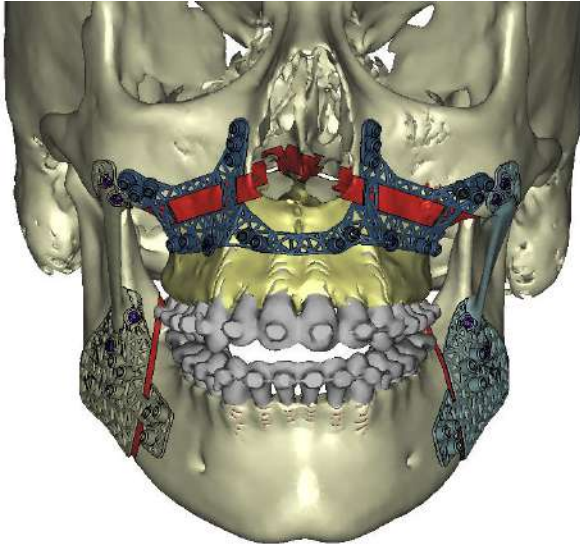
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru chirurgia ortognatica**



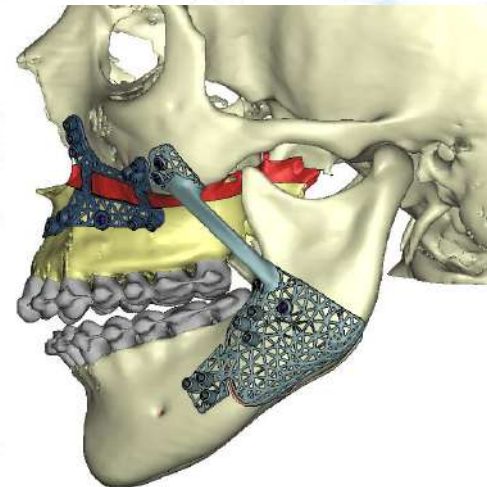
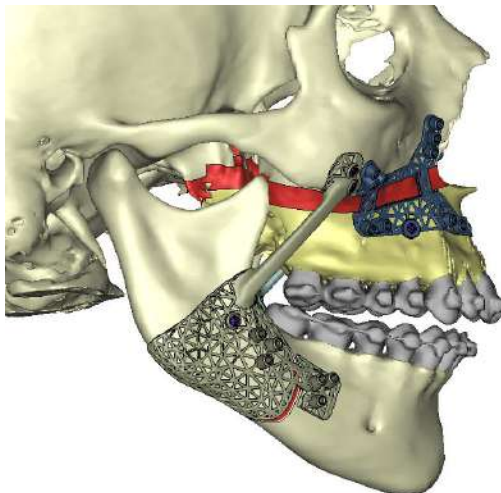
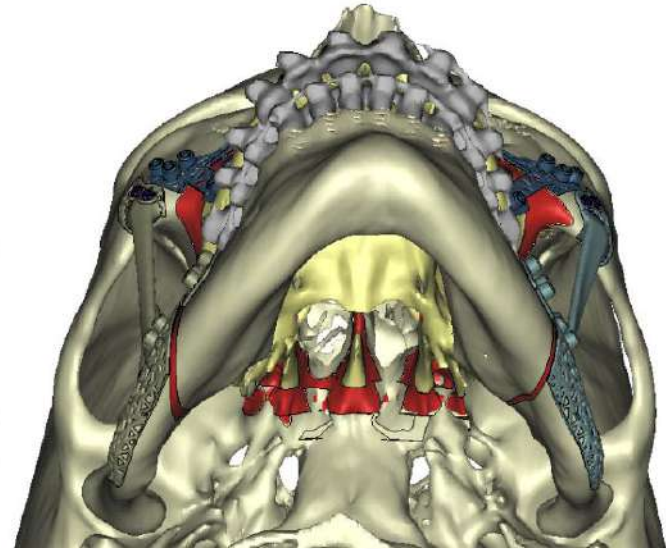
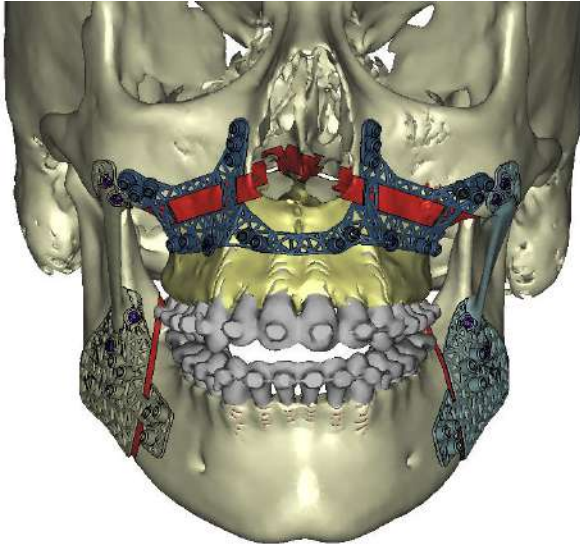
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Ghiduri osteotomie pentru chirurgia ortognatica**



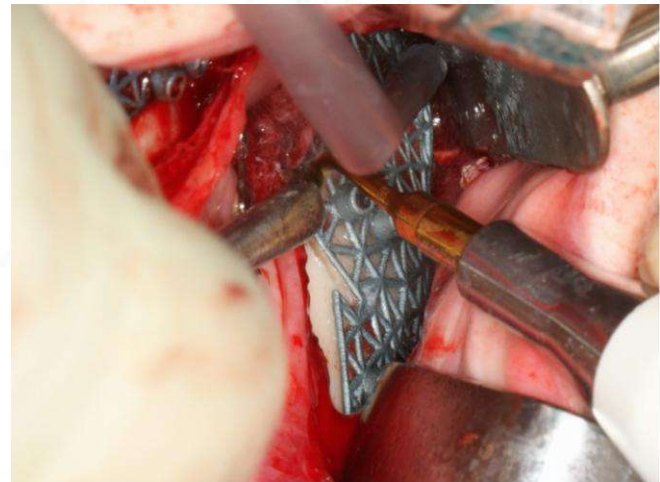
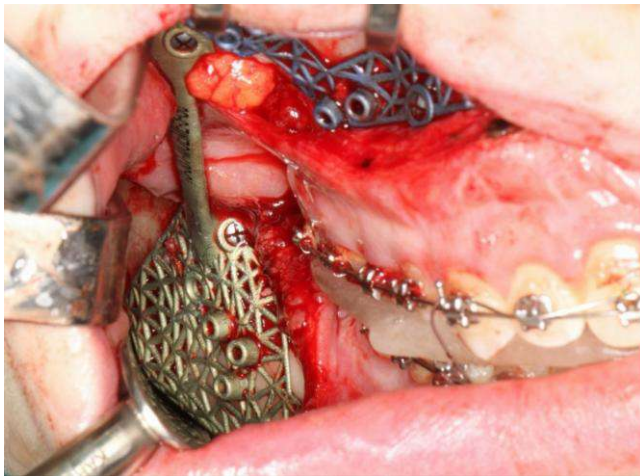
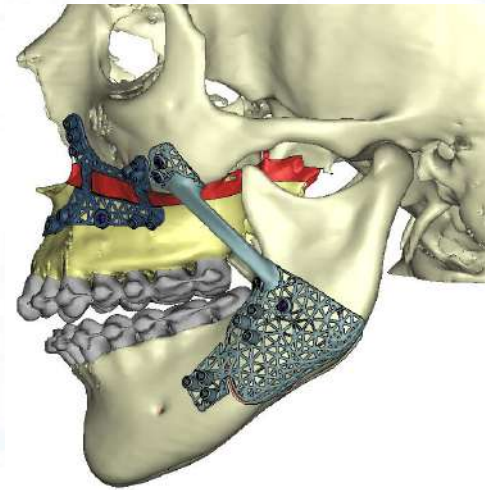
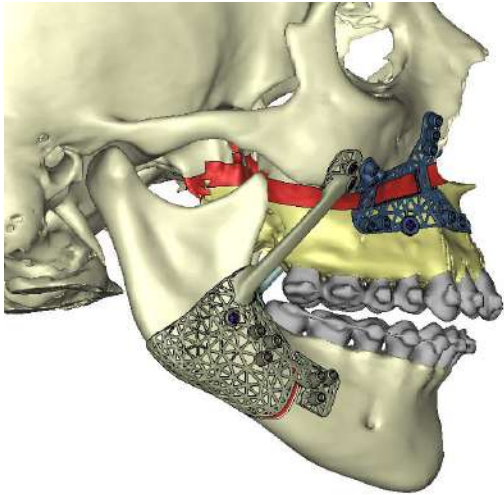
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Ghiduri osteotomie pentru chirurgia ortognatica**



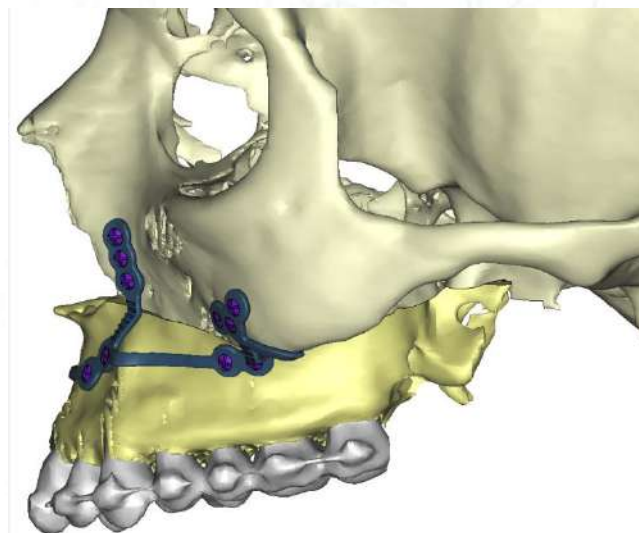
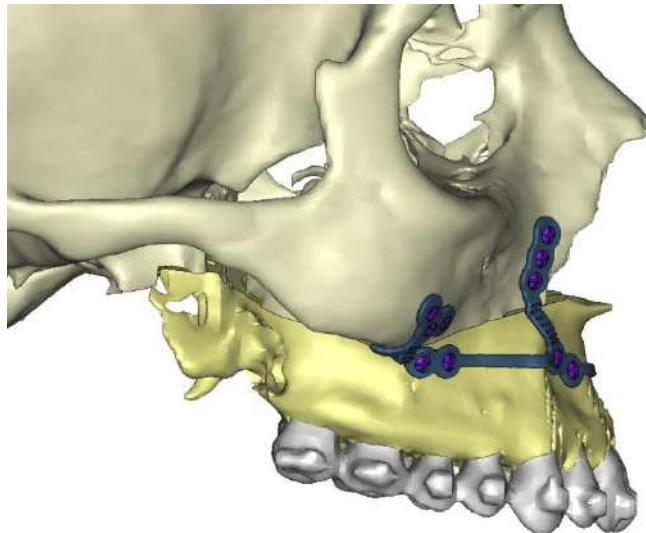
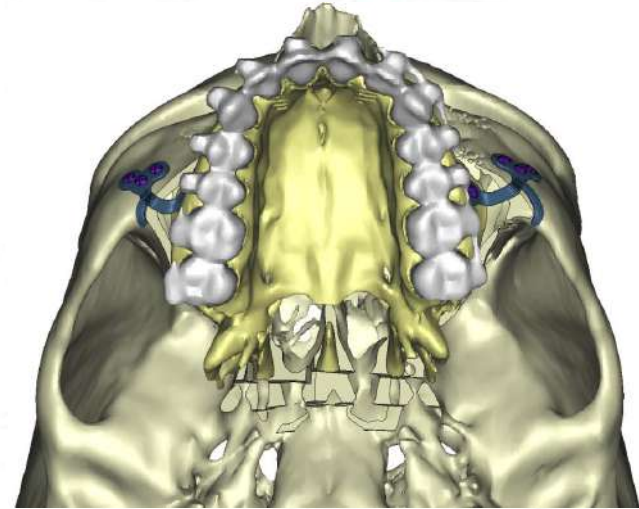
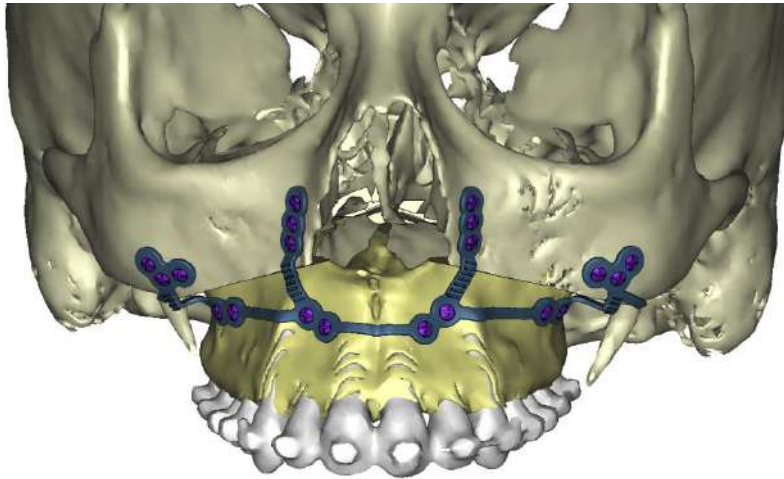
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru chirurgia ortognatica**



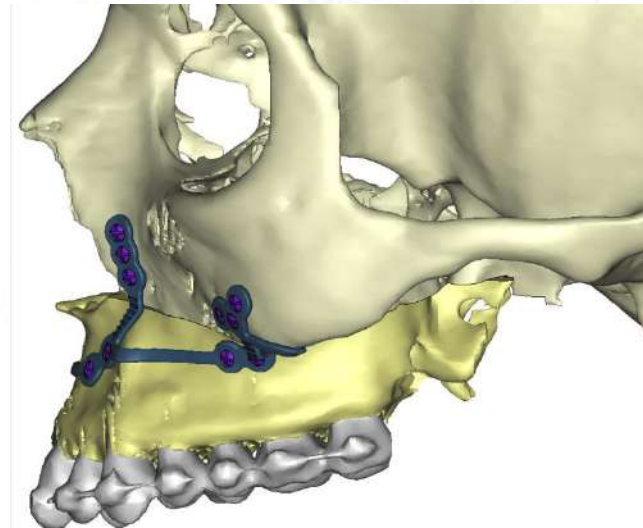
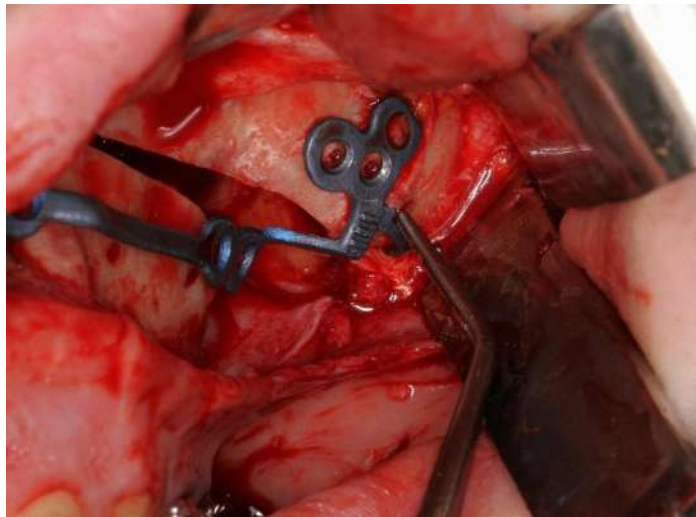
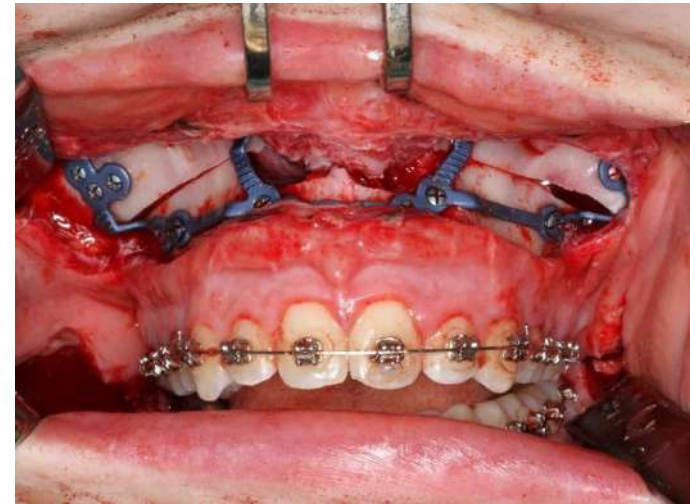
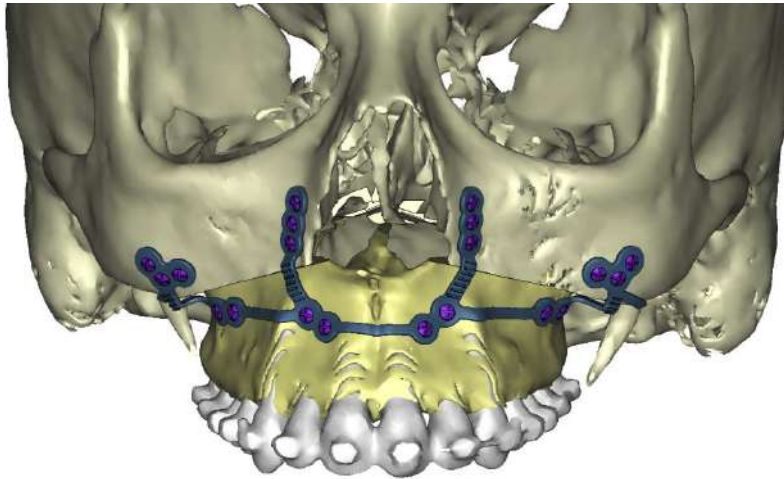
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru chirurgia ortognatica**



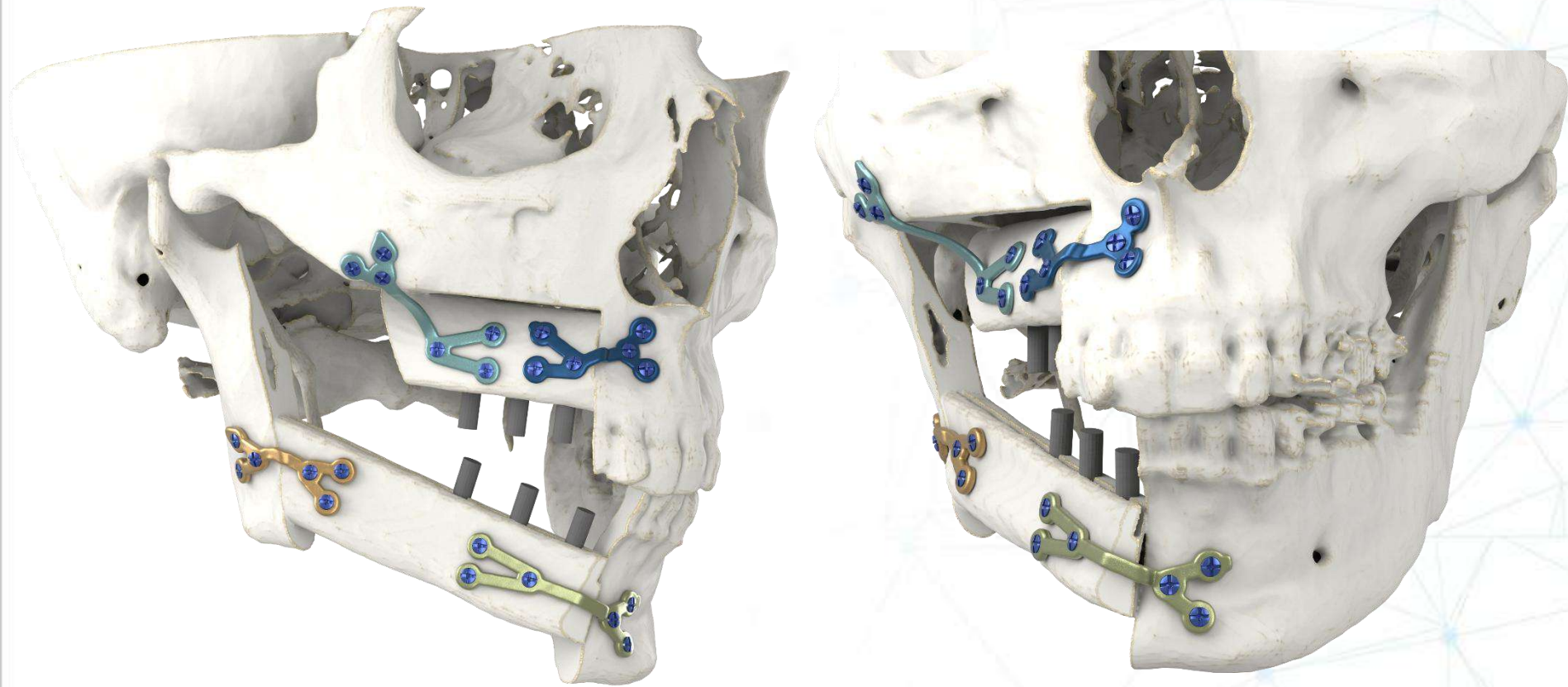
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru reconstrucție**



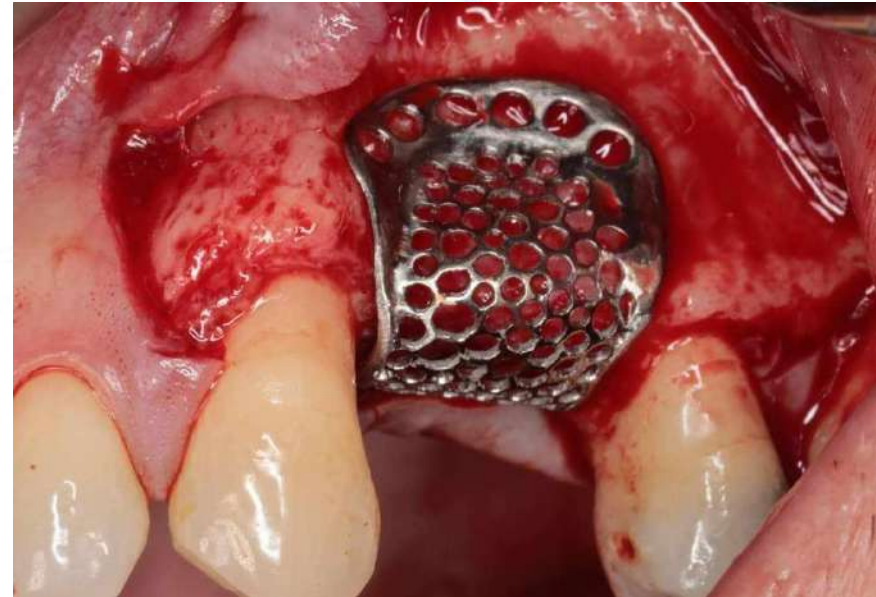
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru reconstrucție**



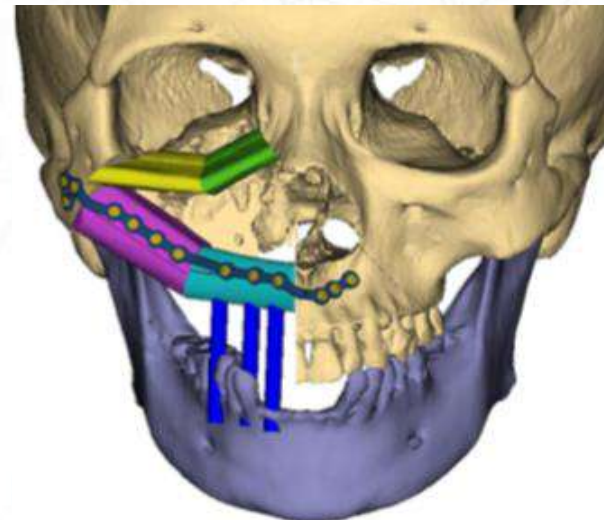
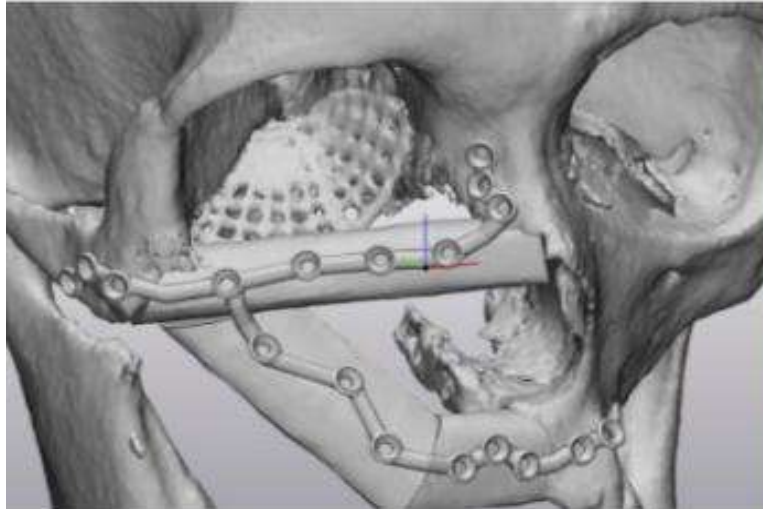
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru reconstrucție**



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

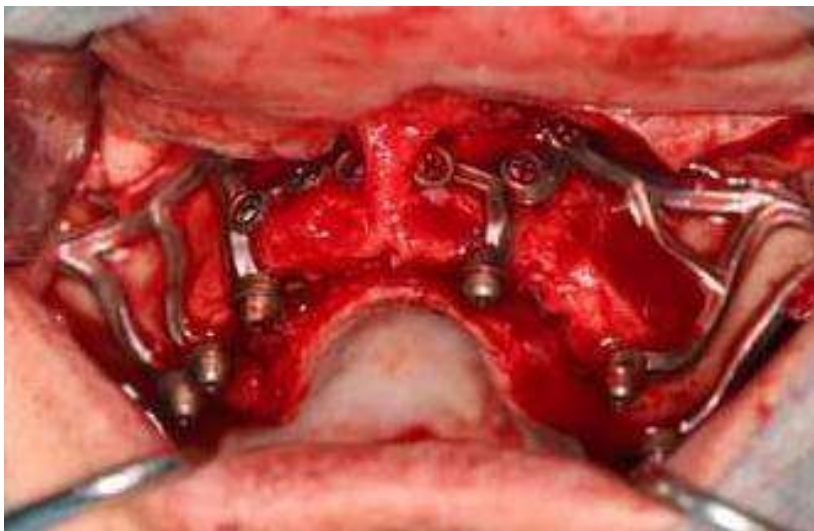
**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru reconstrucție**

**Implanturi subperiostale**



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute personalizate de osteosinteza pentru reconstrucție**

**Implanturi subperiostale**



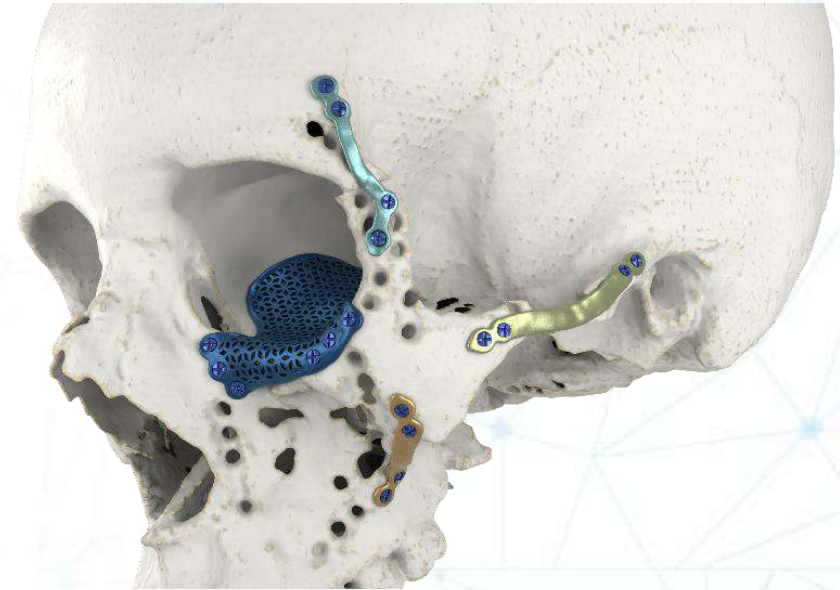
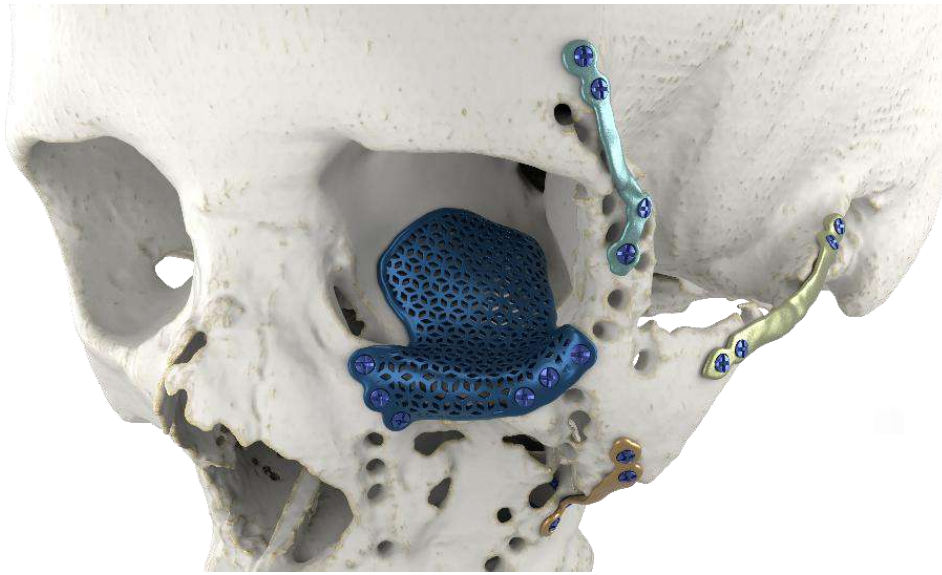
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute și implanturi personalizate pentru osteosinteza în traume**



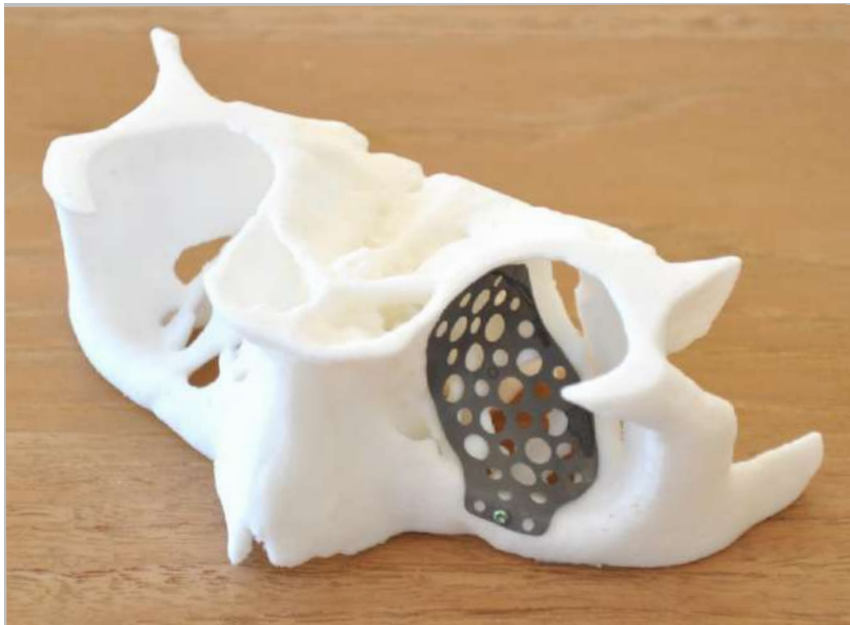
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

**SLM** (Selective Laser Melting)

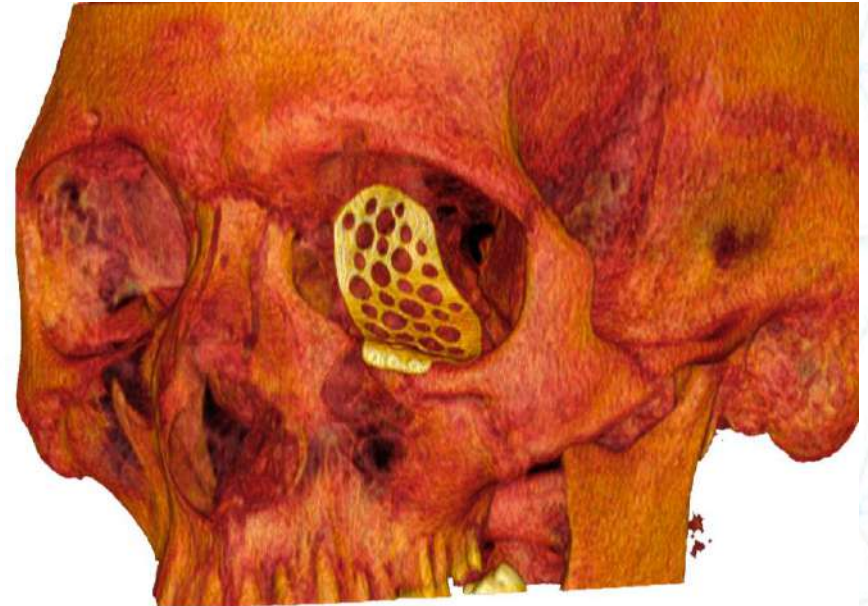
- ro. *Topirea Selectivă cu Laser*

Lucrari prin SLM

**Placute și implanturi personalizate pentru osteosinteza în traume**



Planificare și implant personalizat- reconstructie orbita



cone-beam ct postoperator

# SLM- 8 ore de la scanare la structura finită

Scanarea modelelor de lucru



Planificarea strategiei de imprimare



Indepartarea lucrarilor din imprimanta 3D



Aplicarea straturilor ceramice



Designul CAD



Imprimare 3D propriu-zisa



Post procesarea



Piesa protetica finisata



8:00

8:10

8:30

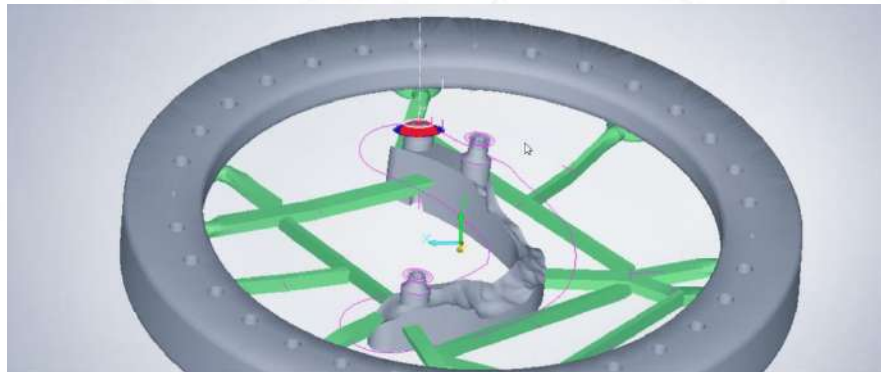
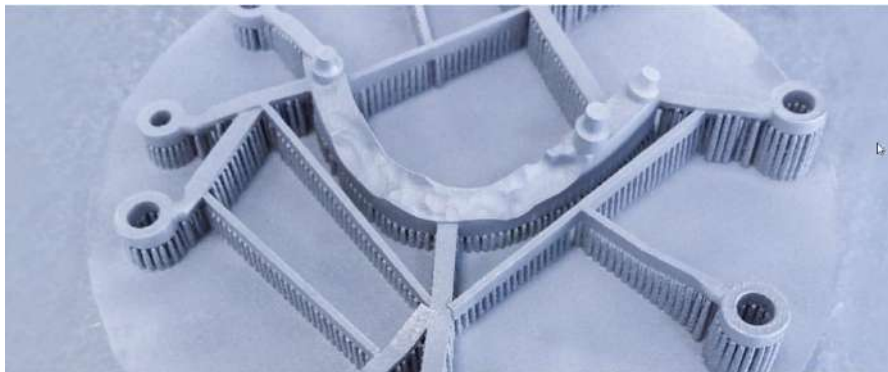
8:45

12:40

12:50

16:00

# Aplicații ale fuziunii patului cu pulberi



# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Pulverizarea de material



**DEF:** procesul de manufacturare aditivă prin care unul sau mai multe **fotopolimere lichide**, sunt **injectate selectiv** pe o platformă și sunt fotopolimerizate



## Pulverizare de material



# Aplicații ale pulverizării de material



1. Modele de analiza/  
diagnostic



2. Modele de lucru



3. Modele de lucru  
implatologie



4. PFU/ PPF provizorii



5. Ghiduri pt pozitionarea  
implantelor



6. Machete calcinabile

# Aplicații ale pulverizării de material



7. Clear aligner/ modele



8. Modele de lucru color



9. Gutiere pentru colarea directa



10. Modele educationale

# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Pulverizarea de material

PT/ PPMS



Ghiduri chirurgicale



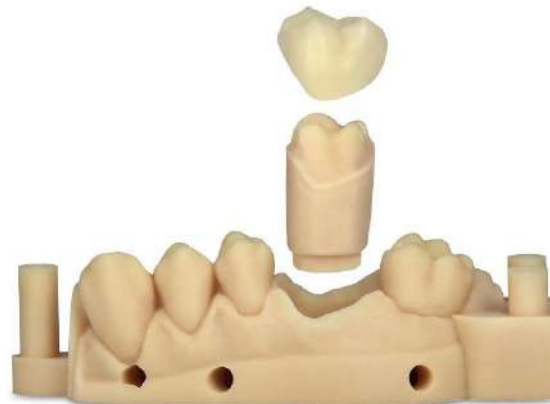
Modele color



Trainer endo



Modele

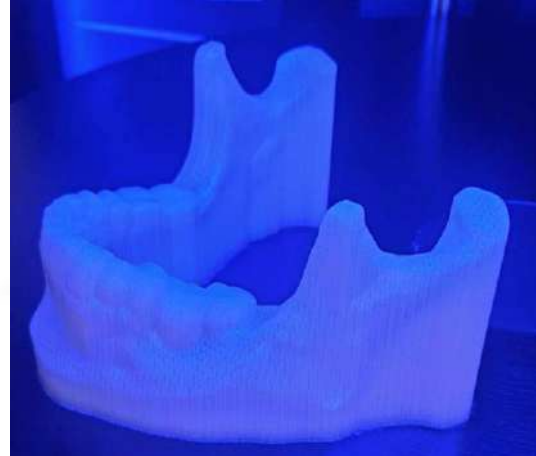


Machete



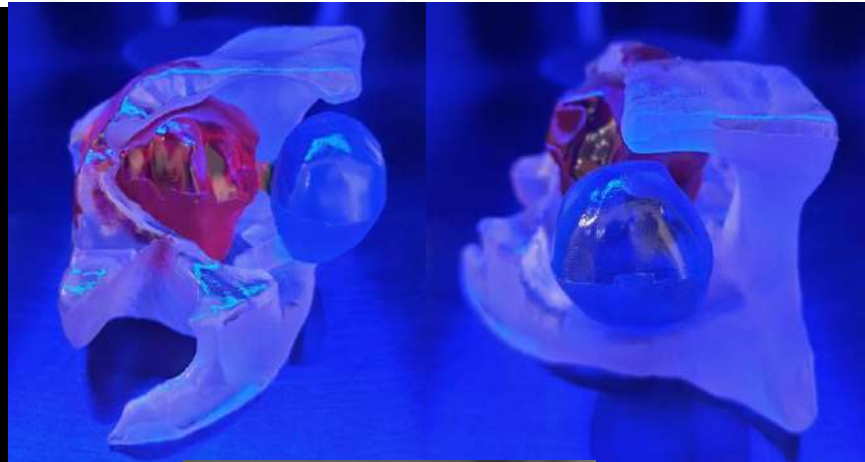
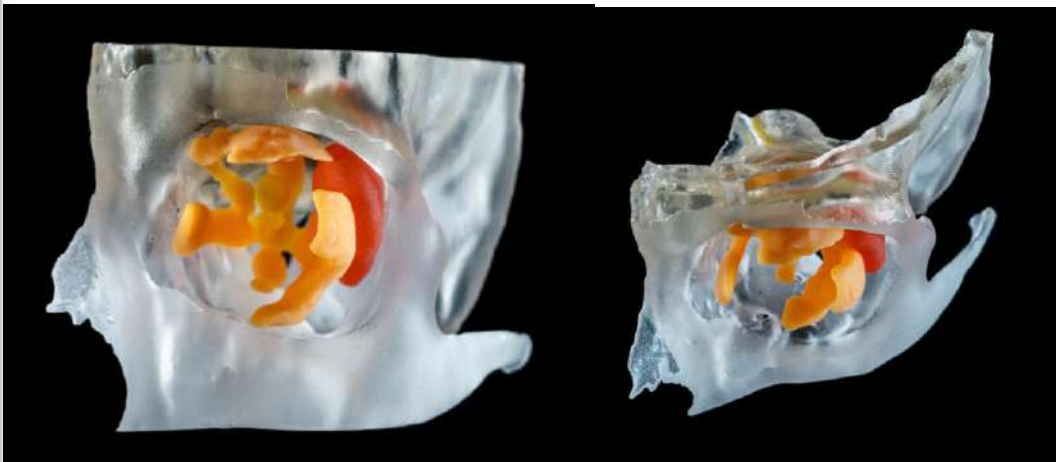
# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Pulverizarea de material

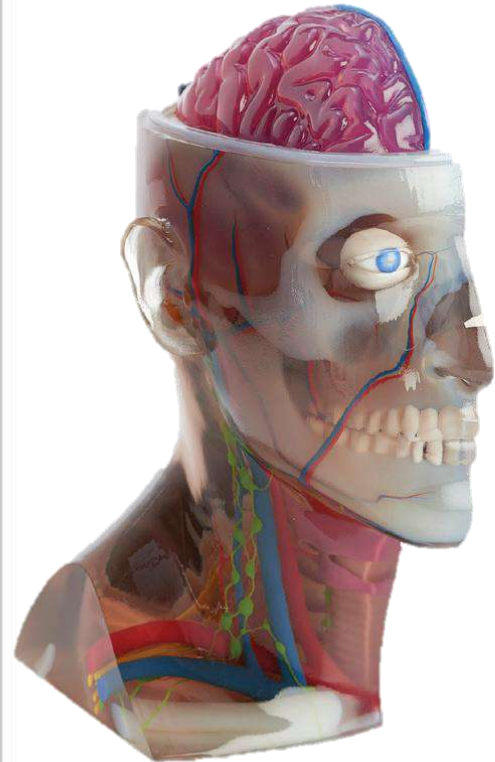


# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

## Pulverizarea de material



# Aplicații ale pulverizării de material



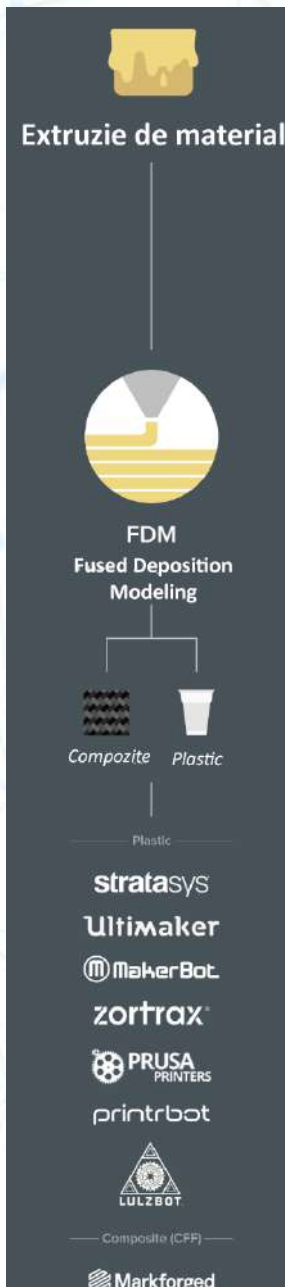
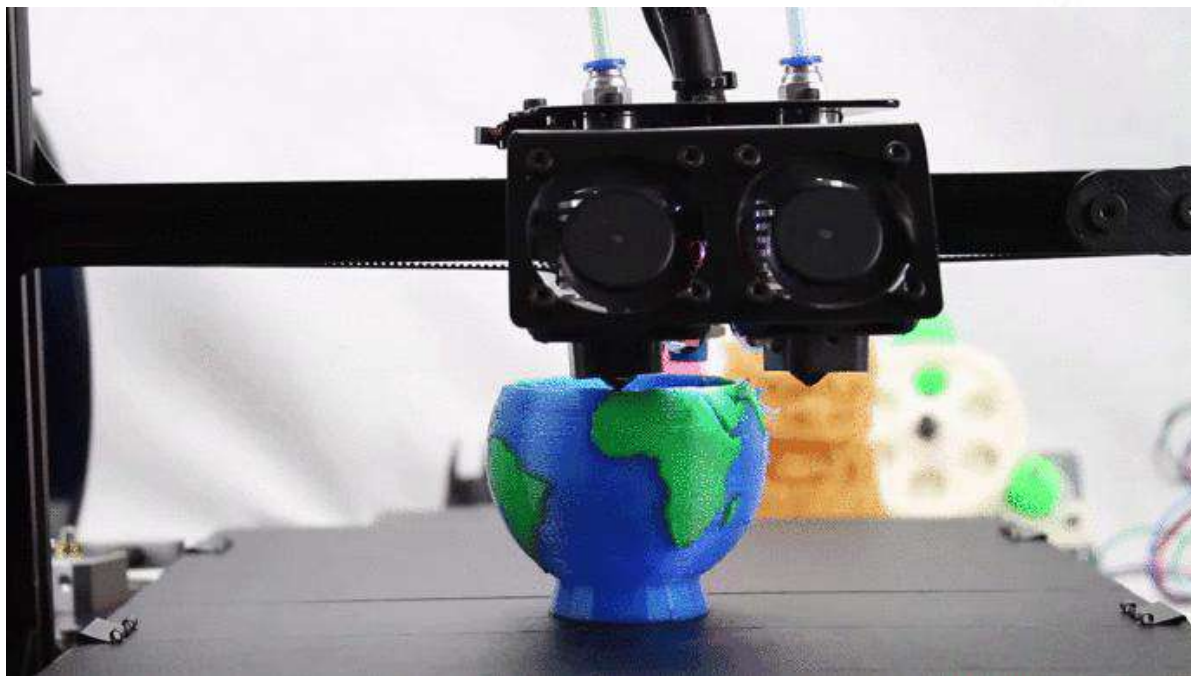
11. Replici anatomiche

# Procedee/ tehnici de imprimare 3D

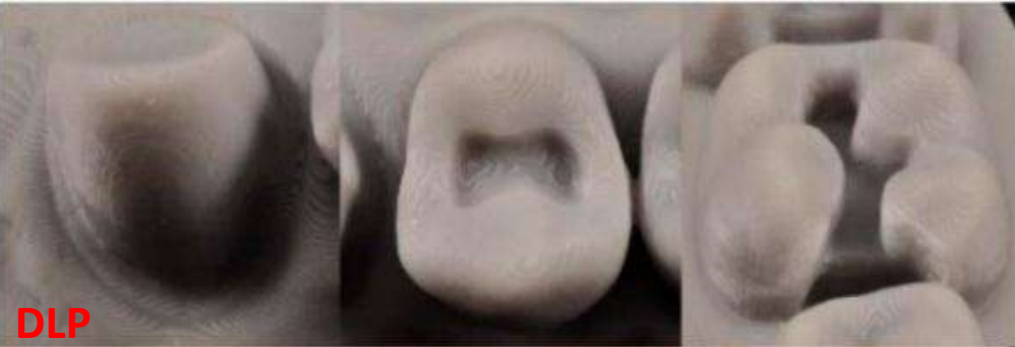
## Extruzie de material



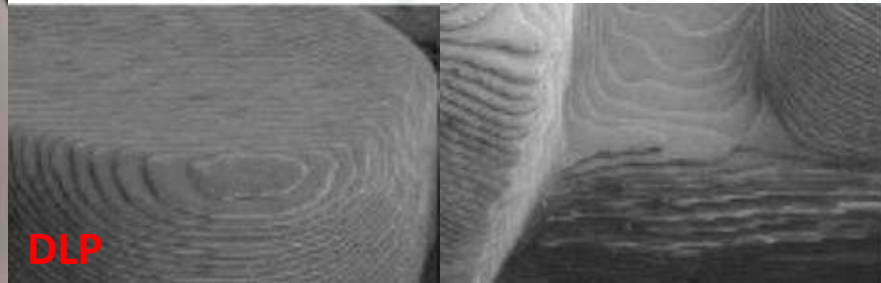
**DEF:** procesul de manufacturare aditivă prin care un material termoplastic, este încălzit până la temperatura de topire și este extrudat printr-un dispozitiv de depunere pe o platformă de lucru



# Aplicații ale extruziei de material



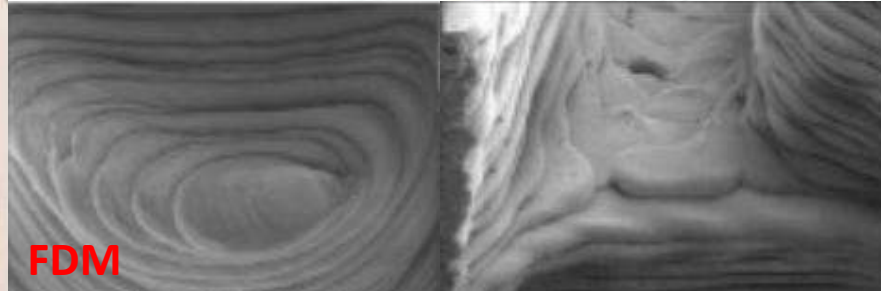
DLP



DLP



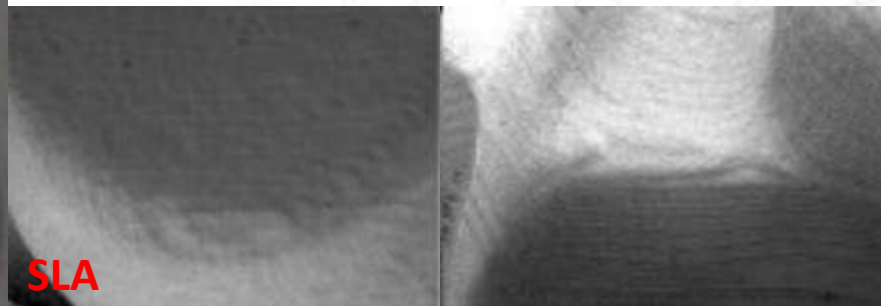
FDM



FDM



SLA



SLA

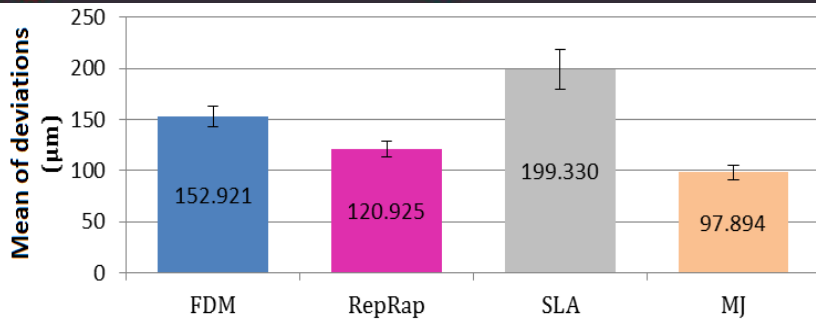
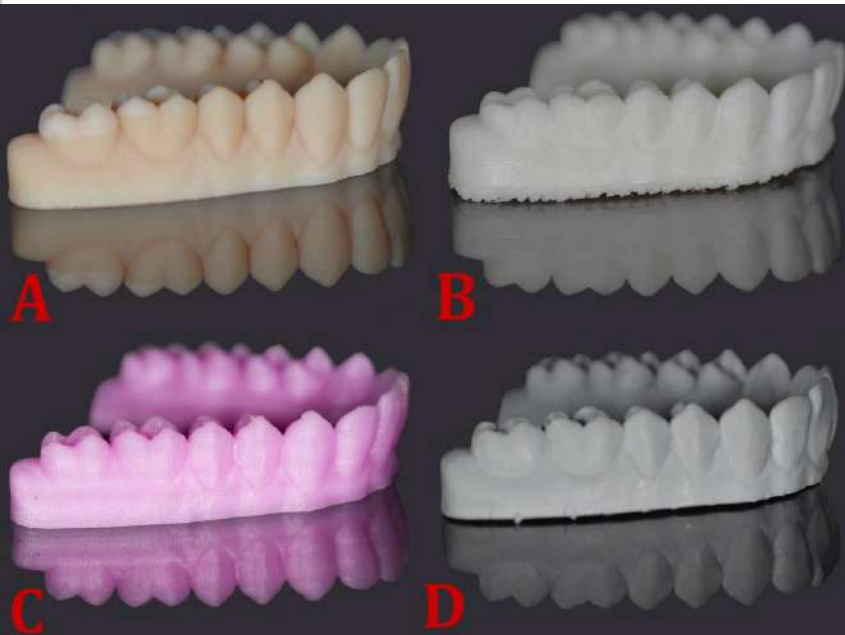
SEM x30

# Aplicații ale extruziei de material

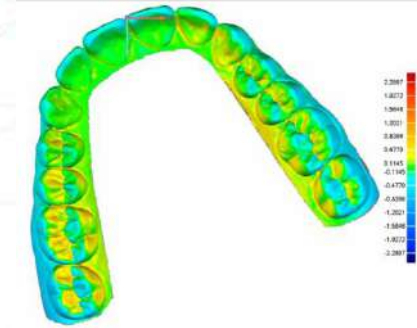
! Uz experimental !



