

Analiza natančnosti dveh modelov rekonstruiranih zob, izdelanih s tehnologijo 3DP in FDM

Grzegorz Budzik – Jan Burek – Anna Bazan – Paweł Turek
Tehniška univerza v Rzeszowu, Oddelek za strojništvo, Poljska

Dodajalne izdelovalne tehnologije (AM) imajo na področju biomedicine pomembne prednosti pred postopki izdelave z odvzemanjem materiala, še posebej takrat, ko gre za gradnjo kompliciranih oblik človeške anatomije in kompleksnih poroznih mikrostruktur. Na trgu je veliko naprav, ki uporabljajo dodajalne izdelovalne tehnologije. Vsaka od njih ima posebne lastnosti in zahteve glede materialov, pogojev okolice, temperature procesa in korakov končne obdelave modela. Prav zaradi raznolikosti omenjenih lastnosti in različne razpoložljivosti tehnologij za hitro izdelavo prototipov (RP) danes še nobena od njih nima dominantnega položaja na področju aplikacij v medicini, kar velja tudi za dentalno kirurgijo.

Tehnologije RP odpirajo nove priložnosti na področju razvoja aplikacij po meri, kot je izdelava dentalnih modelov. Znanstveniki še vedno raziskujejo, kako doseči zadostno natančnost v fazi obdelave podatkov, pridobljenih med skeniranjem pacientove anatomije, ter kako izboljšati kakovost dentalnih modelov, izdelanih po postopkih RP, iščejo pa tudi optimalen merilni sistem za kontrolo dimenzij.

Namen te raziskave je analiza natančnosti modelov dveh zob, izdelanih z različnimi postopki RP. Za raziskavo sta bila izbrana 3D-tiskanje (3DP) in neprekinjeno ciljno nalaganje (FDM), ker spadata med najbolj razširjene postopke RP in sta povezana z razmeroma majhnimi stroški. Dodatni cilj tega članka je tudi ovrednotenje primernosti mikroskopa s spremenljivim goriščem (FV) za uporabo v funkciji merilnega sistema za kontrolo majhnih predmetov s kompleksno geometrijo, kot so dentalni modeli.

Tridimenzionalni računalniški modeli dveh zob so bili pridobljeni s skeniranjem pacientove spodnje čeljusti po metodi računalniške tomografije s stožčastim snopom (CBCT), ki mu je sledilo segmentiranje zob na podlagi izmerjenih podatkov. Geometrija zob je bila najbolje rekonstruirana pri vokalnih izotropnih dimenzij 0,2 mm x 0,2 mm x 0,2 mm. Pri 3D-rekonstrukciji sta bili za modele zob uporabljeni enaki Hounsfieldova vrednost (1254HU) in metoda segmentacije (rast območja). 3D-geometrija je bila popolnoma rekonstruirana z algoritmom Marching cubes, eno od metod za upodabljanje površin.

Modeli so bili izdelani po postopkih 3DP in FDM. Modeli so bili analogno orientirani v delovnem prostoru obeh tiskalnikov, s čimer so bili zagotovljeni podobni pogoji pri tiskanju, prav tako pa je bila nastavljena podobna debelina slojev 0,1 mm oz. 0,13 mm. Natisnjeni modeli so bili nato poskenirani z mikroskopom s spremenljivim goriščem (FV), in sicer po delih zaradi kompleksne geometrije.

Skenirana geometrija modelov dveh zob je bila primerjana s pripadajočimi CAD-modeli. Primerjava je bila opravljena tako za posamezne dele kakor tudi za sestavljene modele zob. Opravljen je bil proces iskanja najboljšega prilega s pogojem natančnosti prilega 0,001 mm. Natančnost izdelanih modelov je vsota napak pri skeniranju, napak pri izdelavi in uporabljenega algoritma za iskanje najboljšega prilega. Pri zobeh s kompleksnejšo geometrijo je med procesom iskanja prilega prišlo do prepoznavnih napak. Pri sestavih je bil dosežen boljši prileg kot pri posameznih delih. Modeli, izdelani po postopku FDM, so bili natančnejši od modelov, izdelanih po postopku 3DP. Vzrok je v infiltraciji, ki se uporablja pri modelih 3DP. Da bi bilo mogoče napovedovati končne dimenzije in doseči zahtevano natančnost modelov 3DP, bi bilo treba izvesti še dodatne študije.

Metoda spreminjanja gorišča je uporabna za merjenje delov kompleksnih oblik, kot so zobne krone in korenine. Dosežena natančnost meritev je bila bistveno večja od natančnosti uporabljenih postopkov tiskanja in zato lahko privzamemo, da je merilna napaka zanemarljiva. Metoda spreminjanja gorišča je dobra alternativa za postopke, ki se trenutno uporabljajo pri merjenju razmeroma majhnih in kompleksnih dentalnih modelov.

Ključne besede: dentalni model, vzratno inženirstvo, hitra izdelava prototipov, spreminjanje gorišča