

Tridimenzionalni modeli v maksilofacialni kirurgiji

Three-dimensional models in maxillofacial surgery

Vojko Didanovič, Luka Prodnik, Andreja Eberlinc, Aleš Vesnaver, Nataša Ihan Hren, Andrej Kansky

Klinični oddelek za maksilofacialno in oralno kirurgijo, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, 1525 Ljubljana

Korespondenca/ Correspondence:

Vojko Didanovič,
Klinični oddelek za maksilofacialno in oralno kirurgijo, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, 1525 Ljubljana
e-pošta: vojko.didanovic@triera.net

Ključne besede:

tridimenzionalni modeli, hitra izdelava prototipov, kirurške rekonstrukcije

Key words:

Key words: three-dimensional models, rapid prototyping, surgical reconstruction

Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2010; 79: 302–306

Prispelo: 18. jan. 2010,
Sprejeto: 2. feb. 2010

Izvleček

Izhodišča: Prostorska predstava je pri kirurškem delu ključnega pomena. Kirurgi si pri predoperativni pripravi pomagajo z različnimi virtualnimi tridimenzionalnimi simulacijami, od začetka 90. let prejšnjega stoletja pa se uporabljajo tudi fizični tridimenzionalni modeli, ki so narejeni s tehniko hitre izdelave prototipov.

Zaključki: Na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani smo začeli uporabljati fizične modele v začetku leta 2007. Naredili smo 120 virtualnih modelov za rekonstrukcijo zahtevnih travmatoloških in onkoloških bolnikov in izdelali 45 fizičnih modelov. V članku predstavljamo dva primera uporabe tovrstnih modelov.

Uvod

Prostorska predstava je zelo pomembna lastnost, ki jo mora imeti kirurg za uspešno opravljanje svojega dela. To še posebej velja pri bolj kompleksih in zahtevnih operacijah. Tako se maksilofacialni in oralni kirurgi velikokrat znajdemo pred zelo zahtevno nalogo vrniti bolniku naravni videz in funkcijo. V takih primerih nam je v veliko pomoč tridimenzionalno načrtovanje, metoda, ki smo jo na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani uvedli v

Abstract

Background: Orientation in space is of cardinal importance in surgery. In presurgical preparation surgeons make use of various virtual three-dimensional simulations, and since the beginning of 1990's physical 3-D models made by a rapid prototyping technique have been employed.

Conclusions: At the Clinical Department of Oral and Maxillofacial Surgery of the University Medical Centre in Ljubljana physical three-dimensional models have been used since the beginning of 2007. We have done 120 virtual and 45 physical models, for the most demanding traumatological and oncological reconstructions. In this article, two cases of their usage are introduced.

začetku leta 2007 in se je uveljavila kot dragocen klinični pripomoček.

Obraz je tridimenzionalno zelo razgiban del človeškega telesa, saj je stičišče številnih organskih sistemov (prebavnega in dihalnega trakta, živčevja, čutil). Poleg funkcionalnosti je enako pomembna njegova estetska vloga, saj v našem kulturnem okolju medčloveška komunikacija poteka preko obraza. Ker je obraz tako kompleksen, je odgovornost kirurga pri operacijah na tem delu telesa velika in vsak pripomoček, ki pomaga izboljšati rezultat operacije, je neprecenljiv.

Za rekonstrukcije obraznega skeleta so se zelo dobro izkazali tridimenzionalni modeli, narejeni na podlagi CT posnetkov.

Tridimenzionalni modeli

Na podlagi računalniške tomografije obraznega skeleta (CT) v programu Mimics podjetja Materialise izdelamo virtualni model, ki nam služi za analizo stanja, študij anatomije in načrtovanje posegov. Na osnovi dvodimenzionalnih podatkov so že v devetdesetih letih prejšnjega stoletja tudi v medicini začeli uvajati metodo hitre izdelave prototipov (*ang.* rapid prototyping) za izdelavo fizičnih tridimenzionalnih modelov.¹