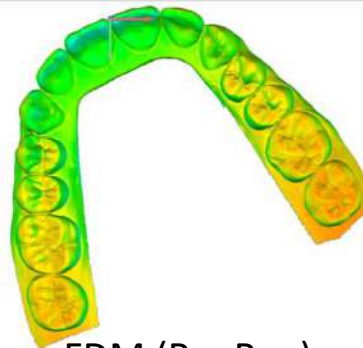
## 1. Modele de studiu



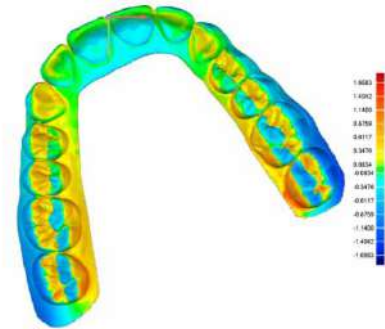
MJ (Objet 30)  
Media deviație 3D : 97.894 μm;  
SD± 15.545



FDM (Creatr HS)  
Media deviație 3D : 156.2 μm;  
SD± 22.477



FDM (RepRap)  
Media deviație 3D 128.3 μm;  
SD± 18.339



SLA (Form 1+)  
Media deviație 3D: 207.9 μm;  
SD± 44.68

# Aplicații ale extruziei de material



## 2. Replici anatomiche



> [Forensic Sci Med Pathol](#). 2012 Dec;8(4):451-9. doi: 10.1007/s12024-012-9375-5. Epub 2012 Aug 24.

### "Bochdalek's" skull: morphology report and reconstruction of face

Ivo Klepáček<sup>1</sup>, Pavla Zedníková Malá

Home > 2015 > vol 19 issue 1 > APPLICATIONS OF REPRAP THREE-DIMENSIONAL PRINTERS IN DENTISTRY – A LITERATURE REVIEW

## APPLICATIONS OF REPRAP THREE-DIMENSIONAL PRINTERS IN DENTISTRY – A LITERATURE REVIEW

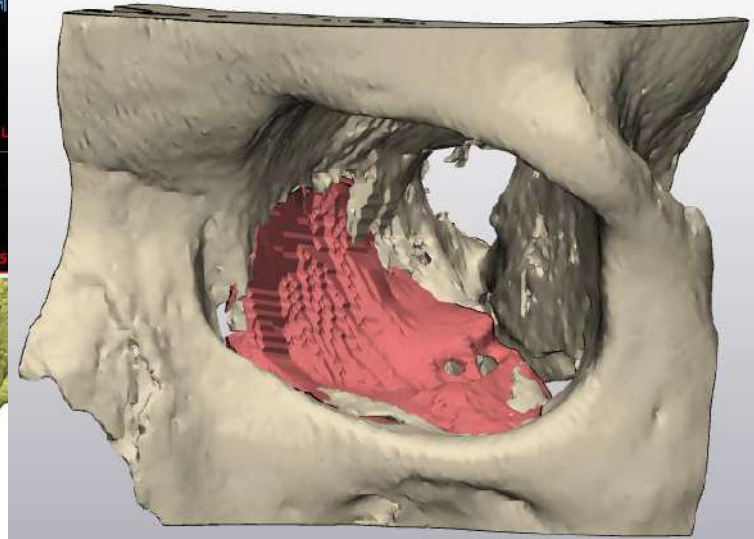
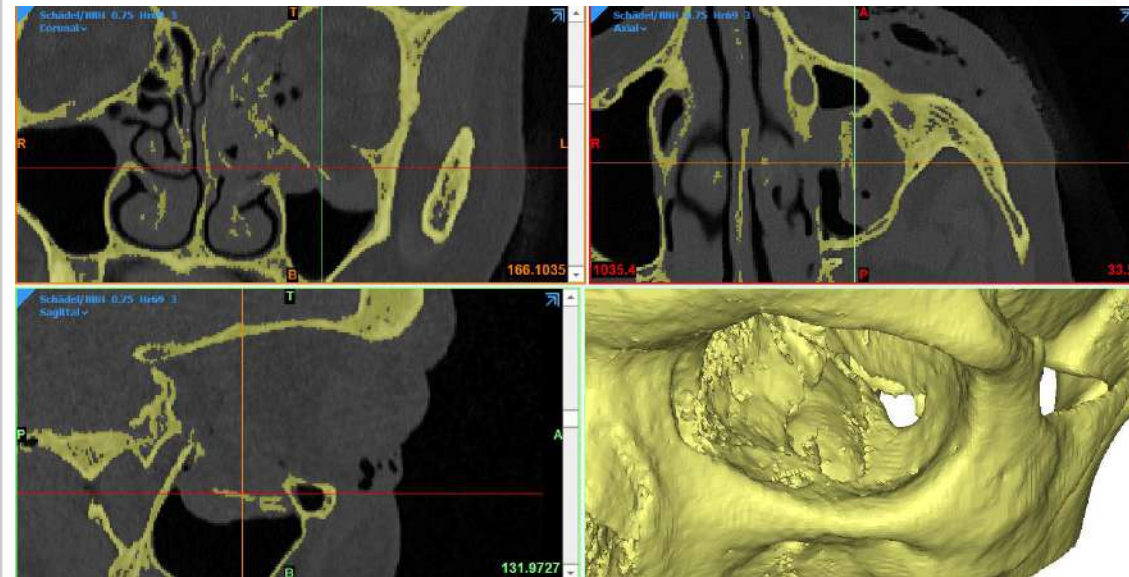
**Authors:** Alexandru-Victor BURDE, Mariana CONSTANTINIUC, Radu-Septimiu C&Ouml;MPIAN



# Aplicații ale extruziei de material

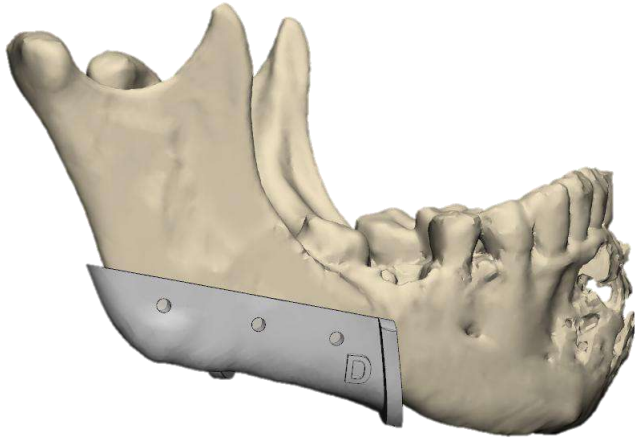


## 2. Replici anatomiche



# Aplicații ale extruziei de material

## 3. Modele anatomiche pentru verificarea componentelor chirurgicale intermediare



# Aplicații ale extruziei de material



Uz experimental



## 4. Portamprente individuale



> Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. 2016 Oct 18;48(5):900-904.

[Computer aided design and 3-dimensional printing for the production of custom trays of maxillary edentulous jaws based on 3-dimensional scan of primary impression]

[Article in Chinese]

H Chen<sup>1</sup>, T Zhao<sup>1</sup>, Y Wang<sup>1</sup>, Y C Sun<sup>1</sup>

**Objective:** To establish a digital method for production of custom trays for edentulous jaws using fused deposition modeling (FDM) based on three-dimensional (3D) scans of primary jaw impressions, and to quantitatively evaluate the accuracy.

**Conclusion:** With 3D scanning, computer aided design and FDM technology, an efficient means of custom tray production was established.

# Aplicații ale extruziei de material



Uz experimental



## 5. Ghiduri chirurgicale

### Accuracy of chair-side fused-deposition modelling for dental applications

Fusong Yuan (Center of Digital Dentistry, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing, China)  
Yao Sun (Department of Prosthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing, China)  
Lei Zhang (Department of Prosthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing, China)  
Yuchun Sun (Center of Digital Dentistry, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing, China)

Rapid Prototyping Journal

ISSN: 1355-2546

Publication date: 10 June 2019 [Reprints & Permissions](#)

#### Design/methodology/approach

Three-dimensional (3D) data of the alveolar ridge, adjacent teeth and antagonistic teeth were acquired from models of the edentulous area of 30 patients. The implant guides were then constructed using self-developed computer-aided design software and chair-side fused deposition modelling 3D-printing and positioned on a dental model. A model scanner was used to acquire 3D data of the positioned implant guides, and the overall error was then evaluated.

#### Conclusion

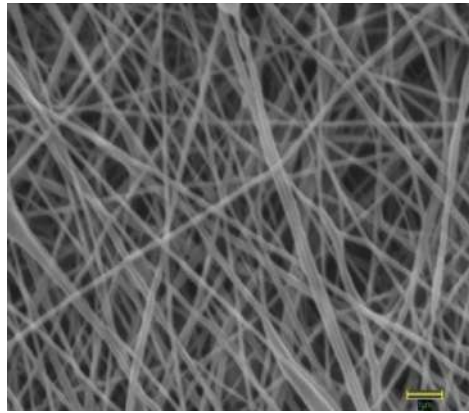
The experimental results demonstrated that implant guide CAD and FDM 3D printing can achieve chair-side, highly efficient, accurate and time-saving design and production of implant guides and, moreover, that the finished implant guides match clinical requirements.



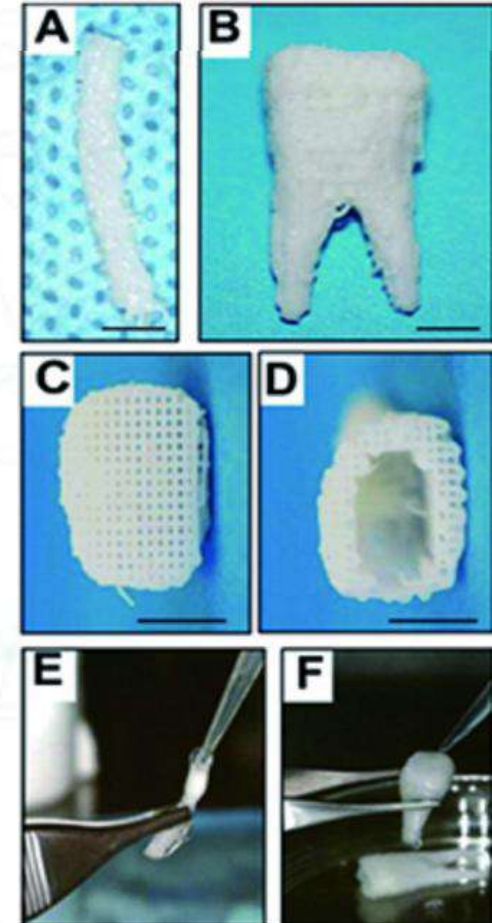
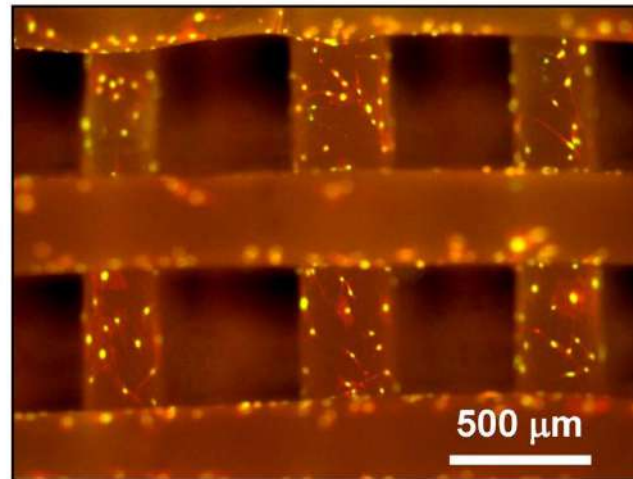
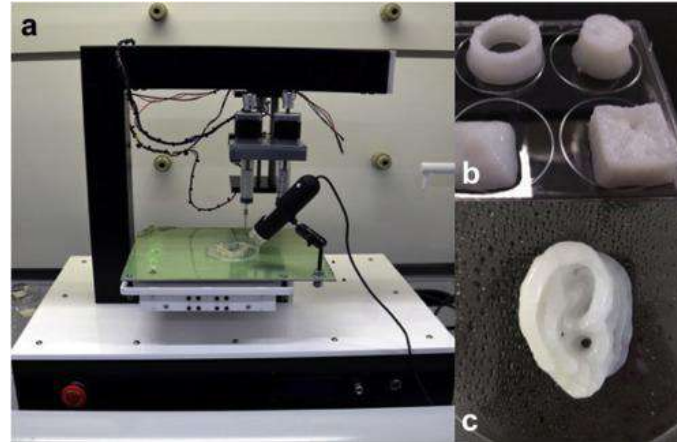
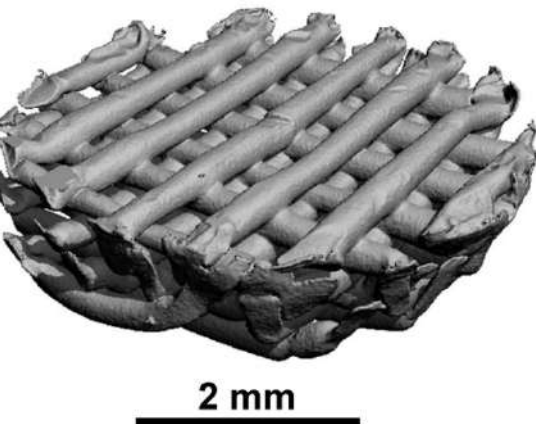
# Aplicații ale extruziei de material

! Uz experimental !

## 6. Scaffold pentru ingineria tisulara



**Polimeri biodegradabili:** PLA,PGA,polyuretan,Colagen, gelatine, hidrogeluri



Liao W, Xu L, Wangrao K, Du Y, Xiong Q, Yao Y. 2019. Three-dimensional printing with biomaterials in craniofacial and dental tissue engineering. PeerJ 7:e7271

# Aplicații ale extruziei de material



## 7. Materiale de protecție personală





# Vă mulțumesc!

---

Pentru întrebări / contact:  
[burde.alexandru@umfcluj.ro](mailto:burde.alexandru@umfcluj.ro)





*Tehnologii Digitale în Stomatologie*

---

# Realitate virtuală și realitate augmentată

---

Prof. Dr. Cristian Dinu  
Asist. Univ. Dr. Rareș Mocan

---

# Introducere

---

- ❖ Cele trei cuvinte-cheie incepand cu anii 2020 sunt Inteligența Artificială (AI), Realitatea Virtuală (AR, VR, MR) și revoluția mecatronică (CAD/CAM). Aceste tehnologii remodelează practica stomatologică.
- ❖ Digitalizarea, robotica și vizualizările artificiale sunt parte integrantă din sala de operație. Prezentarea 3D a CT/RMN este rutină.

---

# Introducere

---

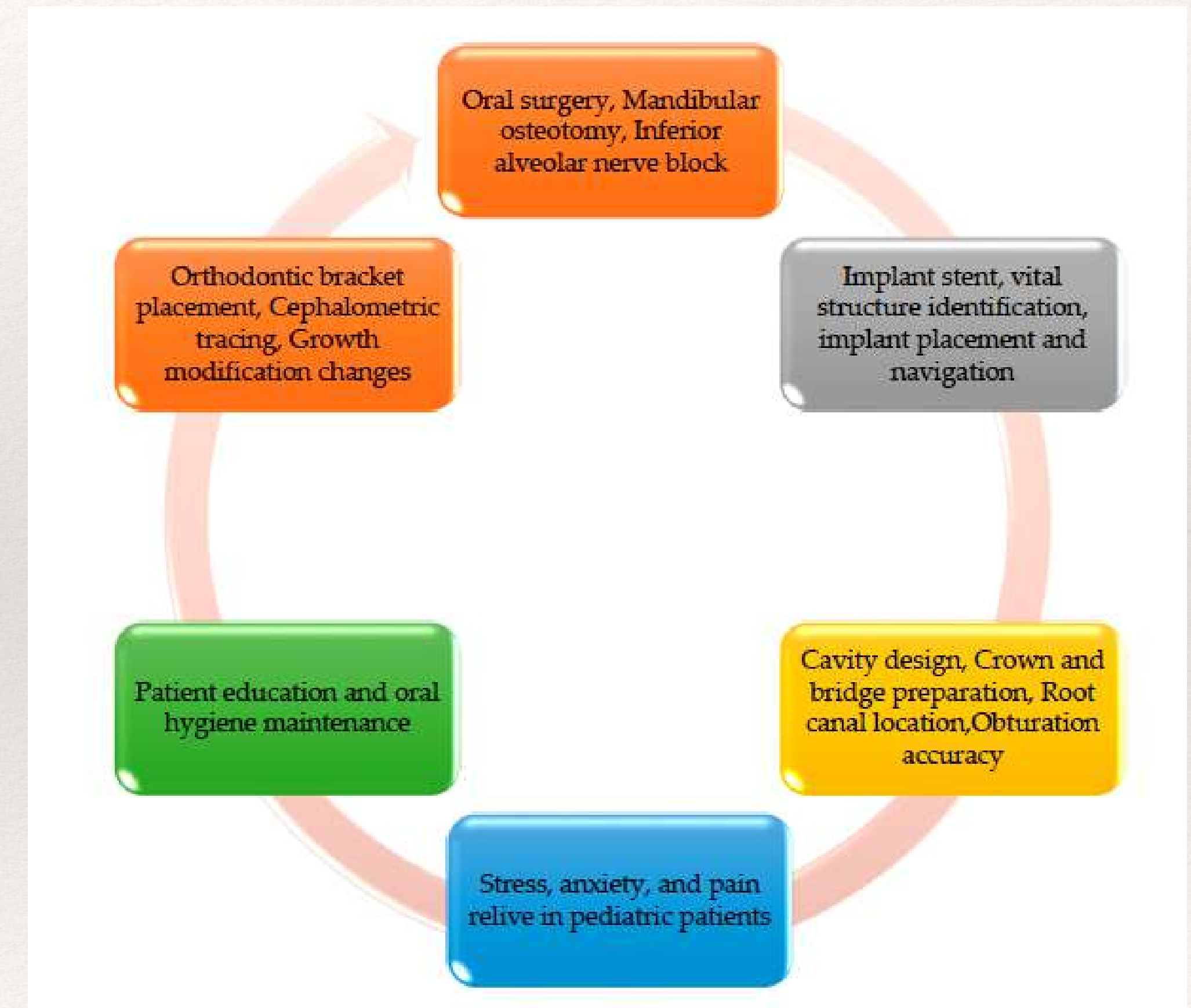
Realitatea virtuală permite explorarea tridimensională a structurilor anatomice buco-maxilo-faciale într-un mod imersiv, oferind o înțelegere mai profundă a anatomiei pacientului înainte de intervenția chirurgicală

# AR și MR: definiții, mecanisme și implicații clinice

<b>Tehnologie</b>	<b>Nume complet</b>	<b>Ce vede utilizatorul</b>	<b>Interacțiune</b>	<b>Imersiune</b>	<b>Exemple</b>
VR	Virtual Reality	Mediu 100% digital	Interacțiune cu obiecte virtuale	Foarte ridicată	Simodont, simulări chirurgicale
AR	Augmented Reality	Real + suprapuneri digitale	Interacțiune minimă	Redusă–moderată	Overlay anatomie, ghidaje implantare
MR	Mixed Reality	Real + obiecte digitale ancorate	Interacțiune directă	Ridicată	Navigație HoloLens, re poziționări

# AR și MR: definiții, mecanisme și implicații clinice

- ❖ Integrarea real–virtual crește precizia chirurgicală și reduce riscurile prin sincronizare exactă a datelor și gesturilor operatorii.



---

# Vizualizarea si planificare preoperatorie in mediul VR

---

## **Scopul utilizării VR în planificarea pre-operatorie**

Imersiunea VR ajută clinicienii și tehnicienii dentari să analizeze poziția exactă a structurilor, să evalueze riscurile și să optimizeze pașii procedurali înainte de tratamentul propriu-zis.

---

# Vizualizarea si planificare preoperatorie in mediul VR

---

## Avantaje pentru analiza cazului

- Vizualizare 3D completă și intuitivă a datelor imagistice (CBCT + scanări intraorale)
- Integrarea datelor multimodale într-un singur mediu interactive
- Măsurători precise și evaluarea relațiilor anatomice critice
- Navigare liberă în jurul structurilor, inclusiv secțiuni și transparențe personalizabile

---

# Vizualizarea si planificare preoperatorie in mediul VR

---

## Beneficii pentru planificarea intervenției

- Simularea poziționării implantelor, traiectoriilor chirurgicale și abordului operator
- Testarea diferitelor scenarii înainte de operație
- Îmbunătățirea colaborării între chirurghi, tehnicieni dentari și studenți
- Reducerea incertitudinii și creșterea încrederii operatorului

---

# Utilizarea VR în procesul educațional

---

**Realitatea virtuală** oferă studenților o modalitate sigură, controlată și interactivă de a exersa proceduri și de a înțelege anatomia complexă prin experiență directă.

---

# Utilizarea VR în procesul educațional

---

## Cum ajută VR în învățare?

- *Crește înțelegerea conceptuală*: studenții văd structurile 3D anatomice, cu o percepție corectă a dimensiunilor și formelor anatomice
- *Interacțiune directă*: pot roti, mări, secționa și manipula modelele fără restricții.
- *Posibilitatea de a „intra” în structurile anatomice* pentru a înțelege relațiile spațiale subtile

---

# Utilizarea VR în procesul educațional

---

## Învățare colaborativă

- Mai mulți studenți pot intra în același mediu virtual
- Cadrul didactic explică structurile „în timp real”, arătând direct pe model
- Discuțiile devin mai clare, deoarece toți văd aceeași imagine tridimensională

---

# Utilizarea VR în procesul educațional

---

## Consolidarea cunoștințelor teoretice

- Transformă învățarea pasivă în experiență active
- Îmbinarea datelor CBCT + scanări intraorale într-un singur model didactic
- Exerciții de recunoaștere și analiză a structurilor esențiale (sinus maxilar, canal mandibular, corticală etc.)

---

# Planificarea poziționării implanturilor în VR

---

- Platformele VR permit o vizualizare tridimensională realistă a anatomiei maxilarelor, transformând planificarea implantologică într-un proces intuitiv și precis.
- Clinicianul poate analiza cazul „din interior”, ceea ce facilitează înțelegerea relațiilor anatomice critice și optimizarea poziției implantului.

# Planificarea poziționării implanturilor în VR

## Scopul utilizării VR pentru poziționarea implanturilor

- **Înțelegere spațială reală** a structurilor osoase, sinusurilor și traiectului nervilor
- **Identificarea zonei ideale de inserție**, bazată pe grosimea osului, densitate și relația cu structurile vitale.
- **Simularea în siguranță** a diferitelor poziții și unghiuri ale implantului, înainte de intervenția propriu-zisă.
- **Învățarea principiilor de bază ale implantologiei** într-un mod interactiv și lipsit de risc.

---

# Planificarea poziționării implanturilor în VR

---

## Ce poți face concret în VR în timpul planificării implantului?

- **Vizualizezi osul în 3D** (CBCT reconstruit) la scară reală, cu posibilitatea de a-l secționa în orice plan.
- **Măsori distanțe critice:** grosimea corticalei, distanța față de canalul mandibular, înălțimea necesară în zona estetică.
- **Poziționezi implantul virtual în timp real:** alegi lungimea, diametrul, orientarea și adâncimea de inserție.
- **Vizualizezi impactul asupra viitoarei restaurări protetice,** pentru a respecta principiile “backward planning”.

---

# Vizualizare medicală în AR/VR pentru planificare chirurgicală

---

- Platformele AR/VR de vizualizare medicală sunt instrumente digitale care transformă datele imagistice (CBCT, CT, RMN, scanări intraorale) în modele 3D interactive.
- Ele sunt create pentru a ajuta clinicienii să înțeleagă mai clar anatomia și să planifice procedurile într-un mod mai sigur.

---

# Vizualizare medicală în AR/VR pentru planificare chirurgicală

---

## 💡 Ce pot face utilizatorii cu aceste platforme?

- *Explorare 3D a anatomiei*: rotire, mărire, secționare și aplicare de transparențe.
- *Măsurători directe*: distanțe, grosimi, unghiuri necesare pentru planificarea implanturilor sau analiză osoasă.
- *Combinarea datelor*: CBCT + scanări intraorale + modele digitale într-un singur mediu.
- *Suprapunerea datelor*: permit suprapunerea datelor digitale peste pacientul real

---

# Platformă de simulare ce combină **AR** cu **feedback haptic**

---

Platformă de simulare clinică ce combină **realitatea augmentată (AR)** cu **feedback haptic**, permițând studenților să exerseze proceduri stomatologice într-un mediu controlat și realist. AR suprapune informație digitală peste un manechin fizic, oferind o experiență de învățare apropiată de actul clinic real.

---

# Platformă de simulare ce combină **AR** cu **feedback haptic**

---

## Scopul utilizării AR cu feedback haptic

- **Învățarea procedurilor stomatologice într-un mediu sigur și economic, unde nu există consumabile reale**
- **Exersarea abilităților motorii prin feedback haptic care imită rezistența țesuturilor.**
- **Creșterea progresivă a competențelor, prin scenarii clinice tot mai complexe.**

---

# Platformă de simulare ce combină AR cu feedback haptic

---

 Ce se poate face concret în AR cu feedback haptic?

- **Suprapunere anatomia pacientului virtual peste manechin** → vezi exact unde sunt structurile sensibile.
- **Primire ghidaj vizual pentru adâncime, orientare și unghi** în proceduri precum: osteotomie, prepararea cavităților și a bonturilor, acces endodontic.
- **Feedback imediat**: dacă ai deviat, ai atins nervul, ai depășit limitele de siguranță etc.
- **Scenarii clinice variabile**, inclusiv situații dificile sau anatomii atipice

---

# Suprapunerea modelului dentar digital peste modelul fizic în AR

---

Platformele de realitate augmentată permit **aliniera unui model digital 3D** (obținut prin scanare intraorală sau design CAD) peste un **model fizic**.

## Scopul suprapunerii digitale în AR

- Să facă vizibile structurile invizibile –limite biologice, protetice
- Să conecteze acțiunea manuală reală cu feedback vizual digital.
- Să amplifice senzația de realism a modelelor dentare

---

# Suprapunerea modelului dentar digital peste modelul fizic în AR

---

 **Ce devine vizibil datorită suprapunerii digitale în AR?**

- ◆ **Linia de închidere marginala a bontului** — apare colorată clar în AR, astfel încât tehnicianul știe exact unde trebuie să aibă zona de închidere la o lucrare protetică.
- ◆ **Grosimea disponibilă pentru materialul protetic** — se poate evidenția dacă reductia este suficientă pentru realizarea unei lucrari protetice
- ◆ **Zone subpreparate sau suprapreparate** — devin imediat evidente prin coduri de culoare.
- ◆ **Axa de inserție** — un element esențial greu de înțeles pe model clasic.
- ◆ **Interferențele** care ar bloca inserția unei coroane sunt evidențiate digital.

---

# Navigația MR și precizia CAD/CAM în re poziționarea maxilarului

---

- ❖ Navigația MR cu markeri și HoloLens este folosită inclusiv pentru osteotomia Le Fort I.
- ❖ Acuratețea planificării CAD/CAM plus navigație MR a fost validată: deviație mediană 0.38 mm (0–3.93 mm).
- ❖ Confirmă reproducerea extrem de precisă a re poziționării maxilare.

# HoloLens 2

		HoloLens 2	HoloLens 1
COMPUTE SPECIFICATIONS	CPU Model	Qualcomm Snapdragon 850 Compute Platform	Intel Atom x5-Z8100P @ 1.04 Ghz
	Core Architecture	ARM Cortex-A75	Intel Airmont
	Logical CPU Cores	8	4
	Instruction Set	ARMv8	32-bit X86
	Memory Storage	4 GB LPDDR4× DRAM 64 GB UFS 2.1	1 GB LPDDR3 64 GB
HPU	Model	2nd generation custom-built holo-graphic processing unit	1st generation custom-built holographic processing unit
WIRELESS CONNECTIVITY	HPU Memory	Not specified	1 GB LPDDR3 RAM
	Wifi	WiFi 5 (802.11ac 2 × 2)	WiFi 5 (802.11ac)
	Bluetooth USB	Bluetooth LE 5.0 USB Type-C	Bluetooth 4.1 + BLE Micro USB 2.0
DISPLAY	Optics	See-through holographic Lenses (waveguides)	See-through holographic lenses (waveguides)
	Resolution	2k 3:2 light engines (screen aspect ratio)	2 HD 16:9 light engines (screen aspect ratio)
	Holographic density	>2.5k radiants (light points per radian)	2.5k radiants (light points per radian)
	Eye-based rendering	Display optimization for 3D eye position	Automatic pupillary distance calibration
AUDIO	Visible FoV	43° horizontal 29° vertical 52° diagonal	30° horizontal 17° vertical
	Microphone array	5 channels	4 channels
CAMERA	Resolution	8-MP stills,	2.4 MP (2048 × 1152)
	Video Resolution	1080 p30	1.1 MP (1408 × 792)
	Video Speed	24 fps	30 fps
SENSORS	Accelerometer, gyroscope, magnetometer	1	1
	AUDIO	Speakers	Built-in, spatial audio

FoV: Field of View; fps: frames per second.

*YouTube - HoloLens intro video - cut*

❖ Pret 3500\$

---

# ARKIT Apple

---

- ❖ **ARKit** este framework-ul avansat de **Realitate Augmentată (AR)** dezvoltat de Apple, care permite dispozitivelor cu camere TrueDepth sau LiDAR să înțeleagă mediul real și să suprapună cu precizie conținut 3D digital peste imaginea live.
- ❖ **World tracking:** combină camera și senzorii de mișcare pentru a mapa suprafețe și a urmări mișcarea dispozitivului în spațiu 3D.
- ❖ **Sensing de adâncime:** folosește LiDAR/TrueDepth pentru a genera hărți de adâncime stabile.
- ❖ **Randare 3D avansată:** integrează modelele 3D prin RealityKit sau SceneKit cu realism ridicat.
- ❖ Funcționează pe toate dispozitivele Apple cu **TrueDepth** (iPhone, iPad, Vision Pro)

---

# Newest devices in AR world

---

- ❖ HoloLens 2 - introduced on November 7, 2019
- ❖ September 25, 2024 - Meta introduces Orion, AR glasses that feature HoloLens-like capabilities at a fraction of the size and weight.
- ❖ September 2025 - Meta introduced Ray-Ban Display
- ❖ June 2023 - Apple introduced Vision Pro, and an updated version with M5 in October 22

---

# Future of AR

---

- ❖ The devices will evolve in size, becoming more and more compact, up to the shape of easy-to-wear lenses.
- ❖ Next is an episode of the series *Black Mirror*, a series that represents a dystopian image of modern society through the prism of emerging technology. In this episode, augmented reality is accessed through a lens with a display function and a retro-auricular chip for image storage and processing.

*Black Mirror - Entire history of you - S1E3*



# Simulatoare digitale și telemedicina în stomatologia digitală

**Sorana Eftimie**

Disciplina Tehnologii Digitale

UMF Iuliu Hațieganu Cluj-Napoca



# Obiectivele cursului

**Descrierea rolului simulatoarelor digitale în instruirea clinică**

**Înțelegerea principiilor telemedicinii aplicate stomatologiei și chirurgiei maxilo-faciale**

**Analizarea beneficiilor și limitărilor colaborării interdisciplinare prin platforme digitale**

**Recunoașterea aplicațiilor digitale pentru consultații și tratamente la distanță**

**Aprecierea impactului acestor tehnologii asupra educației, practicii clinice și cercetării**

# SIMULATOARE DIGITALE

## Istoric

- În secolul al XVIII-lea, procedurile restaurative erau practicate pe dinți extrași
- Deoarece dinții extrași erau greu de găsit, iar mediul de lucru nu era suficient de realist, în anii 1900 au fost dezvoltate simulatoarele de tip „phantom head”.
- Acestea erau carcase din bronz turnat, montate pe un suport metalic, cu modele dentare maxilare și mandibulare ce imitau o arcadă umană cu dinți artificiali sau extrași în ocluzie.
- Pentru a crește realismul simulării preclinice, au fost create manechine cu cap și trunchi din lemn, precum și echipamente pentru simularea masticției.
- Aceste simulatoare sunt utilizate și în prezent în laboratoarele pentru instruirea preclinică din numeroase facultăți de medicină dentară.



Mid-century Dental Phantom Head Model on Custom Stand, Columbia Dentoform Corp of New York (c. 1960s)

# REALITATE VIRTUALĂ

- 
- Creează un mediu complet virtual, generat pe computer.
  - Utilizatorul este total imersat, detașat de lumea reală.
  - Necesită ochelari VR, căști, controllere sau dispozitive portabile.
  - Simulează scene 3D fără legătură cu realitatea.
  - Experiența poate fi interactivă sau imersivă.
  - Utilizată pentru navigare virtuală, explorări 3D și instruire clinică în mediu simulat.

# REALITATE AUGMENTATĂ

- 
- Suprapune obiecte virtuale peste mediul înconjurător real.
  - Utilizatorul rămâne în mediul real, cu elemente digitale integrate.
  - Utilizează ochelari AR, ecrane semitransparente sau dispozitive mobile.
  - Combină realitatea cu informații și obiecte digitale precise și reproductibile.
  - Permite vizualizarea anatomiei pacientului suprapusă peste corpul real.
  - Utilă pentru navigație chirurgicală, planificare în timp real și instruire clinică.

# AVANTAJELE SIMULATOARELOR VR

- Reprezentare anatomică precisă, fără modele fizice costisitoare
- Costuri reduse, fără consumabile
- Feedback și evaluare în timp real (inclusiv la distanță)
- Experiență 3D imersivă, realistă
- Dezvoltarea coordonării mână–ochi și a abilităților motorii
- Practică repetitivă, nelimitată, în mediu sigur
- Creșterea competenței și încrederii clinice
- Aplicabilitate multidisciplinară
- Rezultate comparabile cu învățarea tradițională



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

## MOOG Simodont Dental Trainer

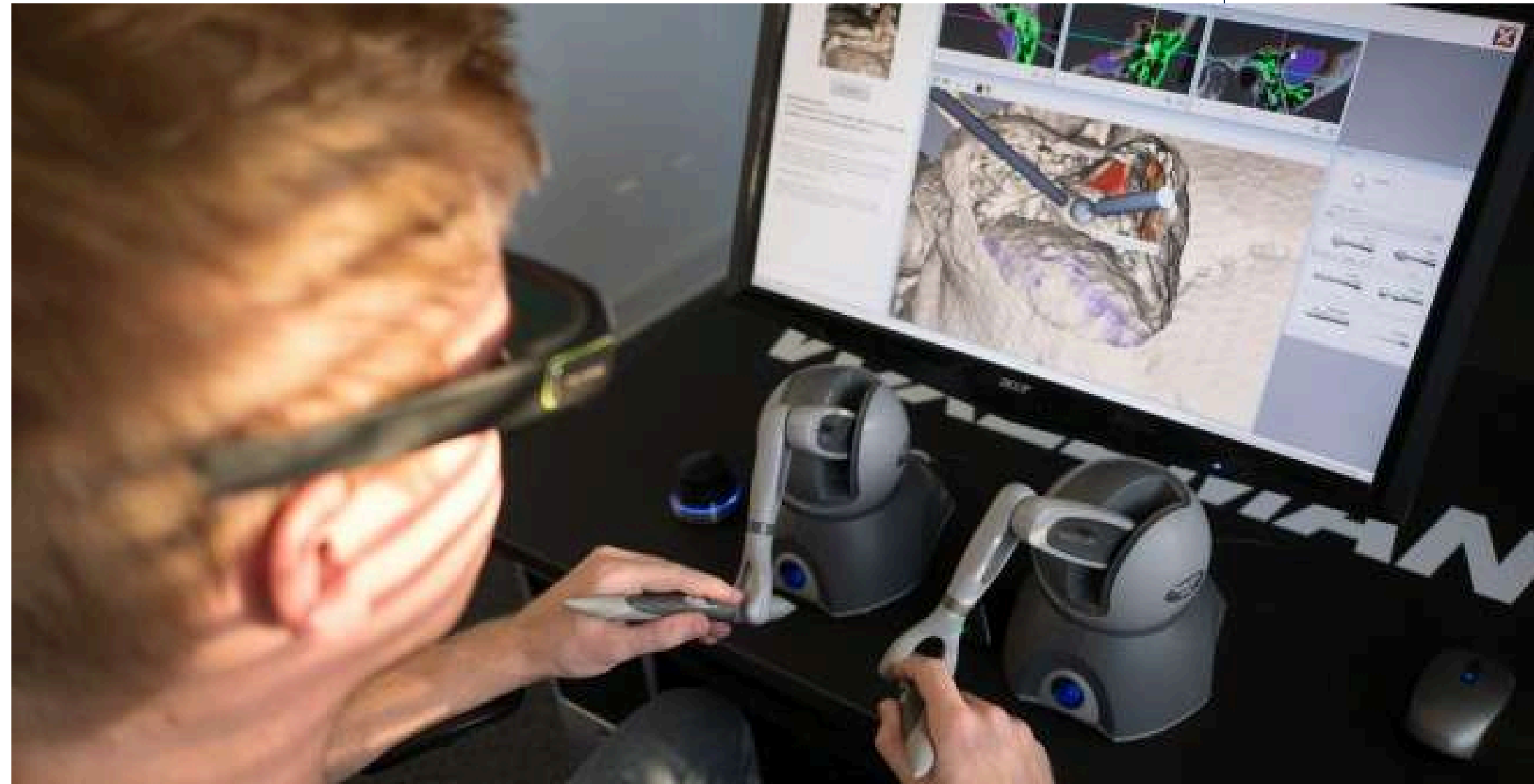
- Oferă feedback tactil, vizual și auditiv într-un mediu dedicat de realitate virtuală imersivă.
- Simulează instrumente dentare precum freze și instrumentar manual pentru dezvoltarea abilităților clinice (șlefuiți, tratamentul cariei dentare).
- Simulează diverse patologii dentare.
- Profesorii pot modifica și crea scenarii personalizate de învățare.
- Sistemul permite monitorizarea și evaluarea activității studenților prin software dedicat.



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

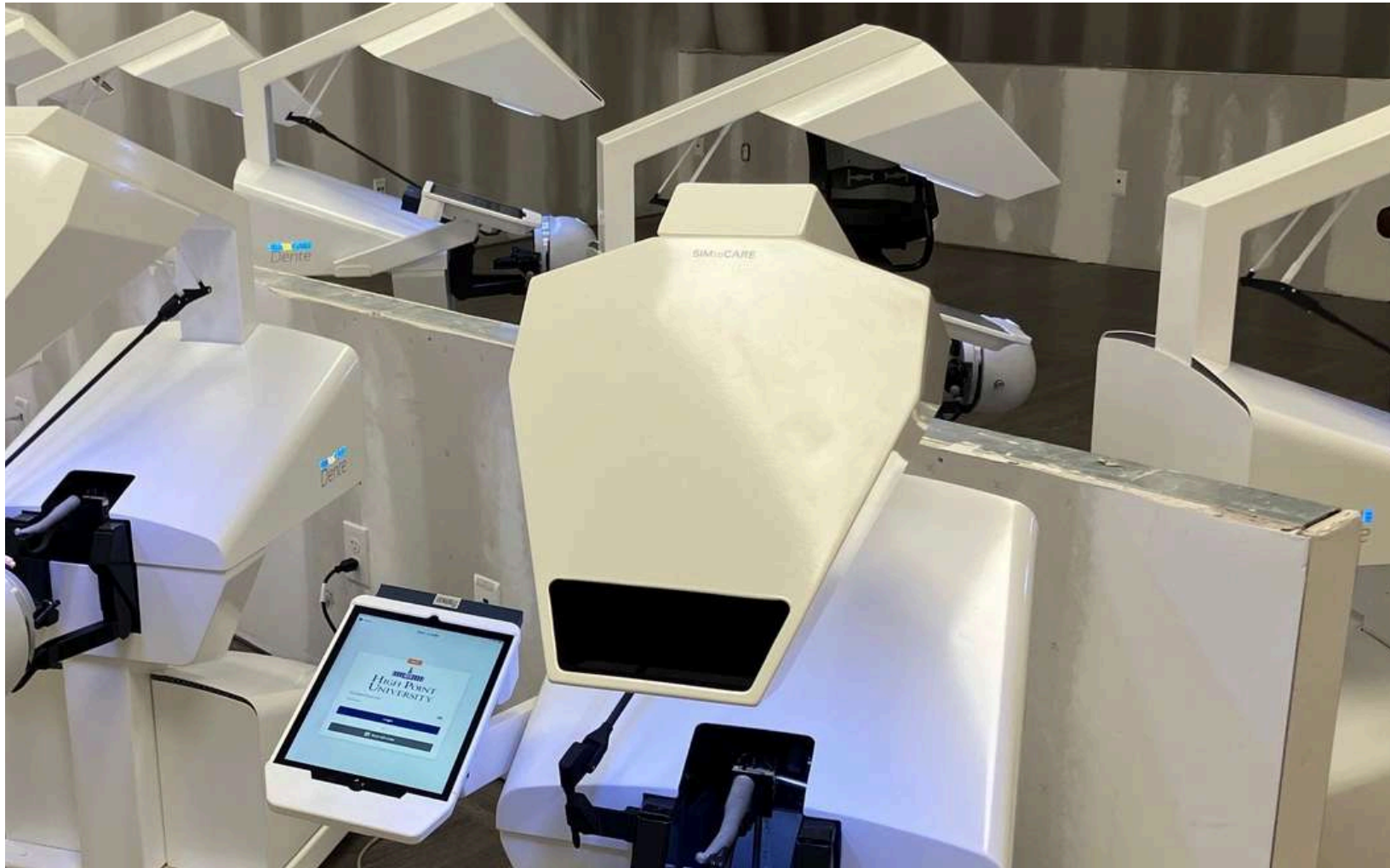
## Voxel-Man Simulator

- bazat pe realitate virtuală
- simulator pentru chirurgie ORL
- simulator pentru diverse tipuri de preparări dentare în educația stomatologică.
- simulator pentru ecografie abdominală și endoscopică în medicina internă.
- permite importul propriilor scanări CT pentru antrenament personalizat.
- generează modele 3D imprimabile ale pacientului virtual.



