

BIOPOLIMERI PENTRU PRINTAREA 3D ÎN ACOPERIREA DEFECTELOR OSOASE CRANIENE

PEREBICOVSCHI Anastasia^{1*}, VLADIUC Luminița¹, NACU Viorel¹

¹Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie "Nicolae Testemițeanu",
Laboratorul Inginerie tisulară și culture celulare, Chișinău, Moldova

*Autorul corespondent: Perebicovschi Anastasia, anastasiaperebicovschi@gmail.com

Rezumat: Cranioplastia este o intervenție neurochirurgicală ce urmărește restabilirea integrității defectului cranian. Printarea 3D (3DP) este utilizată, pe scară largă, în domeniul dispozitivelor medicale implantabile, datorită avantajelor sale în ceea ce privește precizia, structura complexă și accesibilitatea înaltă la o varietate de materiale. Imprimarea unei proteze 3D se consideră etalonul de aur în repararea defectelor craniene atunci când lamboul osos nativ este indisponibil. Cei mai utilizați polimeri termoplastici în domeniul neurochirurgical rămân a fi: PLA (acidul lactic), ABS (acrilonitril butadien stiren), Nylon, PC (policarbonatul), polieter eter cetona (PEEK). Scopul acestei cercetări este de a caracteriza și evalua eficacitatea utilizării a 2 dintre cei mai frecvenți polimeri folosiți în 3DP: PLA și ABS. Experimentul demonstrează că modelele craniene printate pe baza datelor primare obținute din TC (Tomografie computerizată) fac posibilă reconstituirea defectelor reale ale pacientului prin intermediul printerului 3D și PLA.

Cuvinte cheie: 3D printarea, material termoplastic, modelare prin depunere topită (FDM), reconstrucție craniană

Introducere

Actualitatea: Reconstrucția defectelor craniene este un subiect popular în contextul actual unde, anual, peste 10 milioane de persoane sunt afectate de traumatisme cranio-cerebrale, iar cauzele cele mai frecvente se referă la accidente de auto, catatraumatismele și violențele

Repararea defectului cranian prin 3DP este o metodă revoluționară, care presupune utilizarea unei scanări TC pentru a proiecta preoperator implantul și ca mai apoi să fie imprimat. Succesul reparării formei lipsă a craniului depinde de strategia cranioplastiei, ce are drept scop protecția țesutului cerebral, refacerea estetică și redarea componentei psihologice a pacientului, scutindu-l, cel mai des, de stres psihologic, depresie și chiar bariere sociale.

Materialul introdus într-un defect ar trebui să promoveze un răspuns biologic care să conducă la refacerea structurală și funcțională a viciului. Biocompatibilitatea produsului se referă la termeni cum ar fi: toleranța țesuturilor, reacția alergică, vascularizație precoce, posibilitate unei deteriorări termice intraoperatorie, conductivitatea termică și rezistența la infecții. Selectarea materialului „ideal” este obligatoriu pentru obținerea unui model cu proprietățile cele mai optime: rezistent la coroziune, durabil și să se poată bine asorta cu țesutul biologic pe care îl înlocuiește.

Materiale și metode

Au fost printate 2 craniile cu ajutorul printerului Ultimaker 2 Extended+, prin tehnologia FDM (modelare prin depunere topită), ce au fost procesate cu ajutorul software-ului Ultimaker Cura pentru a obține G-codul cu punctele unde se depunea materialul. Filamentul cu fiecare din materialele: ABS și PLA, a fost încălzit la punctul lor de topire, extrudat prin duza de 0.4mm, deșus pe o platformă. Fiecare strat era solidificat, mișcarea duzei fiind coordonată de geometria piesei craniene, ca la final, după o serie de repetări, craniile să fie fabricate în totalitate. Pentru craniul din ABS a fost nevoie ca platforma să fie încălzită la temperatura de 90°C și s-a folosit un substrat adăugător pentru a obține o aderență mai bună a materialului de masa de printare, deoarece ABS-ul are predispunerea de a se dezlipi, în timp ce PLA nu solicită asemenea cerințe și se leagă bine de un pat de imprimare neîncălzit. Viteza de printare a fost pentru PLA=60mm/s, iar pentru

ABS =55mm/s, ținând cont că odată cu mărirea vitezei de printare, scade calitatea craniului. Craniul pe bază de ABS de dimensiuni 146.8*180.0*156.1 mm, cu masa de 349g, a fost printat în 2 zile 9 ore 13 min, iar cel pe bază de PLA -147.2*182.6*174.7mm, masa de 417g, timp de 2 zile 7 ore 36 min. Temperatura de printare utilizată a fost de 235°C la ABS și 200°C la PLA. Ambele crani au fost supuse post-procesării prin îndepărtarea fișiiilor ajutătoare ce au avut rol de suport în timpul producerii craniilor.

