

TEHNOLOGIA IMPRIMĂRII 3D ÎN CHIRURGIA ORTOGNATICĂ

Stanislav STRÎȘCA², Evelina SAVIȚCHI¹

¹ Departamentul de Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Universitatea Tehnică a Moldovei

² IP Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”

Rezumat: Chirurgie ortognatică este intervenția chirurgicală de corectare a malpoziției oaselor maxilare, care, nefiind tratată, în timp poate provoca diverse afecțiuni, de la aspectul fizic, până la respirație, ocluzie, dureri în articulația temporomandibulară, etc. În timpul intervenției gnatochirurgicale, pe cale orală, oasele maxilare sunt osteotomizate, deplasate și fixate rigid în poziția nouă planificată. Progresele tehnologice recente în imagistica tridimensională (3D), au permis ca planificarea chirurgicală virtuală asistată de calculator și de prototipare rapidă să fie pe larg utilizate pentru analiza structurilor anatomice craniofaciale, în scopul îmbunătățirii rezultatelor chirurgicale.

Cuvinte cheie: chirurgie ortognatică, planificare chirurgicală virtuală, imprimare 3D.

Introducere

Chirurgia ortognatică corectează deformările maxilarului superior și ale mandibulei ca urmare a cauzelor congenitale și/sau dobândite. În mod tradițional, planificarea intervențiilor ortognatice presupune utilizarea imaginilor radiologice cefalometrice bidimensionale (2D) precum și a modelelor de studiu din ghips. Totuși aceste metodele imagistice prezintă o serie de neajunsuri datorită suprapunerii structurilor anatomice, în special la pacienții cu asimetrii vădite. Progresul tehnologiilor imagistice tridimensionale, prin implementarea computer tomografului cu fascicol conic (CBCT), au oferit posibilitatea de a analiza în detalii anatomia complexă a regiunii oro-maxilo-faciale. De asemenea, tehnologiile de planificare asistată pe calculator și de manufacturare rapidă (CAD/CAM) s-au dezvoltat rapid și sunt implementate în diferite sfere ale medicinei (traumatologie, neurochirurgie, chirurgie OMF, chirurgie estetică, implantologie, etc.), iar în baza imaginilor digitale cu ajutorul imprimării 3D avem posibilitatea să obținem modelele pacienților în raport real de 1:1. Printarea 3D este procesul prin care un model digital tridimensional este transformat într-un obiect fizic, prin depunerea materialului în straturi succesive, folosind o imprimantă 3D sau chiar un creion 3D. Primele imprimante 3D au fost dezvoltate în anii 1980 și erau denumite echipamente de prototipare rapidă. Primul procedeu de imprimare 3D a fost numit „stereolitografie” și a fost inventat de Charles Hull în 1983[3]. Ulterior, diferite companii (DTM Corporation, Z Corporation, Solidscap, Object Geometries) au dezvoltat această tehnologie pentru aplicații comerciale [2]. Această tehnologie a câpătat popularitate datorită preciziei excelente, a economisirii materialelor consumabile, precum și datorită posibilității obținerii obiectelor cu geometrii sofisticate. Evoluția digitală a dus la apariția de noi tehnologii de printare și materiale care au fost adaptate și în domeniul medical. În stomatologie, imprimantele 3D au fost introduse la începutul anilor 2000, acestea inițial fiind destinate implantologiei și proteticii dentare. Stomatologia a beneficiat semnificativ de implementarea imprimantelor 3D, iar metodele digitale devin deja o rutină. Dezvoltarea modelelor printate 3D și a șabloanelor chirurgicale individualizate au îmbunătățit planificarea chirurgicală și au facilitat transferul acestui plan în sala de operație în scopul îmbunătățirii rezultatelor chirurgicale. În chirurgia ortognatică, imprimarea 3D se folosește în producția splinturilor ocluzale, șabloanelor de osteotomie, ghidurilor de repoziționare, plăcilor de fixare și a modelelor anatomice [1].

1. Tehnologii de printare 3D (Fig.1)

Metoda clasică de imprimare este modelarea în straturi cu ajutorul plasticului topit. Pentru a reduce consumul de plastic, apar noi alternative. Stereolitografia este una dintre ele. Tehnologia de printare constă în utilizarea unui laser pentru a depune rășina lichidă. Expunerea digitală a luminii este o metodă prin care se folosesc razele UV pentru a solidifica rășinile. O altă opțiune rapidă și eficientă este Sintetizarea Selectivă cu Laser. Această tehnologie constă în utilizarea unei lumini puternice de laser cu scopul de a topi pulberii în straturi. În tabelul 1 sunt redate caracteristicile tehnologiilor de printare 3D.