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

## SIMtoCARE Dente

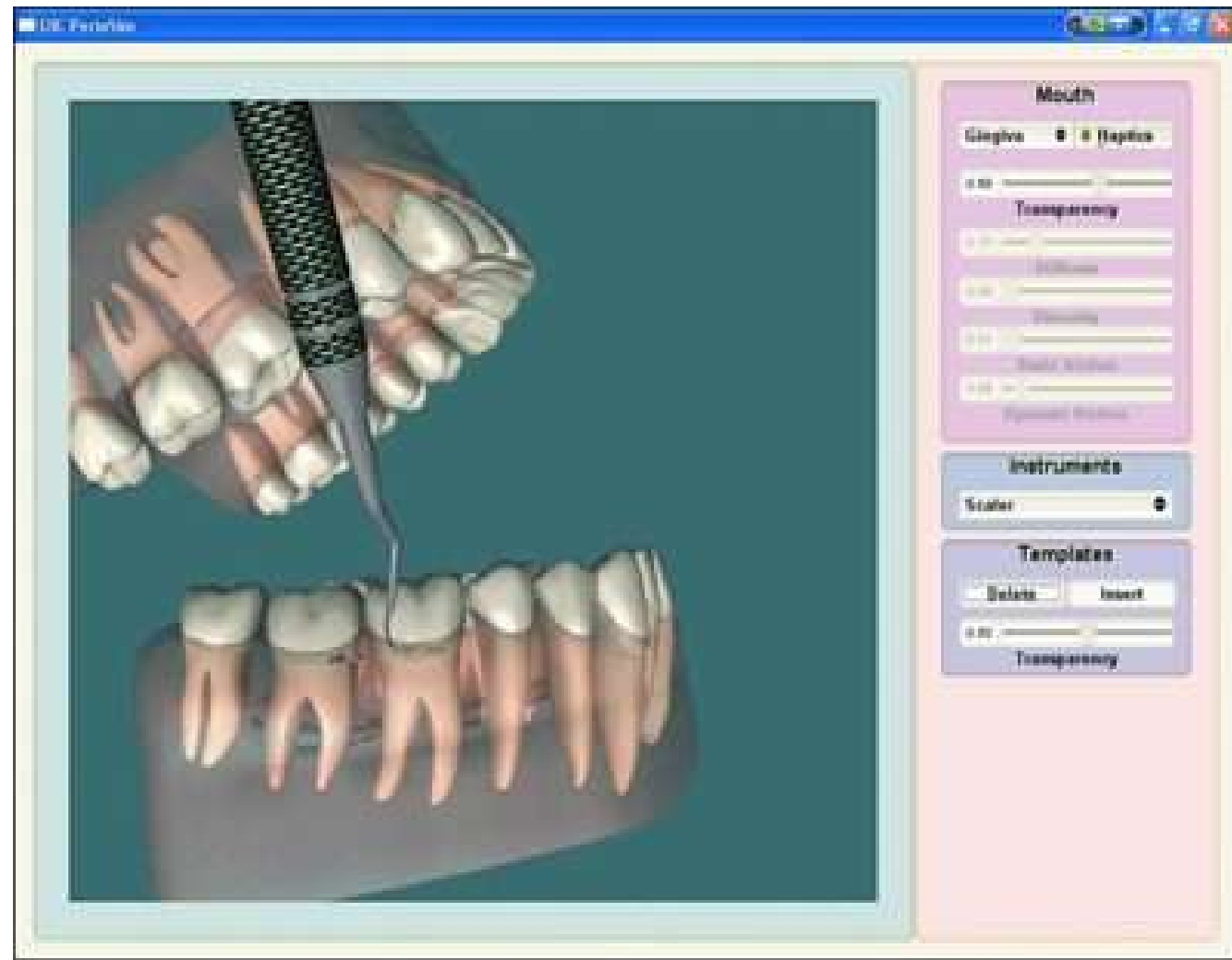


- Tehnologie haptică - redă realist senzația de frezare, rezistența dentinei, osului și instrumentelor.
- Realitate mixtă – combină mâinile și suportul real cu dinții și structurile virtuale; ecran 3D autostereo (fără ochelari).

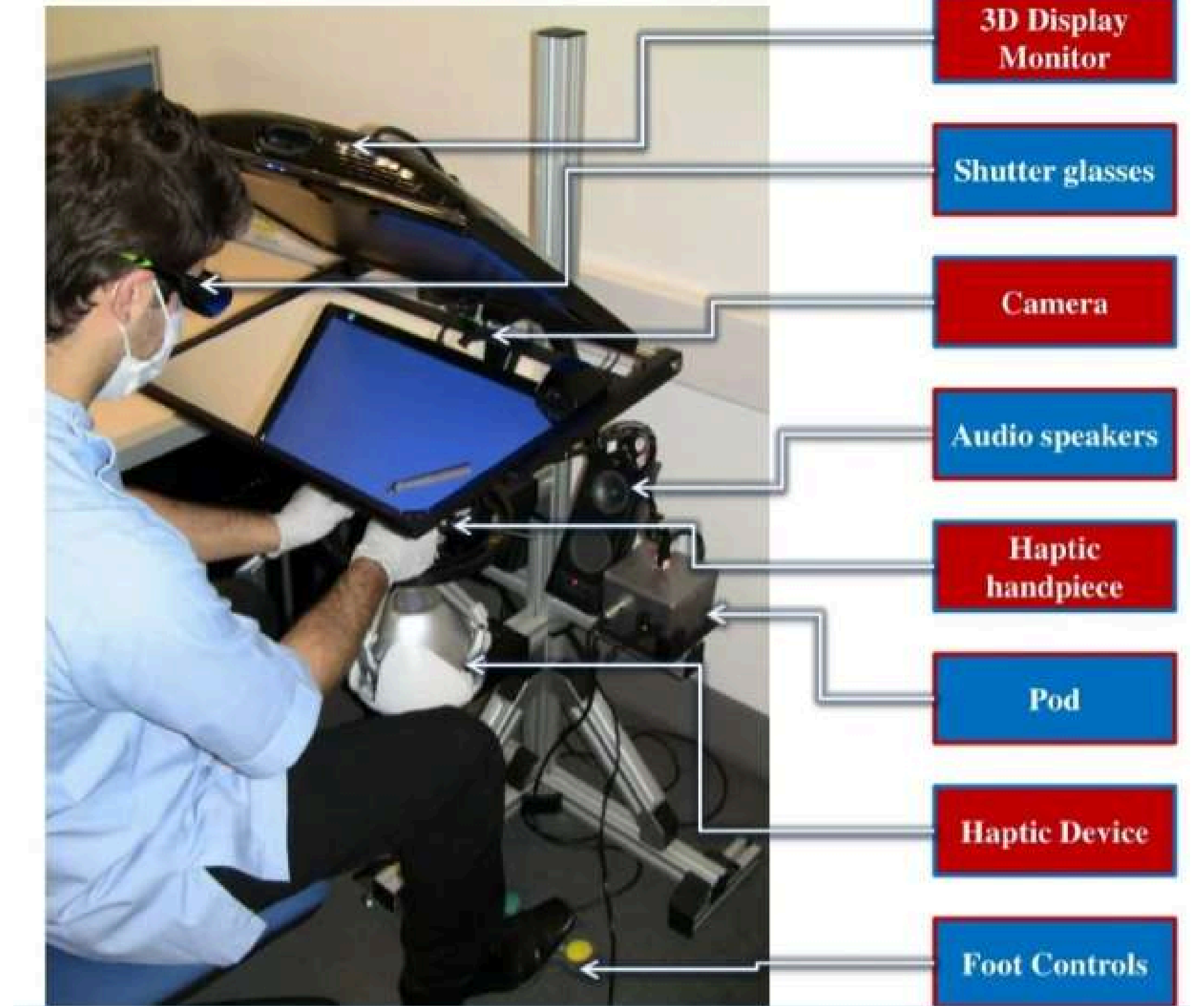
- Stomatologie restaurativă – carii.
- Endodonție – cavități de acces.
- Protetică – șlefuiți.
- Implantologie – plasare implanturi cu vizualizare DICOM.
- Parodontologie – sondare, detartraj.
- Anestezie – inserție și dozare corectă.

# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

PerioSim

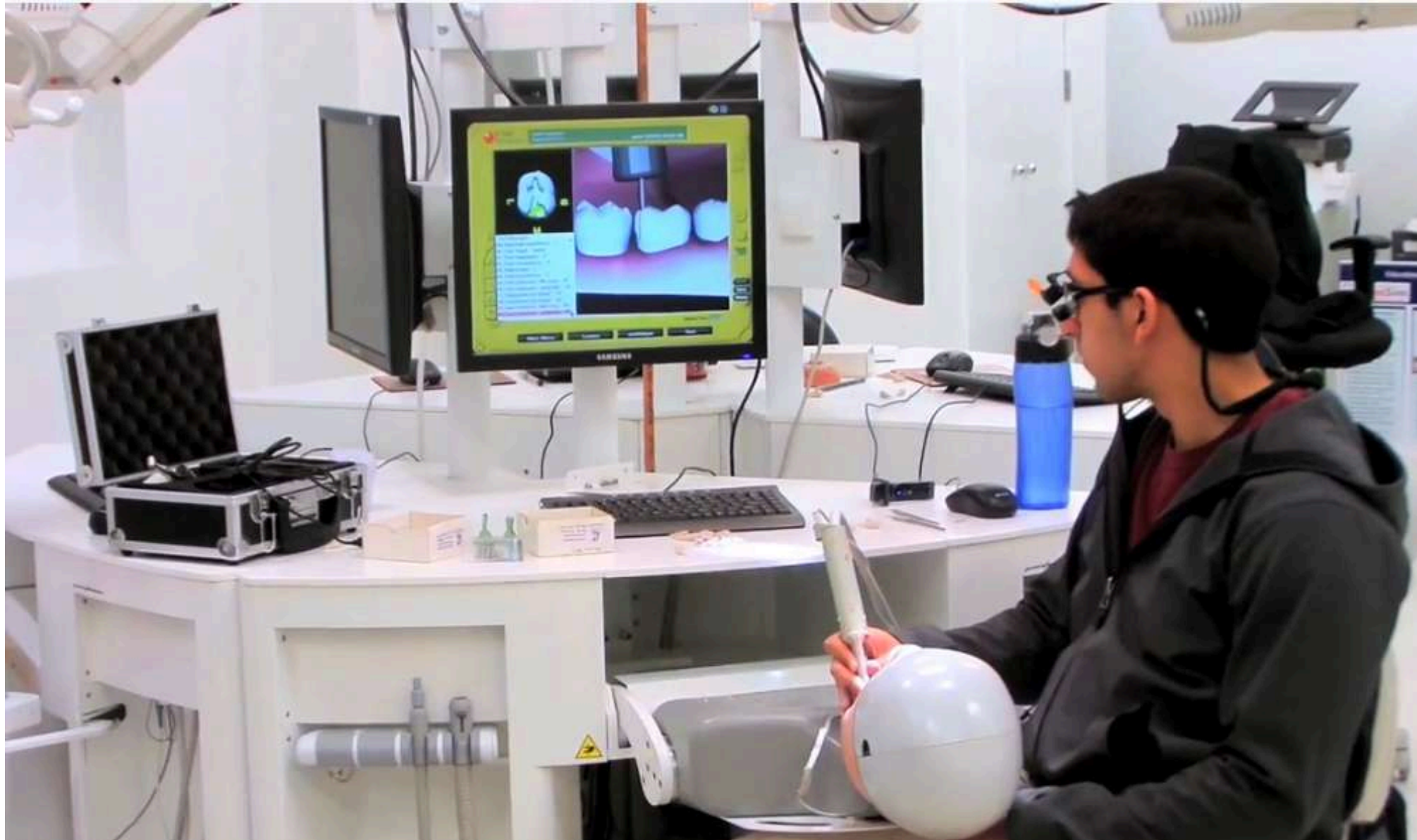


HAPTEL



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

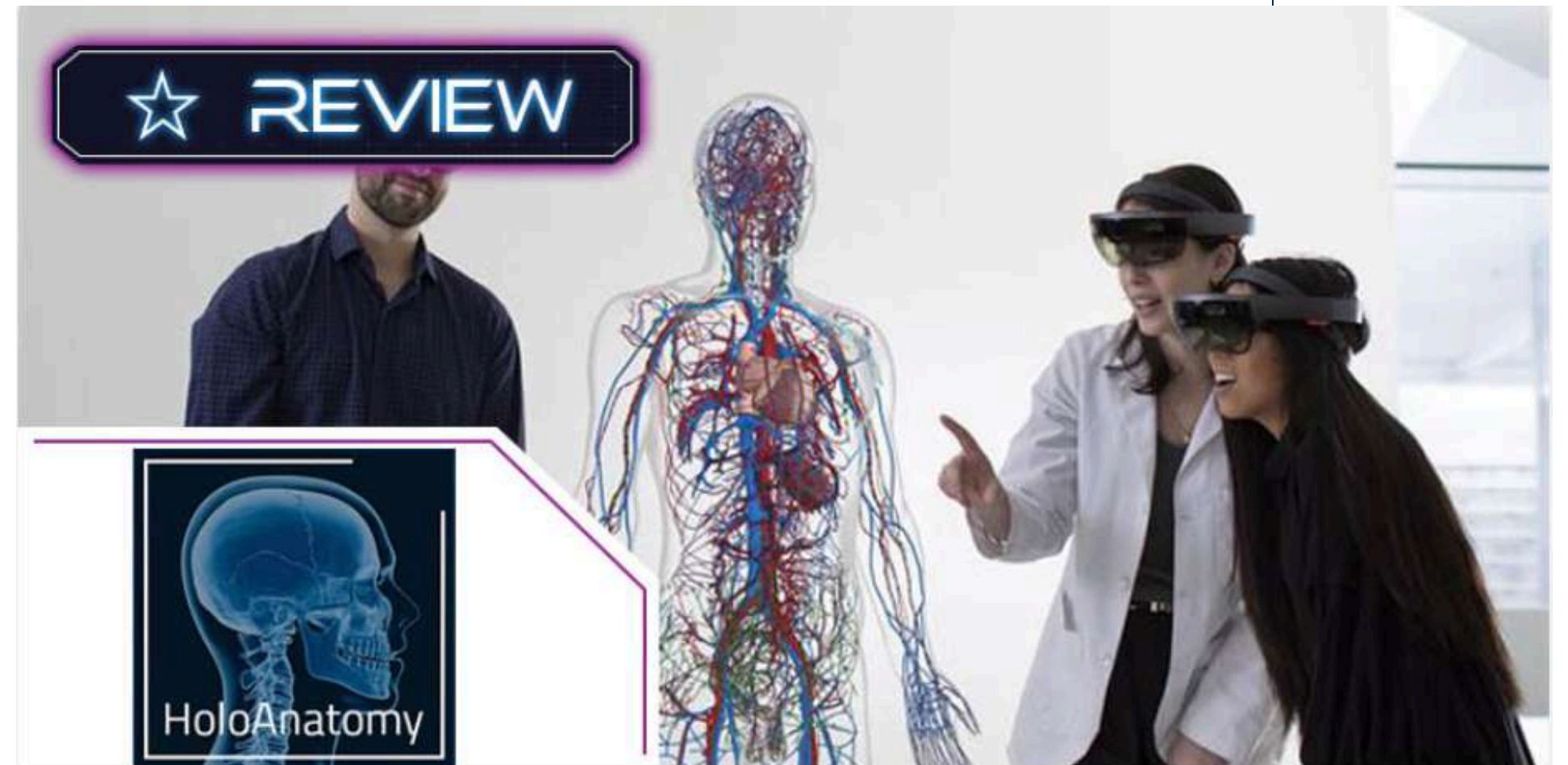
## DentSim



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

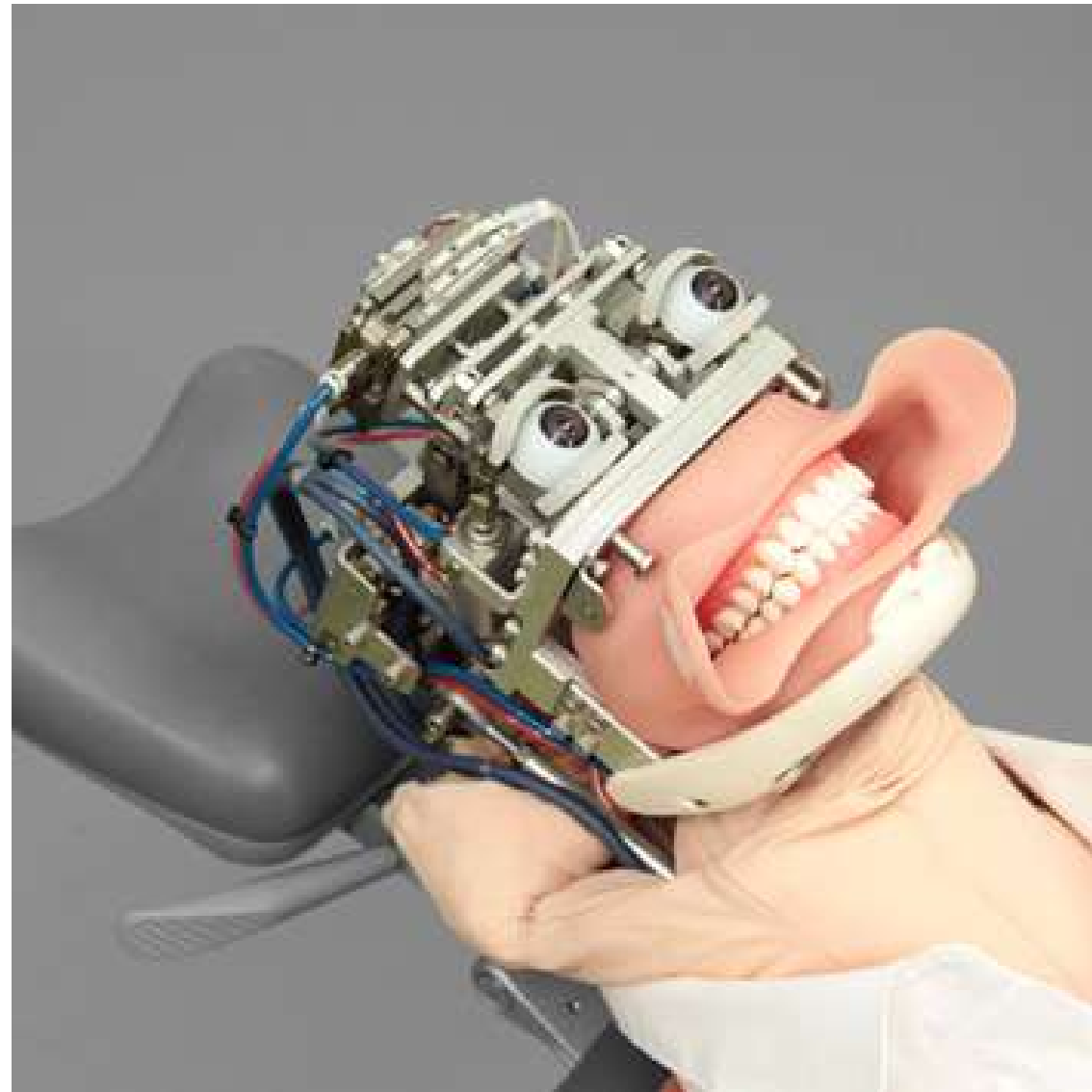
---

## Microsoft Hololens



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

## DENTAROID (Nissin)



# SIMULATOARE DIGITALE MODERNE

Hanako



# Telemedicina și Telestomatologia

# Telemedicina

- Reprezintă furnizarea de servicii clinice la distanță, când există o separare fizică între medic și pacient, utilizând tehnologiile informației și comunicațiilor.
- Scop: Facilitează accesul la specialiști, optimizează resursele și reduce inegalitățile geografice.
- Utilitate: Sprijină pacienții care nu se pot deplasa (motive medicale, geografice, de securitate) pentru evaluări preliminare, monitorizarea bolilor cronice și consultații post-operatorii.



## Telemedicine vs Telehealth

Telemedicine - se concentrează pe servicii clinice la distanță

Telehealth - concept mai larg, care include și activități non-clinice, precum întâlniri administrative, servicii de prevenție și educație medicală pentru profesioniștii din domeniul sănătății și pentru publicul larg

# De la Telemedicină la Telestomatologie

Telestomatologia = componentă specializată a telemedicinii care utilizează tehnologiile de telecomunicații pentru furnizarea serviciilor stomatologice și a educației în domeniu.



# Necesitatea telestomatologiei

Reflectă disparitățile semnificative în accesul la îngrijirea orală, cauzate de obstacole sociale, economice și geografice.

1/3

dintre adulții din România se prezintă anual la control stomatologic.

> 1/3

se prezintă la medic doar când apar dureri.

## Grupuri Vulnerabile

Vârstnicii

Persoanele cu dizabilități

Persoanele cu venituri mici

Minoritățile



## ORAL DISEASE BURDEN

### Prevalence of oral diseases (2019)<sup>3</sup>

Prevalence of untreated caries of deciduous teeth in children 1-9 years (%)	Prevalence of untreated caries of permanent teeth in people 5+ years (%)	Prevalence of severe periodontal disease in people 15+ years (%)	Prevalence of edentulism in people 20+ years (%)
48.2	41.3	17.5	12.4

### Lip and oral cavity cancer, all ages (2020)<sup>4</sup>

	Female	Male	Total
Number of new cases	322	1 607	1 929
Incidence rate (per 100 000 population)	1.3	10.0	5.4

## RISK FACTORS FOR ORAL DISEASES

Risk factors (2019) <sup>5</sup>	Female	Male	Total
Per capita availability of sugar (g/day)	...	...	74.3
Prevalence of current tobacco use, 15+ years (%)	20.2	36.5	28.4
Per capita alcohol consumption, 15+ years (litres of pure alcohol/year)	5.7	19.5	12.3

# Limitele Interacțiunilor Tradiționale - Decalajul de Comunicare

Limitările comunicării convenționale în stomatologie pot duce la erori sau la o înțelegere incompletă a tratamentului.

## Comunicare traditionala



Telefonul: Nu permite transmiterea de informații vizuale (imagini, radiografii).



Consultația față în față:  
Timp limitat,  
restricționând schimbul  
complet de informații și  
educația pacientului.

## Comunicare prin mijloacele telemedicinii



Permite monitorizare interactivă, educație proactivă și comunicare vizuală în timp real, îmbunătățind înțelegerea și continuitatea îngrijirii.

# Tehnologia ca Punte



## Consultații Virtuale

- Permit acces rapid la sfaturi și triaj.
- Elimină deplasările și timpii de așteptare.
- Eficiente pentru screening inițial și optimizarea resurselor clinicii.

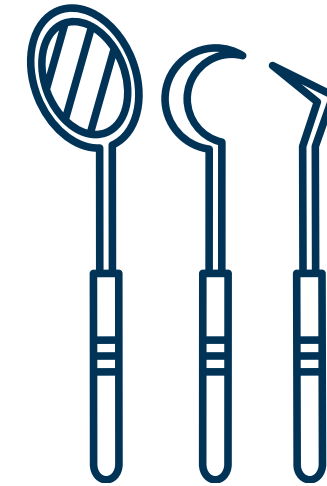
## mHealth

- Transformă pacientul din receptor pasiv în participant activ.
- Aplicațiile mobile permit programări, consulturi și comunicare rapidă.
- Integrarea cu dispozitive wearable permite monitorizare și feedback personalizat.

## Acces Colaborativ între Specialități

- Conectează medicul dentist cu ortodonți, parodontologi, chirurghi sau tehnicieni.
- Dosarele electronice de sănătate permit planuri de tratament integrate și diagnostice precise.

# Obiectivele Telestomatologiei



EXTINDEREA ACCESULUI LA ÎNGRIJIRI MEDICALE	EDUCAȚIE CONTINUĂ ȘI FORMARE	OPTIMIZAREA SUPORTULUI CLINIC
<p>Reduce disparitățile dintre comunitățile rurale și urbane.</p> <p>Crește accesul la îngrijire orală pentru grupuri vulnerabile.</p>	<p>Suplimentează metodele tradiționale de predare pentru studenți.</p> <p>Oferă oportunități de educație la distanță pentru medici.</p>	<p>Permite detectarea precoce a afecțiunilor și triajul.</p> <p>Facilitează gestionarea trimiterilor. Permite tratamente specializate la distanță.</p>

# Modalități de Comunicare în Teledentologie



## Consult Video în Timp Real (Sincron)



Interacțiune directă medic-pacient prin videoconferință.  
Utilizare: Evaluări inițiale, controale, monitorizare post-tratament, urgențe.

## Transmitere Asincronă (Store-and-Forward)



Pacientul sau personalul medical captează imagini, radiografii sau scanări și le trimite medicului pentru analiză ulterioară.  
Utilizare: Când consultul în timp real nu este necesar sau posibil, evaluarea cazurilor de către specialiști.

## Monitorizare la Distanță a Pacientului (Continuă)



Urmărirea continuă a pacienților cu afecțiuni specifice prin dispozitive portabile, senzori și aplicații.  
Utilizare: Monitorizarea tratamentelor ortodontice, a terapiei pentru apneea de somn.

# Infrastructura Tehnologică

## Rețea și Conectivitate

### Internet de mare viteză

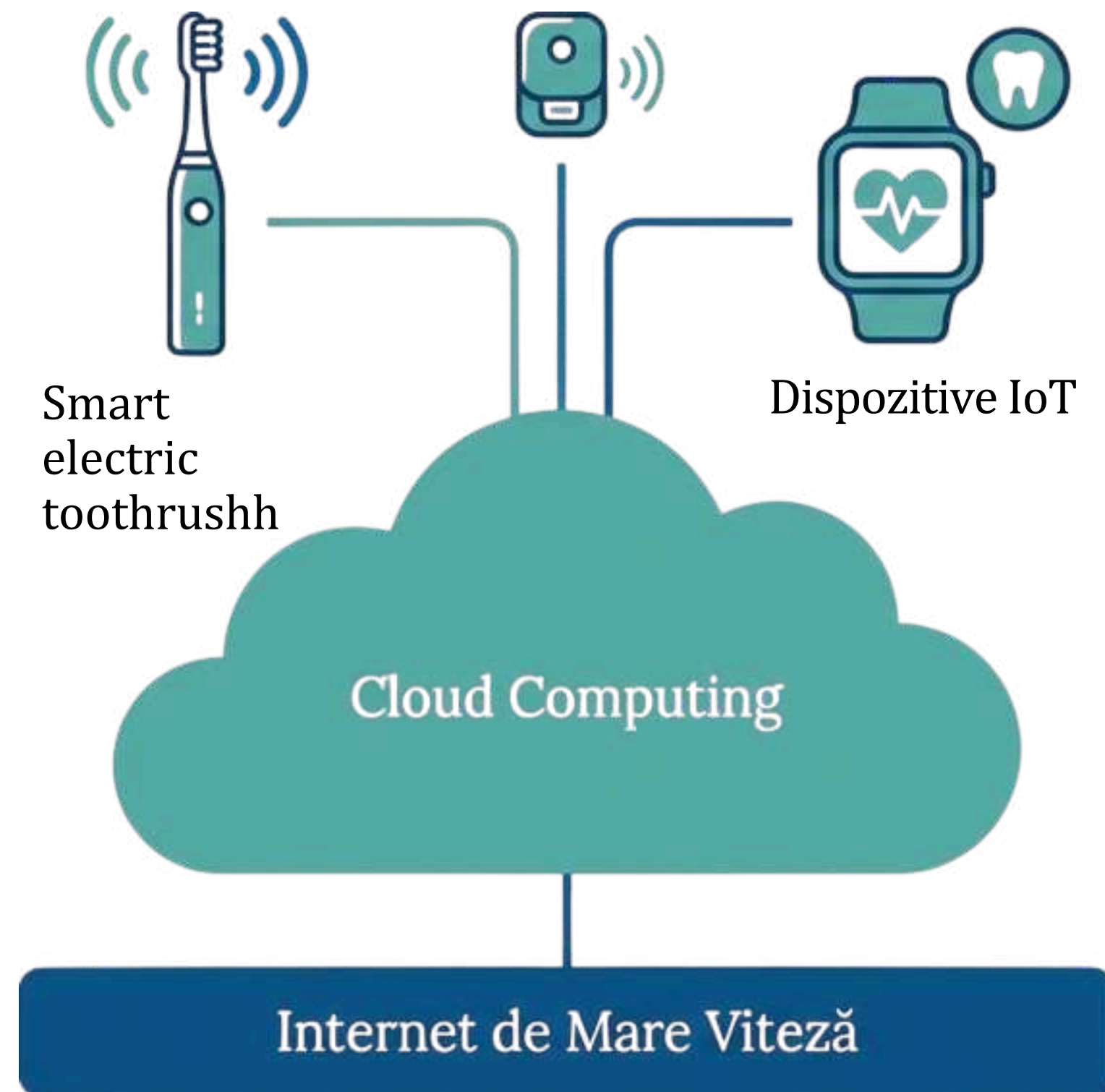
Baza sistemului, permite transferul rapid și sigur al volumelor mari de date medicale (imagini CBCT, scanări intraorale).

### Internet of Things (IoT)

O rețea de dispozitive interconectate („smart web“) care generează și transmite date despre sănătatea orală. Monitorizează parametri clinici în timp real.

### Cloud Computing

Acces universal, la cerere, la resurse de calcul partajate. Datele colectate sunt transmise securizat către cloud pentru stocare, analiză și integrare clinică.



# Infrastructura Tehnologică

## Dispozitive de Achiziție a Datelor

Telestomatologia include orice tip de date digitale relevante care pot fi colectate și transmise securizat.



### Scanner Intraoral (IOS)

Trecerea de la amprente convenționale la amprente optice directe.



### Radiografii 2D și Fotografii

Utilizate frecvent pentru evaluări preliminare.



### CBCT

Imagini 3D esențiale în chirurgie orală și implantologie.



### Scanner Facial

Generează topografii 3D ale feței.



### Articulatoare virtuale + Modjaw

Capturează dinamica ocluziei și mișcarea maxilarului.

# Infrastructura Tehnologică Ecosistemul mHealth

Utilizarea tehnologiilor mobile și wireless pentru susținerea obiectivelor de sănătate.

## Componente

- Dispozitive mobile: Smartphone-uri și tehnologii purtabile (wearables), accesibile și ușor de utilizat.
- Senzori integrați: Colectează discret date obiective despre indicatori de sănătate și comportamente.
- Dispozitive de monitorizare specifice:
  - Periute de dinți inteligente: Captează durata, presiunea și zonele acoperite.
  - ROBAS: Platformă care folosește dispozitive electronice pentru a colecta și transmite date în cloud.



# Infrastructura Tehnologică

## Sisteme de Management al Datelor

Platformele digitale și standardele universale sunt esențiale pentru stocarea și accesul eficient la informațiile pacientului.

### EHR (Dosare Electronice de Sănătate)

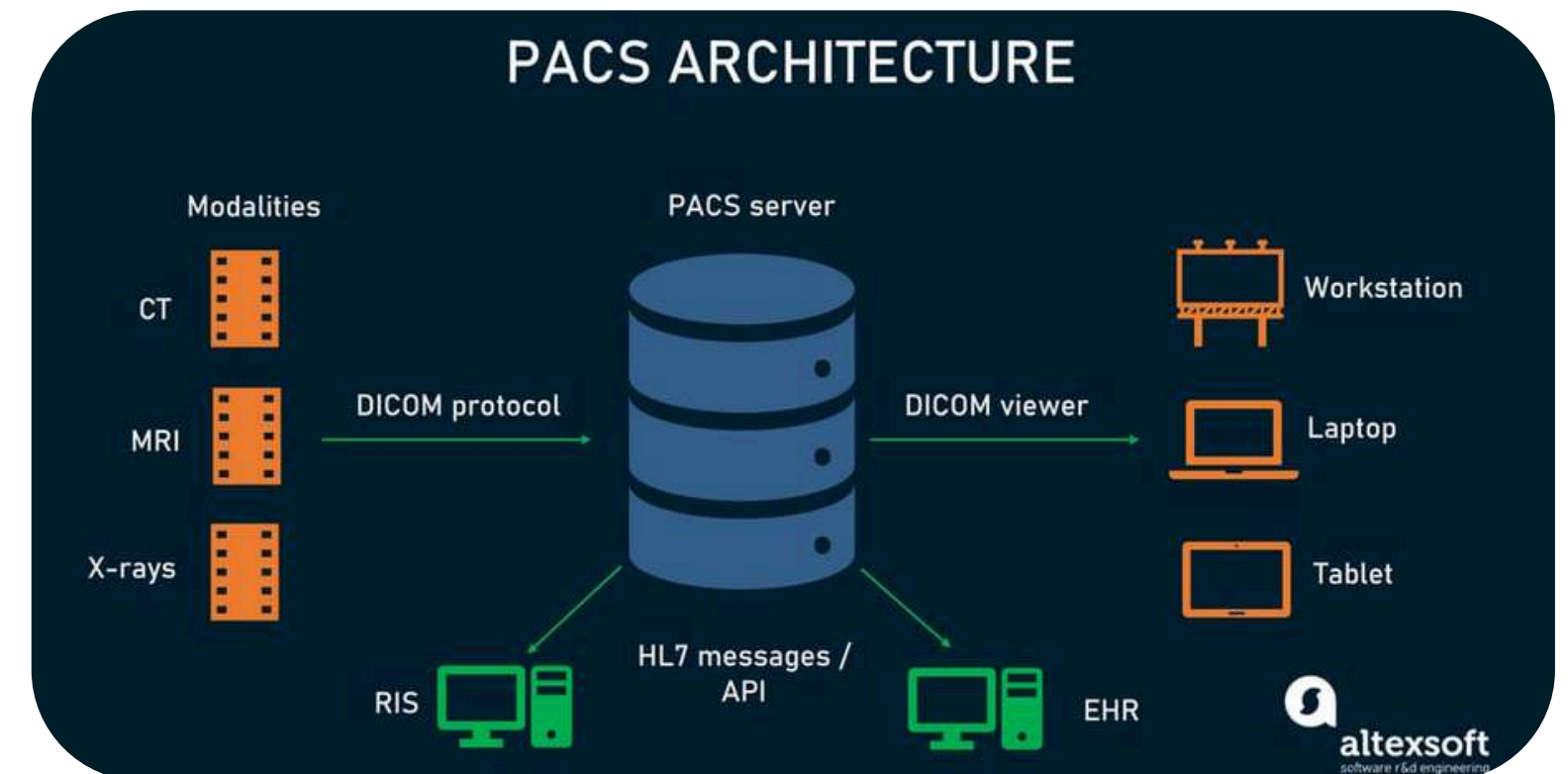
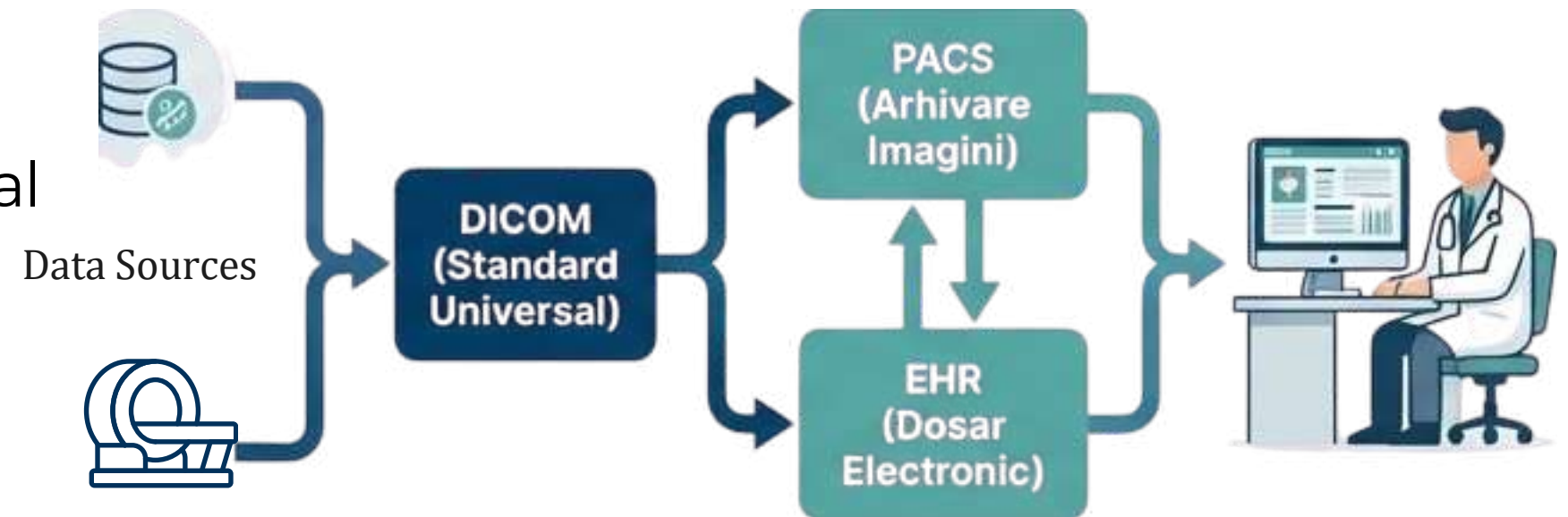
Stochează longitudinal istoricul medical complet al pacientului (diagnostice, tratamente, imagistică).

### PACS (Picture Archiving and Communication System)

Sistem dedicat stocării și accesului la imagini medicale din multiple surse.

### DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Standardul universal pentru stocarea și transferul imaginilor medicale, asigurând interoperabilitatea.



# Securitate și Confidențialitate

## 1. Protecția Datelor

- Anonimizare
- Criptare
- Pseudonimizare

## 2. Conformitate Legală și Etică

Respectarea strictă a GDPR și EHDS.

## 3. Tehnologii Emergente

Blockchain = registru digital distribuit, securizat și imuabil.

Funcționează ca un “protocol de încredere” și previne modificarea datelor.

### 3 major challenges of data anonymization



# Aplicații Practice

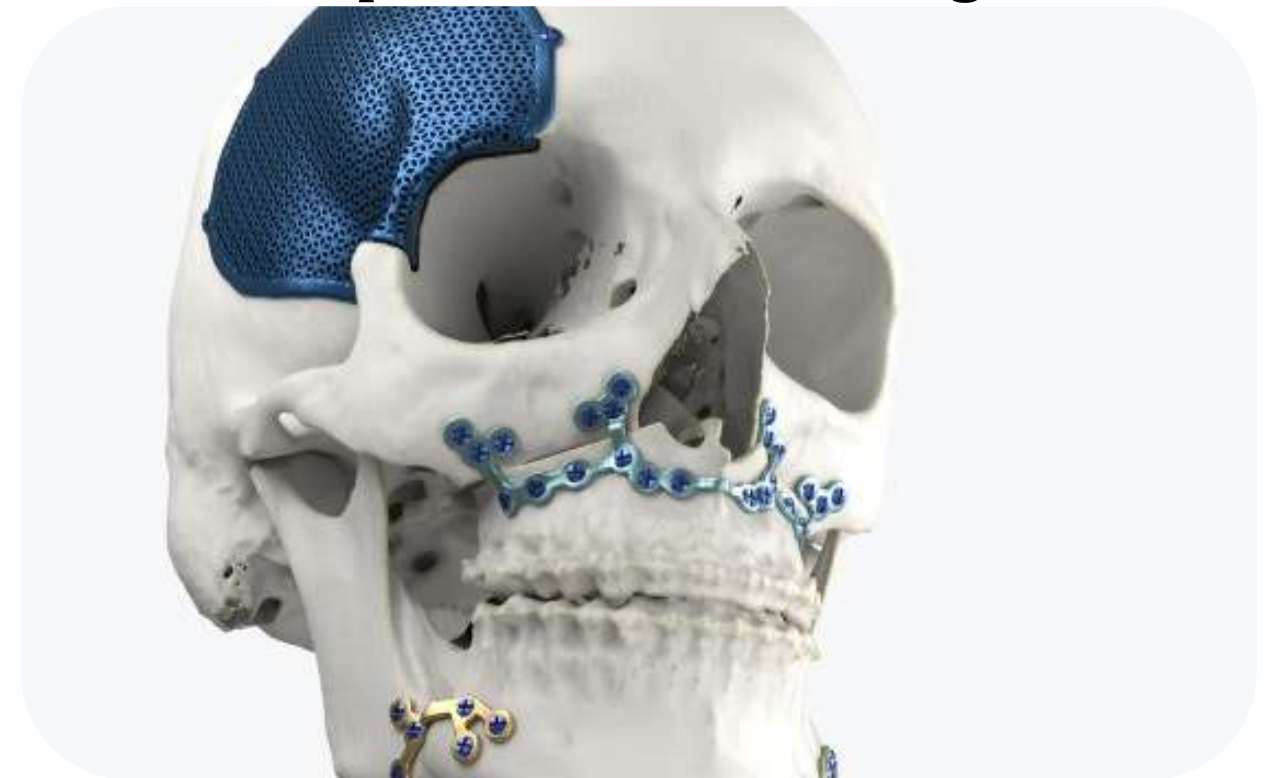
## Ortodonție

- Monitorizare la Distanță: Pacienții trimit scanări/fotografii prin aplicații mobile (ex. Dental Monitoring). AI analizează progresul, iar ortodontul validează online.
- Consultații virtuale și triaj.
- Fabricarea aliniatoarelor ortodontice



## Chirurgie Orală și Maxilo-Facială

- Planificare Chirurgicală Virtuală (VSP): Combinarea datelor (CBCT, scanări) pentru simulări 3D și crearea de ghiduri chirurgicale.
- Flux de colaborare la distanță pentru implanturi personalizate
- Monitorizare postoperatorie: controlul vindecării prin video sau fotografii.



# Aplicații Practice



## **Stomatologie Pediatrică și Sănătate Publică**

Igieniști sau asistenți colectează date digitale în școli sau alte centre, sub supervizarea la distanță a unui dentist.



## **Patologie Orală**

Screening la distanță prin trimiterea de imagini



## **Protetică Dentară**

Colaborare medic-laborator prin transfer securizat de scanări digitale pentru designul restaurărilor (Digital Smile Design).



## **Endodonție și Parodontologie**

Telediagnostic pentru leziuni periapicale și monitorizare post-tratament în faza de menținere.

# Avantajele Telestomatologiei

## Îmbunătățirea accesului la îngrijiri

Reduce barierele geografice pentru populațiile izolate sau insuficient deservite.

## Intervenții Precoce și Prevenție

Monitorizarea periodică permite identificarea timpurie a problemelor.

## Creșterea Implicării și Educației Pacientului

Materialele vizuale îmbunătățesc înțelegerea și susțin luarea deciziilor informate.



## Conveniență și Economie de Timp

Programări flexibile, reducerea timpilor de așteptare și a costurilor de transport.

## Eficiență Economică

Reduce costurile operaționale pentru clinici și cheltuielile pentru pacienți.

# Provocări



## Tehnologice

Necesitatea accesului la internet stabil și dispozitive adecvate.

Deficiențele de infrastructură pot limita aplicabilitatea.

## Clinice

Nu înlocuiesc examinările clinice directe; anumite afecțiuni necesită contact fizic.



## Operaționale

Costurile de integrare a tehnologiei.

Necesitatea formării formării continue a personalului medical.

## Securitate

Riscuri legate de protecția și confidențialitatea datelor medicale transmise electronic.



# Aspecte Legale și de Reglementare

## Licențiere și Practică Internațională

Medicii trebuie să respecte cerințele legale și de licențiere din jurisdicția pacientului. Sunt necesare acorduri între autorități pentru a facilita practica transfrontalieră.



## Asigurări de Sănătate

- Acceptarea și rambursarea variază semnificativ.
- SUA: Politicile recomandă acoperire egală cu îngrijirea față-în-față, dar implementarea depinde de asiguratori.
- Situația din România: Teleconsultațiile sunt recunoscute legal, dar includerea serviciilor stomatologice în pachete nu este clar definită la nivel național.

# Perspective de Viitor



## Integrare AI

- Gestionarea cazurilor de rutină
- Analize predictive pentru pacienții cu risc ridicat
- Monitorizare continuă prin Internet of (Dental) Things

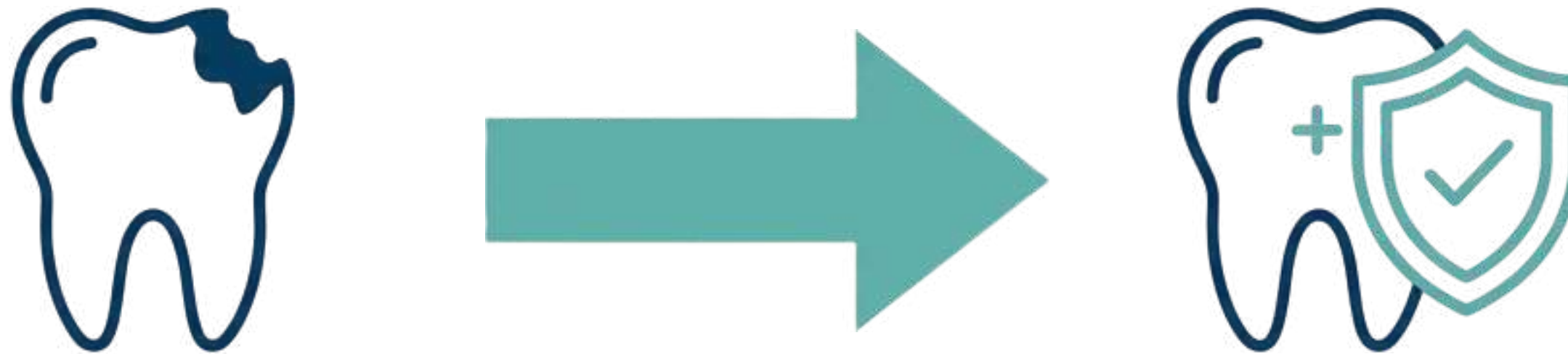
## Modele Hibride

- Combinarea vizitelor virtuale (triaj, follow-up) cu cele fizice (proceduri complexe).
- Extinderea modelelor comunitare cu delegarea colectării de date.

## Educație Digitală

- Integrarea competențelor digitale în curricula universitară și încurajarea adoptării de către practicieni.

# Concluzii



- Teledentologia redefinește îngrijirea orală, trecând de la un model reactiv, centrat pe tratament, la o abordare preventivă, proactivă și centrată pe pacient. Aceasta facilitează screeningul, prevenția și monitorizarea continuă.
- Susține o abordare holistică, corelând sănătatea orală cu cea generală prin facilitarea fluxului de informații.



# Managementul datelor digitale și securitatea informațiilor medicale

Dr. Adrian Dragomir

Prof. Dr. Mihaela Hedesiu

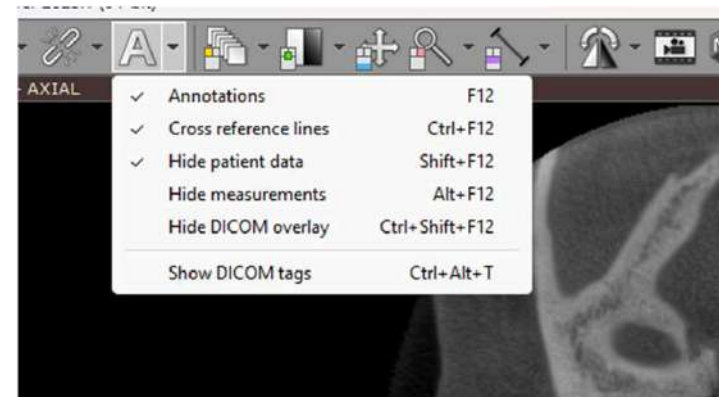
# Securizarea datelor digitale

Importanța protejării datelor digitale în stomatologia modernă (fișiere CAD/CAM, scanări intraorale, CBCT).

Respectarea confidențialității pacientului și a reglementărilor legale (ex. GDPR).