Rezultate și discuții

Materialele utilizate de imprimantele 3D pot fi împărțite în trei mari categorii: polimeri, metale și ceramice.

Polimerii termoplastici prezintă interes deosebit datorită biodegradabilității, biocompatibilității, disponibilității și modelării ușoare. Ei sunt utilizați pentru a reproduce modele anatomiche precise, fiind rigizi, puternici, sensibili la lumină, costisitori, iar faza lor lichidă și componentele toxice îngreunează manipularea. Cei mai practici polimeri rămân a fi: PEEK, Nylon, PC, PLA, ABS.

PEEK este un termoplastic utilizat la fabricarea implanturilor orbitale și craniene, ce a devenit atractiv datorită biocompatibilității și proprietăților mecanice apropiate osului uman, dar necesită imprimante SLS(sinterizare laser selective) speciale, cu manipulare la temperaturi mari.

Naylonul este cel mai bun candidat după forță și flexibilitate, fiind incredibil de puternic, durabil și versatil, dar este higroscopic, adică are capacitatea de a absorbi ușor umezeala din mediul înconjurător, deci are nevoie de o atenție deosebită pentru depozitare.

PC este extrem de durabil, rezistent atât la impactul fizic, cât și la căldură, capabil să tolereze temperaturi de până la 110°C, dar rămâne și el higroscopic și necesită o temperatură de imprimare foarte ridicată.

PLA și ABS sunt două materiale cele mai utilizate cu imprimantele 3D FDM și pot fi printate cu precizie. ABS este un material toxic și complicat de imprimat datorită temperaturii ridicate la care plasticul este topit (230-235°C) și predisunerii la deformare, însă este mai dur, mai rezistent și are o flexibilitate mai mare. PLA este biodegradabil, imprimat la temperatura de 160-210°C, se supune mai puțin deformării, însă este mai puțin rezistent, mai fragil și mai dependent de condițiile mediului extern. Dar ABS demonstrează toleranțe mai bune la căldură, presiune și stres decât PLA. Expunerea pe termen lung la umiditate poate determina umflarea ambelor materiale.

Tehnologia FDM este relativ ieftină, accesibilă, dar precizia piesei este dictată de: diametrul duzei, rezoluția stratului și axele de imprimare. Craniile obținute demonstrează că 3DP permite reconstrucția unui excelent contur, iar FDM oferă un mijloc practic și anatomic precis de a produce modele specifice pacientului și propriu defectului cranian.

Concluzii

Utilizarea 3DP în domeniul restabilirii integrității țesuturilor este în continuă creștere, datorită tendințelor sale de a personaliza medicina, de a fi eficientă, accesibilă costurilor, cu viteză și productivitate sporită. Dezvoltarea tehnologiilor de 3DP în ultimii ani permite cercetătorilor/medicilor să folosească o gamă largă de materiale care sunt adaptate tehnologiei de imprimare. Varietatea mare de materiale pentru imprimare, în special materiale termoplastice precum: PEEK, Nylon, PC, PLA, ABS face această tehnologie promițătoare, căci ele sunt relativ ieftine, practicabile, permit fabricarea rapidă a modelelor anatomiche și implanturilor. Disponibilitatea imprimantelor 3D comerciale fac posibilă experimentarea și ascensionarea 3DP cu scopul final de rezolvare treptată a provocărilor apărute.

Acest studiu a fost realizat în cadrul proiectului de cercetare “Nanoarhitecturi în bază de GaN și matrici tridimensionale din materiale biologice pentru aplicații în microfluidică și inginerie tisulară” - 20.80009.5007.20 oferit de Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare al Guvernului Republicii Moldova.