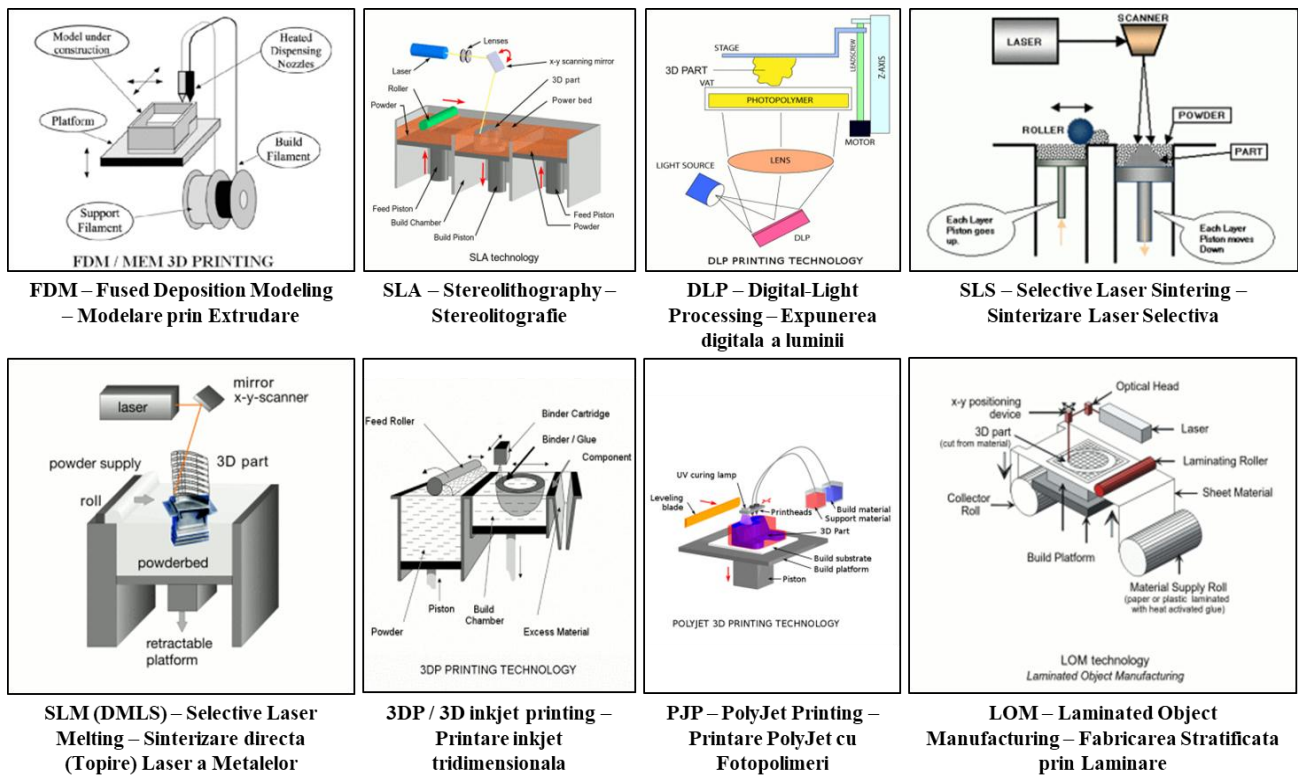


Fig. 1. Tehnologiile de printare 3D.

Tabelul 1 Specificațiile tehnice ale imprimantelor 3D.

Tehnologia	Acuratețea printării	Viteza de printare	Materiale	Aplicații
FDM	medie	scăzută	ABS, PLA, PVA, PC, polietilenă HDPE, elastomeri, polipropilenă	Design conceptual, piese de detaliu pentru aplicații medicale, forme de turnare
SLA	foarte bună	bună	Rășini lichide fotosensibile, materiale ceramice	Piese și componente foarte detaliate, modele de producție rapidă a sculelor
DLP	foarte bună	bună	Rășini, fotopolimeri, rășini transparente, polimeri pe bază de ceară	Prototipuri și modele fine, precise, fabricare în serii mici de modele în medicină (restaurări dentare, implanturi)
SLS	bună	medie	Pulberi (termo)plastice, pulberi metalice, ceramice, din sticlă	Piese rezistente pentru testare funcțională, modele de turnare
SLM	bună	medie	Pulberi metalice din oțel inoxidabil, titan, aluminiu, oțel de scule, cobalt crom	Piese de geometrii organice, complexe și structuri cu pereți subțiri și goluri sau canale ascunse
3DP	medie	foarte bună	Pulberi (amidon, ipsos, pulberi plastice PMMA)	Design conceptual, vizualizare științifică, modele marketing
LOM	medie	medie	Hârtie, plastic	Testare fizică a formei, modele 3D voluminoase, piese fără prea multe detalii
PjP	foarte bună	bună	Fotopolimeri de diferite tipuri (rigizi, maleabili, transparentți, bio-compatibili, elastomeri)	Piese de detaliu, subsansamble rezistente pentru testare funcțională, forme de turnare, design conceptual