# Formatul DICOM:

- păstrează calitatea originală a imaginii conține informații medicale esențiale
- permite schimbul între sisteme diferite este standard acceptat internațional

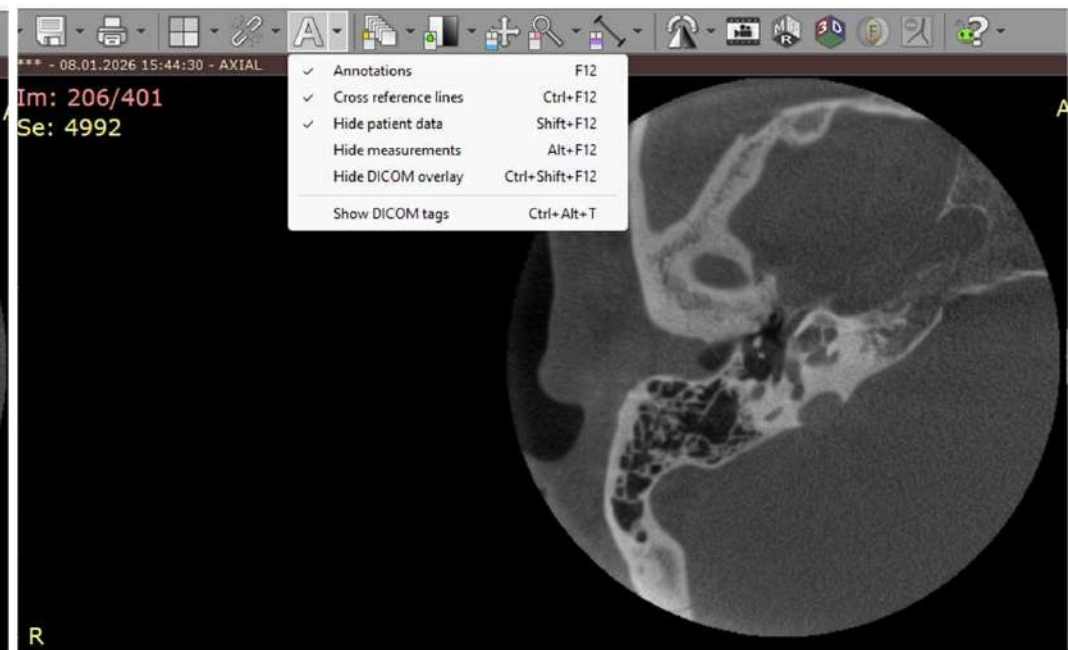
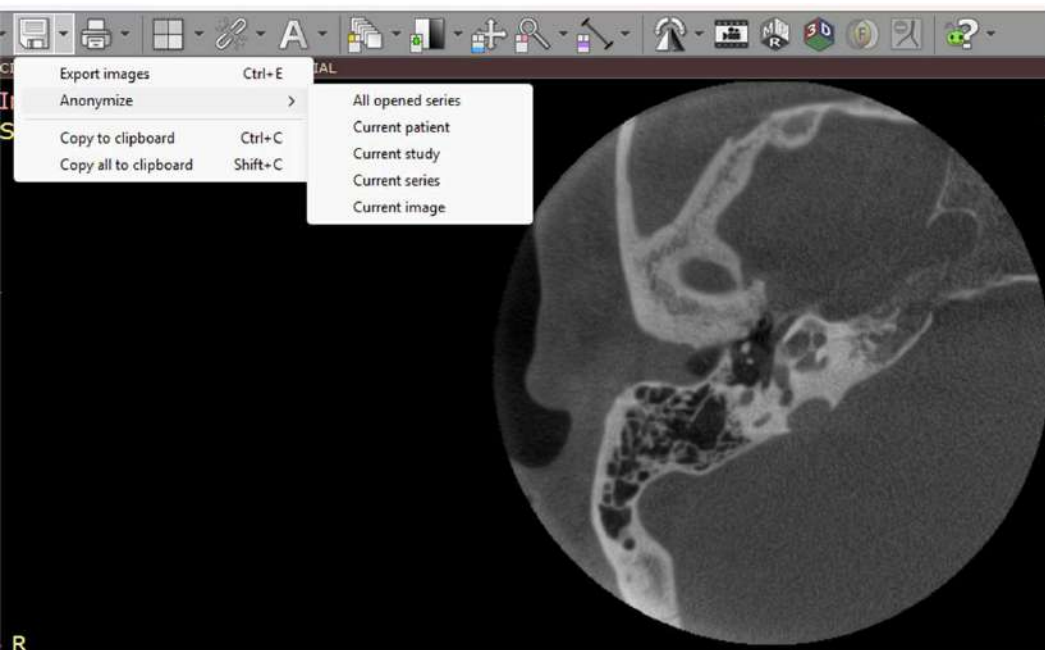


# Fisier DICOM

- Un fișier DICOM conține:
  - imaginea medicală
  - date despre pacient (nume, ID, data nașterii)
  - date despre investigație (tip RX, data, aparat)
  - date despre medic / cabinet

Tag ID	VR	VM	Length	Description	Value
(0002,0000)	UL	1	4	File Meta Information Group Length	220
(0002,0001)	OB	1	2	File Meta Information Version	00 01
(0002,0002)	UI	1	26	Media Storage SOP Class UID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
(0002,0003)	UI	1	56	Media Storage SOP Instance UID	2.16.840.1.113669.632.10.20260108.154433336.96125.44.2
(0002,0010)	UI	1	20	Transfer Syntax UID	Explicit VR Little Endian [1.2.840.10008.1.2.1]
(0002,0012)	UI	1	30	Implementation Class UID	2.16.840.1.113669.632.10.99.2
(0002,0013)	SH	1	16	Implementation Version Name	ROMEXIS_6_4_1_R
(0002,0016)	AE	1	10	Source Application Entity Title	ROMEXIS_1
(0008,0005)	CS	1	10	Specific Character Set	ISO_IR 100
(0008,0008)	CS	3	22	Image Type	ORIGINAL\PRIMARY\AXIAL
(0008,0012)	DA	1	8	Instance Creation Date	20260108
(0008,0013)	TM	1	6	Instance Creation Time	154822
(0008,0016)	UI	1	26	SOP Class UID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
(0008,0018)	UI	1	56	SOP Instance UID	2.16.840.1.113669.632.10.20260108.154433336.96125.44.2
(0008,0020)	DA	1	8	Study Date	20260108
(0008,0021)	DA	1	8	Series Date	20260108
(0008,0022)	DA	1	8	Acquisition Date	20260108
(0008,0023)	DA	1	8	Content Date	20260108
(0008,0030)	TM	1	6	Study Time	154430
(0008,0031)	TM	1	6	Series Time	154430
(0008,0032)	TM	1	6	Acquisition Time	154430
(0008,0033)	TM	1	6	Content Time	154430
(0008,0050)	SH	0	0	Accession Number	

# Anonimizarea imaginilor digitale



# Formatul STL

- este folosit pentru:
  - scanări intraorale
  - modele digitale ale arcadelor dentare
  - coroane, punți, fațete
  - gutiere, alignere
  - implantologie și ghiduri chirurgicale
  - imprimare 3D
- ***Formatul STL nu contine: date personale , informatii medicale culoare sau textura***
- ***Identitatea pacientului poate fi asociata indirect prin denumirea fisierului***

[www.dentihub.ro](http://www.dentihub.ro)



[Home](#) [About](#) [Education](#) [Research](#) [Clinical cases](#) [Contact](#) [User](#) ▾



**Welcome to DentiHub**

Platforma securizata de imagini medicale in scop educativ pentru digital dentistry

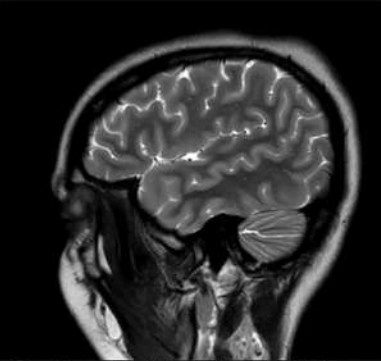
DentiHub Studies PendingStudies Admin ClinicalCaseUpload AIPredictionDoctor Contact

**Filters**

Search Author  Publishing date range  Section  Area of interest  Diagnosis  Type of investigation

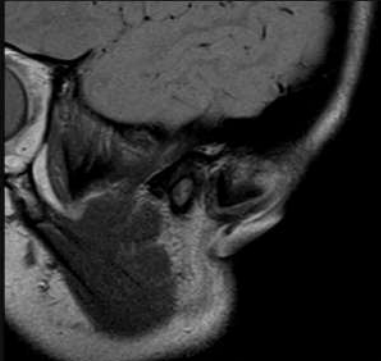
Enter at least 3 characters

**APPLY FILTERS** **DELETE FILTERS**




Oana Almasan (Iuliu Hațieganu University of Medicine...  
Alexandra Suciș (Iuliu Hațieganu University of Medicine...  
2025-12-07

**Sections:** Orthodontics  
**Areas of interest:** Orthodontics, TMJ Disorders  
**Type of Investigation:** CT, MRI



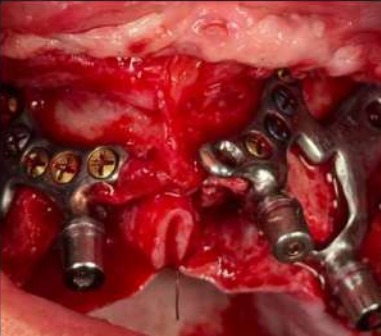
Oana Almasan (Iuliu Hațieganu University of Medicine...  
2025-11-20

**Sections:** Orthodontics  
**Areas of interest:** TMJ Disorders, Orthodontics  
**Type of Investigation:** MRI, Photography



Avram Manea (Iuliu Hațieganu University of Medicine ...  
2025-11-10

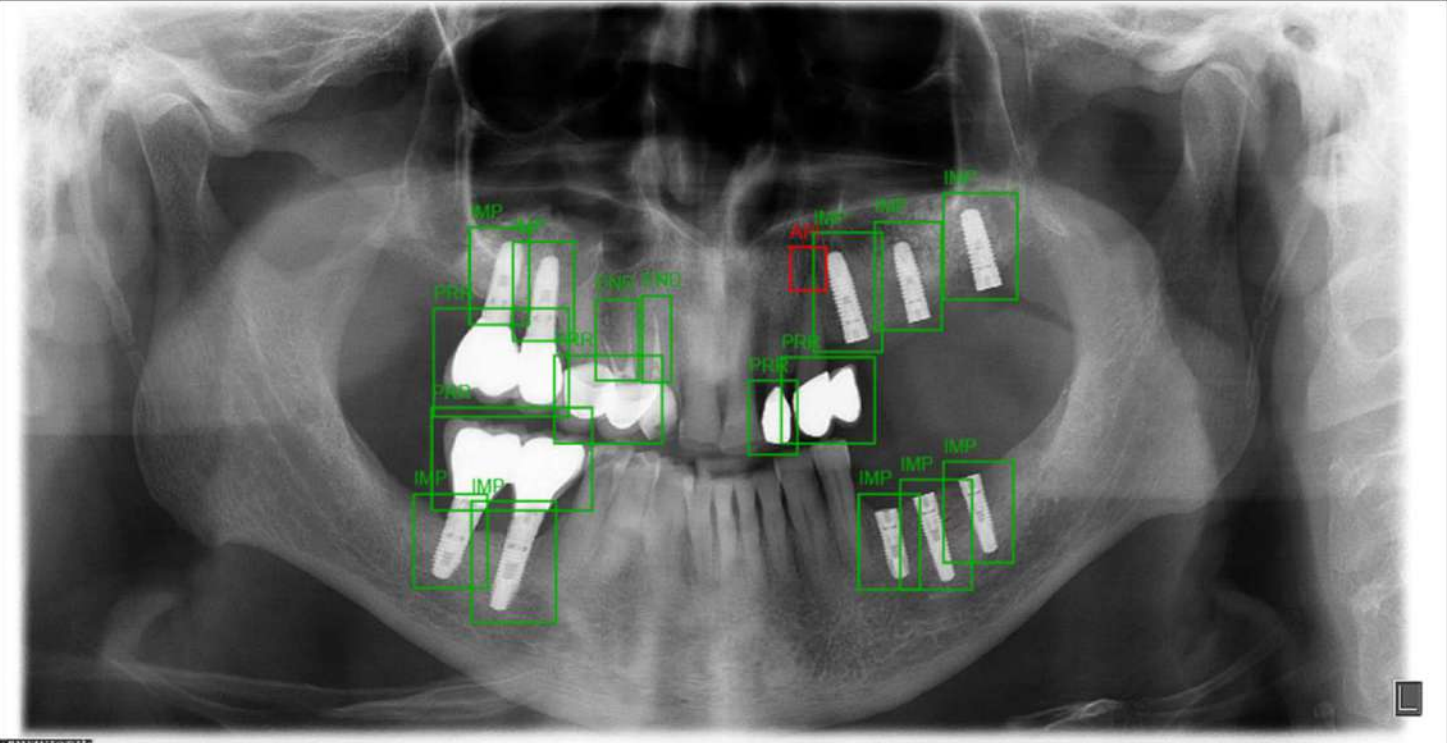
**Sections:** General Dentistry, Oral & Maxillofacial Surgery  
**Areas of interest:** Periodontology, Prosthodontics, Implantology  
**Type of Investigation:** CBCT, 2D radiography, Photography



Avram Manea (Iuliu Hațieganu University of Medicine ...  
2025-11-10

**Sections:** General Dentistry, Oral & Maxillofacial Surgery  
**Areas of interest:** Periodontology, Prosthodontics, Implantology  
**Type of Investigation:** CBCT, 2D radiography, Photography

[www.dentihub.ro](http://www.dentihub.ro)



**Legend**

- Dental treatments
- Moderate-risk lesions
- High-risk lesions

Code	Description
IMP	Implant
PRR	Prosthetic Restoration
OBT	Obturation
END	Endodontic Treatment
CAR	Carious Lesion
BON	Bone Resorption
IMT	Impacted Tooth
API	Apical Periodontitis
RQT	Root Fragment
FUR	Furcation Lesion
APS	Apical Surgery
ROR	Root Resorption
ORD	Orthodontic Device
SRD	Surgical Device

ADD RECTANGLE    DOWNLOAD

BROWSE    CLEAR    UPLOAD TO SERVER

# Masuri de securizare a datelor medicale

- Importanța protejării datelor digitale în stomatologia modernă:
  - date cu caracter personal si medical- DATE SENSIBILE
- În stomatologie, fișierele medicale pot include:
  - fișa pacientului (date personale, CNP, adresă)
  - istoricul medical și stomatologic
  - radiografii dentare (RX, OPG, CBCT) (fișiere CAD/CAM, scanări intraorale, CBCT).
  - fotografii intraorale
  - planuri de tratament
  - facturi

# Criptarea datelor

Criptarea înseamnă transformarea datelor într-o formă ilizibilă, care poate fi citită doar de persoane autorizate, cu o cheie de decriptare

- Criptarea datelor la stocare
- Criptarea datelor in transit

# Criptare „la stocare”

- protejează datele salvate pe server
- dosarele electronice de sănătate (DES) trebuie securizate cu certificate calificate și parole personalizate.
- **Software pentru Imagini Medicale**
  - **7-Zip**: Comprimă și criptează arhive cu parole puternice, gratuit și simplu pentru stick-uri USB.
  - **3D Slicer**: Procesează scanări CBCT și DICOM din stomatologie, cu suport pentru criptare export și vizualizare 3D gratuită.
  - **Horos** (derivat open source): Similar RadiAnt, pentru analize detaliate pe macOS.




<https://www.7-zip.org/download.html>



<https://www.slicer.org/>



# Criptarea datelor in Cloud

- Criptare „în tranzit” protejează datele când sunt trimise (ex: din cabinet în cloud)
- **Criptarea protejează datele chiar dacă:** serverul este spart, parola este compromisă, datele sunt interceptate
- folosește protocoale precum :
  - **AES-256 (simetric)**:- pentru criptare fisiere si
  - **RSA (asimetric)** pentru criptare chei sau semnături digitale
- tool-uri o  um **VeraCrypt**

<https://veracrypt.io/en/Home.html>

# Controlul accesului

- parole puternice
- autentificare în doi pași (2FA)
- Autentificarea multi-factor (MFA)
- conturi separate pentru medici, asistente, recepție

## Acces personalizat în funcție de rol

Nivel 1 – Administrativ / Recepție:	Nivel 2 – Asistent medical	Nivel 3 – Medic stomatolog	nivel 4 – Administrator IT / Sistem
<ul style="list-style-type: none"><li>• ✓ Acces la: nume pacient, programări, date de contact, facturare,</li><li>• ✗ Fără acces la: diagnostic, radiografii, planuri de tratament</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ✓ Acces la: fișa stomatologică, istoricul tratamentelor, radiografii necesare procedurilor,</li><li>• ✗ Fără acces la: modificări majore ale diagnosticului, date financiare complete</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ✓ Acces complet la: date medicale, diagnostic, imagistică, planuri de tratament, istoricul pacientului</li><li>• ✓ Poate modifica date medicale, aproba tratamente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ✓ Acces la: funcționarea sistemului, backup și securitate,</li><li>• ✗ NU are dreptul să: consulte conținutul medical al fișelor</li></ul>

# Backup și recuperare a datelor

- **Backup-ul** reprezintă copierea de siguranță a datelor medicale, pentru a putea fi **recuperate** în caz de: defectare a calculatorului, ștergere accidental, atac cibernetic , incendiu, furt, inundație
- Ce date trebuie obligatoriu salvate:
  - fișe medicale ale pacienților,
  - radiografii dentare (RX, OPG, CBCT),
  - fotografii clinice,
  - planuri de tratament,
  - documente administrative esențiale

# Tipuri de Backup

## Backup local:

- pe hard extern / server intern,
- este rapid, dar vulnerabil la dezastre fizice

## Backup în cloud:

- stocare pe servere securizate,
- accesibil de oriunde,
- recomandat în combinație cu backup local.

## Frecventa backup-ului

zilnic: date medicale curente

automat, nu manual

verificat periodic (test de restaurare)

## **Monitorizarea și auditarea accesului**

---

Înregistrarea și urmărirea accesărilor datelor medicale.

---

Identificarea activităților suspecte și asigurarea conformității legale.

---

Monitorizare = înregistrare continuă a accesului

---

Auditare = analiză periodică a logurilor.  
Logurile conțin cine, când, ce a accesat

## **Confidențialitatea și protecția datelor pacienților**

Consimțământul informat

Protecția datelor biometrice și  
genetice

Prevenirea accesului neautorizat  
și a scurgerilor de informații

Breșe de Securitate

# Consimțământul informat al pacientului

Informarea clară a pacientului privind colectarea, stocarea și utilizarea datelor sale digitale.

Obținerea consimțământului explicit pentru utilizarea imaginilor, scanărilor și fișierelor digitale în scop clinic, educațional sau de cercetare.

Dreptul pacientului de a retrage consimțământul în anumite condiții.

# Protecția datelor biometrice și genetice

- **Date biometrice** = date obținute prin mijloace tehnice care permit **identificarea unică** a unei persoane (scanări faciale, amprente digitale, scanări iris, recunoaștere vocală, date genetice)
- **Este necesară**
  - stocare criptată a datelor biometrice
  - măsuri suplimentare de securitate
  - acces restricționat.
  - Utilizarea acestor date doar în scopuri strict medicale și justificate clinic.
  - Pastrarea doar pe perioada limitată – riscul furtului de identitate

## Prevenirea accesului neautorizat și a scurgerilor de informații

1

Implementarea de politici stricte de acces și autentificare.

2

Instruirea personalului privind bunele practici de securitate a datelor.

3

Actualizarea constantă a sistemelor software și a măsurilor de protecție.

# Breșe de securitate – exemple și consecințe

Acces neautorizat la fișierele  
pacienților sau pierderea  
dispozitivelor ce conțin date  
medicale.

Compromiterea confidențialității și  
afectarea vieții private a pacienților.  
Consecințe legale, financiare și de  
imagine pentru instituțiile medicale.

In caz de breșă:

acesta trebuie documentată,

trebuie evaluat riscul,

trebuie notificată autoritatea în  
max. 72 de ore

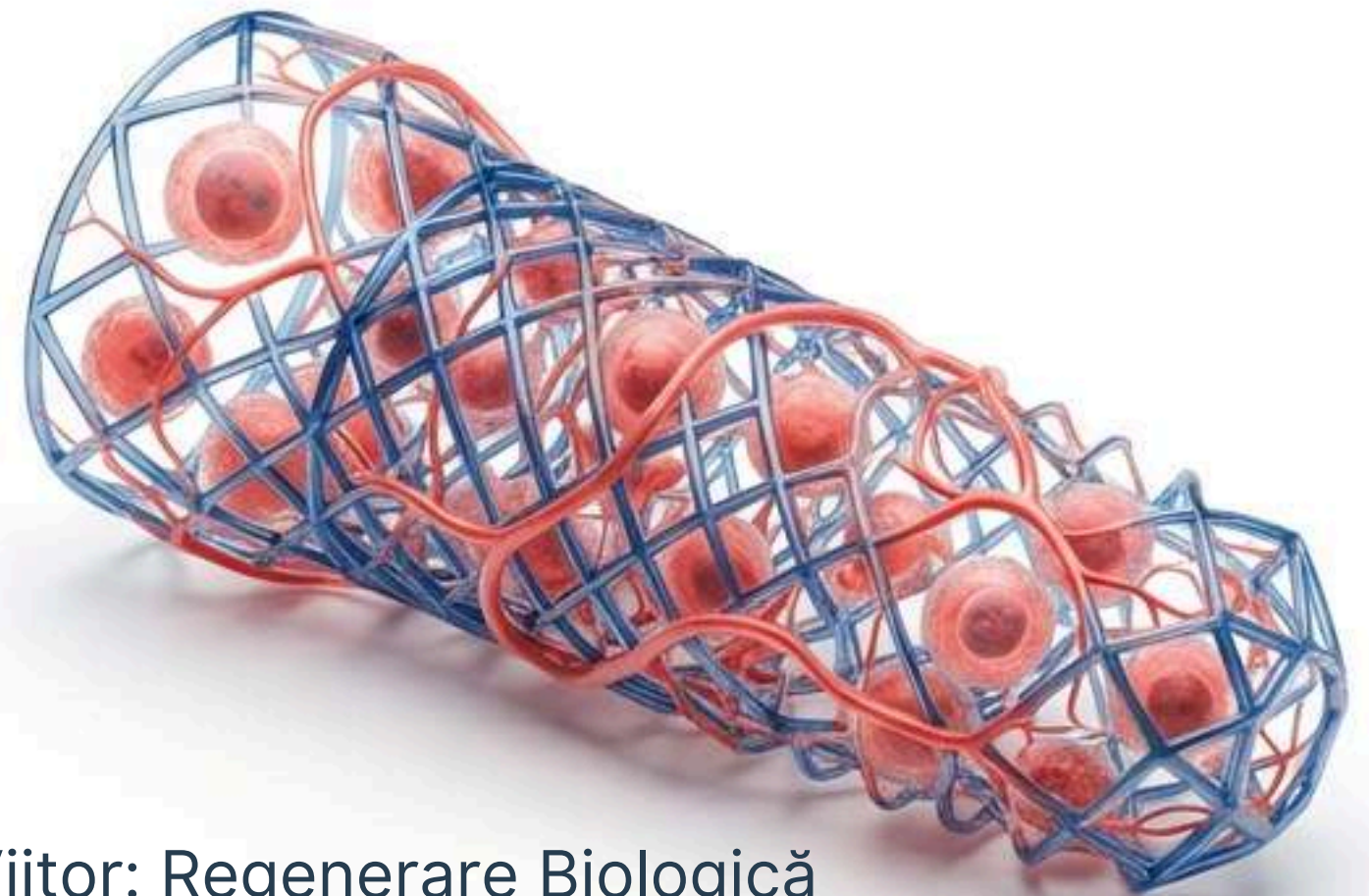
pacientul trebuie informat dacă  
riscul este mare

# Bioimprimarea 3D: Viitorul Regenerării în Medicina Dentară

Tehnologii digitale în medicina și tehnica dentară



Standard: înlocuire Mecanică



Viitor: Regenerare Biologică

**Șef Lucrări Dr. Burde Alexandru**

# Aplicații ale imprimării 3D in MD

## Clasificarea aplicațiilor



### Simularea pacientului

Replica analogă/  
digitală a pacientului,  
utilizată în realizarea  
planurilor de tratament  
sau a pieselor  
protetice=  
Simularea pacientului in  
conditii de laborator

Ex. modele dentare



### Piese intermediare

Piese intermediare care  
facilitează realizarea  
expeditivă/ cu acuratețe  
îmbunătățită a unor  
tratamente  
stomatologice  
convenționale

Ex. ghiduri chirurgicale



### Soluții de tratament

Soluții de tratament  
provizorii sau de lungă  
durată realizate exclusiv  
prin tehnici digitale sau  
fluxuri de lucru hibride

Ex. PF provizorii

# Aplicații ale imprimării 3D în MD

1. Modele de lucru (+/- bont mobil)
2. Modele de analiză/ diagnostic
3. Modele de lucru pt. implantologie
4. Machete calcinabile
5. PFU- PPF provizorii +/- probă
6. Ghiduri pt. poziționarea implantelor
7. Clear aligner / modele
8. Gutiere / Splint
9. Gutiere pt. colarea indirectă
10. Proteze mobile (PT, PP)
11. Portamprente individuale
12. Replici anatomice
13. Modele educaționale
14. PFU/ PPF de lungă durată
15. Materiale de protecție personală

- = simulare, piese intermediare pt tehnici hibride
- = simulare, piese intermediare pt tehnici hibride
- = simulare, piese intermediare pt tehnici hibride
- = piese intermediare pt tehnici hibride
- = piese intermediare pt tehnici hibride, soluție de trat.
- = piese intermediare
- = piese intermediare, soluție de trat.
- = piese intermediare, soluție de trat.
- = piese intermediare
- = soluție de trat.
- = piese intermediare
- = simulare, piese intermediare
- = simulare
- = soluție de trat.



**The  
Guardian**

# Appliances of science: the synthetic body parts used to reconstruct humans

”În timpul vieții noastre,  
**75%** din oameni  
vor avea în corp **componente**  
**cu care nu s-au născut**”



2.9 milioane  
de proteze  
de șold anual



12-18 milioane  
de implanturi  
dentare anual



2.2 milioane  
de grefe osoase



Industria implanturilor  
dentare a valorat  
3,6 miliarde dolari  
in 2020

# Aplicații ale **imprimării 3D** in MD

## Tipuri de grefe/ implante utilizate in prezent

Necesita o etapa chirurgicala suplimentara

Fragmentul recoltat necesita adaptarea  
formeii

Prelevarea de tesut de la aceelasi pacient  
(**autogrefa sau autolog**- eng. "autograft")

Risc de aparatie a fenomenului de  
rejet imunologic

Exista risc de transfer al unor  
patologii

Prelevarea de tesut de la aceelasi pacient  
(**autogrefa sau autolog**- eng. "autograft")

Risc de aparatie a fenomenului de rejet

Exista o cantitate limitata de donatori

Prelevarea de tesut de la un  
cadavru(**alogrefa**- eng. "allograft")

Ne-biologice

Exista risc de rejet pe termen lung

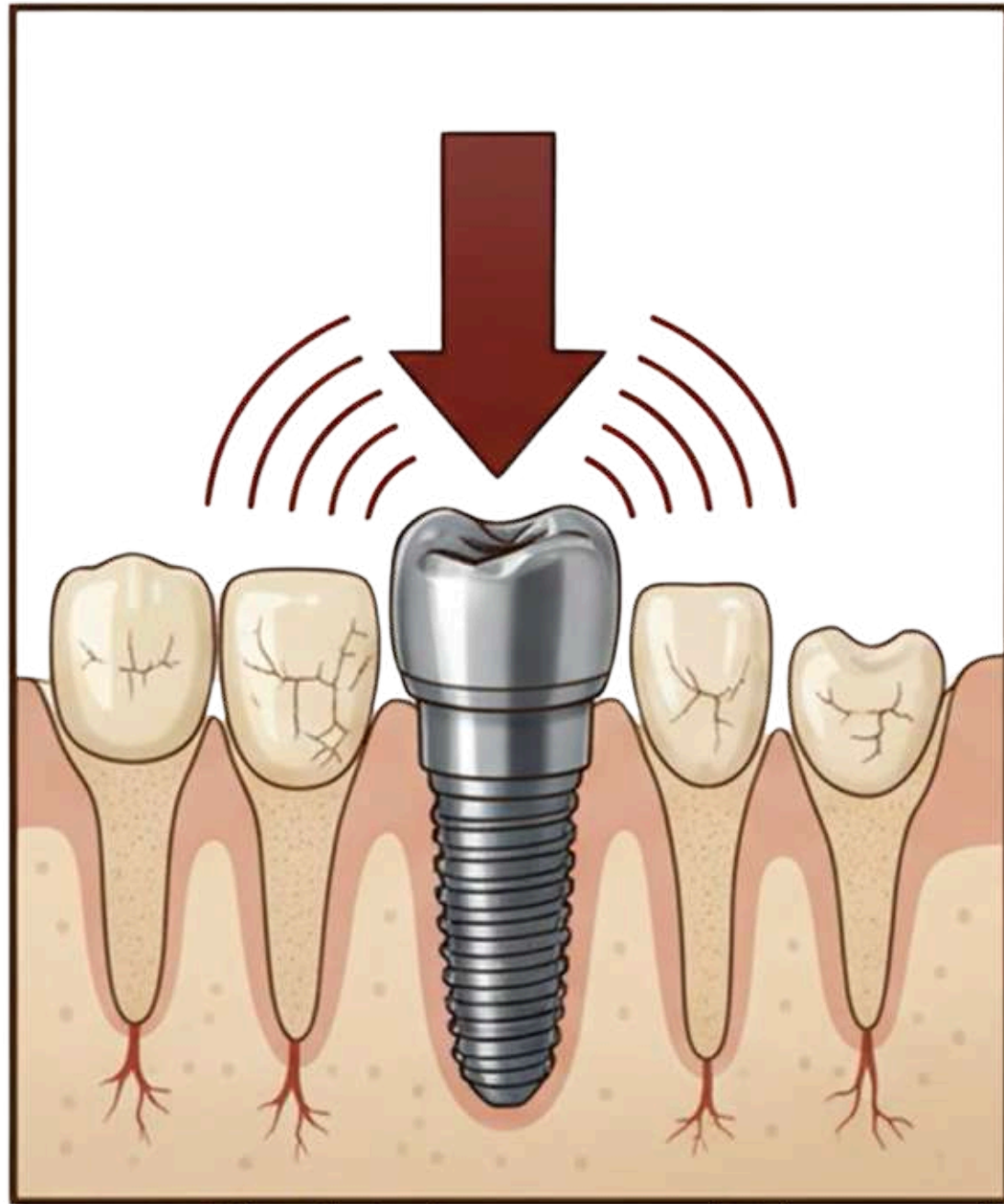
Implante artificiale metalice/  
plastice (**aloplastice** sau **sintetice**)

The background features a yellow gradient with various dental-related illustrations. At the top, there's a row of teeth with some cracked and bleeding. To the right, two dental implants are shown. On the left, a large white number '1' is partially visible, with a syringe containing green liquid and a pile of blue pills below it. At the bottom, there's another row of teeth, some appearing healthy and others with green pills scattered around them.

# Înlocuitori Imperfecți

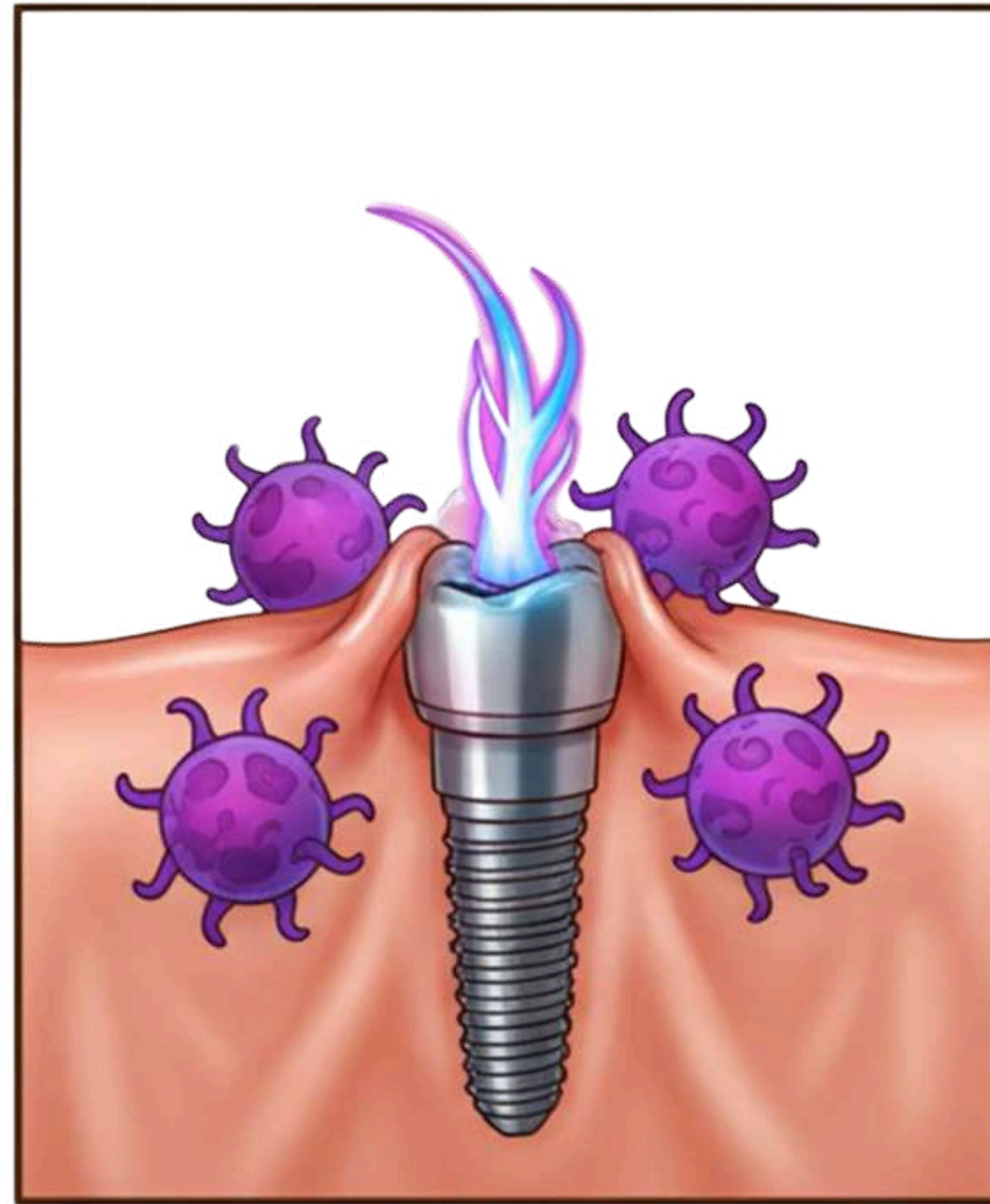
Provocarea actuală

# Inlocuirea dintelui natural cu un implant

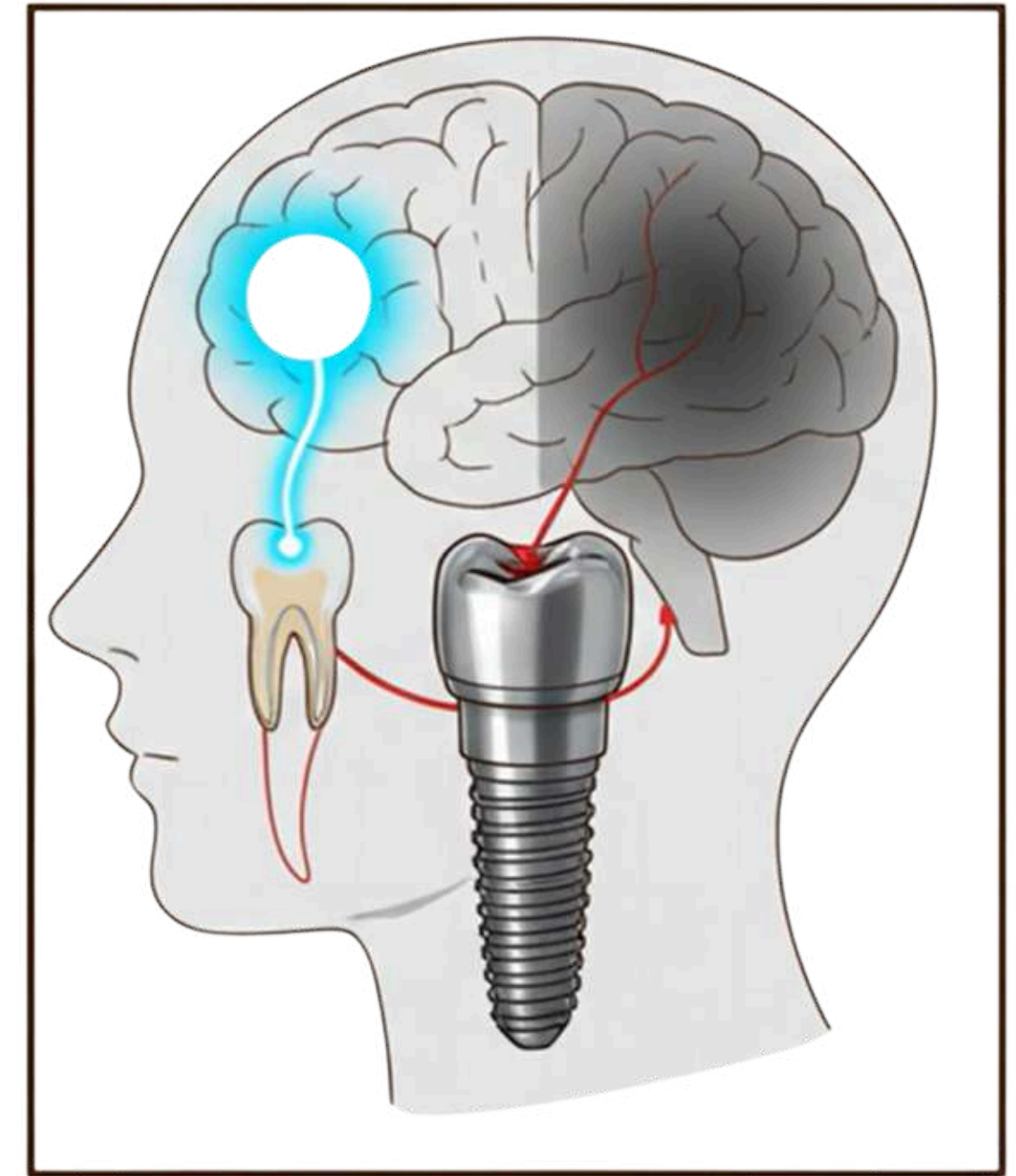


**Fenomenul stress shielding**

- diferența de modul de elasticitate dintre dinte și implant, dat de absența ligamentelor parodontale



**Perimplantita și rejețul**



**Absența osteopercepției**

# Provocarea anatomică: De ce eșuează metodele convenționale?

## Complexitate Ierarhică

Parodonțiul nu este un singur țesut, ci un organ complex format din os alveolar, ligament parodontal (PDL), cement și gingie.

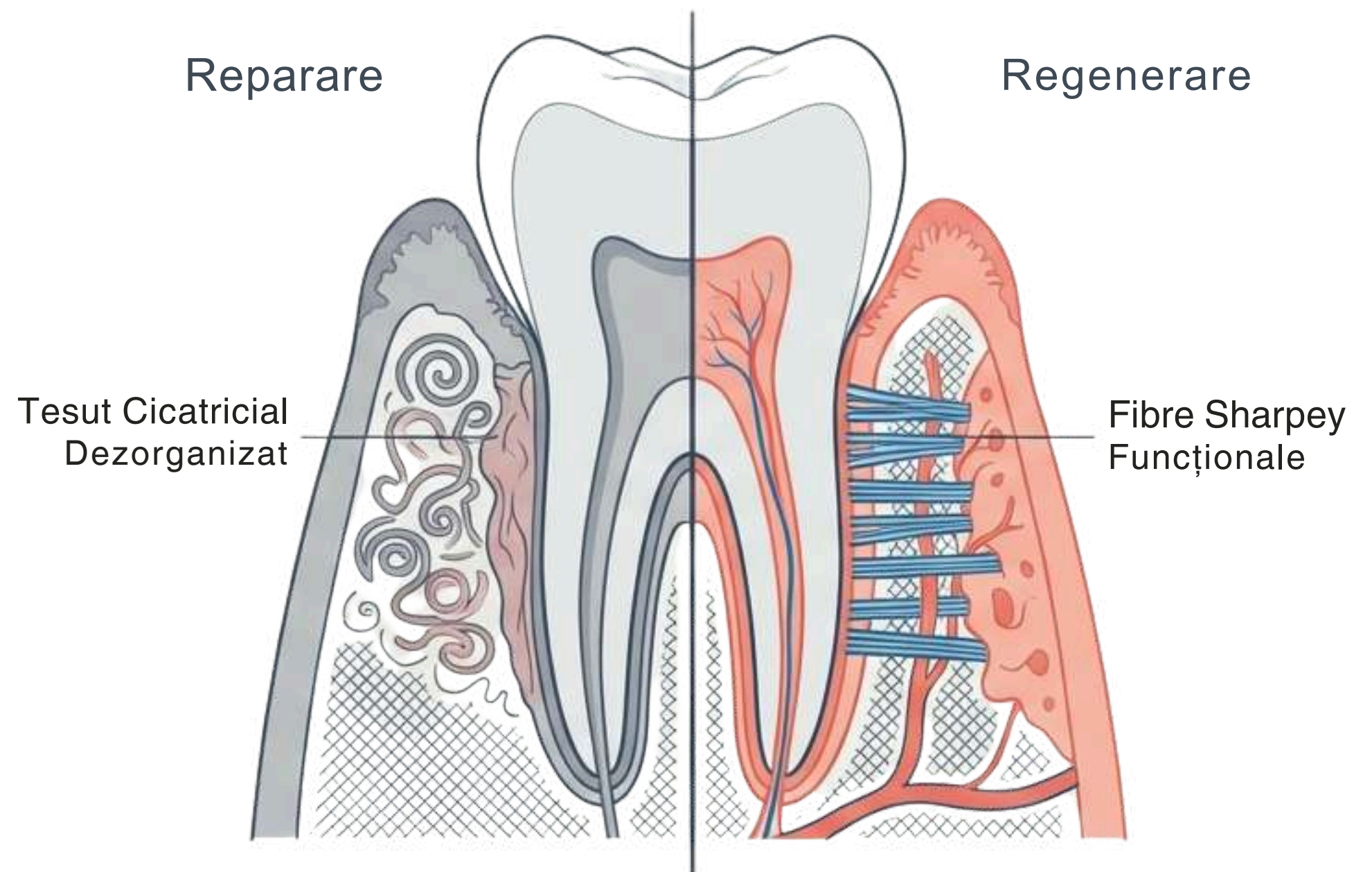
## Limitarea Actuală

Terapiile clasice și implanturile metalice realizează o 'reparare' mecanică, dar adesea eșuează în a regenera interfața funcțională (fibrele Sharpey) și arhitectura naturală.

## Rezultatul

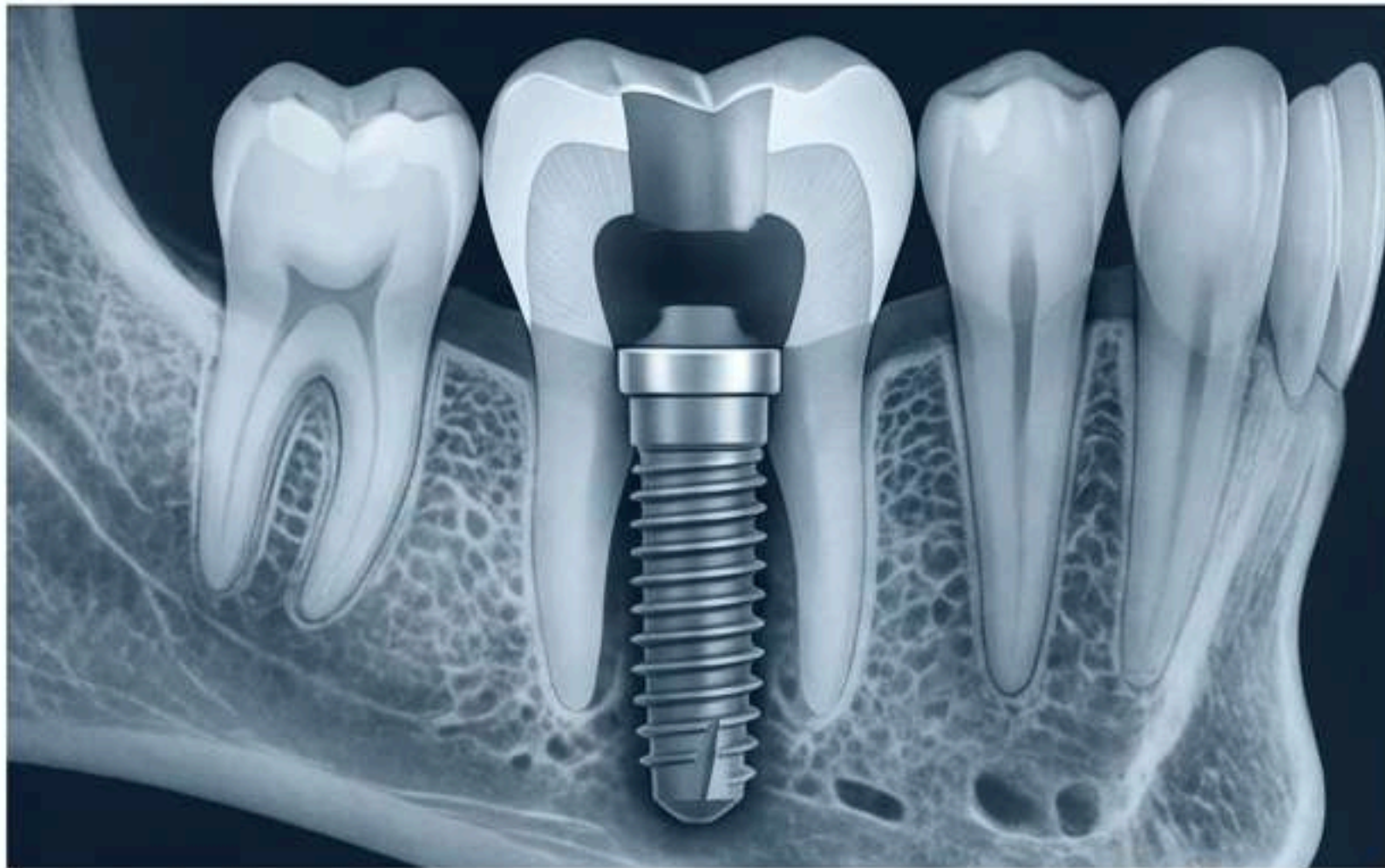
Formarea de țesut fibros cicatricial în locul regenerării reale, ducând la instabilitate pe termen lung.

## Reparare vs. Regenerare



# Schimbarea de Paradigmă - De la Reparație la Regenerare

## Standardul Actual



**Limitările Actuale:** Tratamentele convenționale (obturații, implanturi, tratamente de canal) se bazează pe materiale sintetice inerte.

Deși restabilesc forma, acestea sacrifică funcțiile biologice esențiale:

- Pierderea sensibilității și a propriocepției.
- Lipsa răspunsului imunitar natural
- Incapacitatea de auto-reparare.

## Viitorul Regenerativ



**Viziunea Bioingineriei:** Scopul nu mai este doar "înlocuirea", ci "regenerarea".

- Utilizarea Bioprintării 3D permite poziționarea precisă a celulelor și a matricei extracelulare pentru a crea țesuturi hibride vii.
- Tratăm complexul dento-alveolar ca un organ hibrid interconectat, nu ca țesuturi dispartate.

# Bioimprimarea

## Biologia sintetică, ingineria genetică, ingineria tisulară

De la "omul bionic" ....

...la medicina regenerativă



Schimbarea paradigmei în medicină: "Cells outperform devices."

# Schimbarea de Paradigmă: De la înlocuire la Regenerare



## Stomatologia Convențională

### Materialie inerte:

Ni-Cr/ Co-Cr  
Titan  
Zirconiu,  
Compozite  
Rășini acrilice  
Ceramici

### Limitări:

Lipsa adaptării biologice,  
Resorbție osoasă,  
Fără propriocepție

## Evoluție Tehnologică



## Bioimprimarea 3D

### Concept:

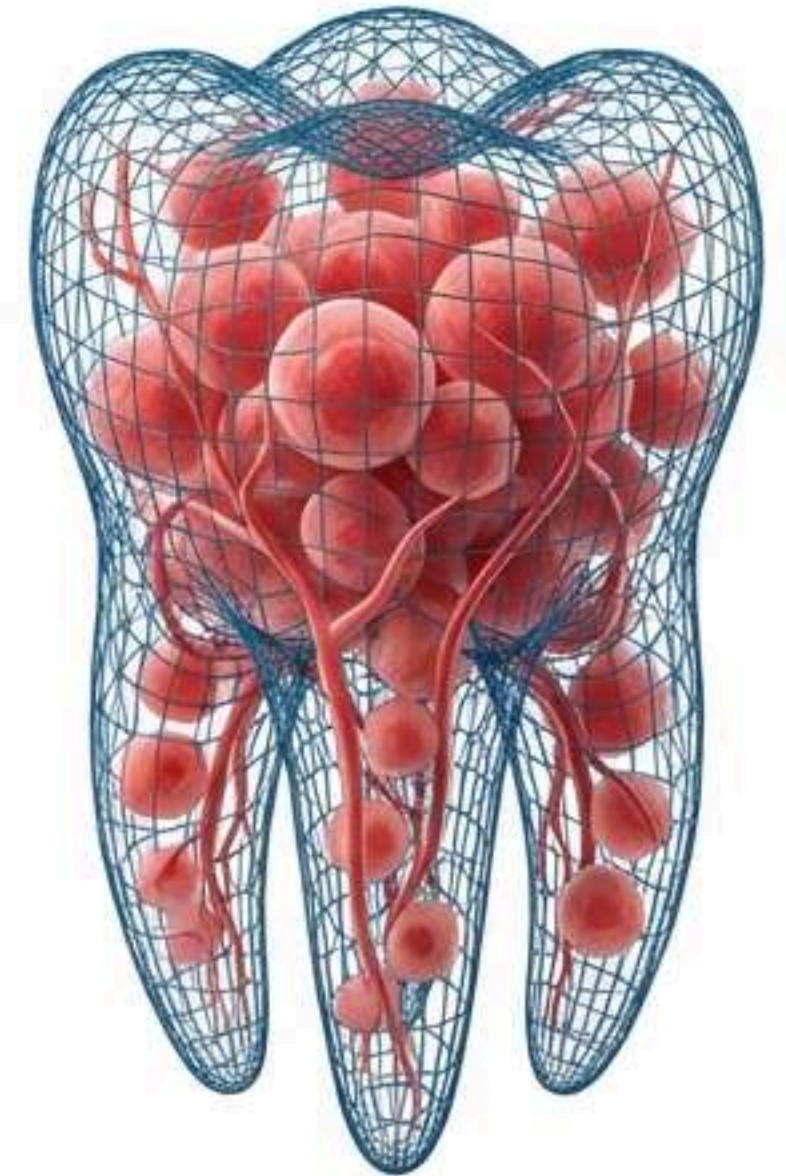
Cells outperform  
devices

### Materialie:

Celule vii +  
Biomateriale  
active

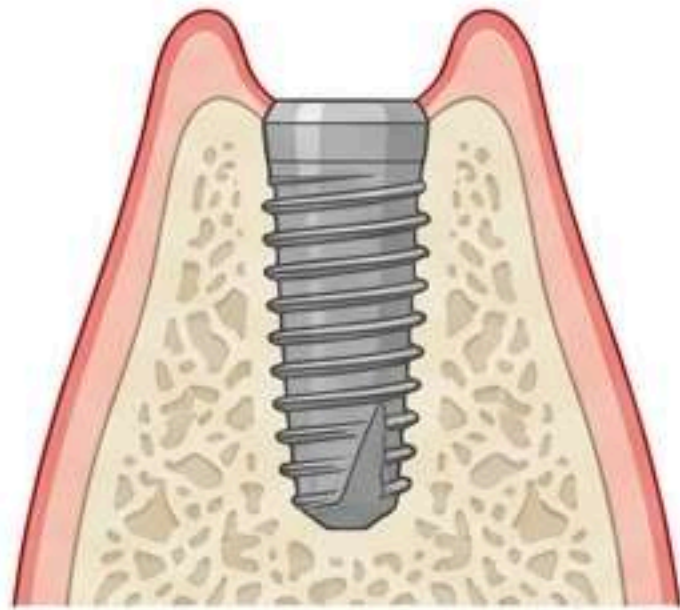
### Avantaj:

Remodelare și  
integrare  
biologică  
completă



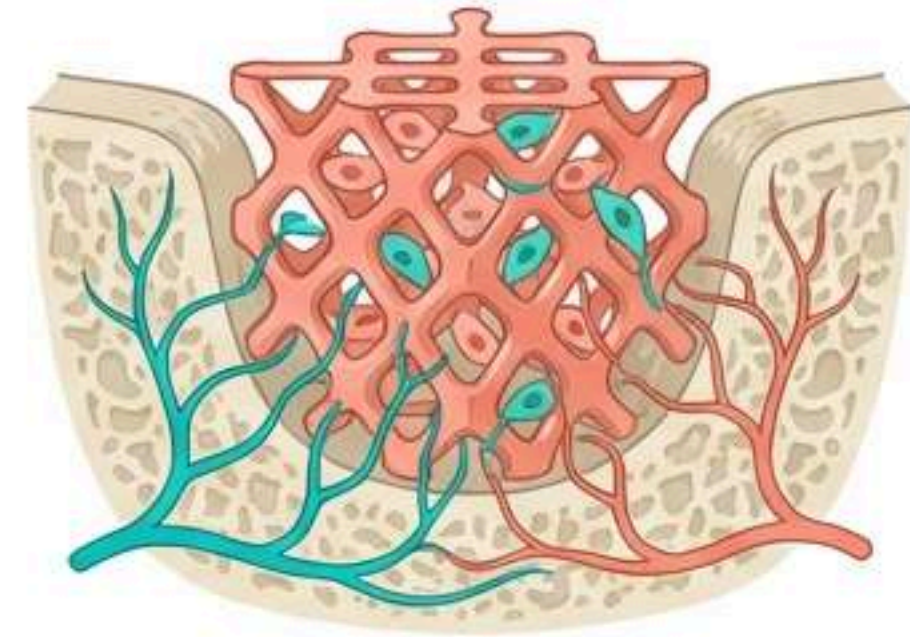
# De la Restaurare Inertă la Regenerare Biologică

## Limitele Stomatologiei Clasice («Replacement Dentistry»)



- Utilizează materiale inerte (titan, ceramică, rășini) care nu interacționează biologic.
- Eșecul integrării: Atrofia crestei alveolare continuă post-extracție (resorbție osoasă).
- Problemele grefelor: Morbiditate la locul donator (autogrefe) sau risc de respingere (alogrefe).
- Biomecanică: Titanul este mult mai rigid decât dentina (stress shielding).

## Promisiunea Stomatologiei viitorului Regenerarea







- Scop: Refacerea completă a formei și funcției biologice (inervație, vascularizație).
- Mijloc: Ingineria tisulară și bioimprimarea 3D permit poziționarea precisă a celulelor.
- Rezultat: Integrare Biologică reală și remodelare osoasă fiziologică.



# Construirea unui țesut viu

Bioprintarea 3D

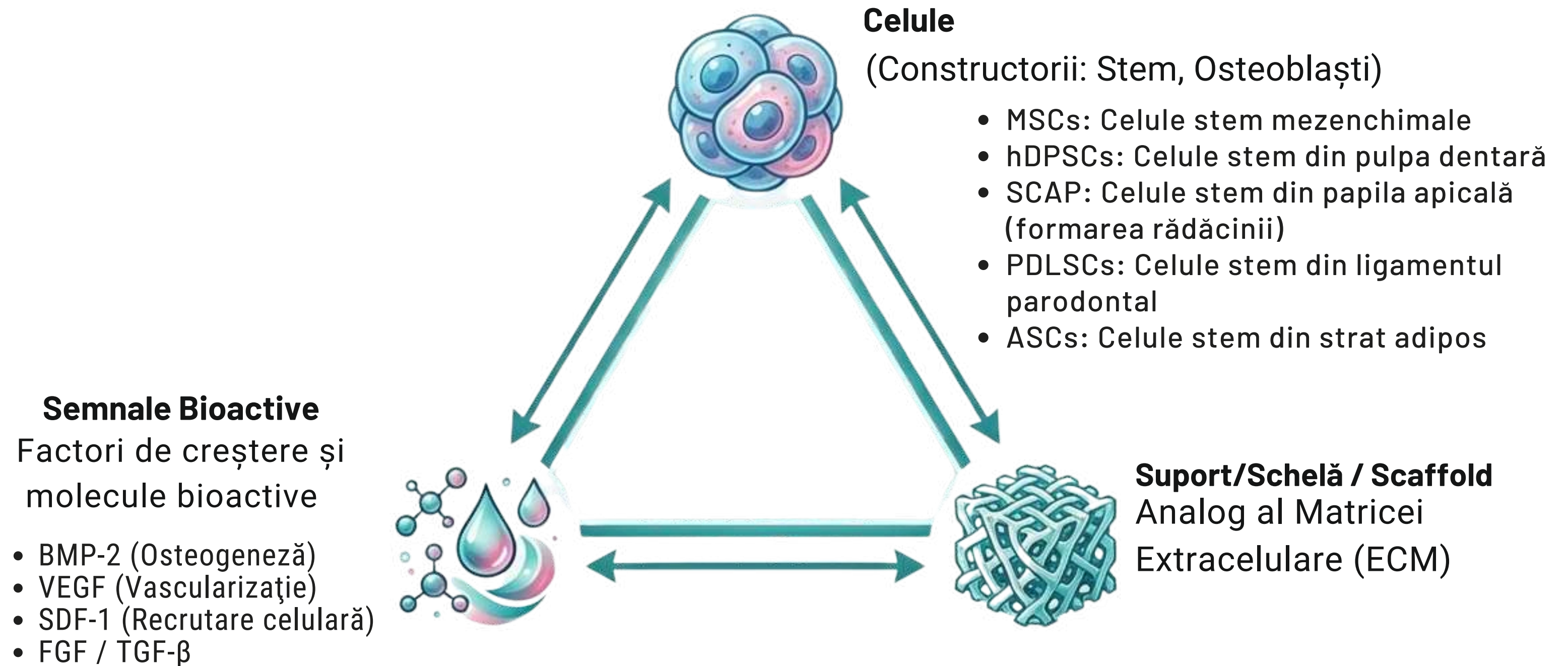
# Definiții Fundamentale: Imprimare 3D vs. Bioimprimare

Imprimare 3D Standard		Bioimprimare 3D	
<b>Materiale</b>	Materiale plastice, rășini, metale, ceramică.		Hidrogeluri, bio-cerneluri cu celule vii, matrice extracelulară (dECM).
<b>Condiții</b>	Temperaturi ridicate (topire), polimerizare solvenți toxici, sterilizabilei		<b>Temperatură ambientală/fiziologică, mediu steril, biocompatibil.</b>
<b>Utilizare</b>	Modele anatomice, ghiduri chirurgicale, proteze provizorii.		Grefe osoase vii, regenerare pulpară, țesut gingival.
<b>Produs Final</b>	<b>Structură inertă, statică.</b>		<b>Construct biologic activ.</b>

## Concept-Cheie

**Definiție:** Bioimprimarea este fabricația aditivă automatizată a țesuturilor tridimensionale funcționale, utilizând bio-cerneluri care încapsulează celule vii în timpul procesului de depunere.

# Conceptul Fundamental: Triada Ingineriei Tisulare



**Regenerarea este o orchestrare biologică între celule, suport și semnale chimice.**

# Celulele: Motorul Biologic al Regenerării

## DPSCs (Dental Pulp Stem Cells)



### Sursă:

Pulpa dentară  
Dinți permanenți, frecvent molari de minte

### Caracteristici:

- Origine neural-crestală
- Potențial odontogenic, neurogenic și angiogenic
- Capacitate bună de diferențiere controlată

### Rol în bioinginerie:

- Regenerare dentină-pulpă
- Ingineria pulpei dentare
- Modele pentru neurovascularizare dentară
- Endodontie regenerativă

## SCAP (Stem Cells from Apical Papilla)



### Sursă:

Papila apicală a dinților permanenți imaturi

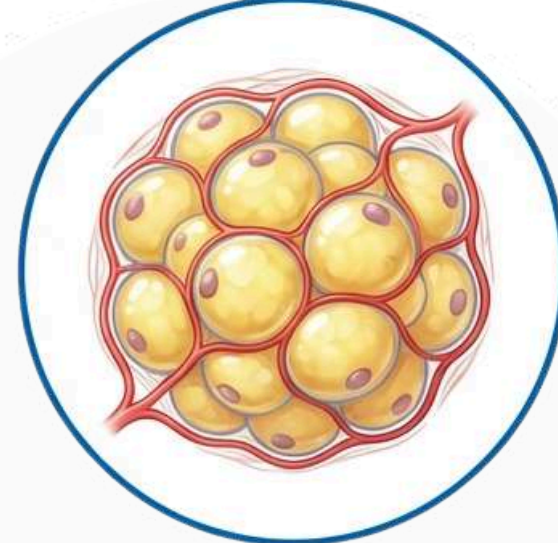
### Caracteristici:

- Proliferare rapidă
- Capacitate mare de mineralizare
- Diferențiere eficientă în celule odontoblast-like
- Rezistență crescută la stres biologic

### Rol în bioinginerie:

- Formarea și maturarea rădăcinii dentare
- Regenerare dentinară accelerată
- Modele pentru dezvoltare radicular

## ASCs (Adipose-derived Stem Cells)



### Sursă:

Țesut adipos (punga grăsoasă a lui Bichat)

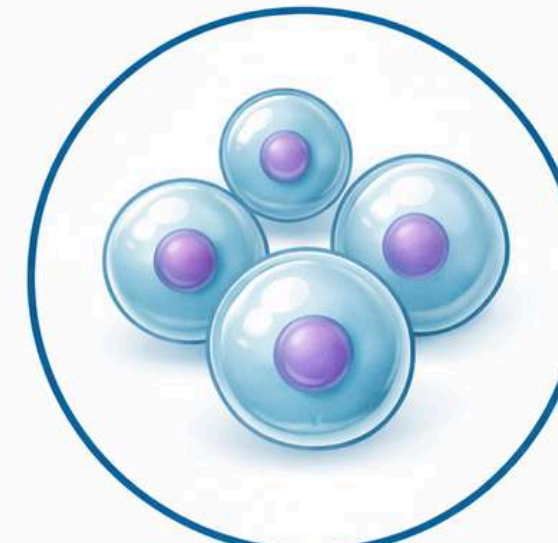
### Caracteristici:

- Foarte abundente și ușor de recoltat
- Puternic efect angiogenic și imunomodulator
- Diferențiere multiplă (os, țesut moale, cartilaj)
- Viabilitate bună în scaffold-ur

### Rol în bioinginerie:

- Regenerare tisulară largă
- Suport vascular pentru regenerare osoasă

## MSCs (Mezenchymal Stem Cells)



### Sursă:

- Măduvă osoasă
- Alte țesuturi mezenchimale

### Caracteristici:

- Multipotență (os, cartilaj, țesut conjunctiv)
- Standard experimental în bioinginerie
- Efect imunomodulator
- Interacțiune bună cu biomaterialele

### Rol în bioinginerie:

- Regenerare osoasă
- Testarea și validarea biomaterialelor
- Scaffold-uri și terapii celulare combinate

## PDLSCs (Periodontal Ligament Stem Cells)



### Sursă:

- Ligamentul parodontal

### Caracteristici:

- Diferențiere în:
  - fibroblaste
  - cementoblaste
  - osteoblaste

- Orientare funcțională a fibrelor
- Adaptare la solicitări mecanice

### Rol în bioinginerie:

- Regenerare parodontală
- Modele biologice pentru stabilitate dentară și periimplantară

# Suport: Arhitectura Matricei Extracelulare

Scaffold-ul reprezintă suportul tridimensional care:

- imită matricea extracelulară (ECM);
- susține aderența, migrarea și diferențierea celulară;
- ghidează organizarea spațială a țesutului regenerat.
- Fără scaffold, celulele nu pot forma o structură funcțională organizată.

## Materiale naturale

Colagen, gelatină (GelMA), alginat, chitosan.

Recunoaștere biologică excelentă.

## Materiale sintetice

PCL, PLGA, PEG.

Rezistență mecanică controlabilă, ideale pentru suport osos.

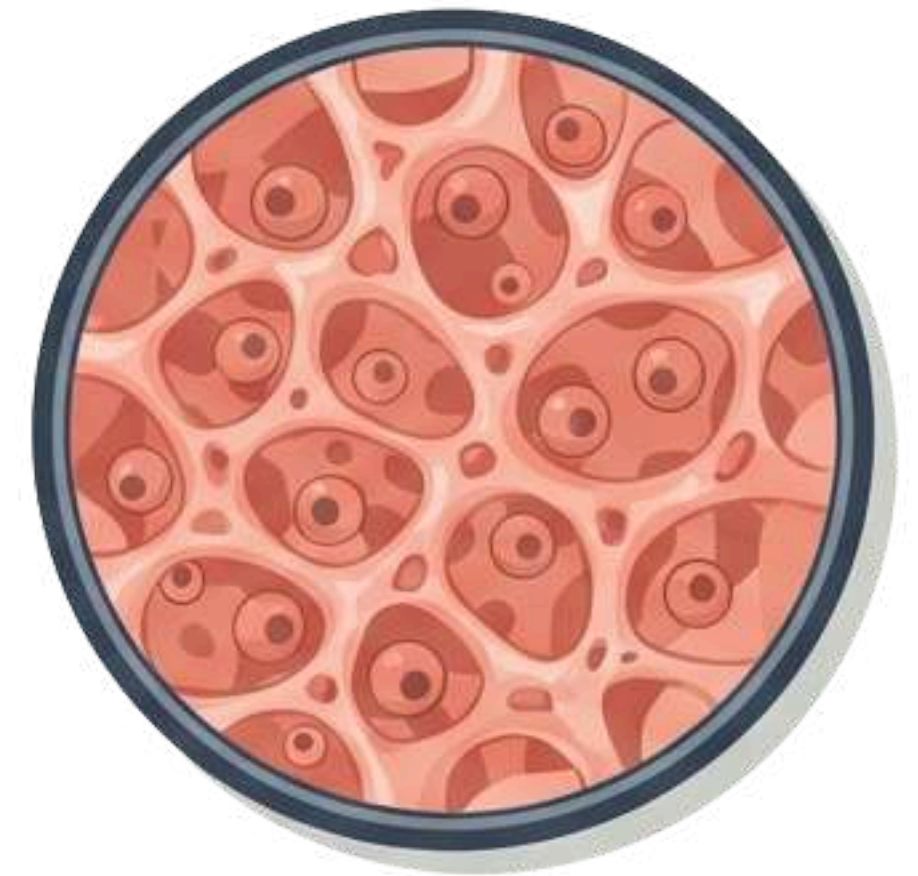
## Materiale hibride

Derivate din dentină (dECM) amestecate cu polimeri

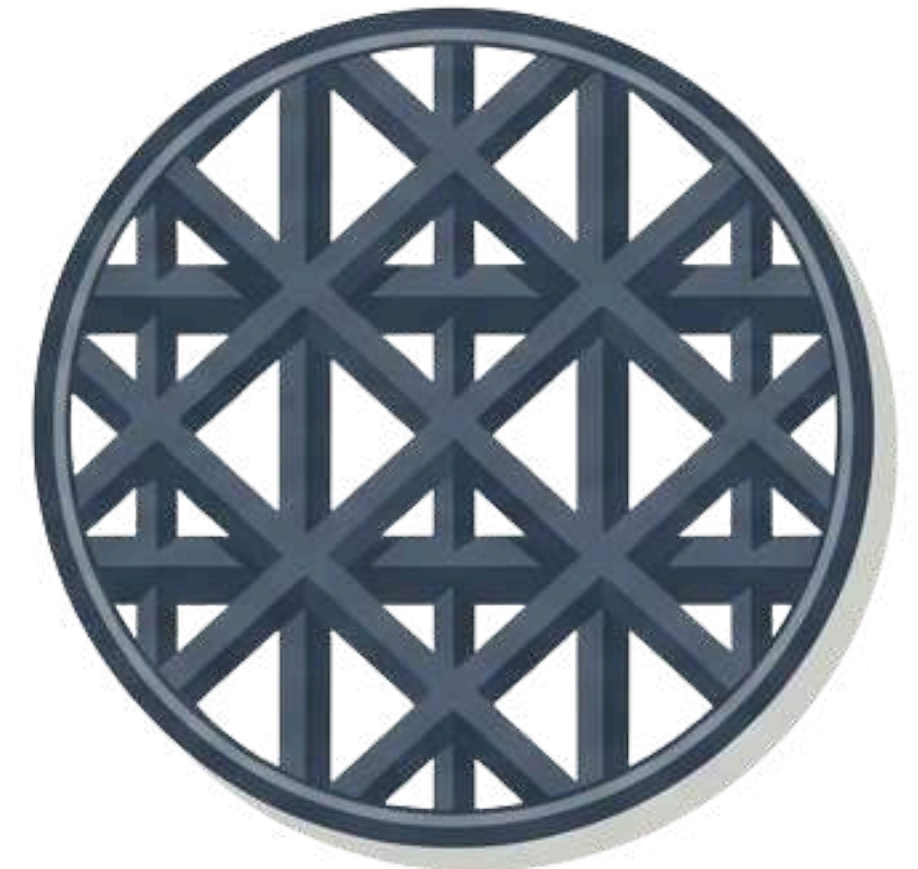
Imită cel mai fidel matricea naturală

### Cerințe pentru un scaffold ideal

- **Biocompatibil** – fără toxicitate sau reacție inflamatorie
- **Porozitate controlată** – difuzie nutriți / vascularizare
- **Proprietăți mecanice adecvate** – adaptate țesutului țintă
- **Printabil / procesabil** – compatibil cu tehnologiile moderne
- **Bioactiv** – interacțiune activă cu celulele

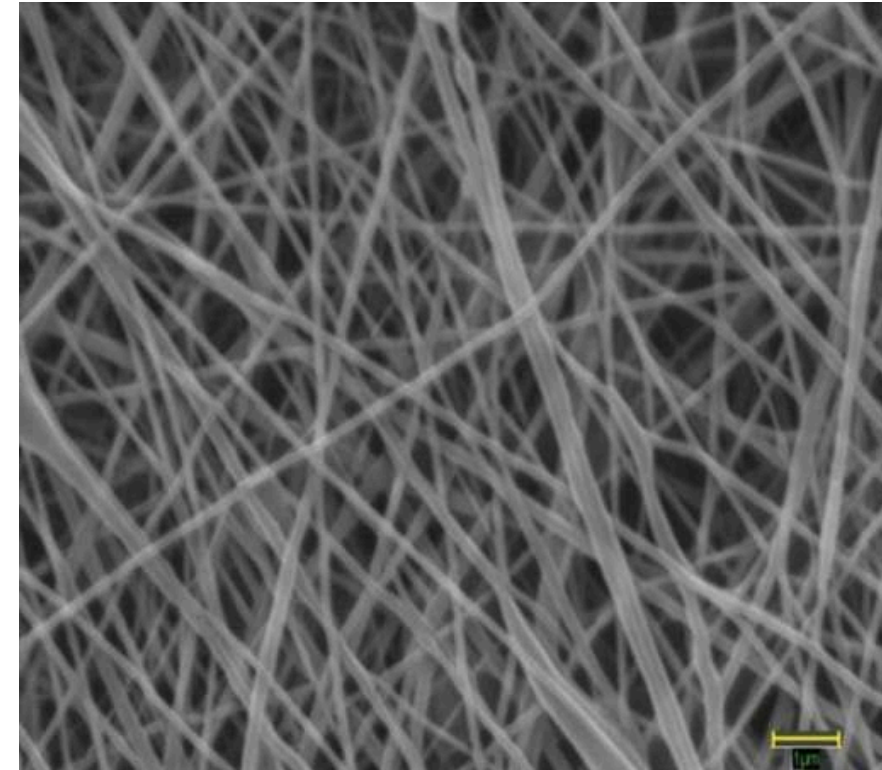
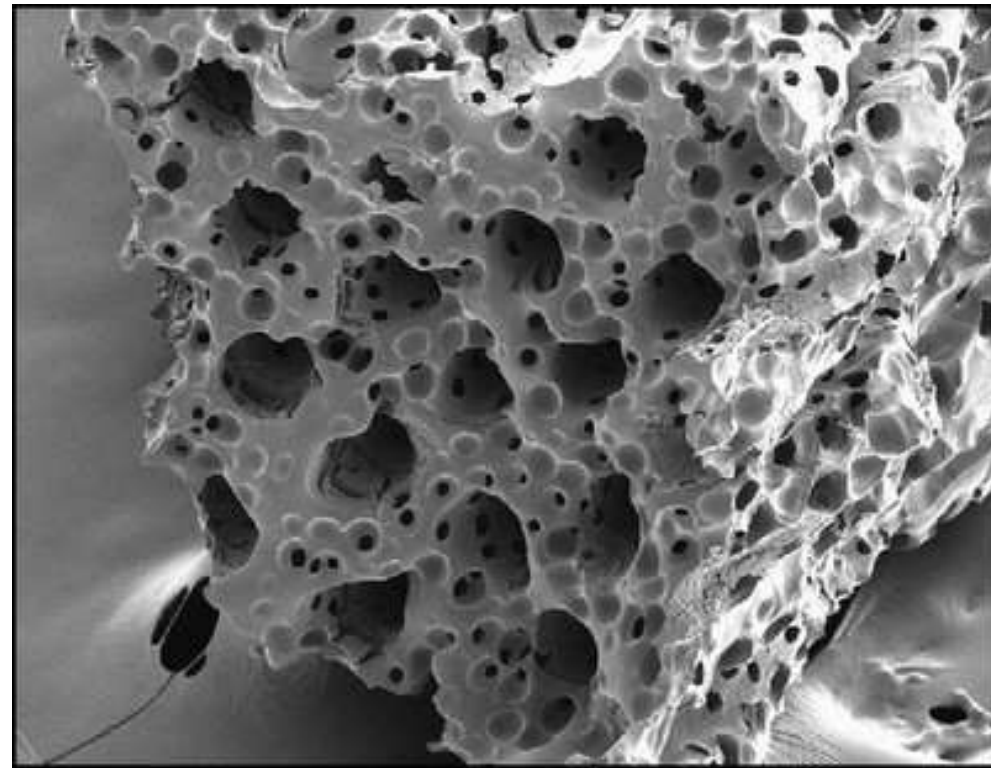


Hidrogel (GelMA) - Mediu Celular

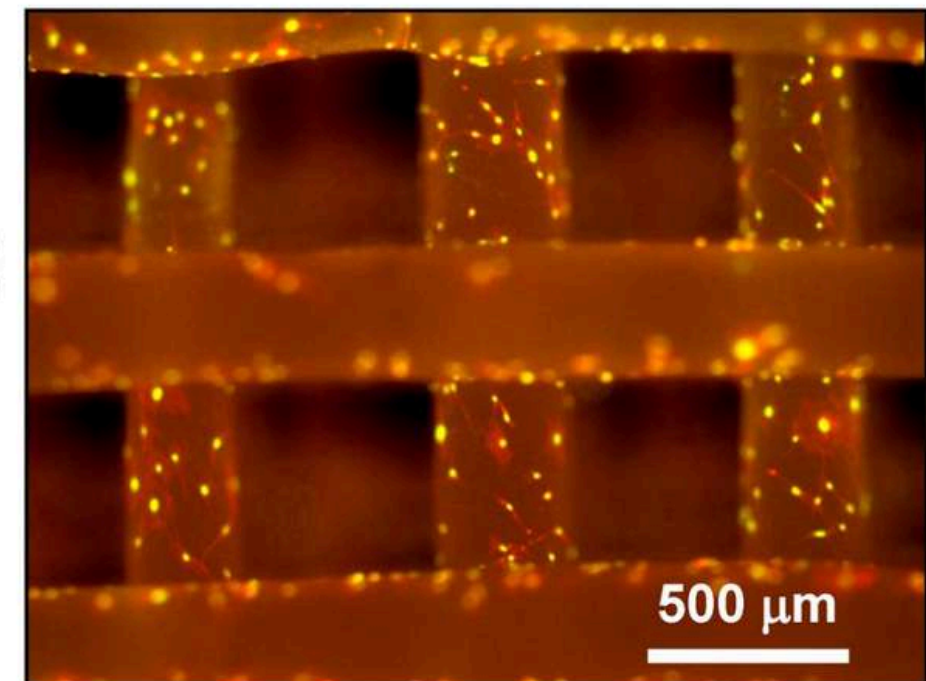
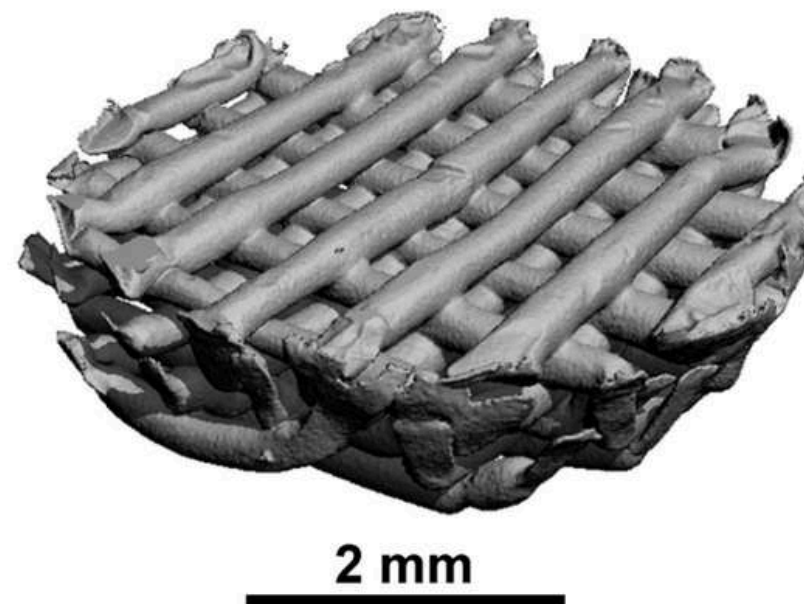


Polimer Sintetic (PCL) - Suport Mecanic

# Suport: Arhitectura Matricei Extracelulare



**Polimeri biodegradabili:** PLA,PGA,polyuretan,Colagen, gelatine, hidrogeluri



# Semnalizarea Biologică: Instrucțiuni pentru Regenerare

Fără semnale biochimice, structura este inertă.  
Factorii de creștere ghidează diferențierea.

## Ce sunt factorii de creștere?

Factorii de creștere sunt proteine de semnalizare care:

- reglează comportamentul celular;
- coordonează migrarea, proliferarea și diferențierea;
- controlează regenerarea tisulară în timp și spațiu.

### BMPs (Bone Morphogenetic Proteins)

- stimulează osteogeneza

### SDF-1 (Stromal Cell-Derived Factor-1)

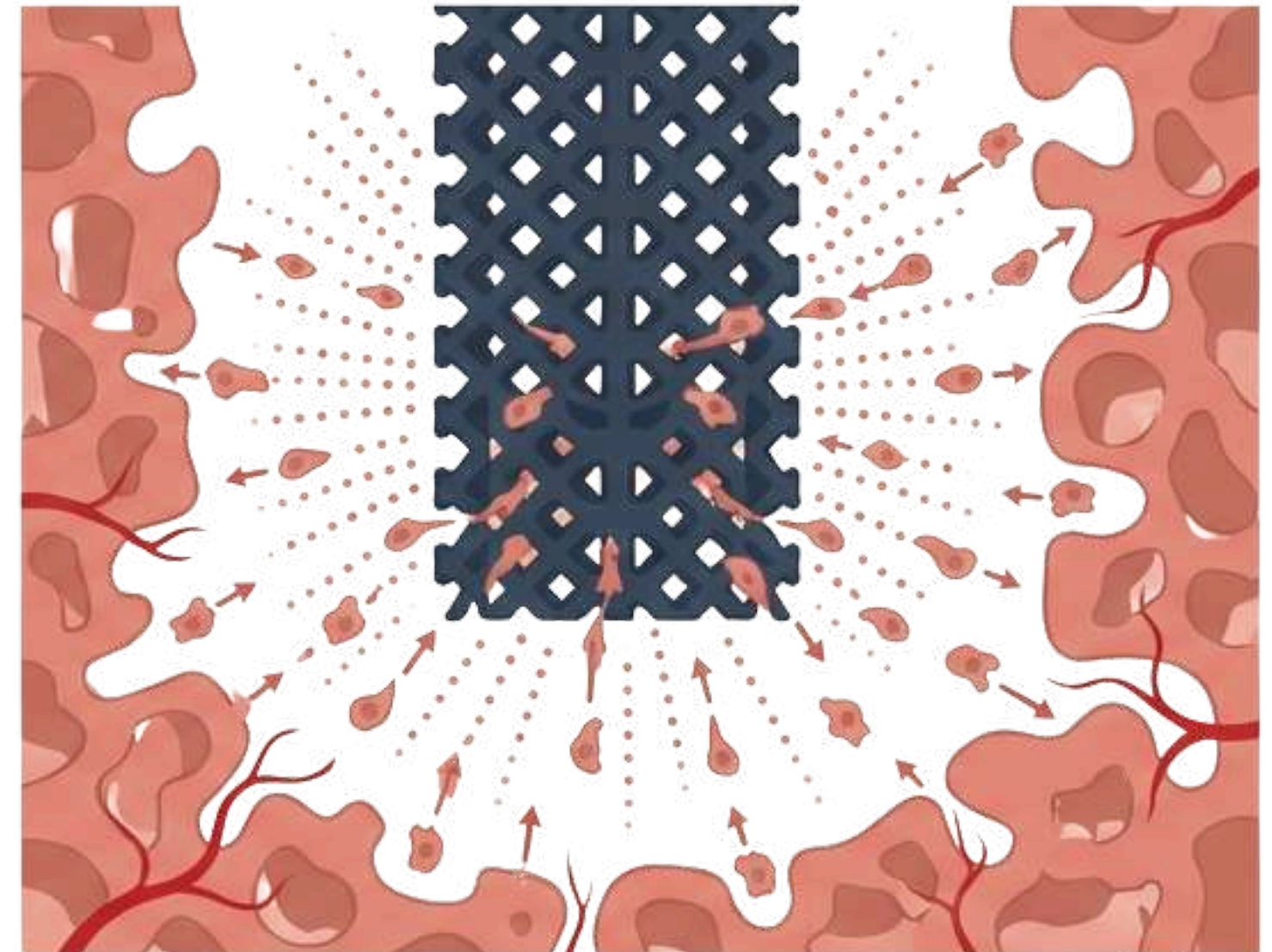
- chemotactic puternic
- recrutează celule stem endogene

### VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor)

- stimulează vascularizarea
- crește supraviețuirea celulelor în scaffold

### FGF / TGF- $\beta$ implicate în:

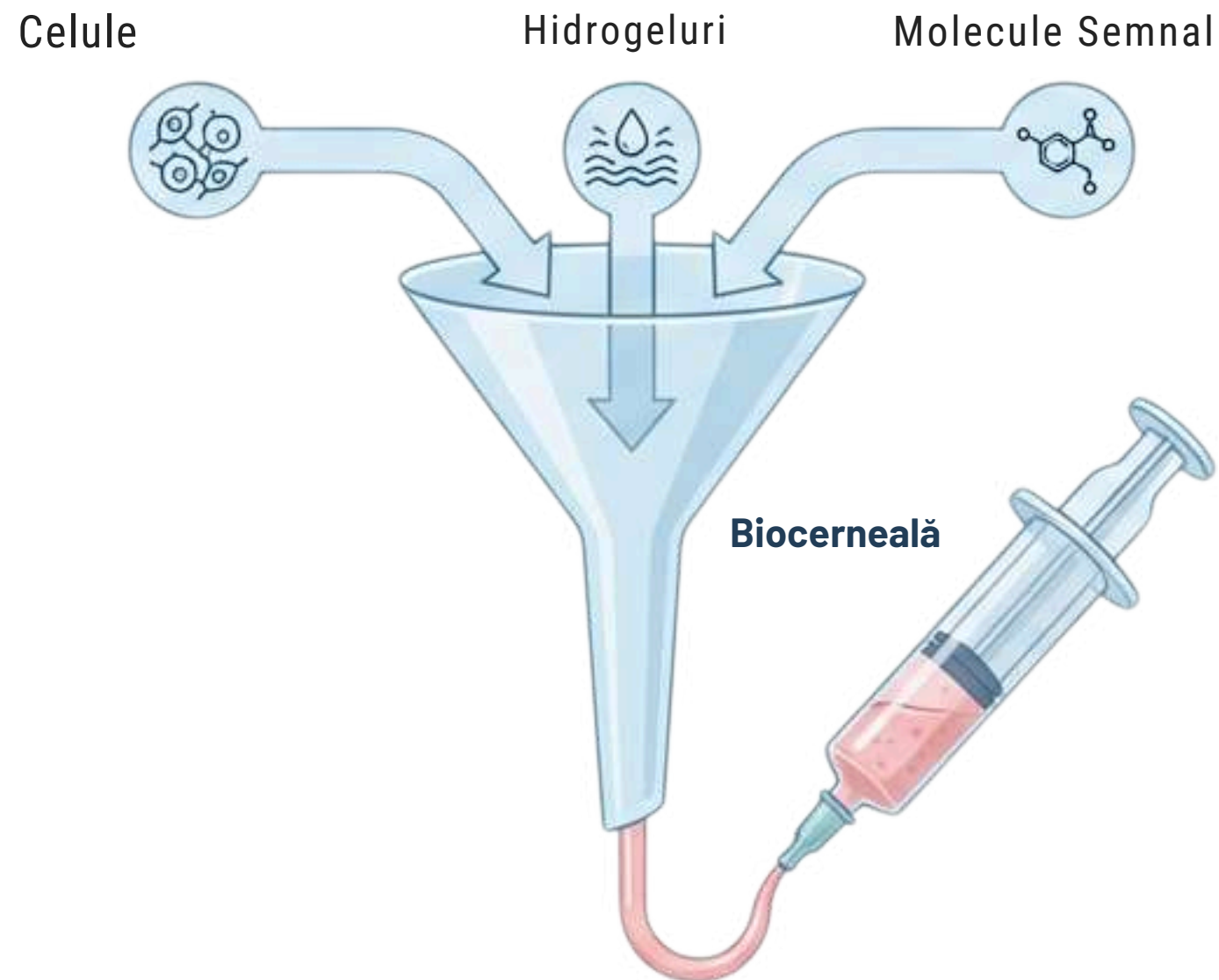
- regenerarea pulpei dentare;
- diferențiere fibroblastică;



Atragerea celulelor gazdă prin chimiotaxie (SDF-1)

# Arhitectura Vieții - Biocernelurile (Bioinks)

Biocerneala trebuie să imite Matricea Extracelulară (ECM) a țesutului țintă, susținând proliferarea și diferențierea celulară.



**Celule (MSCs, hDPSCs, SCAP, PDLSCs)**  
**Hidrogel (ECM-like) - GelMA, alginat, collagen**  
**Semnale bioactive - BMP, VEGF, SDF-1**

## ◆ 1. Selectarea componentelor

Biocink-ul pornește de la alegerea țesutului-țintă (os, pulpă, parodontiu).

- Se stabilesc:
- celulele potrivite (MSCs, hDPSCs, SCAP, PDLSCs);
- hidrogelul care imită ECM (GelMA, alginat, collagen);
- factorii de creștere necesari (BMP, VEGF, SDF-1).

## 2. Prepararea hidrogelului (matricea de bază)

Hidrogelul este:

- dizolvat într-un mediu steril;
- ajustat ca vâscozitate și concentrație;
- optimizat pentru printabilitate;
- difuzia nutrienților;

## 4. Adăugarea semnalelor bioactive

Factorii de creștere sunt: adăugați direct sau încapsulați pentru eliberare controlată.

Rol:

- ghidează diferențierea;
- stimulează angiogeneza;
- coordonează regenerarea.

## 3. Încorporarea celulelor

Celulele sunt:

- izolate și expandate;
- suspendate uniform în hidrogel;
- menținute la densitate controlată.

## 5. Optimizarea reologică (printabilitate)

Se ajustează:

- vâscozitatea;
- comportamentul la forfecare;
- stabilitatea după extrudare.

➡ Bioink-ul trebuie să curgă ușor prin duză, dar să-și păstreze forma după printare.

## 6. Stabilizarea post-printare (crosslinking)

După depunere:

- hidrogelul este stabilizat (UV, Ca<sup>2+</sup>, temperatură);
- structura devine tridimensională și stabilă;
- celulele rămân viabile.

➡ Bioink-ul se transformă în țesut bioimprimat.

# Bio-cernelurile: Hidrogeluri și Mimarea Matricei Extracelulare

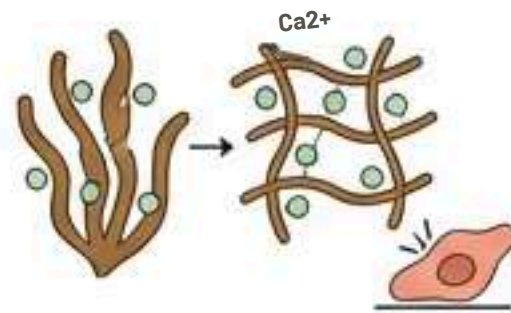
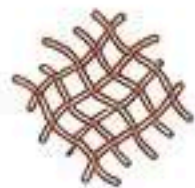
Cerinta: Suport mecanic + Difuzie nutrienți + Biodegradabilitate

## Hidrogeluri Naturale

- **Colagen: Bioactivitate excelentă, stabilitate mecanică redusă.**

- **Alginat (din alge): Gelifiere rapidă cu  $Ca^{2+}$ . Dezavantaj: Lipsa situsurilor de adeziune celulară.**

- **Gelatină / Fibrină.**

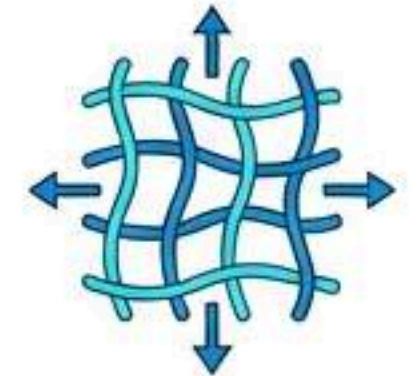


## Hidrogeluri Sintetice

- **PEG (Polietilenglicol), PLA, PCL.**

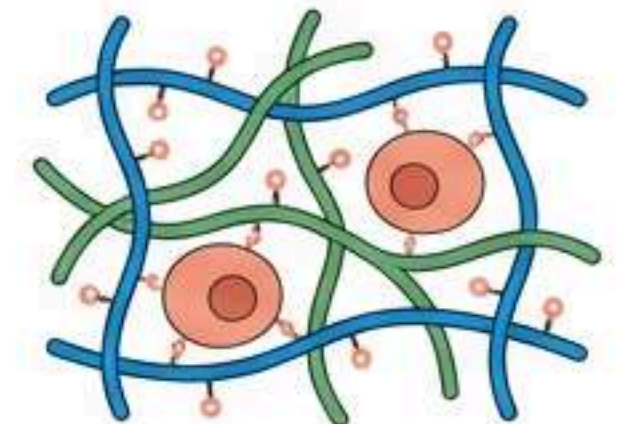
- **Avantaj: Proprietăți mecanice controlabile și rezistență mare.**

- **Dezavantaj: Inerte biologic (necesită funcționalizare).**

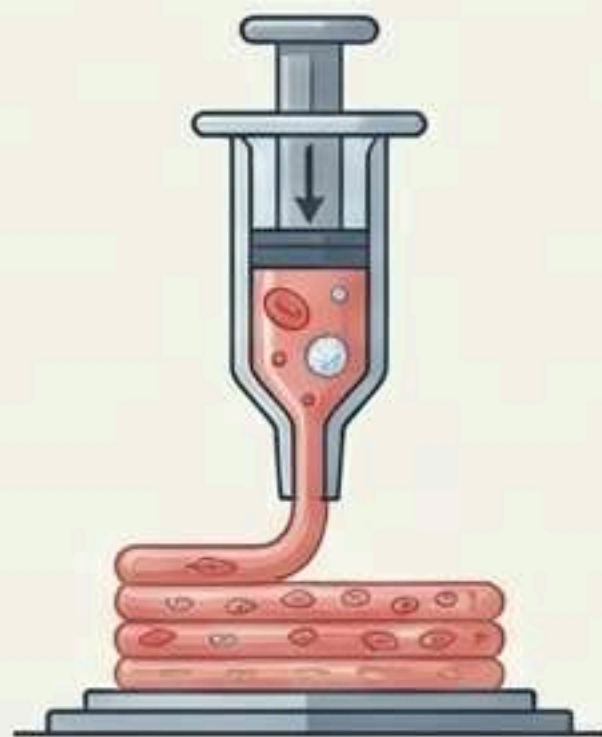


## Soluția Hibridă

Combinarea materialelor naturale cu cele sintetice sau adăugarea secvențelor peptidice RGD (Arginină-Glicină-Acid Aspartic) pentru a permite atașarea celulelor.



# Tehnologii de Fabricație: Extrudare, Laser și Lumină

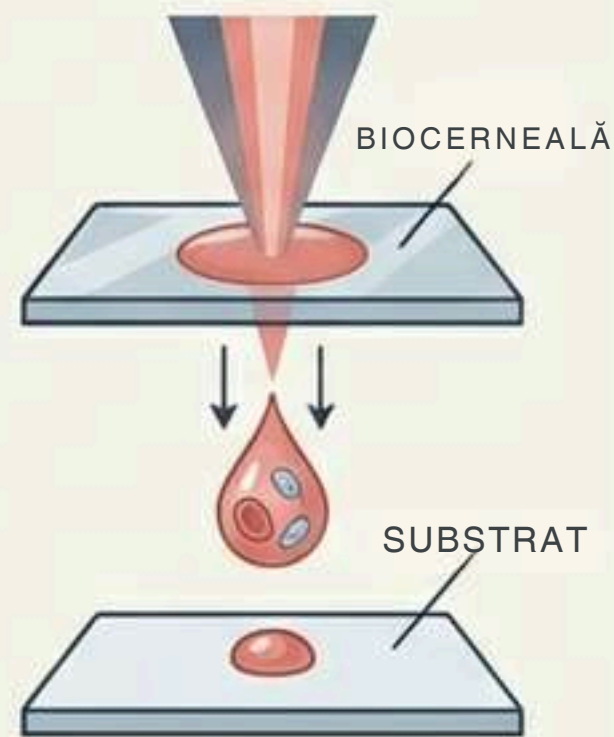


## Extrudare (Extrusion-based)

Cea mai comună metodă.  
Permite printarea filamentelor  
continue de hidrogeluri.

**Avantaj:** Versatilitate materiale.

**Dezavantaj:** Stres de forfecare  
(moarte celulară).

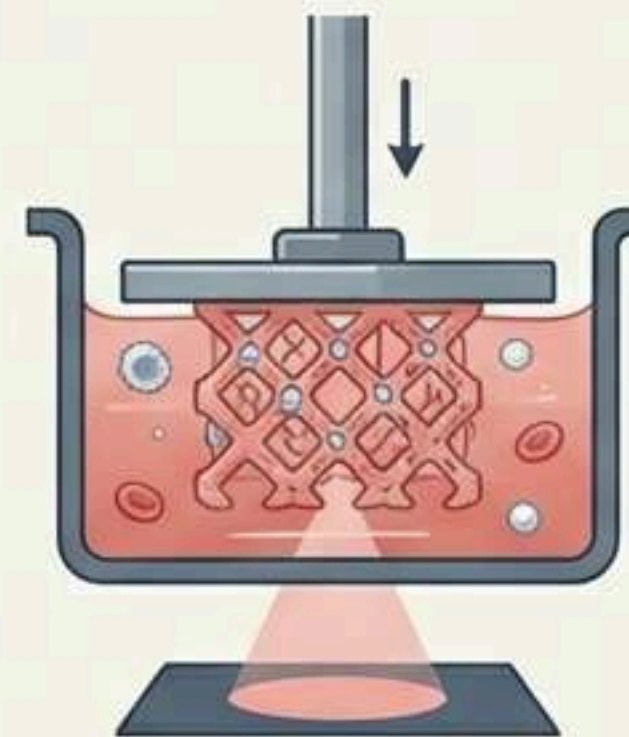


## Asistate de Laser (LIFT)

Utilizează pulsuri laser  
pentru a propulsa picături de  
bioink.

**Avantaj:** Viabilitate celulară >95%,  
rezoluție înaltă.

**Dezavantaj:** Cost ridicat, viteză  
mică.

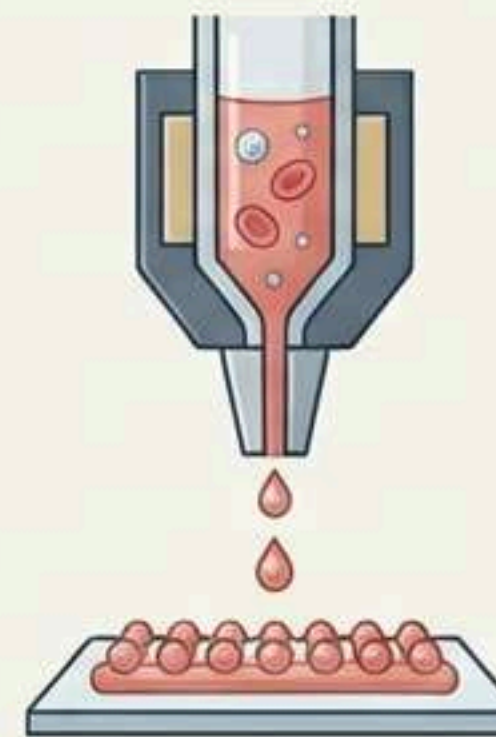


## Stereolitografie (SLA/DLP)

Polimerizare cu lumină a  
unei rășini fotosensibile.

**Avantaj:** Precizie geometrică și  
viteză.

**Dezavantaj:** Gama limitată de  
bioink-uri.



## Inkjet (Drop-on-demand)

Depunere termică sau  
piezoelectrică fără contact.

**Avantaj:** Cost redus.

**Dezavantaj:** Risc de infundare,  
necesită vâscozitate mică.

# Tehnologia I: Bioimprimarea bazată pe Extrudare

## Principiu de funcționare:

- Expulzarea continuă a bio-cernelii printr-o duză micrometrică.
- Mecanism: Pneumatic (presiune aer) sau Mecanic (piston/șurub).