2. Modele anatomice printate 3D (Fig.2)

Modelele anatomice au o importanță semnificativă în procesul de instruire și predare. Interacțiunea fizică cu aceste modele facilitează o mai bună înțelegere a anatomiei regiunii de interes. Simularea preoperatorie pe modele personalizate printate 3D reduc riscurile intraoperatorii [6]. Progresele tehnologice a algoritmilor de segmentare (extragerea regiunilor de interes prin procedee automate sau semi-automate) precum și disponibilitatea imprimantelor 3D, au permis obținerea modelelor personalizate într-un timp și la un preț redus. Calitatea și rezoluția acestor modele continuă să crească, imprimantele contemporane permit obținerea grosimii straturilor de până la 16μm pentru SLA(Polyjet, Stratasys), 20μm DLP (Moonray S100), 80μm SLS(sPro230HS, 3D Systems), 178 FDM (Fortus 900mc, Stratasys). Odată cu creșterea rezoluției va fi posibilă și obținerea detaliilor de dimensiuni mai mici, astfel încât precizia și acuratețea intervențiilor chirurgicale se va mări. În chirurgia ortognatică modele printate 3D, obținute în baza imaginilor CT, sunt utilizate pentru a analiza dizarmoniile dento-alveolare și maxilo-faciale. De asemenea, modelele anatomice individualizate au îmbunătățit considerabil evaluarea, dar și au facilitat planificarea intervențiilor reconstructive.



Fig. 2. Modele anatomice individualizate printate 3D utilizând tehnologia SLA (Stereolitografie)

3. Splinturile ocluzale (Fig.3)

Fabricarea splinturilor ocluzale implică utilizarea modelelor din ghips, a arcului facial și a articulaturii, totuși aceste metode convenționale adesea sunt supuse erorilor. Comparativ cu metodele analogice, splinturile ocluzale obținute digital oferă precizie înaltă ce poate fi reproducă. Datorită acestor avantaje, splinturile ocluzale digitale sunt din ce în ce mai des utilizate în practica chirurgiei ortognatice [1]. Primul care a elaborat algoritmul de creare a splinturilor digitale, și le-a obținut, a fost Lauren în 2008 [5]. Hernandez-Alfaro într-un studiu prospectiv a fuzionat imaginile scanate intraoral cu CBCT-ul și a cercetat precizia și exactitatea acestora, iar rezultatele studiului au dezvăluit o precizie înaltă [4]. Ulterior Shouman și colab. au propus utilizarea ghidurilor de osteotomie a maxilarului superior cu utilizarea splinturilor intermediare de poziționare în chirurgia ortognatică. Majoritatea autorilor au fost de acord că splinturile ocluzale CAD/CAM sunt sigure și pot substitui splinturile obținute prin metodele tradiționale.



Fig. 3. Splinturile ocluzale modelate virtual și printate 3D prin DLP (expunerea digitală a luminii)

4. Ghiduri de osteotomie și re poziție (Fig.4)

Ghidurile de osteotomie sunt utilizate pentru a asigura că linia de osteotomie este plasată exact ca pe planificarea digitală preoperatorie astfel încât ghidurile de poziționare să permită deplasarea fragmentelor în poziția dorită [1]. Aceste ghiduri pot fi utilizate atât la nivelul maxilarului superior, cât și la mandibulă. Inițial acestea au fost utilizate de Zhang și colab., Polley și colab., Peter și colab., Suojanen și colab., în intervențiile de osteotomie sagitală bilaterală mandibulară pentru a preveni lezarea fascicolului vasculonervos alveolar inferior. Autorii au elaborat un algoritm inovativ și sigur de transpunere a planului virtual în sala de operație. Diferențele de precizie pre- și postoperatorii au fost în limitele acceptabile, discrepanța medie a rezultatelor postoperatorii în comparație cu planul virtual preoperator au fost de

1.3±1.4mm. De asemenea, imprimantele 3D au oferit posibilitatea obținerii ghidurilor de repoziționare ca alternativă la splinturile ocluzale intermediare. În consecință, aceste metode au redus timpul intraoperator, iar predictibilitatea intervenției chirurgicale a crescut semnificativ.