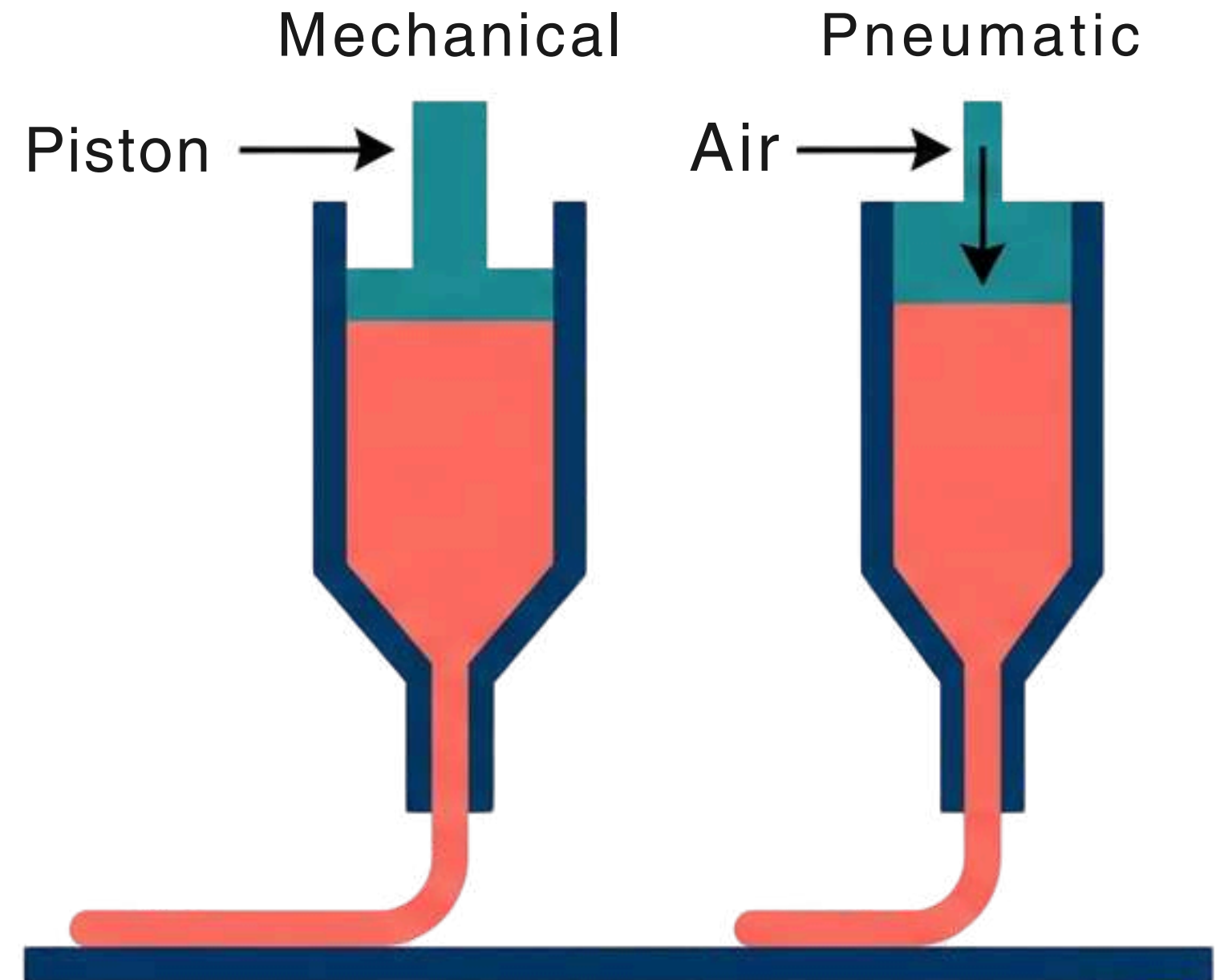
## Avantaje:

- Cea mai versatilă tehnică pentru stomatologie.
- Permite bio-cerneluri cu vâscozitate ridicată (integritate structurală).
- Densități celulare mari (fiziologice).

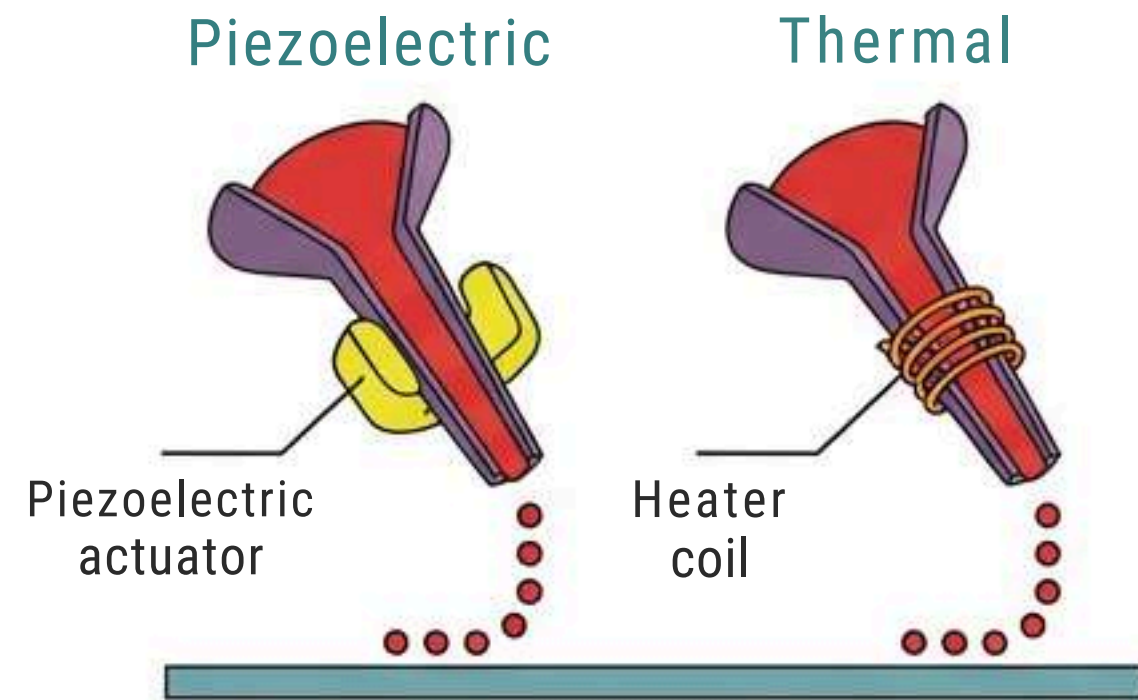
## Limitări:

- Stresul de forfecare (Shear Stress): Presiunea poate distruge membranele celulare.
- Viabilitate celulară: 40% - 80%.

Rezoluție moderată: 200 - 1000  $\mu\text{m}$ .

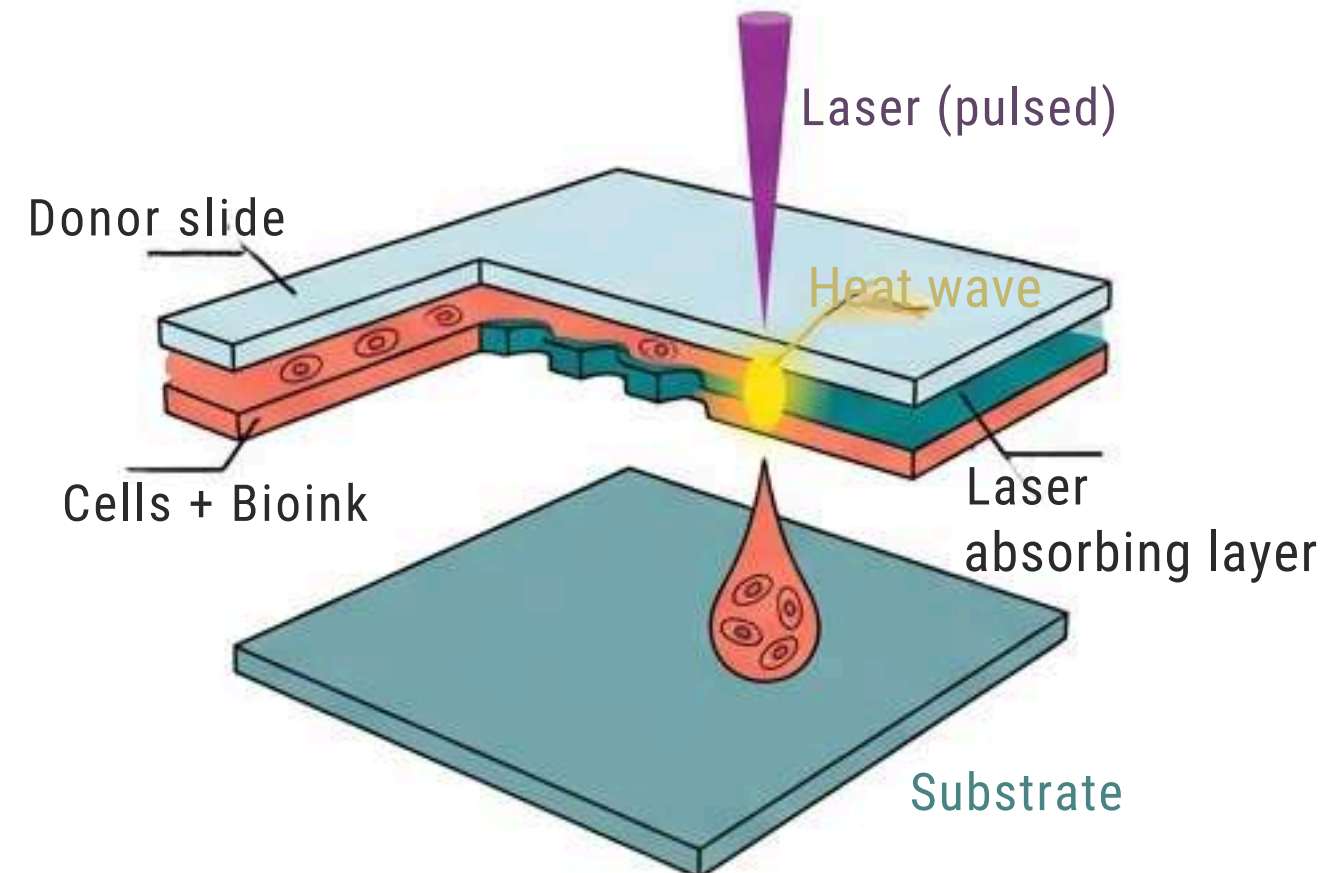


# Tehnologia II: Inkjet și Bioimprimarea Asistată Laser



## Bioimprimarea Inkjet (Picătură)

- Mecanism: Termic (bule de aer) sau Piezoelectric (vibrații).
- Viteză mare, cost redus.
- Limitare: Necesită bio-ceneluri foarte fluide (3.5 12 mPa/s) → structuri slabe mecanic.



## Bioimprimarea Asistată Laser (LAB)

- Tehnica «Nozzle-free» (fără duză) - elimină riscul de înfundare.

Viabilitate celulară extremă (>95%) datorită lipsei stresului mecanic.

Precizie micro-metrică (nivel de singură celulă).

# Tehnologia III: Stereolitografia (SLA) și Fotopolimerizarea

## Principiu:

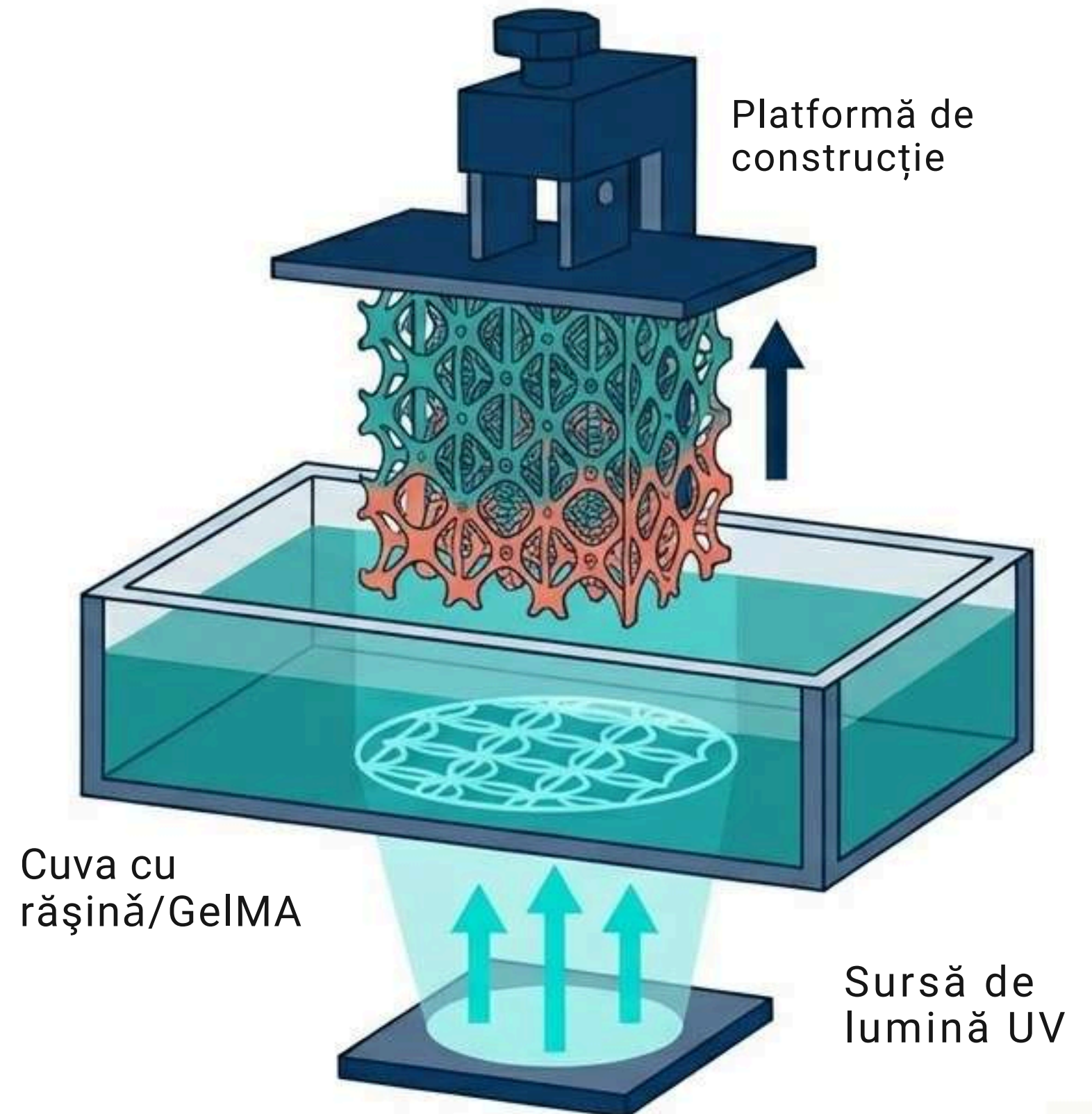
- Solidificarea strat cu strat a unui hidrogel fotosensibil lichid folosind lumină (Laser UV sau proiector DLP).

## Material Cheie: GelMA (Gelatină Metacrilată)

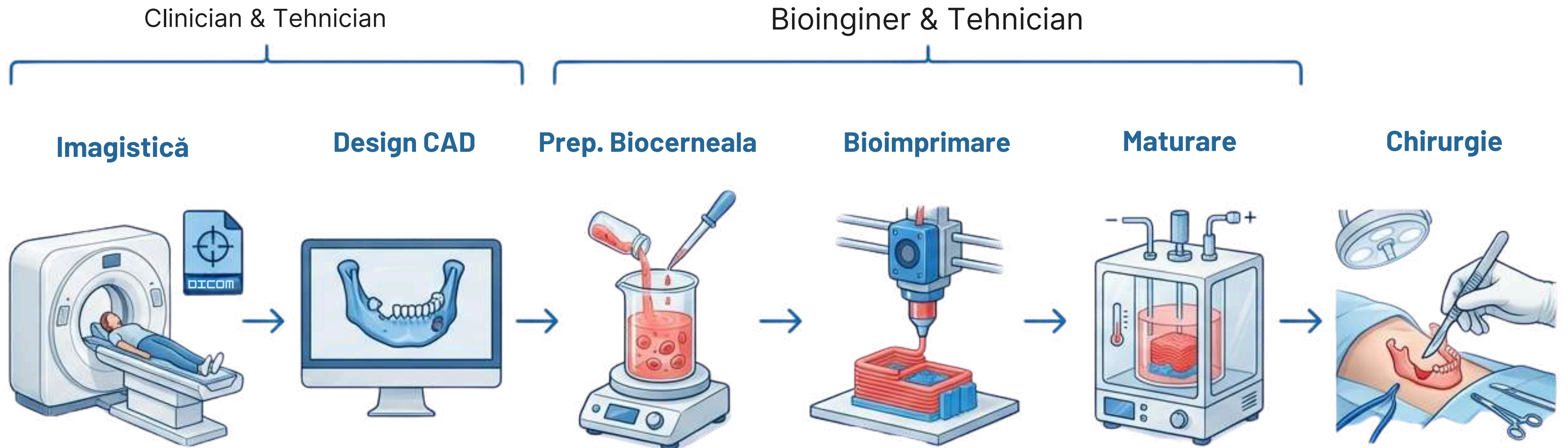
- Gelatină modificată chimic pentru a polimeriza la lumină.
- Rigiditate controlabilă prin timpul de expunere.

## Avantaje:

- Rezoluție înaltă: Ideal pentru micro-canale vasculare și detalii fine.
- Viteză de printare (DLP procesează un strat întreg simultan).
- Fără duze = Fără stres de forfecare mecanic.



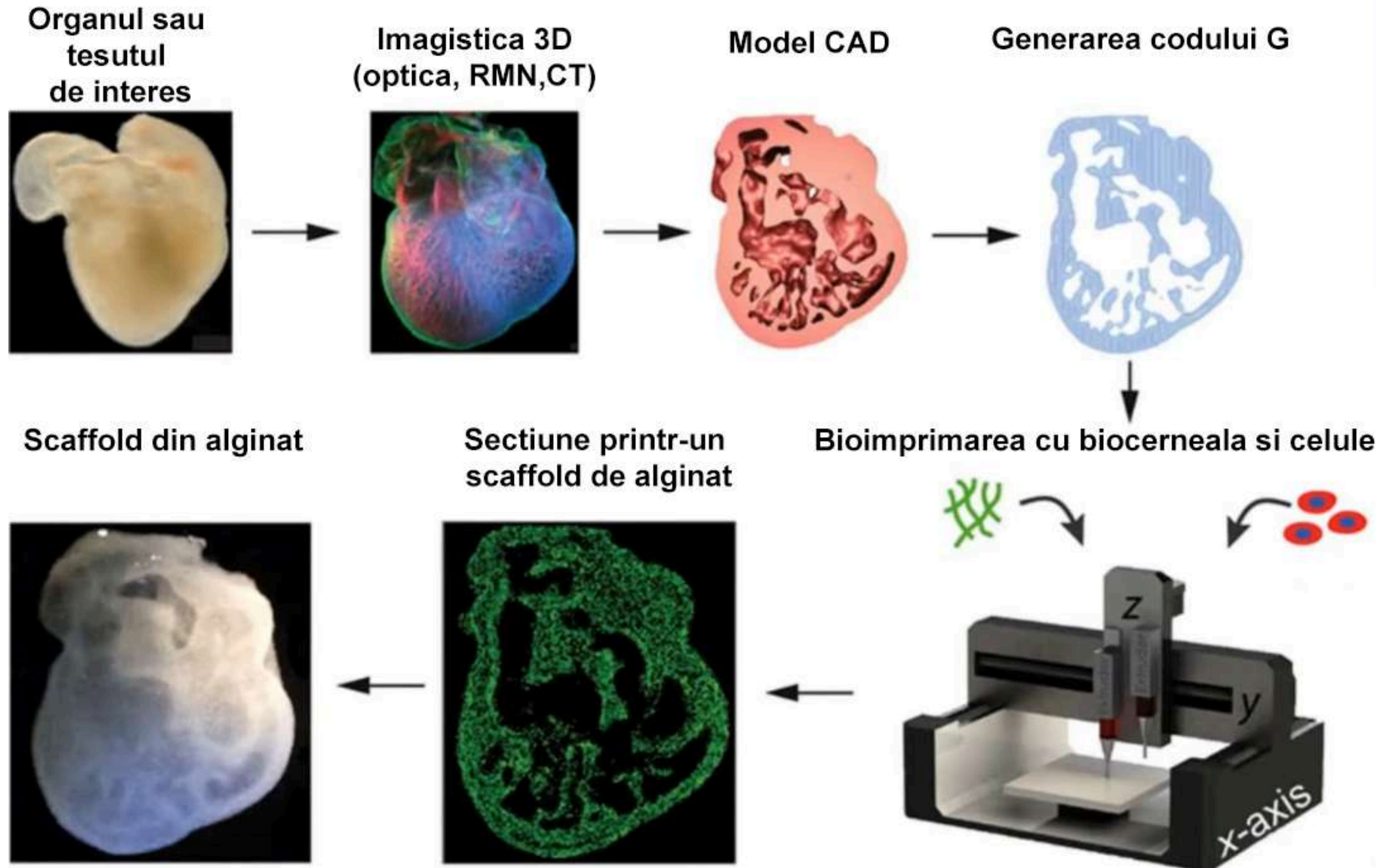
# Fluxul de Lucru Digital: De la Imagine la Implant Viu



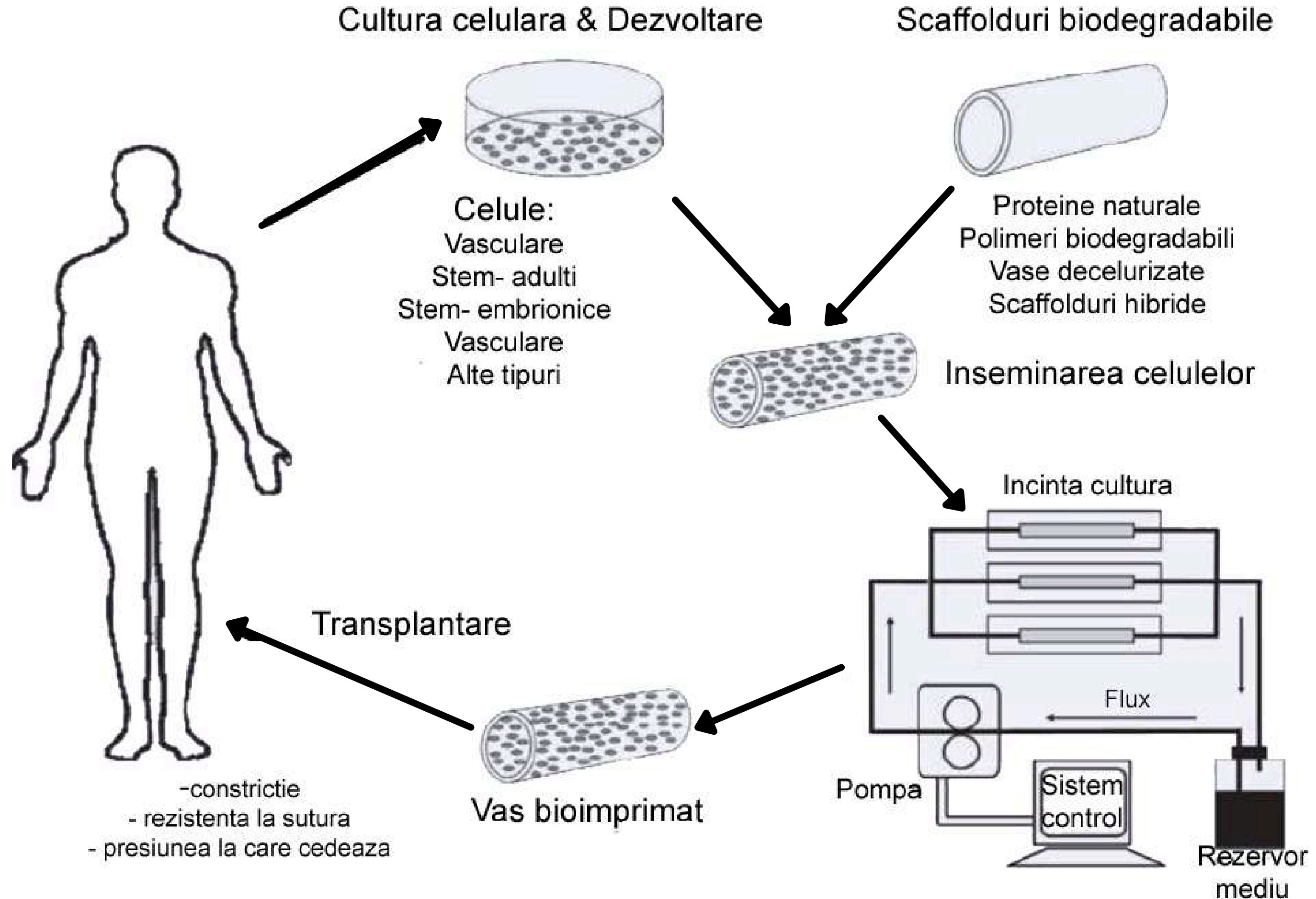
Proliferare  
in vitro

Post-procesare.  
Cultivare în mediu  
perfuzat pentru  
**proliferare celulară.**

# Fluxul de Lucru Digital: De la Imagine la Implant Viu



# Fluxul de Lucru Imaginat: Vase



# Fluxul de Lucru Digital: De la Imagine la Implant Viu

Pre-Procesarea  
CAD, Imagistica-  
Precondiționare

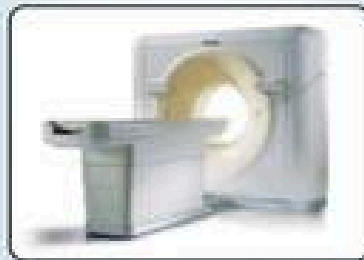
Procesarea  
Bioimprimarea

Post-Procesarea  
Bioreactor- Maturarea tisulara

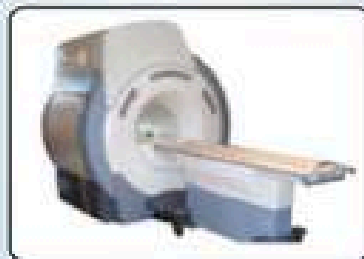
Step 1  
Imaging



X-ray

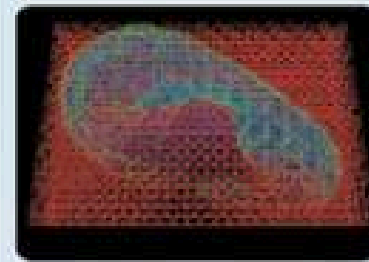


CT

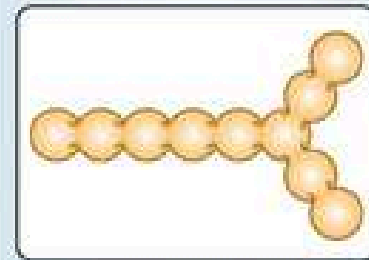


MRI

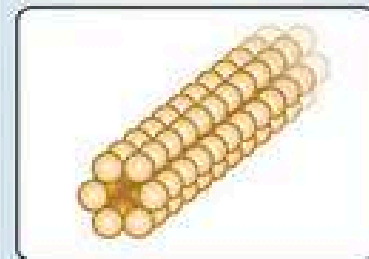
Step 2  
Design approach



Biomimicry



Self-assembly

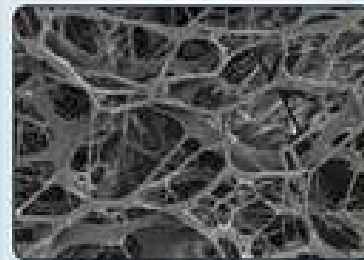


Mini-tissues

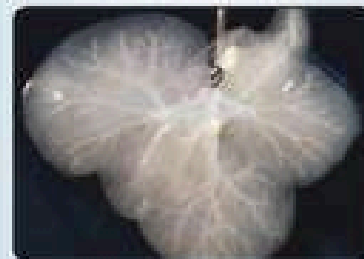
Step 3  
Material selection



Synthetic polymers

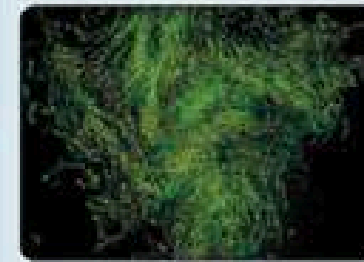


Natural polymers

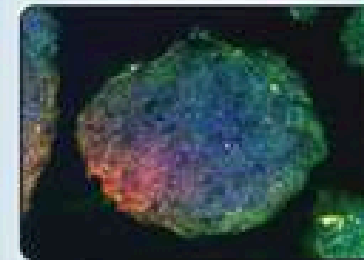


ECM

Step 4  
Cell selection



Differentiated cells

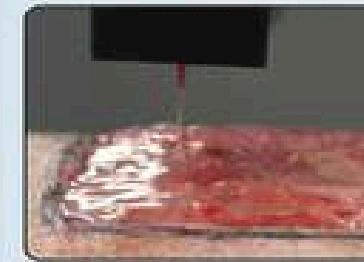


Pluripotent stem cells

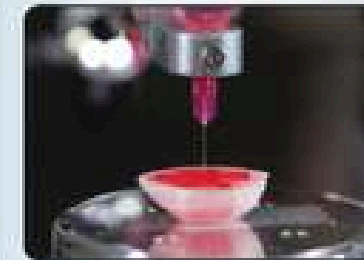


Multipotent stem cells

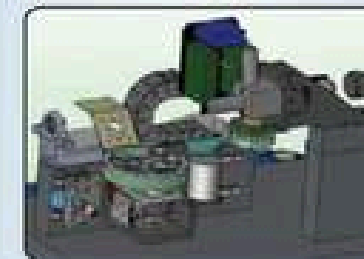
Step 5  
Bioprinting



Inkjet



Microextrusion



Laser-assisted

Step 6  
Application



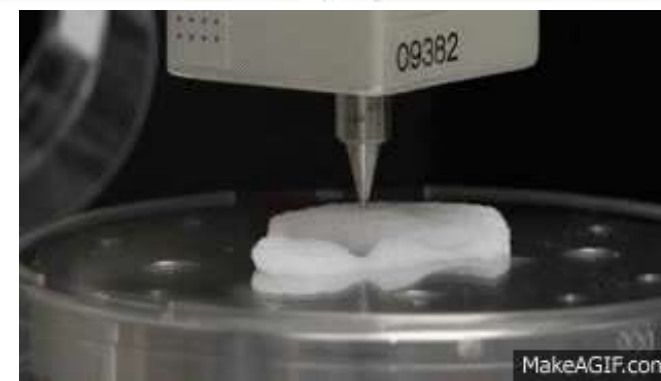
Maturation



Implantation

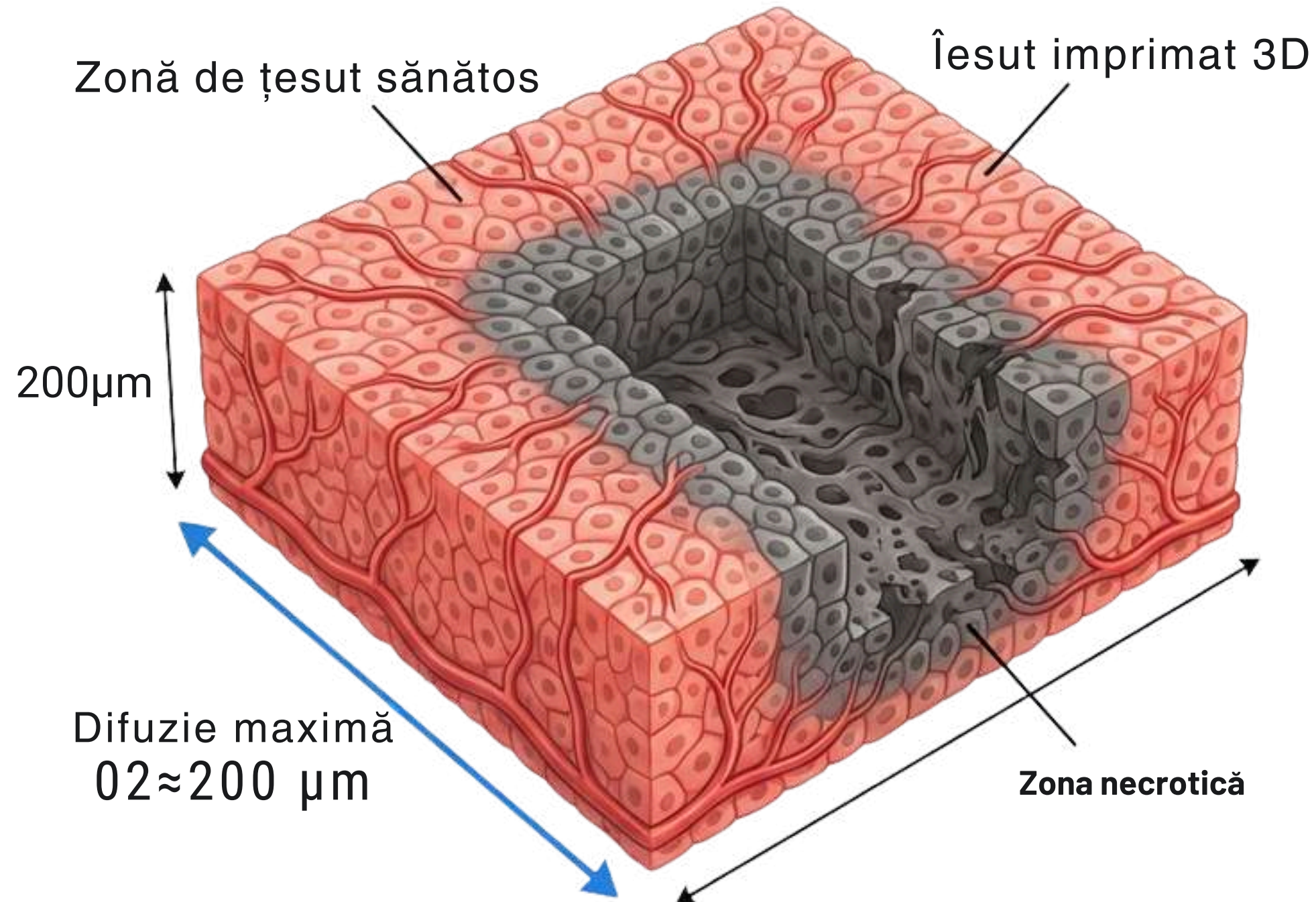


*In vitro* testing



Atala *et al*, 2014

# Limitări Biologice: Provocarea Vascularizației



## Soluții Tehnologice

### 1. Canale de Sacrificiu:

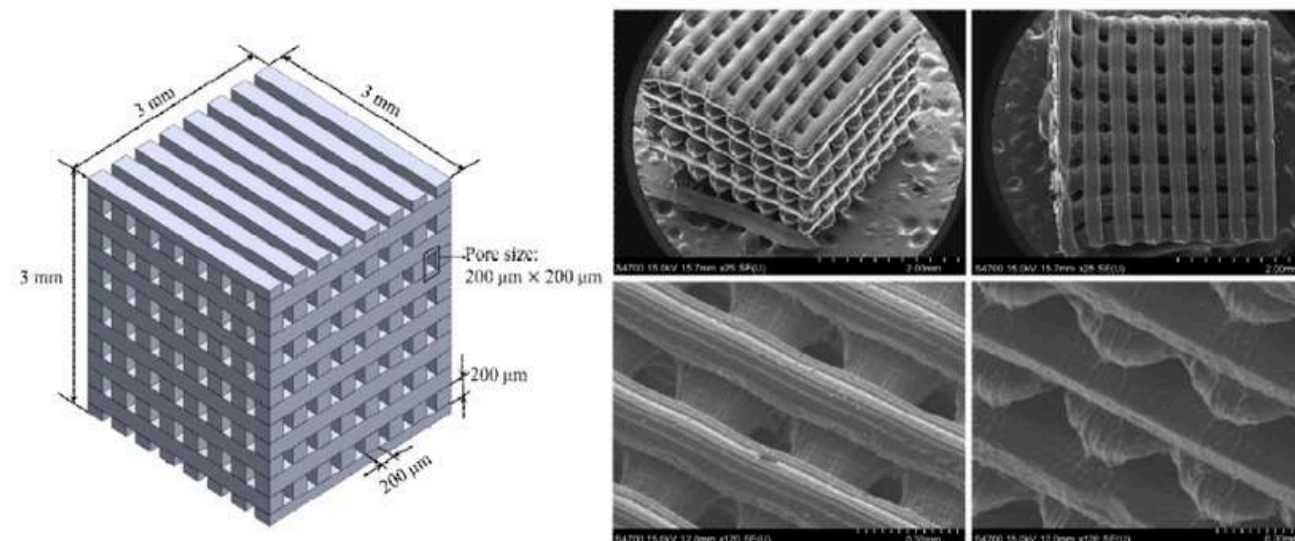
Printarea și dizolvarea unor fibre temporare pentru a crea tuneluri vasculare.

### 2. Factori Angiogenici:

Utilizarea VEGF pentru stimularea capilarelor.

# Limitări Biologice: Scaffold-urile

- Provocări în Ingineria tisulară bazată pe scaffolduri
  1. Slabe proprietăți mecanice
  2. Inflamația sau defecțiuni mecanice
  3. Formarea țesutului fibros datorită degradării scaffoldului
  4. Proprietăți mecanice discordante cu țesuturile învecinate
  5. Conexiunea slabă între celule



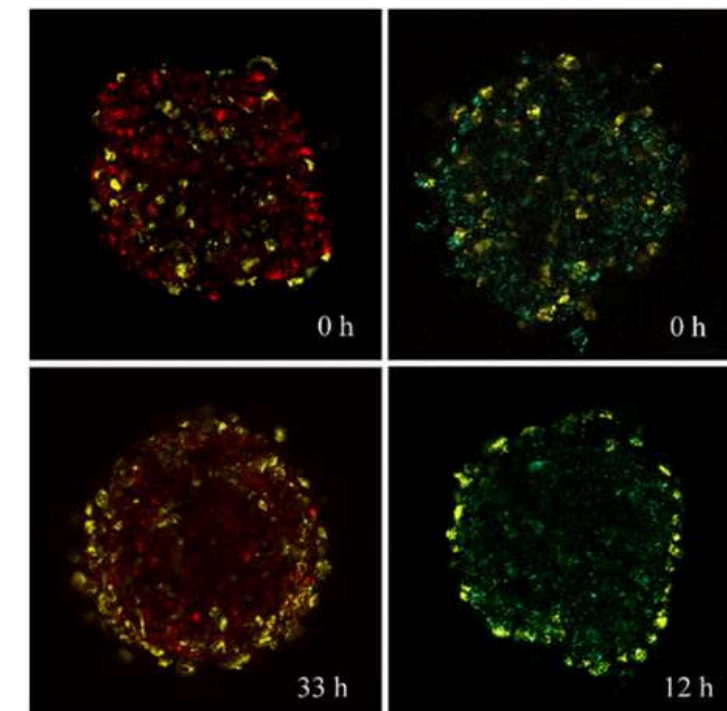
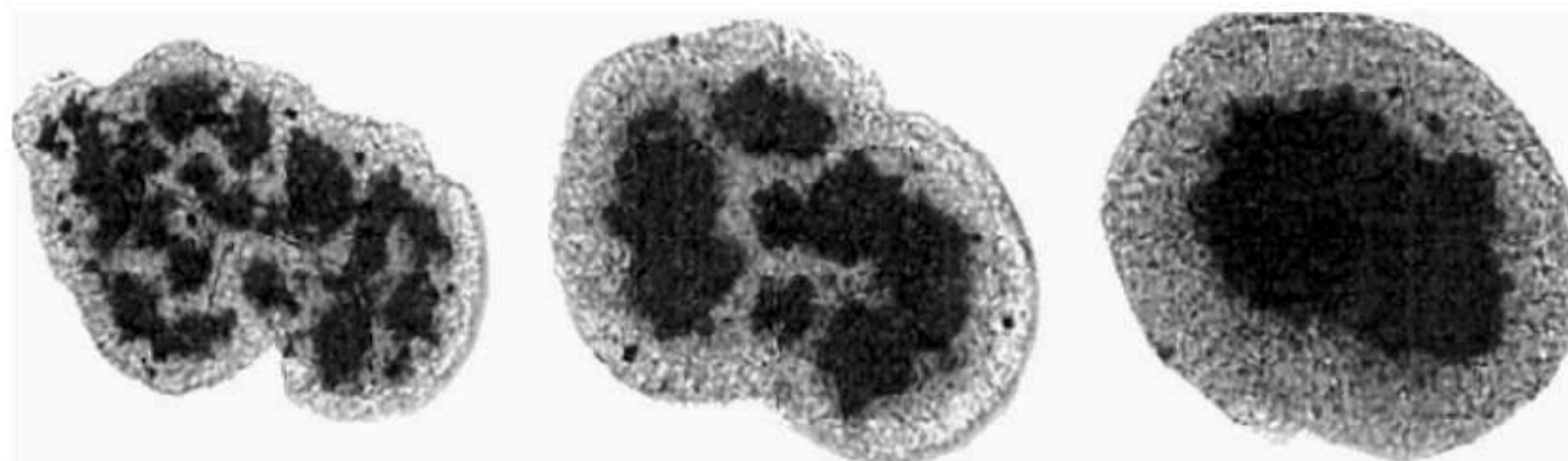
# Succes-ul în bioimprimarea 3D

Succes în ingineria tisulară:

1. NU imprimarea 3D
2. Proliferarea celulară
3. Înțelegerea principiului de auto-asamblare a celulelor

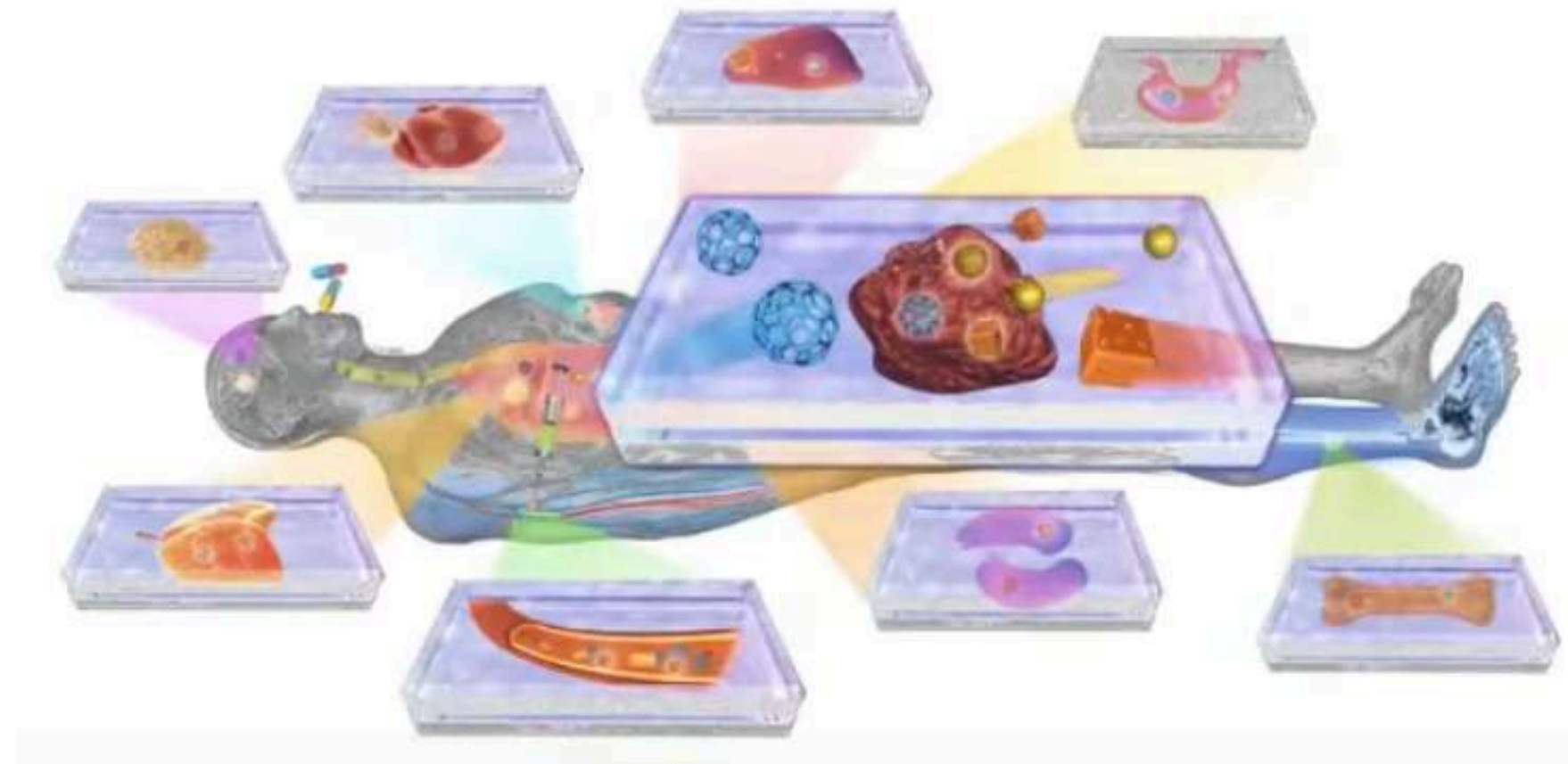
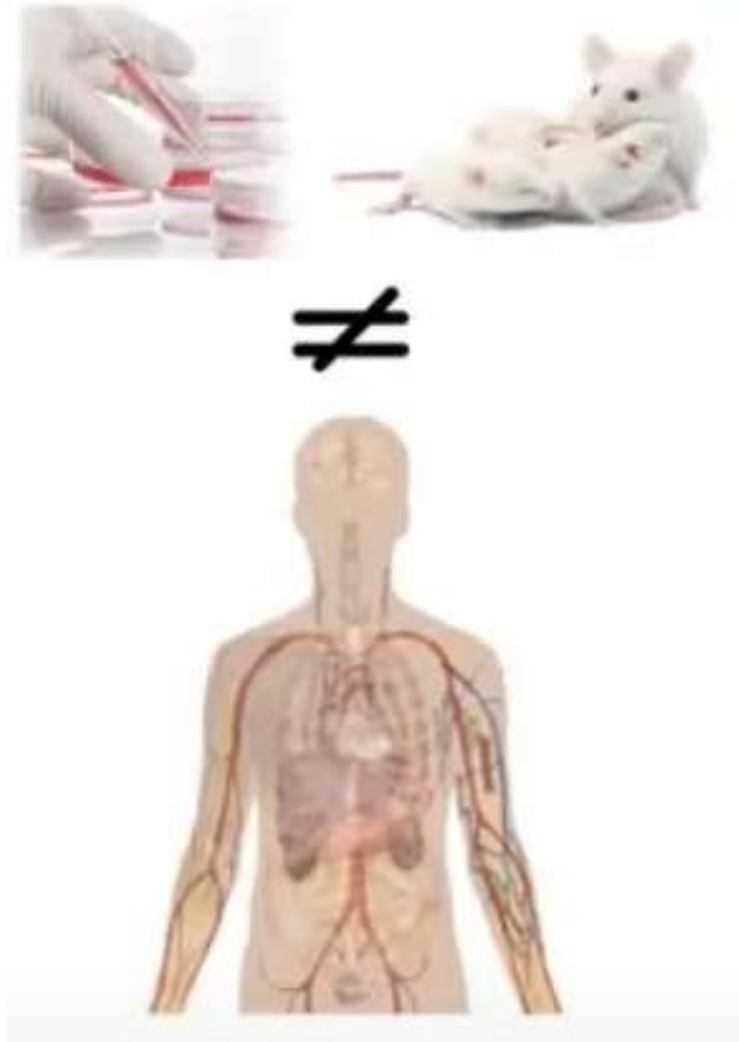
**Auto-ansamblarea:**

- este procesul de organizare autonoma a celulelor, de la starea initiala post-imprimare până la starea sau structura finală, fără intervenție exterioară



# Aplicații ale bioimprimării 3D

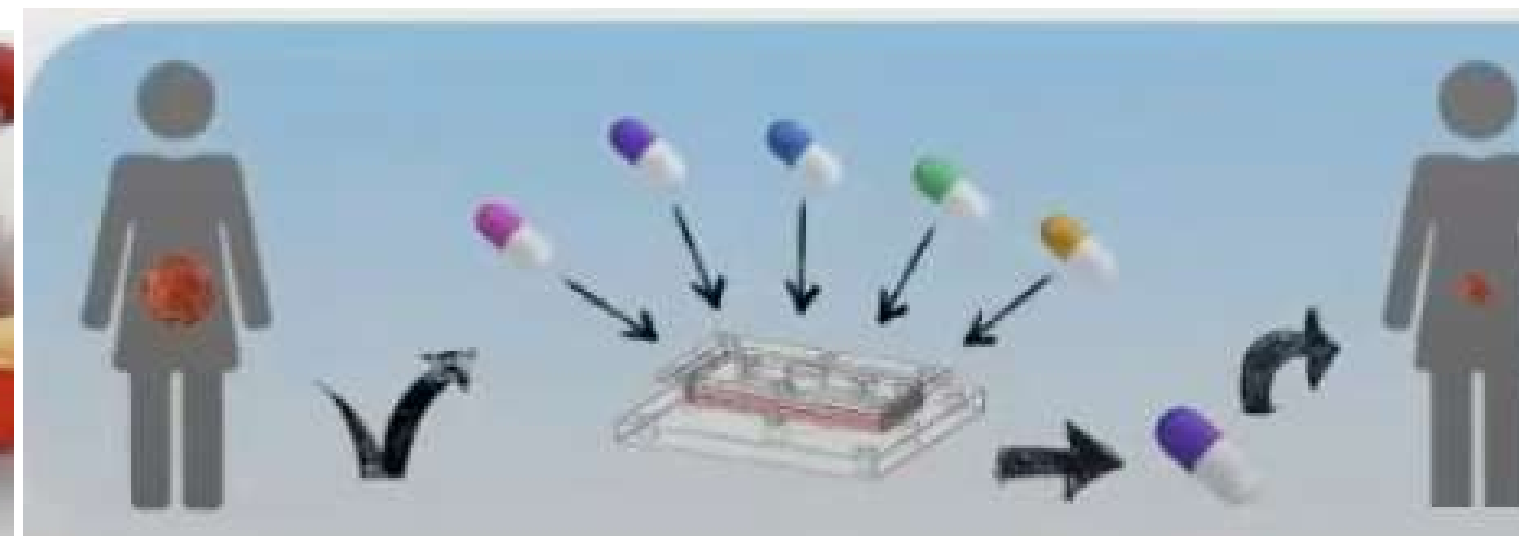
Dezvoltarea in-vitro a tesuturilor umane dinamice



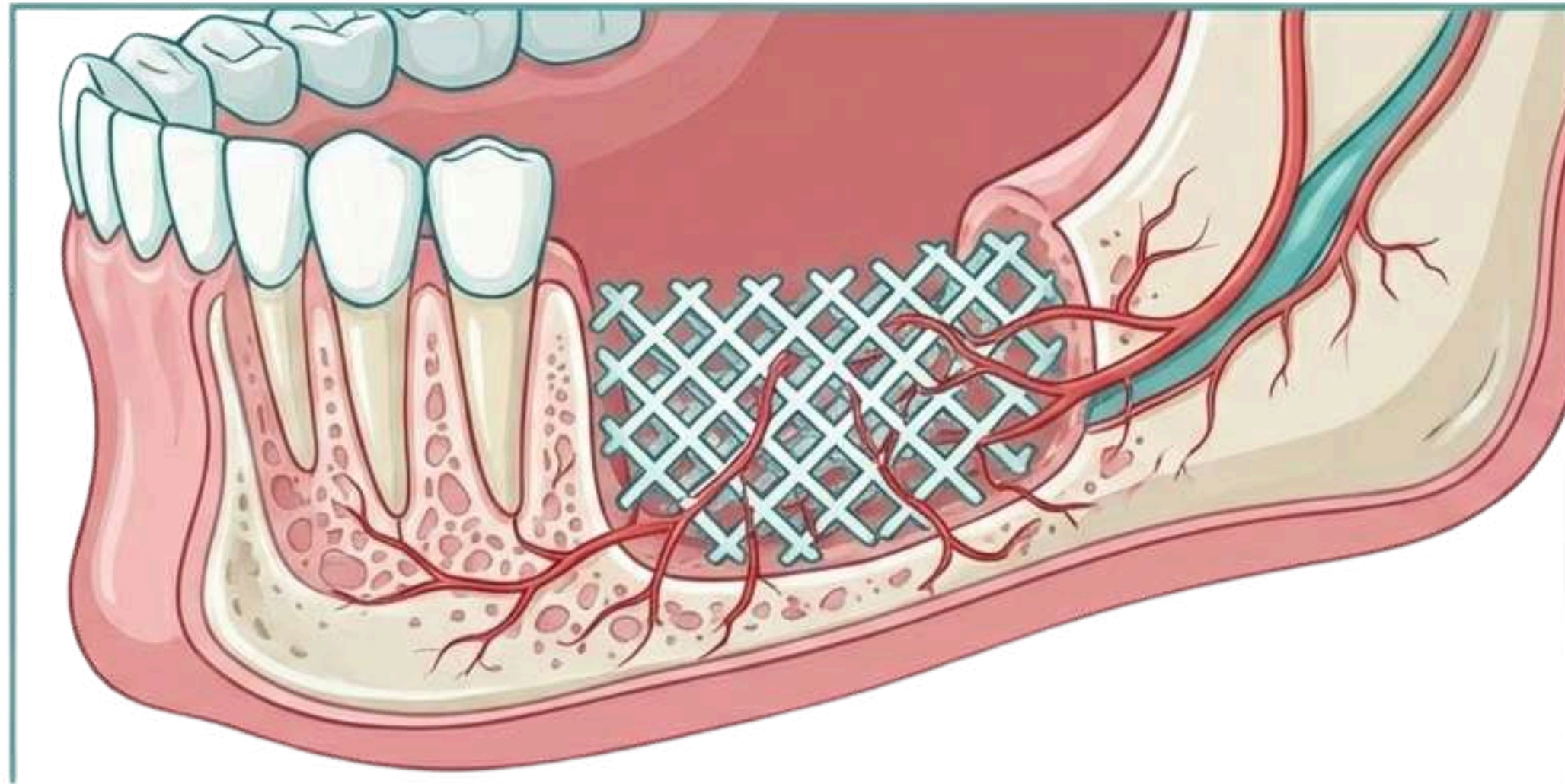
Dezvoltarea medicamentelor



Medicina personalizata



# Aplicație Clinică: Regenerarea Osului Alveolar



**Soluția Bioimprimată:**  
**Scaffold PCL +**  
**Hidroxiapatită.**

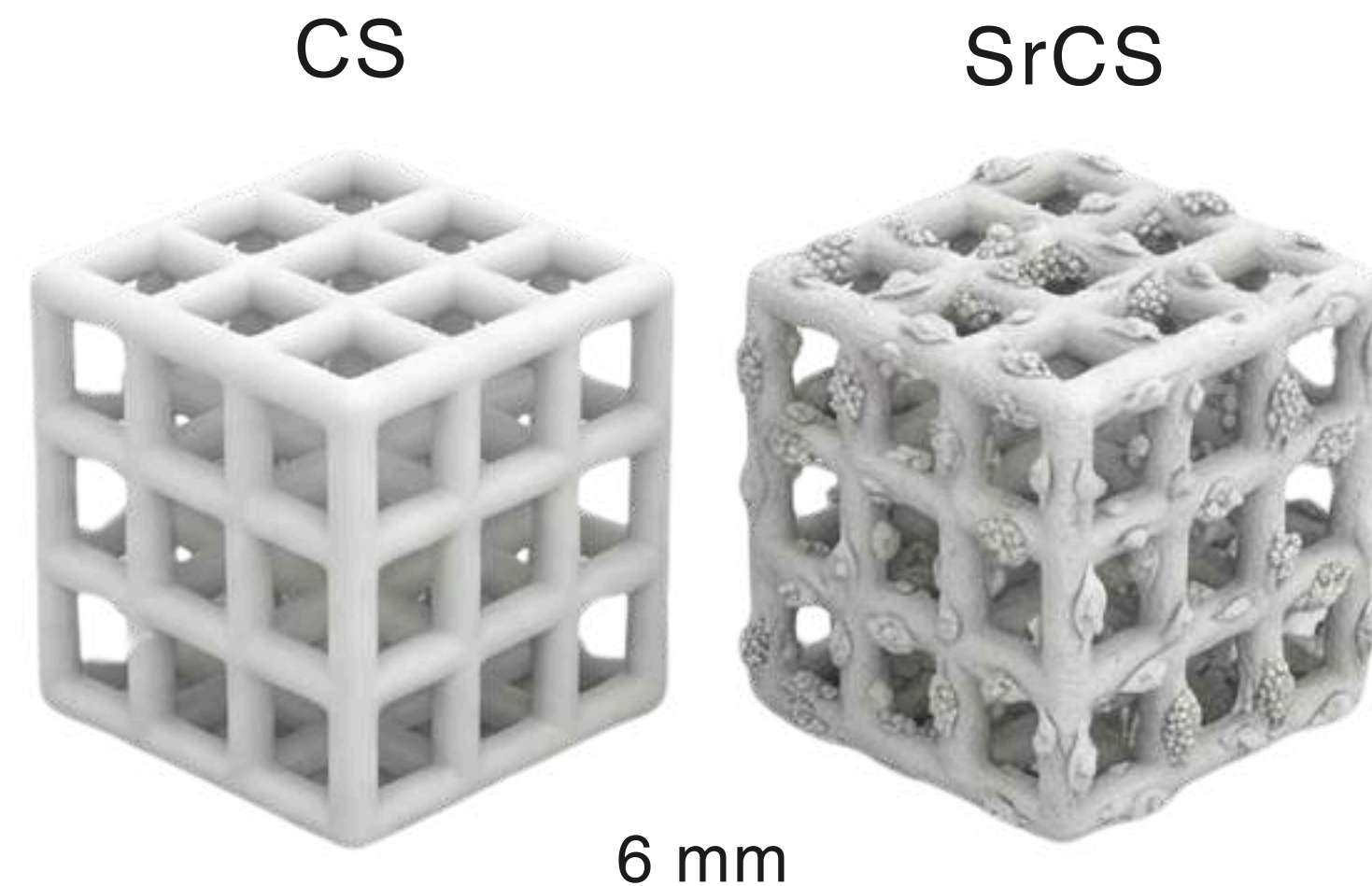
**Provocarea Vascularizației:** Necesită co-  
imprimare cu Celule Endoteliale și VEGF  
pentru a evita necroza.

# Aplicație Clinică: Regenerarea Osului Alveolar

Osul alveolar necesită materiale care suportă sarcini mecanice mari (masticăție) și promovează osteogeneza.

## Formule validate până în prezent:

- Ceramice și Silicate: Scaffolds din silicat de calciu dopat cu stronțiu (SrCS) au demonstrat o capacitate superioară de osteoinducție.
- Biocerneluri îmbogățite: Adăugarea de peptide mimetice BMP-2 în GelMA a dus la calcificarea a 55% din construcție după 4 săptămâni.
- Structuri Hibride: Utilizarea celulelor stem din pulpă (hDPSCs) în matrice de collagen și B-TCP accelerează mineralizarea și integrarea osoasă.

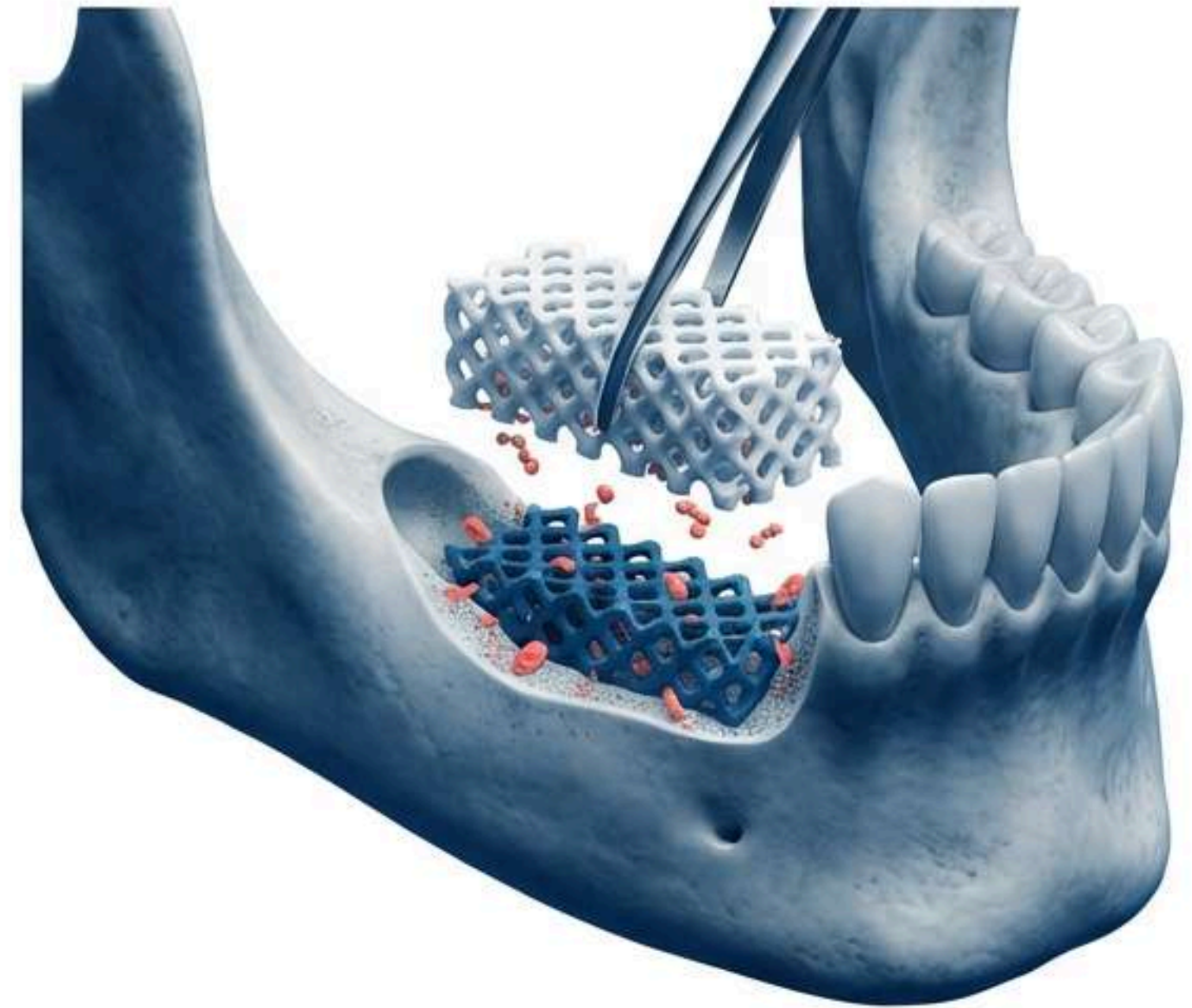


# Aplicație Clinică: Regenerarea Osului Alveolar

Patologia implicată:

Atrofia creștelor post-extracțională

- Soluție: Scaffold PCL personalizat + Osteoblaste + BMP-2.
- Avantaj: Geometrie perfectă, fără recoltare de os autolog.

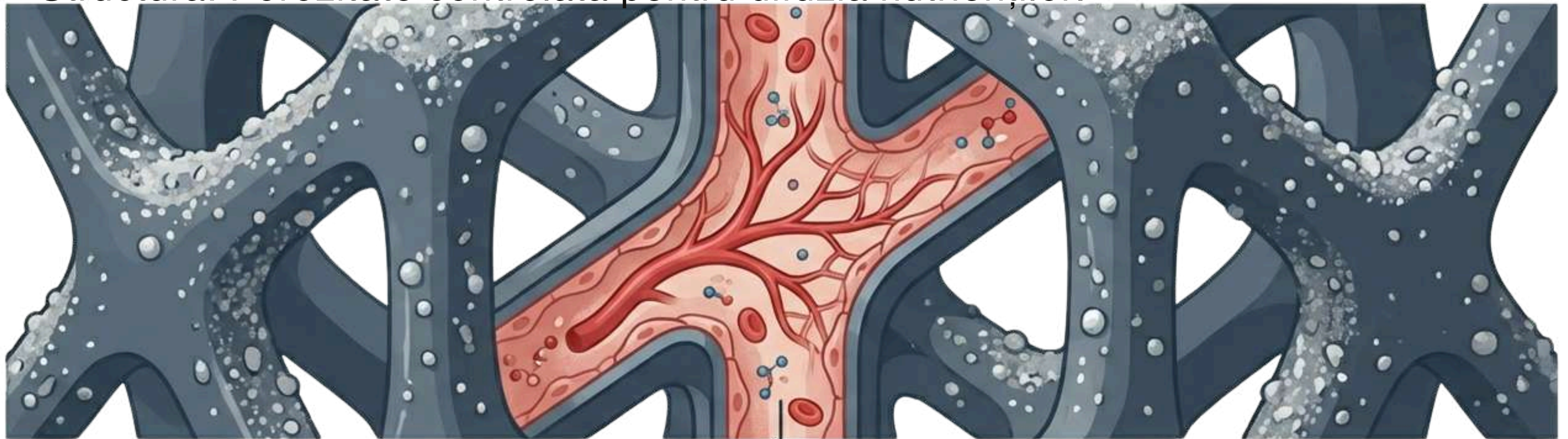


# Aplicație Clinică: Regenerarea Osului Alveolar

Pentru os, rigiditatea este critică.

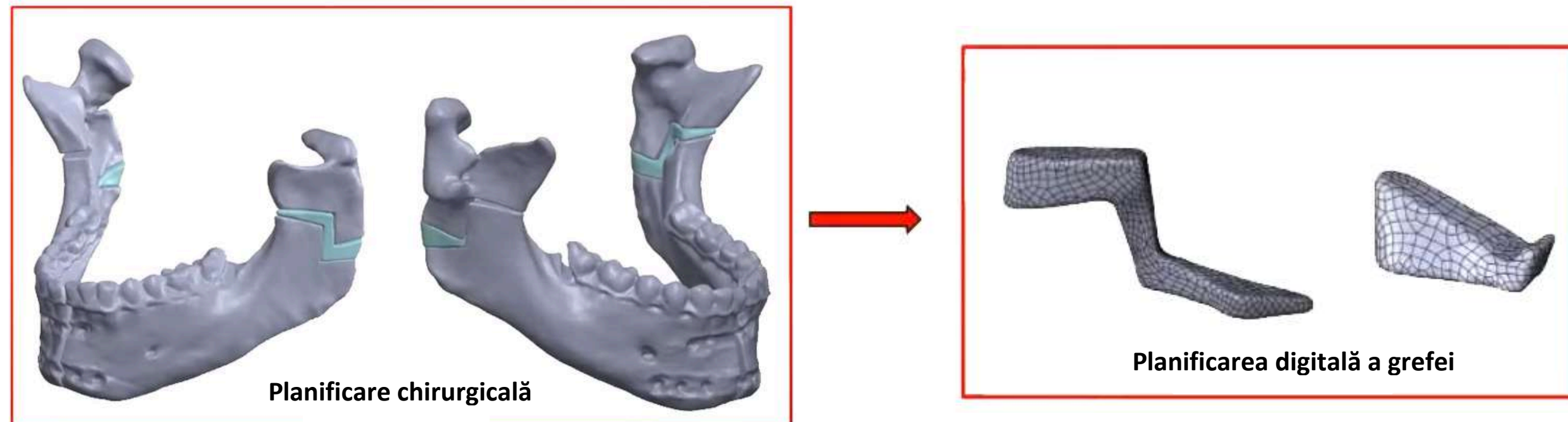
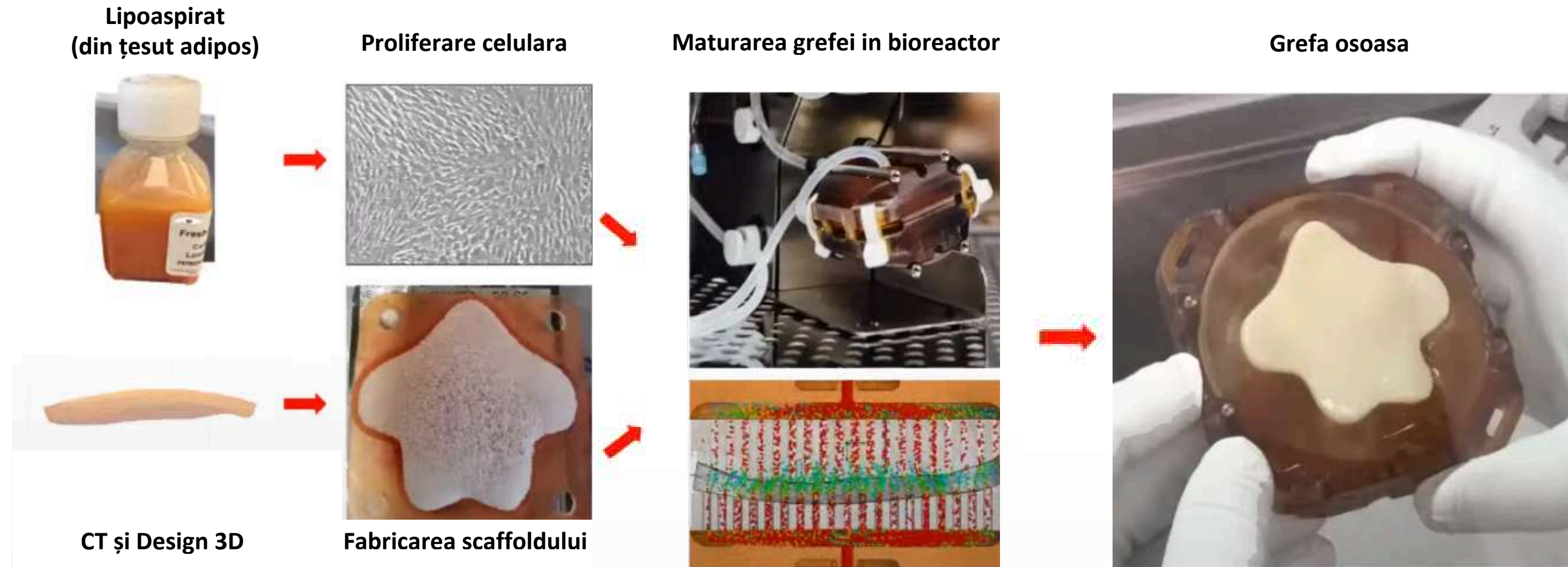
Astfel, se utilizează compozite din polimeri sintetici (PCL) ranforșați cu elemente ceramice.

- Materiale: Fosfat de Magneziu Amorf (AMP) - accelerează mineralizarea.
- Structură: Porozitate controlată pentru difuzia nutrienților.

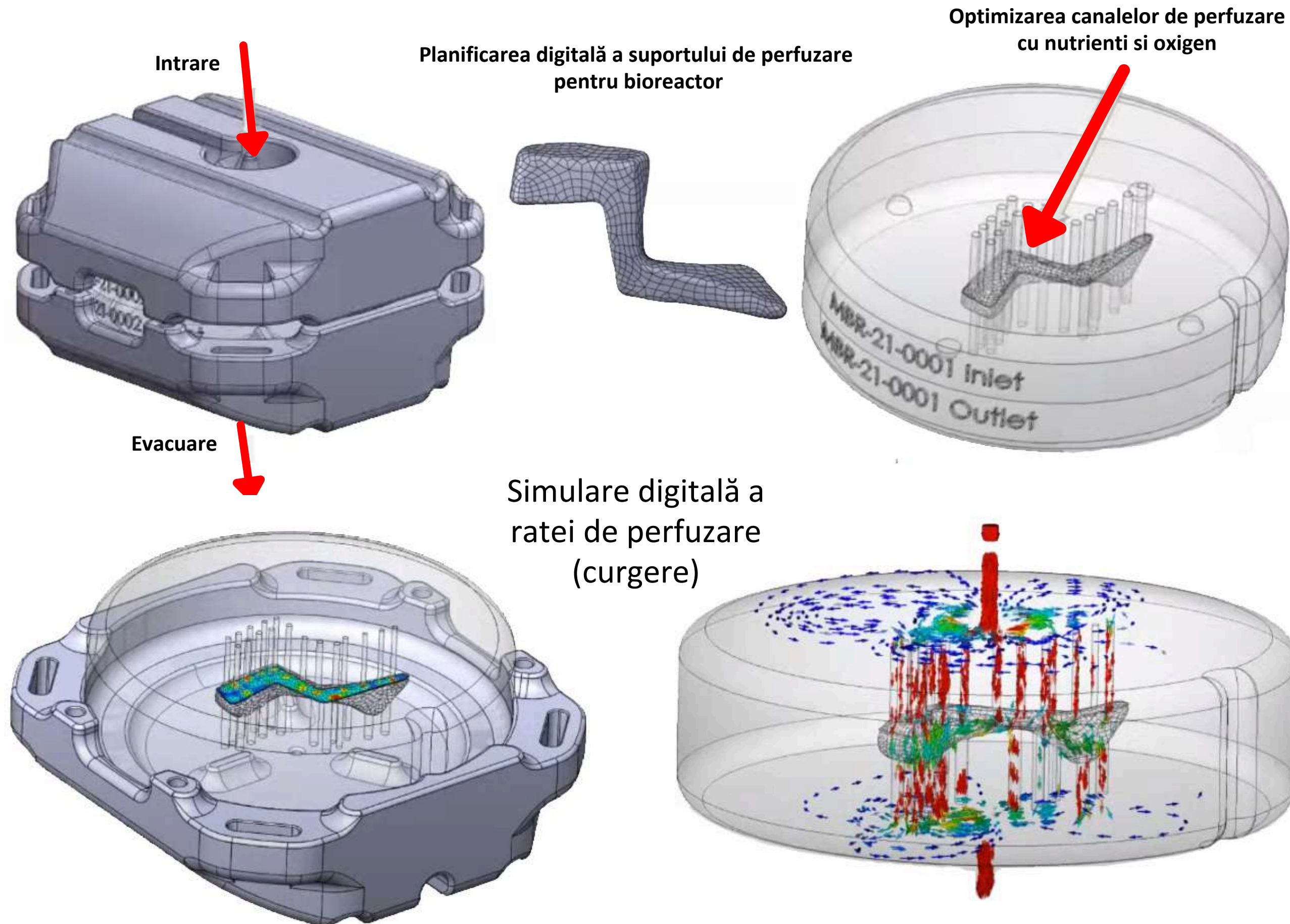


Structură PCL + Ceramică cu microcanale vasculare

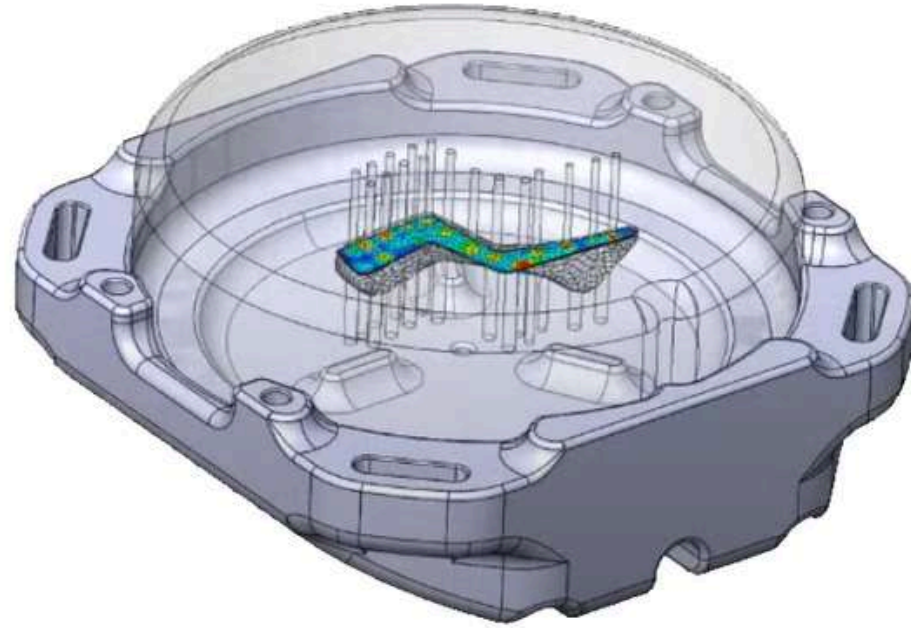
# Bazele ingineriei tisulare- tesut osos



# Bazele ingineriei tisulare- tesut osos



# Bazele ingineriei tisulare- tesut osos



Bioreactor



Considerente privind  
siguranța  
materialelor:

- Sursa materialelor utilizate
- Procesul de imprimare 3D pentru realizarea suportului
- Procesul de imprimare 3D pentru realizarea scaffoldului
- Protocolul de sterilizarea a scaffoldului

# Metale Biodegradabile în Chirurgia Oro-Maxilo-Facială

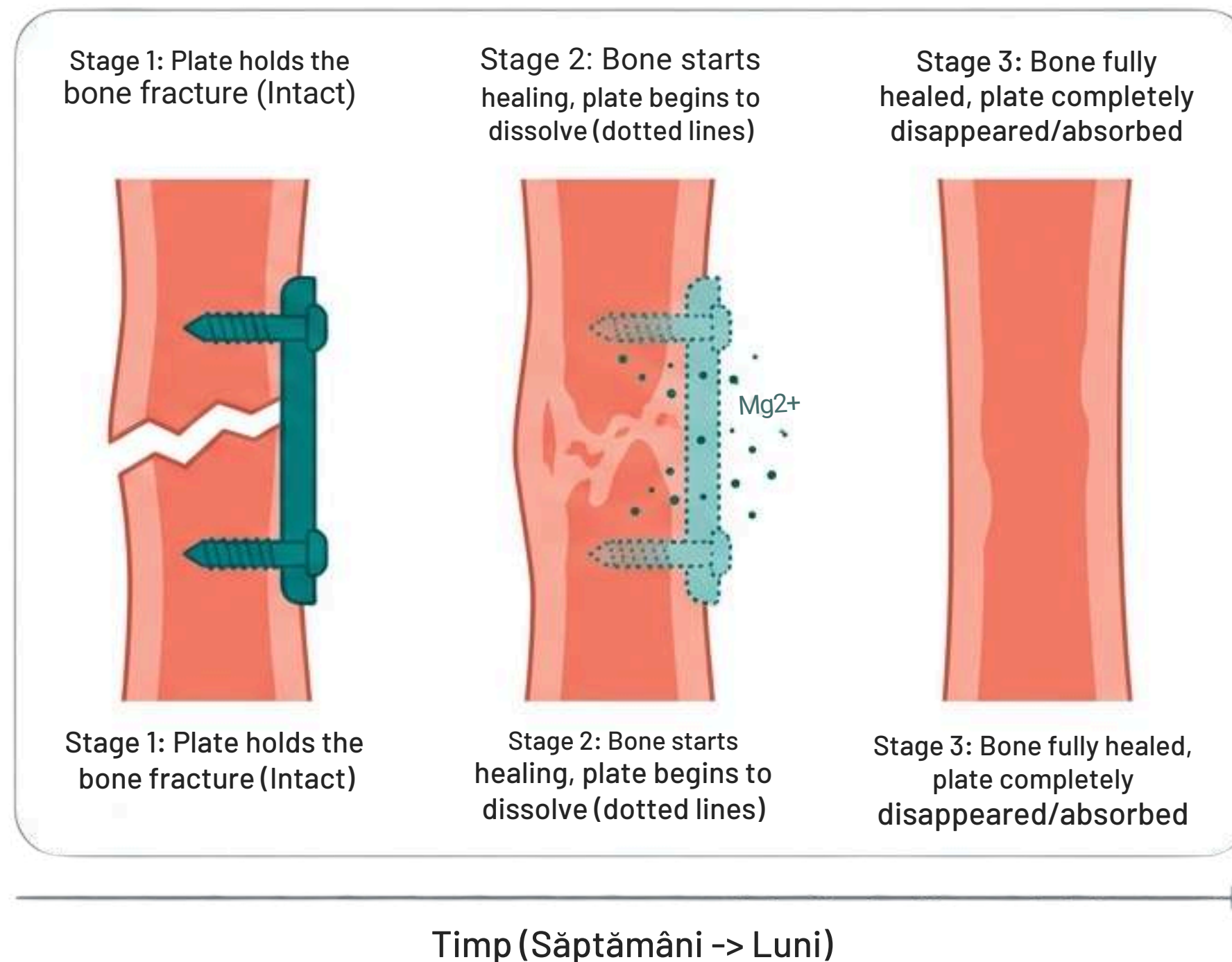
## Aliajele de Magneziu (Mg) - O alternativă la Titan

### Proprietăți:

- Biodegradabil în mediul fiziologic (nu necesită chirurgie de îndepărtare).
- Producții de degradare ( $Mg^{2+}$ )
- Stimulează osteogeneza.
- Modul de elasticitate similar osului natural (previne «stress shielding»).

### Avantaj Clinic Major:

- Ideal pentru chirurgia pediatrică și corecția deformărilor cranio-faciale.
- Provocare: Controlul vitezei de degradare (trebuie sincronizat cu vindecarea osului).



# Metale Biodegradabile în Chirurgia Oro-Maxilo-Facială

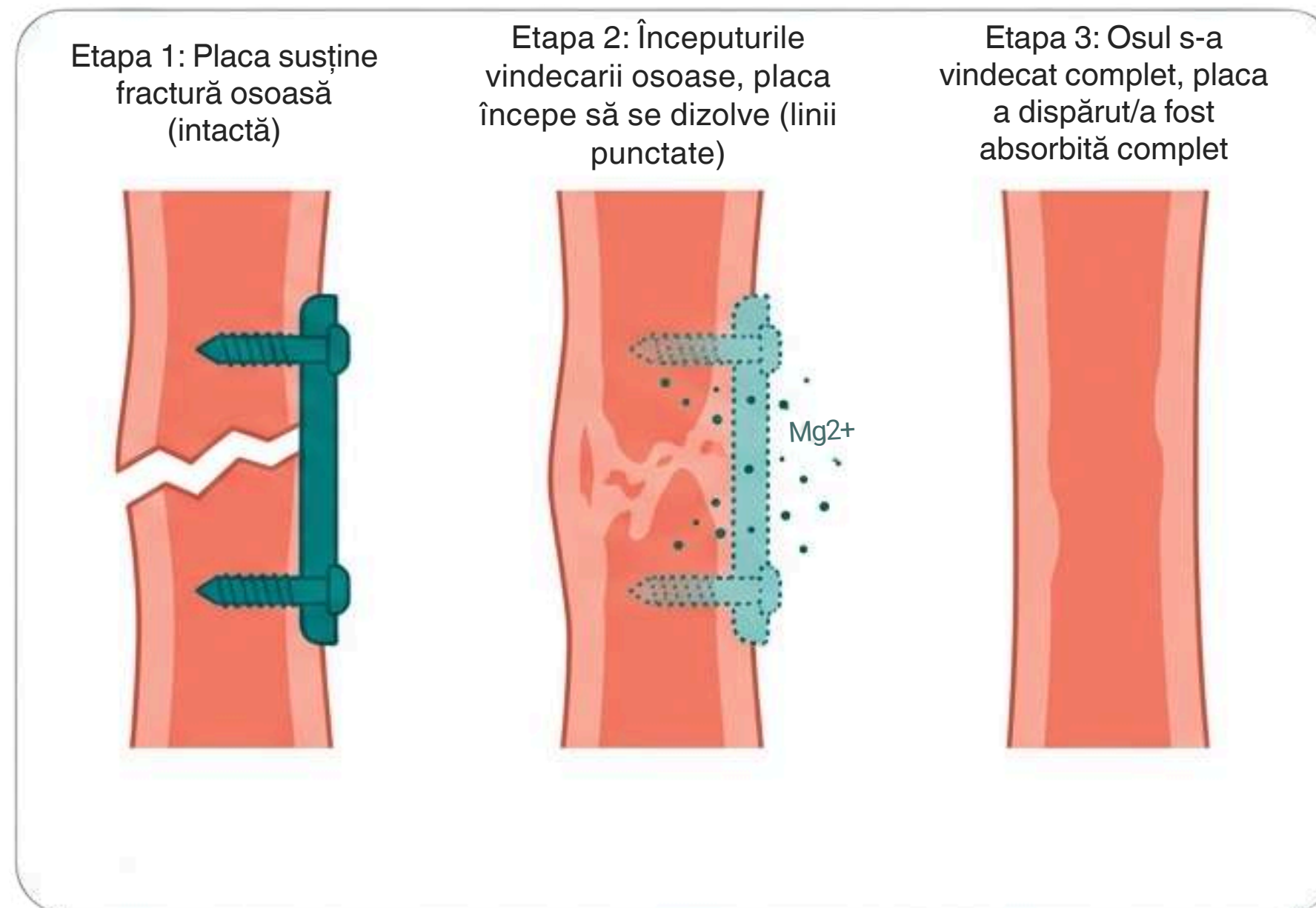
## Aliajele de Magneziu (Mg) - O alternativă la Titan

### Proprietăți:

- Biodegradabil în mediul fiziologic (nu necesită chirurgie de îndepărtare).
- Producții de degradare ( $Mg^{2+}$ )
- Stimulează osteogeneza.
- Modul de elasticitate similar osului natural (previne «stress shielding»).

### Avantaj Clinic Major:

- Ideal pentru chirurgia pediatrică și corecția deformărilor cranio-faciale.
- Provocare: Controlul vitezei de degradare (trebuie sincronizat cu vindecarea osului).



Timp (Săptămâni -> Luni)

# Aliajele de Magneziu - Metalul Biodegradabil



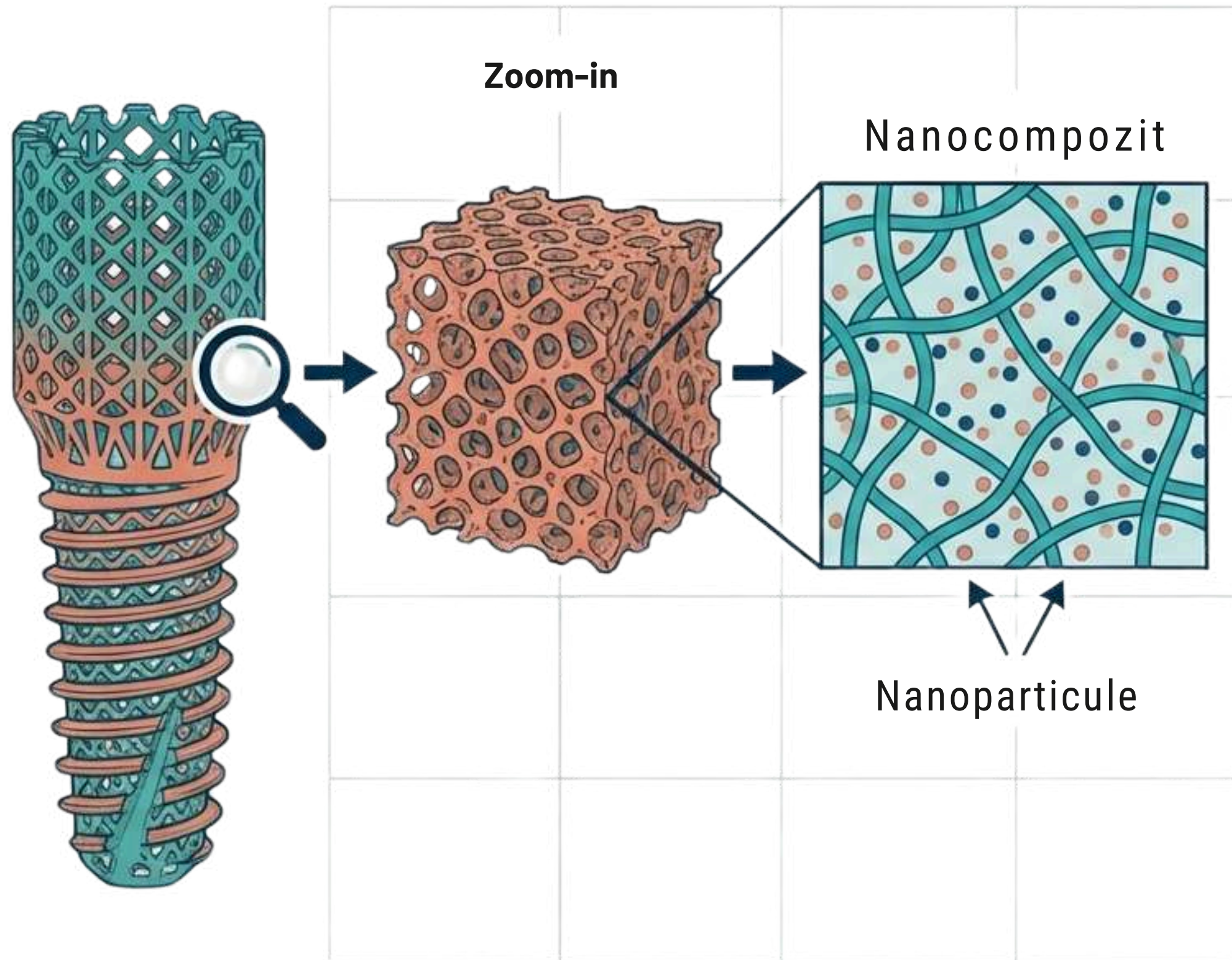
Implantare

Degradare controlată  
(Eliberare Mg<sup>+</sup>)

Vindecare completă

**Avantaj major:  
Elimină a doua intervenție chirurgicală pentru îndepărtarea materialului de osteosinteză.**

# Nanotehnologii și Nanocompozite în Stomatologie



Hidroxiapatită (HA) și Fosfat Tricalcic (B-TCP):

- Mimează componenta minerală a osului.
- Cresc osteoconductivitatea și rigiditatea scaffold-ului.

Nanoparticule Metalice (Argint - Ag, Aur - Au):

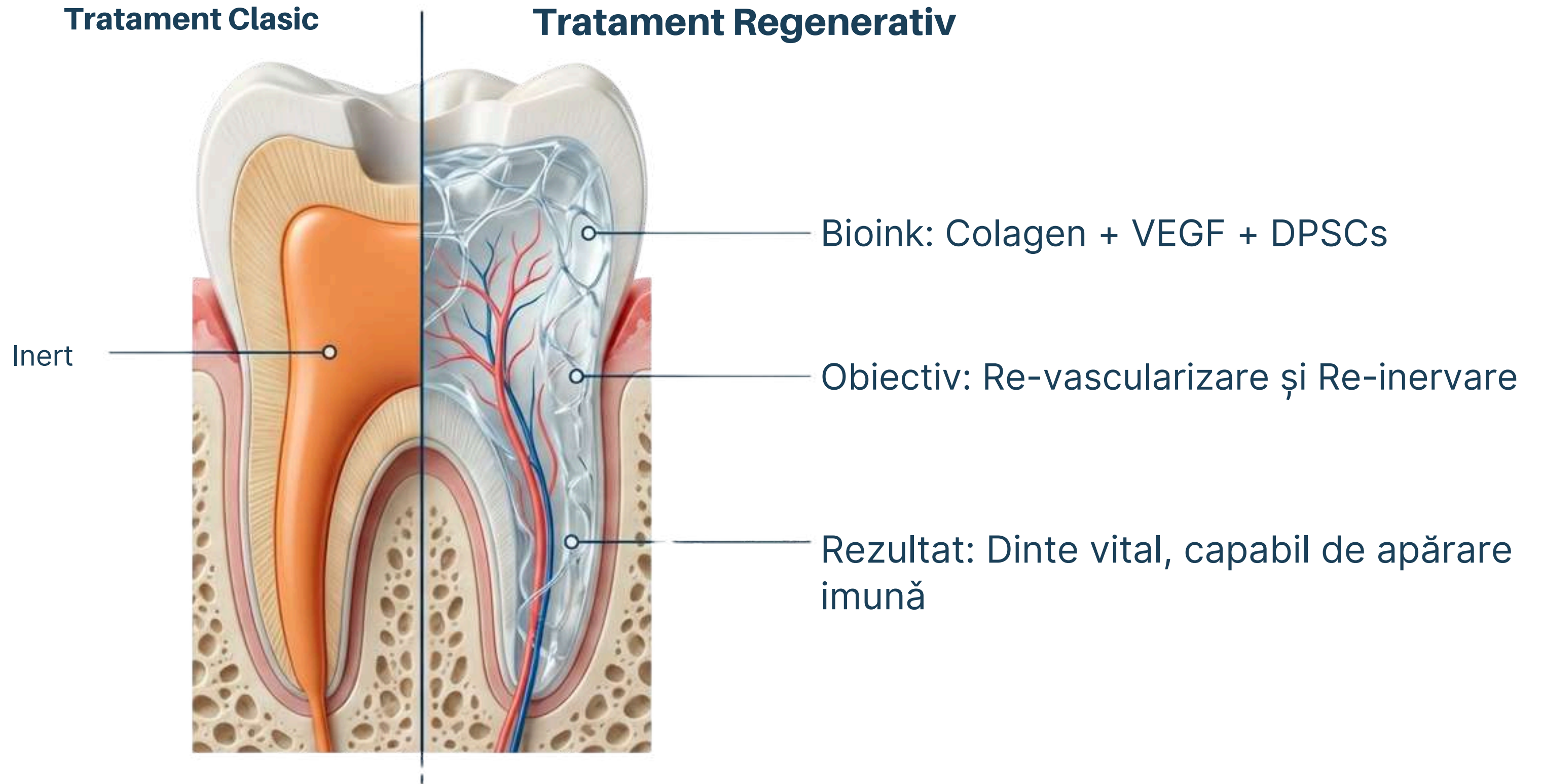
- Proprietăți antibacteriene puternice.
- Combat biofilmul bacterian și periimplantita.

Nanotuburi de Carbon:

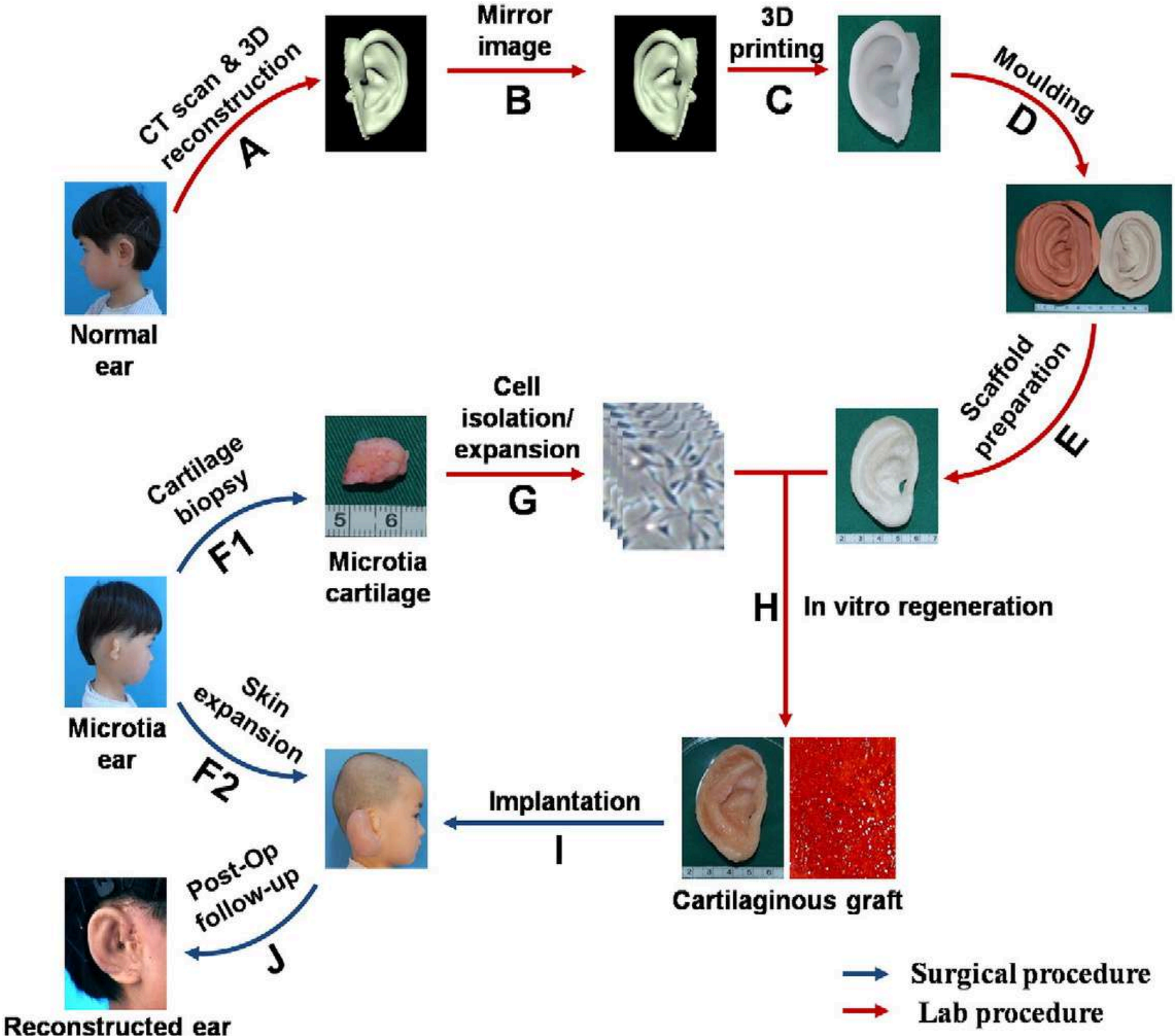
- Ranforsare mecanică structurală.