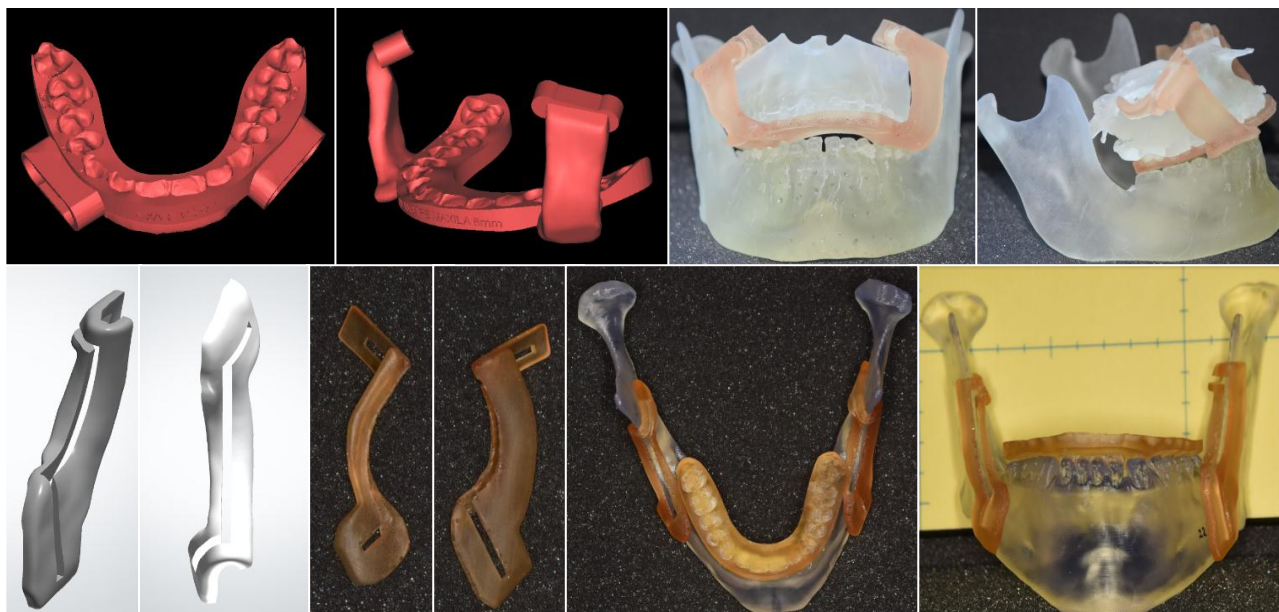


Fig. 4. Ghidurile de osteotomie și de repoziție modelate virtual și printate 3D prin tehnologia DLP.

Concluzii

Revoluția tehnologiilor CAD/CAM și a imagisticii medicale digitale au permis obținerea modelelor ce replică anatomia fiecărui pacient în parte, din o gama largă de materiale. Avantajele tehnologiei de printare 3D utilizată în chirurgia ortognatică constau în posibilitatea individualizării tratamentului. Confeccionarea dispozitivelor ce se adaptează la situsul operator cu o precizie înaltă, permit transpunerea planului preoperator în sala de operație, în consecință intervenția devenind predictibilă. Totuși, există încă mult potențial de cercetare a tehnologiei de printare 3D utilizată nu doar în chirurgia ortognatică, dar și în alte discipline medicale, cu lărgirea domeniilor de aplicare și precăutarea noilor biomateriale.

Referințe

1. 3D printing in orthognathic surgery. A literature review. Hsiu-Hsia Lin a, Daniel Lonic b, Lun-Jou Lo. Journal of the Formosan Medical Association (2018) 117, 547e558.
2. 3D Printing and Digital Processing Techniques in Dentistry: A Review of Literature. Liwei Lin, Yingfeng Fang, Yuxuan Liao, Gang Chen, Chunxia Gao, and Peizhi Zhu. Advanced engineering materials. T. S. Prasad, G.
3. Sujatha, J. Muruganandhan, S. Patil, A. T. Raj, J. Contemp. Dent. Pract. 2018, 19, 1. G. Kickelbick, Hybrid Materials, (2007).
4. Hernandez-Alfaro F, Guijarro-Martinez R. New protocol for threedimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study. Int J Oral Maxillofac Surg 2013;42:1547e56.
5. Lauren M, McIntyre F. A new computer assisted method for design and fabrication of occlusal splints. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133:S130e5.
6. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RJ. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. Med Educ. Wiley Online Library; 2010; 44: 50–63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x> PMID: 20078756.