**Aplicație Critică: Modificarea suprafeței pentru accelerarea osteointegrării.**

# Endodontia Regenerativă: Revitalizarea Pulpară

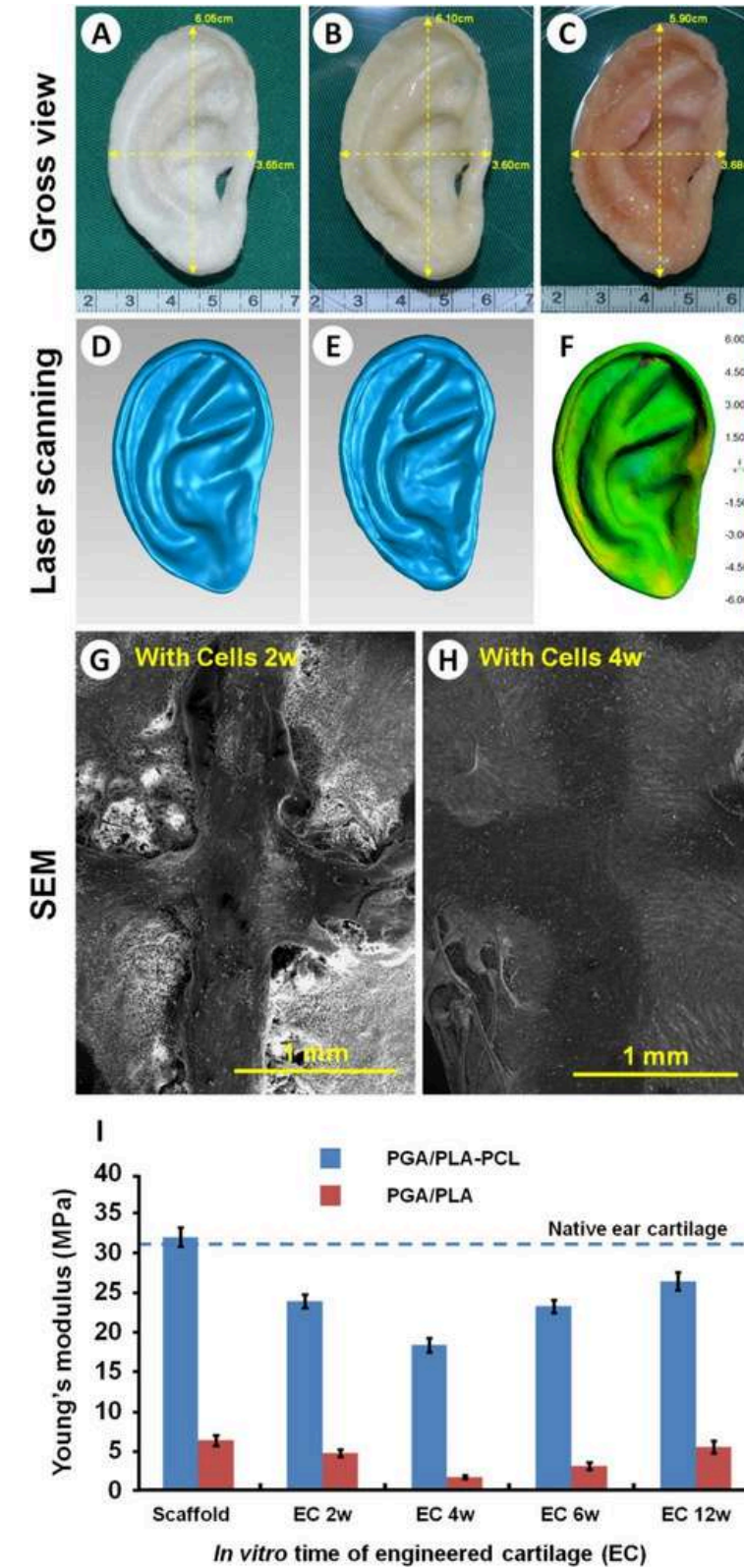
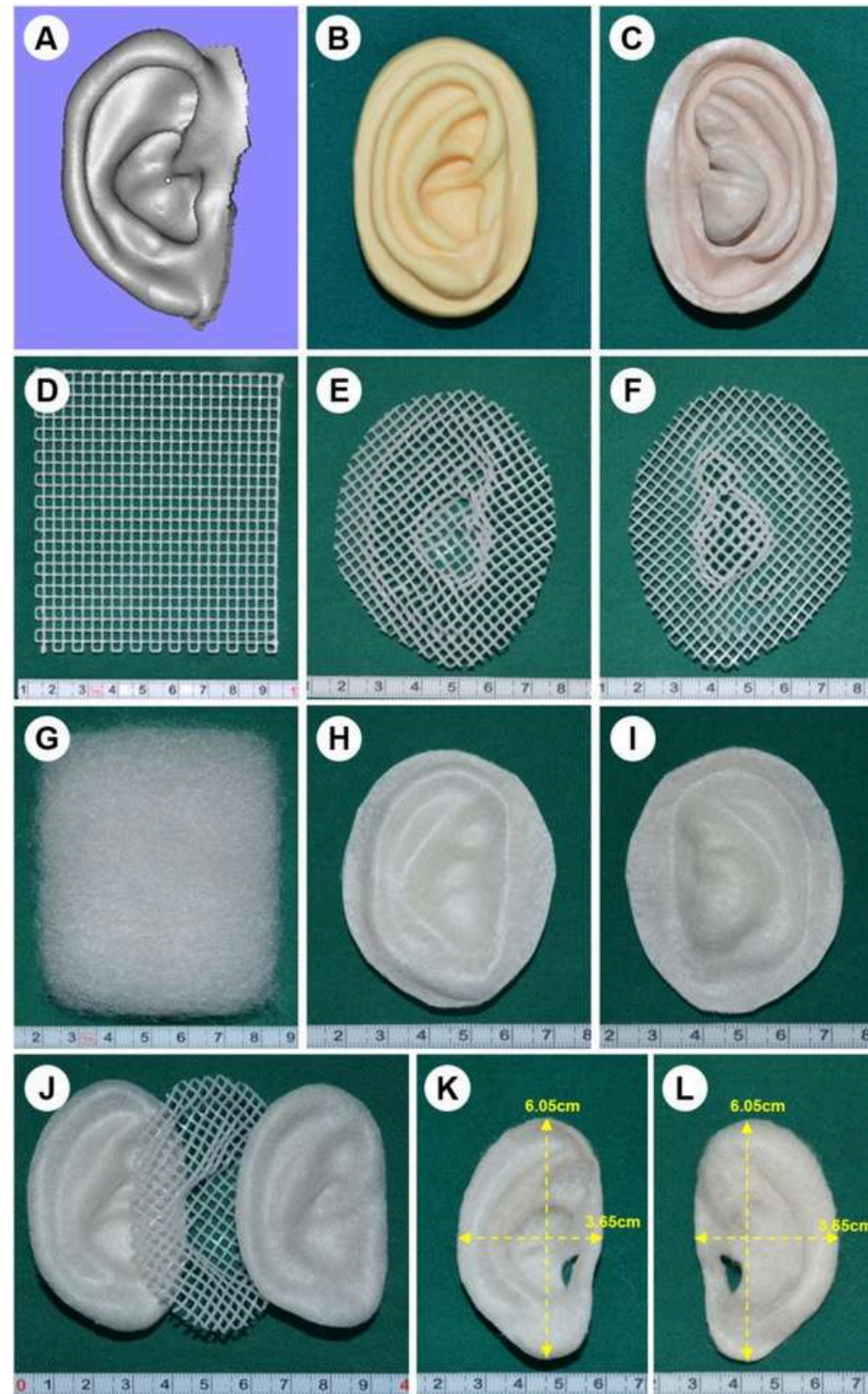


# Bazele ingineriei tisulare



G Zhou, H Jiang, Z Yin, Y Liu et al. *In Vitro Regeneration of Patient-specific Ear-shaped Cartilage and Its First Clinical Application for Auricular Reconstruction*. *EBioMedicine*. 28(1):2018; 287-302.

# Bazele ingineriei tisulare



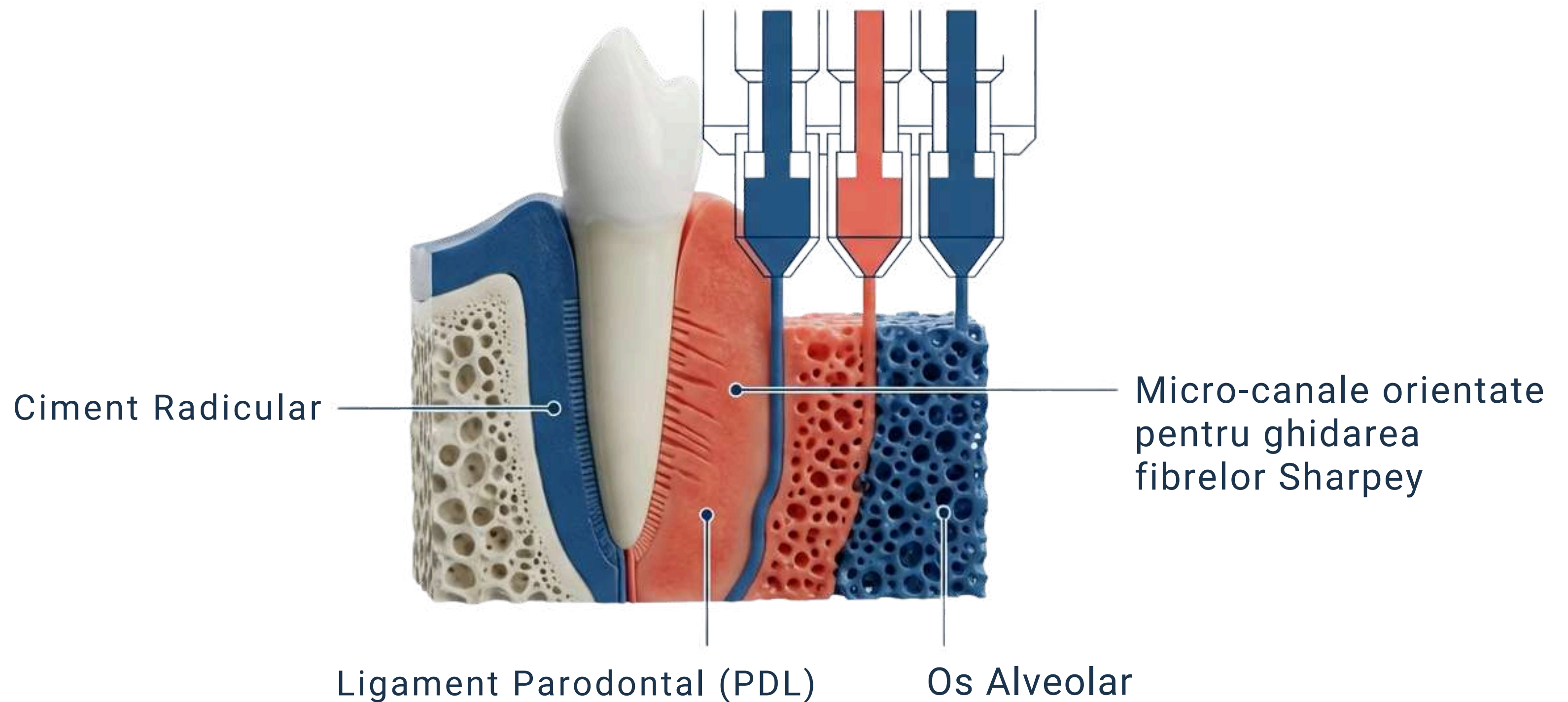
G Zhou, H Jiang, Z Yin, Y Liu et al. *In Vitro* Regeneration of Patient-specific Ear-shaped Cartilage and Its First Clinical Application for Auricular Reconstruction. *EBioMedicine*. 28(1):2018; 287-302.

# Bazele ingineriei tisulare

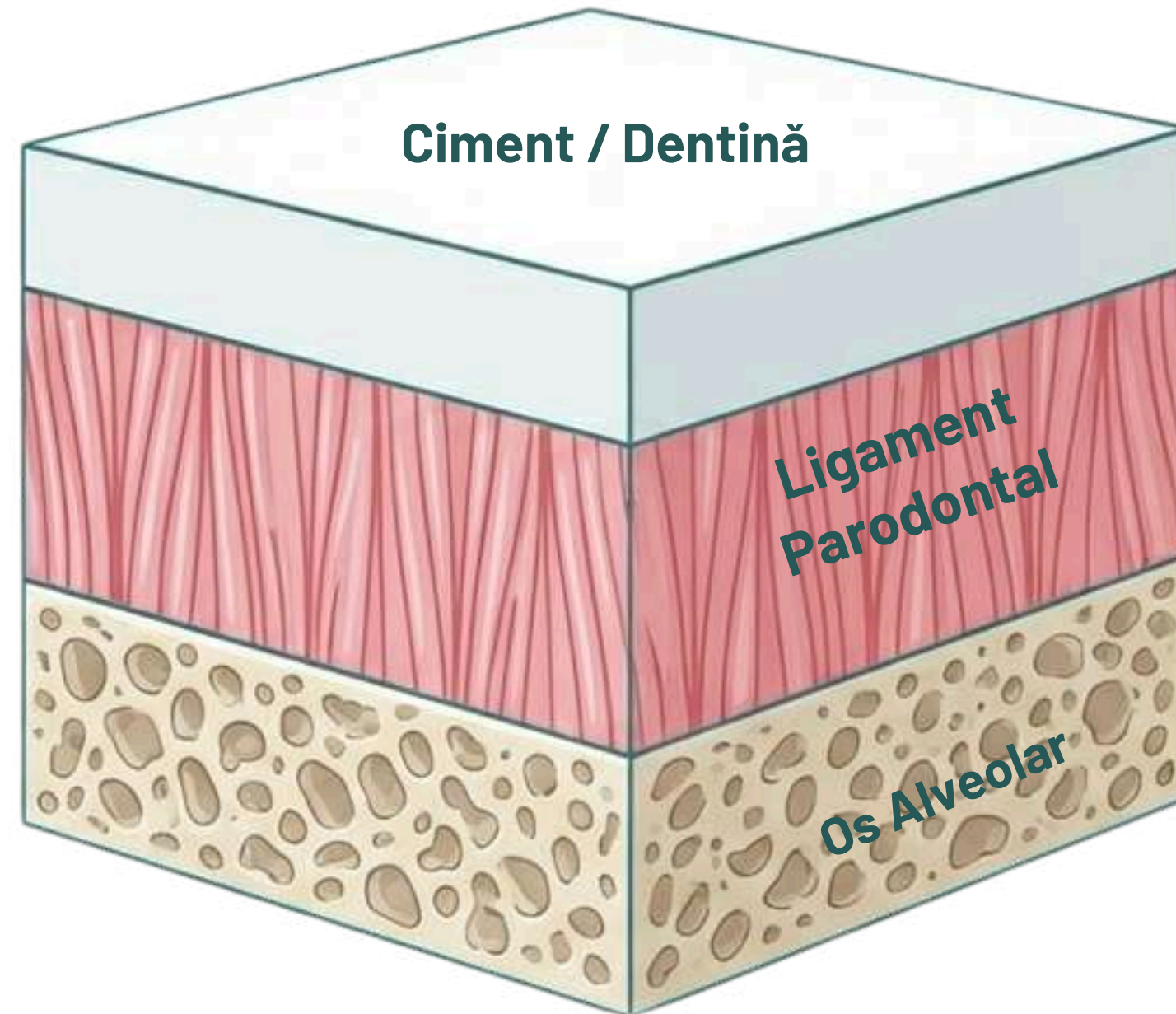


*G Zhou, H Jiang, Z Yin, Y Liu et al. In Vitro Regeneration of Patient-specific Ear-shaped Cartilage and Its First Clinical Application for Auricular Reconstruction. EBioMedicine. 28(1):2018; 287-302.*

# Provocarea Supremă: Complexul Parodontal

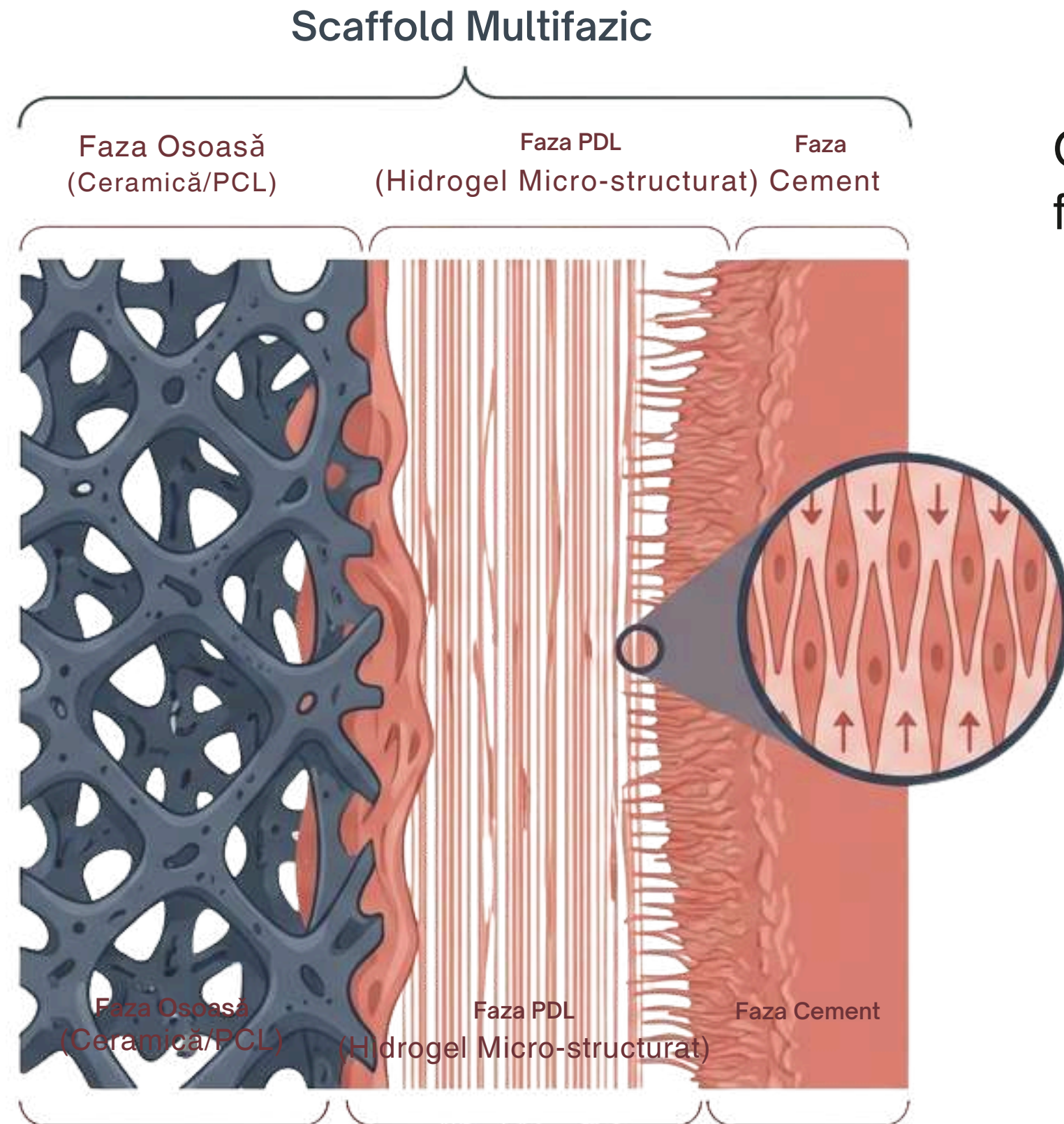


# Regenerarea Parodontală Multifazică



**Bioimprimarea simultană a 3 faze distincte pentru a reface arhitectura funcțională a parodontiului.**

# Regenerarea Parodontală Multifazică



Orientarea fibrelor este esențială pentru amortizarea forțelor masticatorii.

- Micro-Patterning: Crearea de microcanale ( $\sim 100 \mu\text{m}$ ) care forțează alinierea celulelor PDL perpendicular pe rădăcină.
- Obiectiv: Replicarea fibrelor Sharpey pentru ancorare reală.

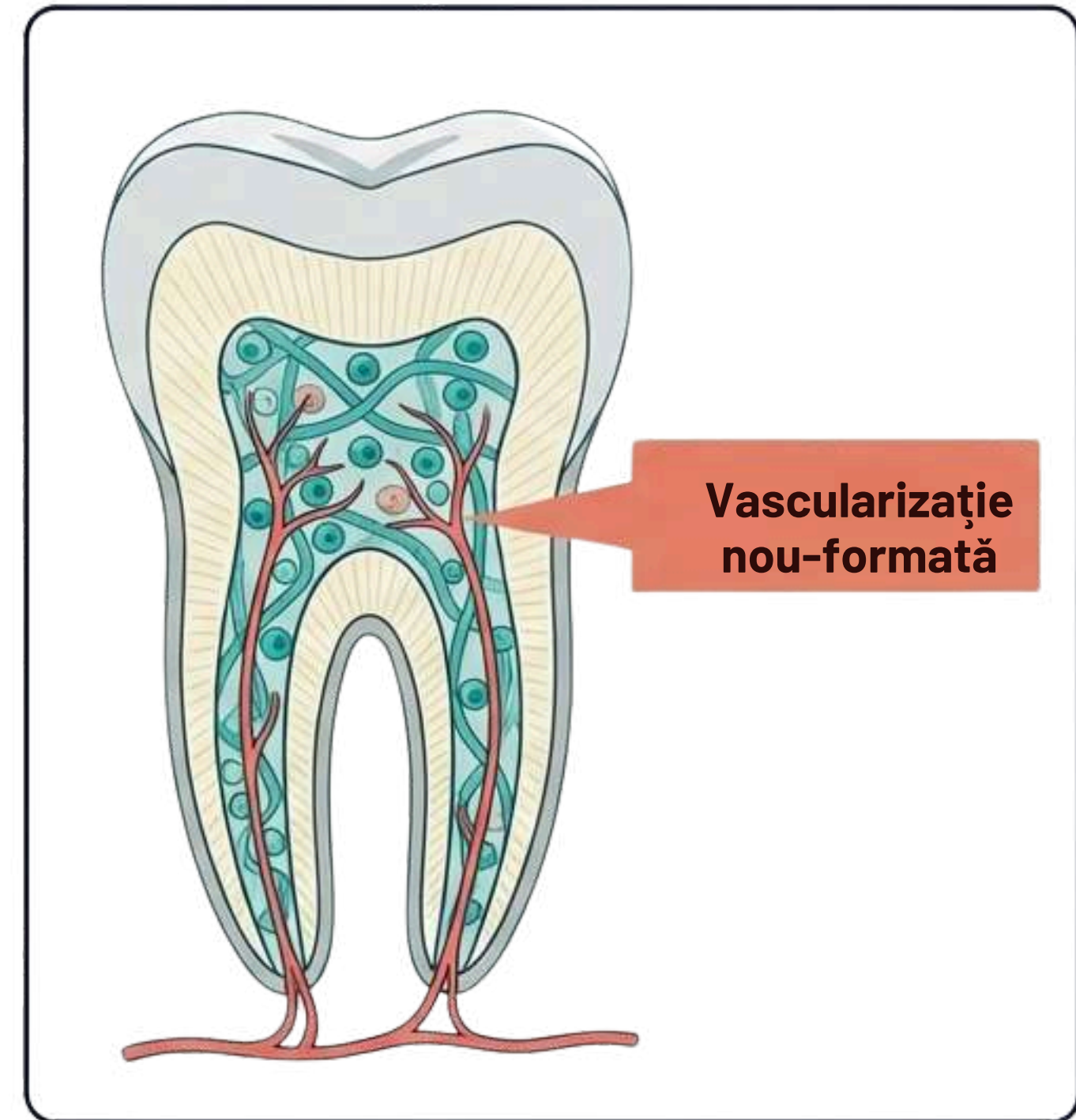
# Regenerarea Complexului Pulpo-Dentar

## Revitalizarea dintelui necrotic vs. Obturația de canal clasică

- Provocarea Majoră: Vascularizația
- Canalul radicular este un spațiu îngust, predispus la hipoxie și necroză celulară.

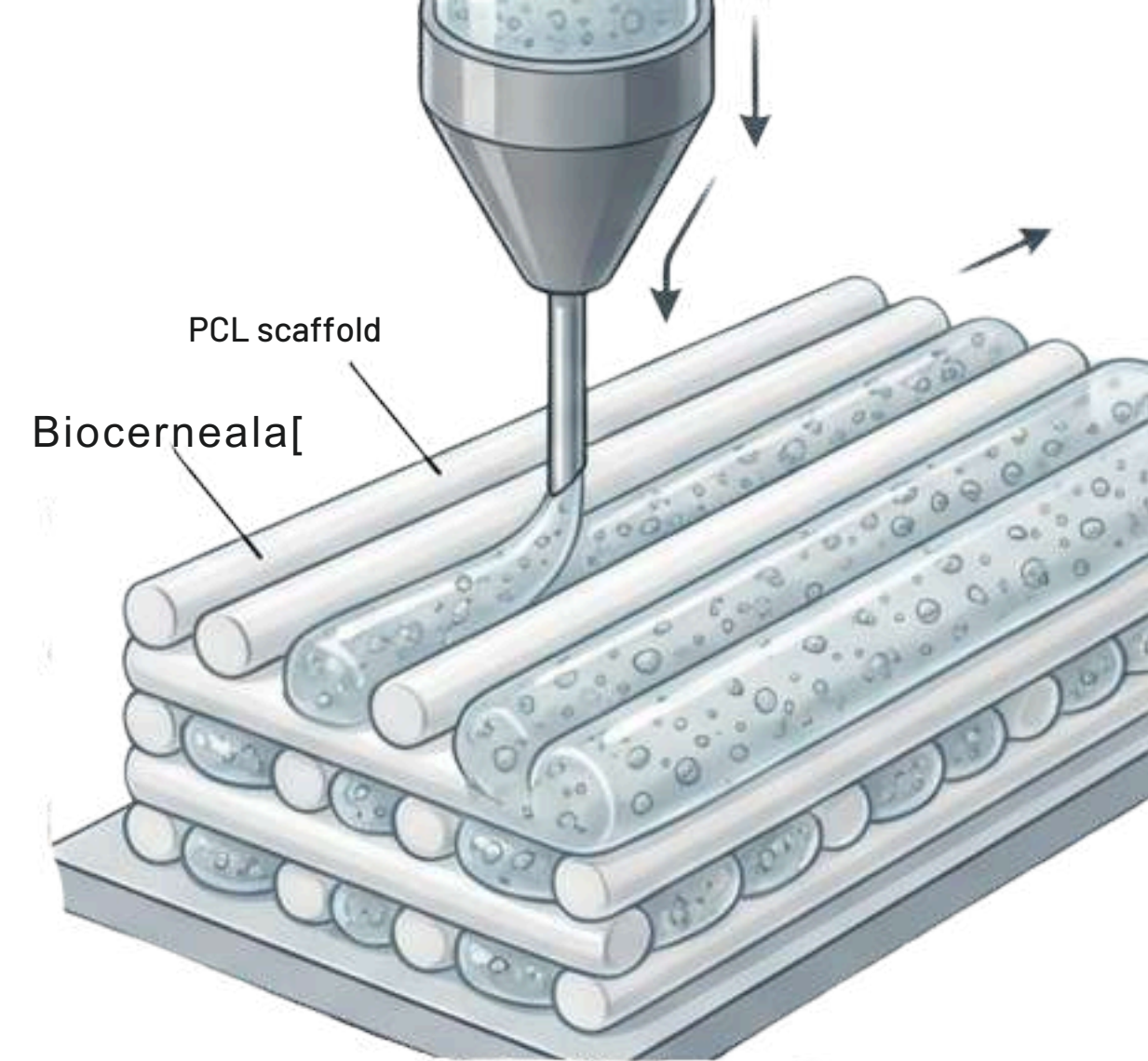
## Strategii de Bioimprimare:

1. Pre-vascularizare: Co-imprimarea celulelor endoteliale cu celule stem pulpare (hDPSCs).
2. Peptide Angiogenice: Incapsularea VEGF pentru a atrage vasele de sânge ale gazdei.
3. Vascularizare: Co-culturi de celule stem dentare și celule endoteliale (HUVECs) în matrice de GelMA au demonstrat formarea de noi rețele capilare.
4. Inovație 'Sacrificial Template': Crearea de canale goale în hidrogel, care sunt ulterior colonizate de celule endoteliale, formând vase de sânge funcționale.
5. Diferențiere Spațială: Odontoblasti la periferie (pentru dentină) și pulpă moale în centru.



# Regenerarea Dentinei

Dentina este un țesut mineralizat tubular care protejează pulpa. Biocerneala trebuie să aibă un modul de elasticitate adecvat și microporozitate ( $\sim 300 \mu\text{m}$ ).



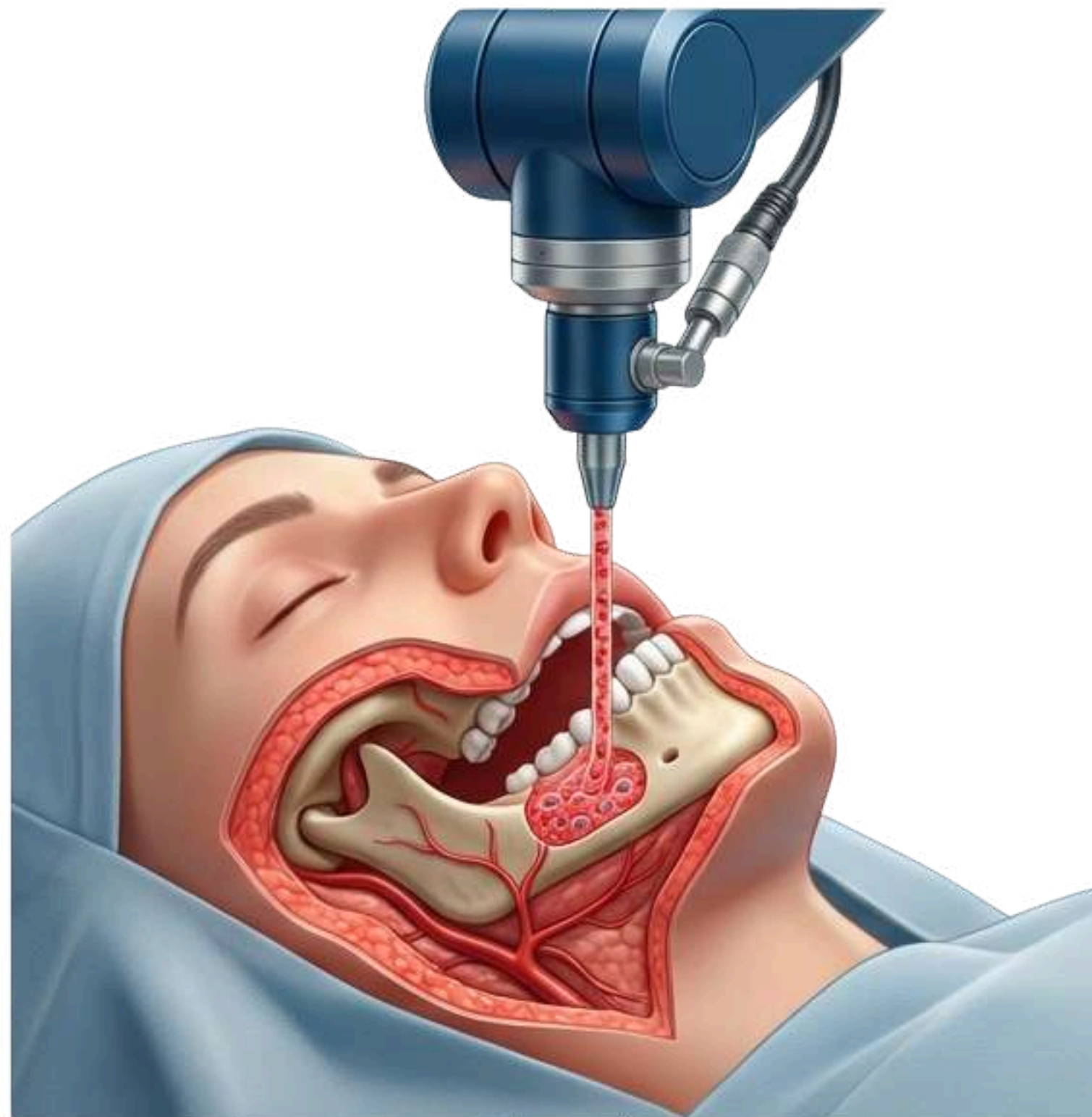
## Materiale Cheie:

- PCL + Sticlă Bioactivă: Stimulează expresia genelor odontogenice (DSPP, DMP-1).
- Matrice Dentinară Tratată (TDM): O 'pastă' derivată din dentină naturală care induce regenerarea unei dentine mai groase și mai naturale.

## Rezultate:

Scheletele imprimate din colagen-hidroxiapatită-alginat au reușit să imite microstructura naturală a dentinei umane (pori de  $2-4 \mu\text{m}$ ).

# In Situ Bioprinting: Imprimarea în Sala de Operație



Concept: Eliminarea etapei de laborator.

Metodă: Scanare în timp real + Printare direct în defect.

Beneficii: Adaptare geometrică perfectă, risc redus de contaminare.

**Stadiu: Experimental / Preclinic**

The background is a vibrant yellow with a large, stylized number '3' on the left. The '3' is filled with a colorful, swirling pattern of purple, blue, and yellow. To the right of the '3', there are several blue gears of different sizes. Above and below the '3', there are molecular models with atoms represented by colored spheres (red, blue, green, yellow) connected by lines. On the right side of the image, a hand is shown brushing teeth with a red toothbrush. Green, leafy plants are also present, some appearing to be blowing in the wind. The overall theme is a mix of science, technology, and health.

# A Patra Dimensiune

Printarea 4D

# Bioimprimarea 4D: Materiale Inteligente Stimuli-Responsive

A 4-a dimensiune este TIMPUL.

**Timp T=0 (Momentul printării):**

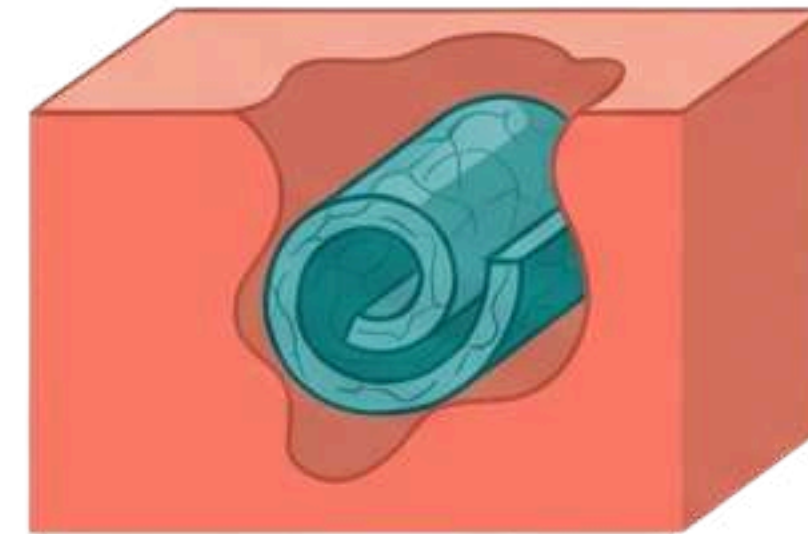
O foaie plată de hidrogel



Stimul

**Momentul T-1 (după imprimare):**

Foaia se ondulează într-un tub sau se extinde pentru a umple o cavitate



## 1. Umiditate/Lichide:

Efect <Self-fitting> (umflare controlată pentru a umple defecte neregulate).



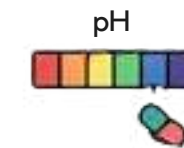
## 2. Temperatură:

Polimeri cu memorie a formei (active la 37°C).



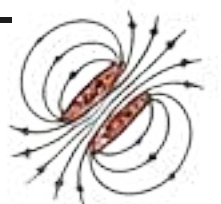
## 3. pH:

Eliberare de medicamente (antibiotice) doar în mediu acid (inflamație).



## 4. Câmp Magnetic:

Orientarea fibrelor sau celulelor post-implantare.



**Avantaj: Adaptare dinamică la mediul oral complex.**

# Inovație - Inteligența Artificială în Bioprintare

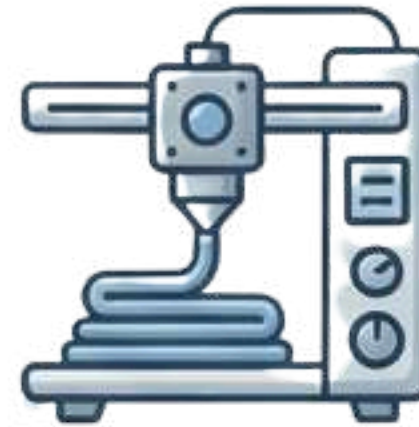
Studiu NUS - Decembrie 2024



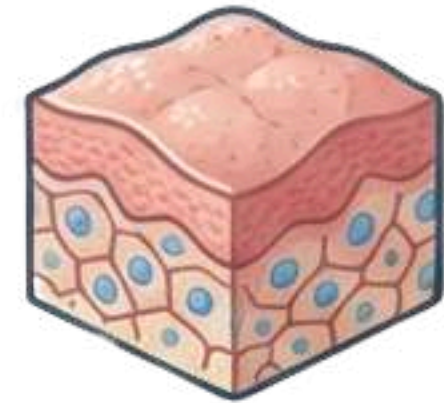
Scanare Pacient



Analiză AI



Optimizare Parametri Grefă Personalizată



**Problema:** Optimizarea parametrilor de bioprintare (presiune, viteză, temperatură) prin 'trial- and-error' consuma timp și resurse.

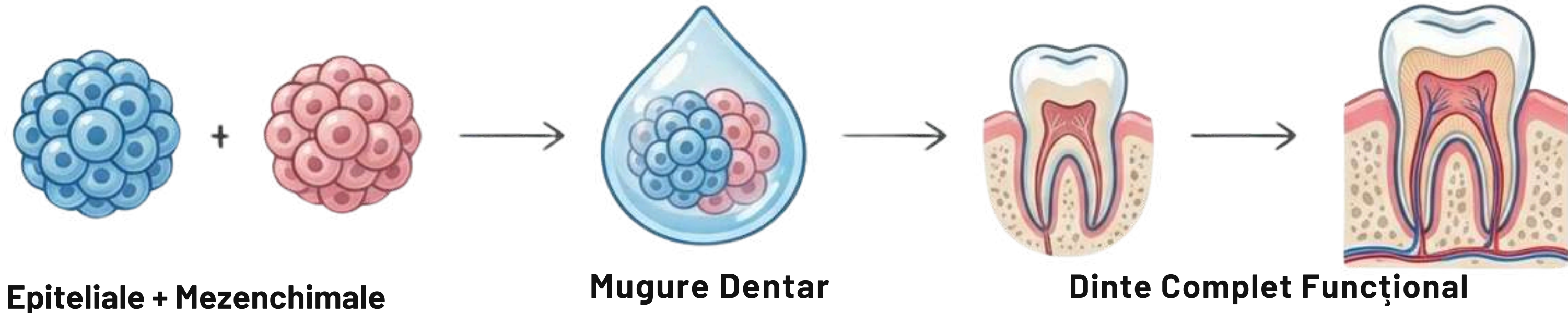
## Soluția AI:

- Cercetătorii au integrat Inteligența Artificială pentru a determina rapid parametrii ideali.
- Reducerea drastică a experimentelor necesare.

## Impact:

- Grefe cu viabilitate celulară >90%.
- Vindecare potențială fără cicatrici și eliminarea recoltării dureroase din palat.

# Viitorul bioimprimării - Regenerarea Dintelui Întreg



Reconstrucția unui organ întreg este provocarea supremă.

## 1. Metoda 'Scaffold':

Însămânțarea celulelor pe un schelet biodegradabil.

Limitare: Dificultăți în vascularizarea internă.

## 2. Metoda 'Organ Germ' (Mugure Dentar):

Simulare a dezvoltării embrionare prin compartimentalizarea celulelor la densitate mare

**Succes Preclinic:** Transplantarea mugurilor a dus la erupția unor dinți funcționali, cu rădăcini și conexiuni nervoase.

# Analiza SWOT a Bioprintării în Stomatologie

## PUNCTE TARI (Strengths)

- Personalizare extremă
- Biocompatibilitate superioară
- Reducerea erorii umane

## PUNCTE SLABE (Weaknesses)

- Costuri ridicate
- Menținerea viabilității celulare
- Provocări tehnice

## OPORTUNITĂȚI (Opportunities)

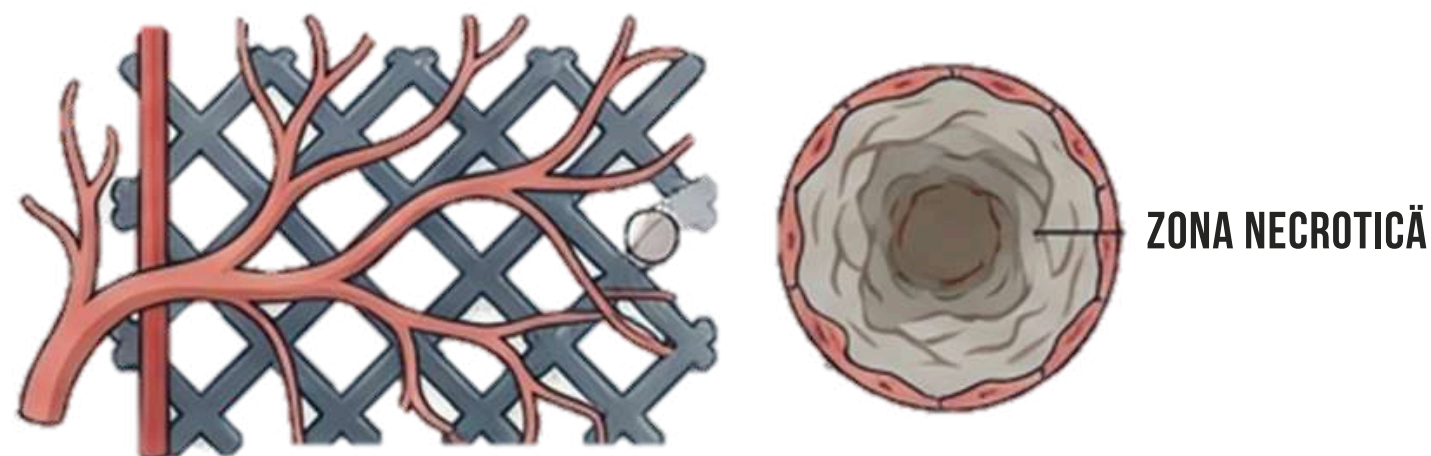
- Integrarea cu AI și scanarea digitală
- Creșterea pieței globale
- Soluții pentru defecte osoase majore

## AMENINȚĂRI (Threats)

- Reglementări stricte (FDA/ISO)
- Procese lente de aprobare
- Considerații etice

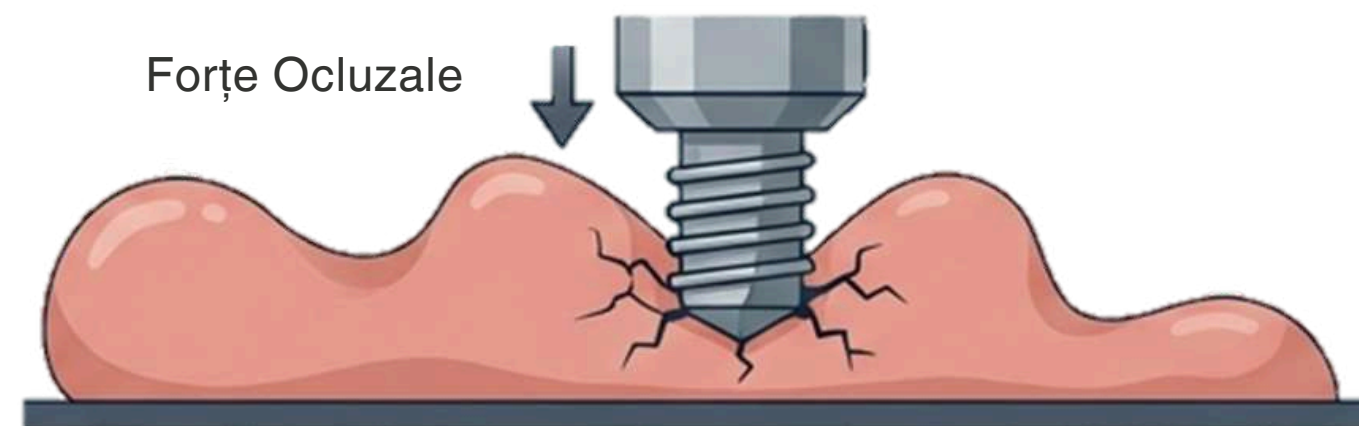
# Obstacole în Calea Implementării Clinice

## Vascularizația



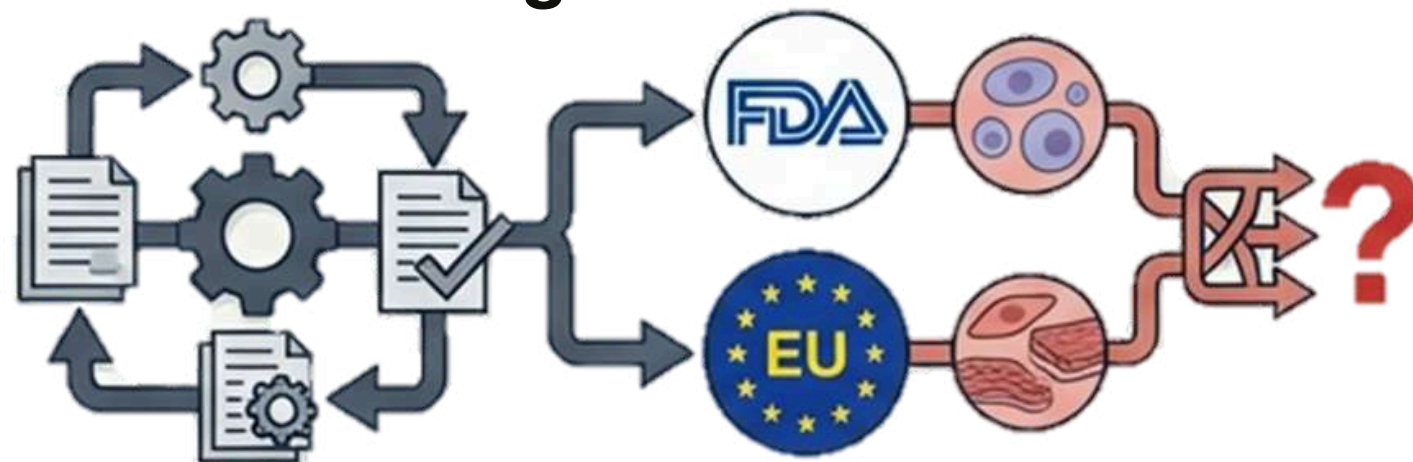
Principala provocare pentru grefele mari. Fără aport de oxigen, țesutul moare. Necesită co-printarea celulelor endoteliale.

## Proprietăți Mecanice



Hidrogelurile sunt adesea prea moi pentru a suporta forțele ocluzale imediat după implantare.

## Reglementare



Aprobarea FDA/UE pentru produsele biologice vii și personalizate este un proces complex.

## Cost și Scalabilitate



Necesitatea facilităților GMP (Good Manufacturing Practice) și a bioreactoarelor scumpe.

# Viitorul: Bioimprimarea *In-Situ* și Perspective

## Bioimprimarea *In-Situ* (Intraoperatorie)

- Imprimare directă în defectul pacientului.
- Brațe robotice miniaturizate și scanare în timp real.

## Reglementare și Concluzii

Reglementare: Necesitatea standardizării bio-cernelurilor (Clasificare TEMPS / EU MDR)

Trecerea de la repararea mecanică a unităților dento-masticatorii la vindecarea organismului.