Hitra izdelava prototipa uporablja posnetke računalniške tomografije ali magnetne resonance, ki jih z računalniškim programom transformira v podatke formata CAD. Z različnimi tehnikami se vsak virtualni presek oblikuje in izdela v fizičnem prostoru. Ti preseki se med izdelavo nalagajo drug na drugega in končno tvorijo tridimenzionalni model.²

S fizičnim modelom dobi kirurg v roke povsem natančno podobo področja, ki ga bo operiral. Vidi anatomijo skeleta, dobi prostorsko predstavo, na podlagi katere lahko načrtuje pristope, osteotomije, repozicije, vsadke. V literaturi je zaslediti uporabo fizičnih modelov v številnih, predvsem kirurških vejah medicine (maksilofacialna in oralna kirurgija, otorinolaringologija, travmatologija, kardiovaskularna kirurgija).³⁻⁷

Virtualni in fizični tridimenzionalni modeli se med seboj ne izključujejo, ampak dopolnjujejo. Na virtualnem modelu je možno natančno izmeriti razdalje, poljubno načrtovati različne pristope in strategije operacije, s pomočjo fizičnega modela pa kirurg dokončno dobi realno prostorsko predstavo in lahko konkretno načrtuje izvedbo. Tridimenzionalne modele uporabljamo na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo predvsem pri načrtovanju rekonstrukcij glave, obraza in vratu po obsežnih poškodbah in tumorjih. V literaturi opisujejo njihovo uporabnost tudi pri zdravljenju bolnikov s prirojenimi anomalijami v predelu glave, obraza in vratu ter ortognatskih posegih.^{2,5,8-10} S pomočjo

hitre izdelave prototipov je možno izdelati individualne vsadke za premostitev defekta ali natančno oblikovati kostne in mehkovivne režnje.¹¹⁻¹⁴ S tridimenzionalnimi modeli lahko natančno analiziramo patološko stanje, operacijo lahko izvedemo s pomočjo računalniškega programa na virtualnem modelu, to pa daje operaterju vpogled v potencialne težave pri pravi operaciji in s tem izboljša rezultat operacije.

Na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani za predoperativno tridimenzionalno načrtovanje uporabljamo tako virtualne kot fizične modele. Trenutno uporabljamo računalniški program Mimics 11.0 proizvajalca Materialise. Pri izdelavi fizičnih modelov pa sodelujemo s slovenskim podjetjem Studio-Tech. Naredili smo 120 virtualnih modelov travmatoloških in onkoloških bolnikov in izdelali 45 fizičnih modelov. Pri njihovi uporabi smo se omejili predvsem na najbolj zahtevne primere. Čas izdelave fizičnih modelov je nekaj ur, glavna omejitev pri njihovi uporabi pa je cena.

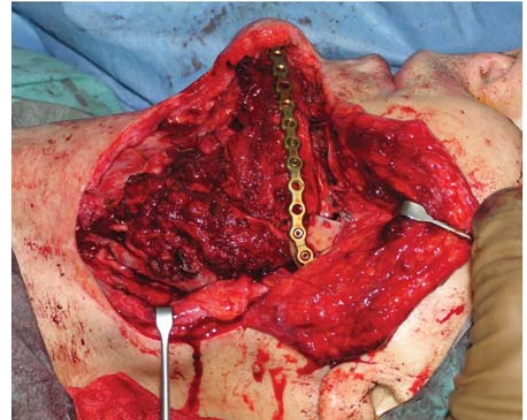
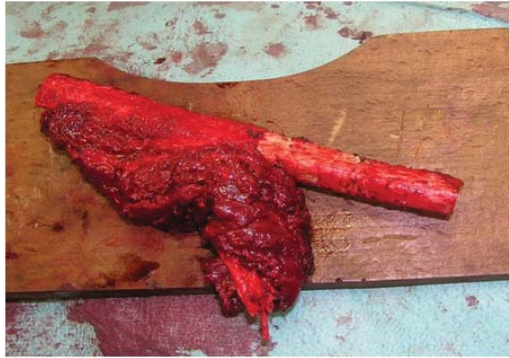
V prihodnosti bo uporaba tridimenzionalnih modelov postala vsakdanja in nujna praksa pri načrtovanju rekonstrukcijskih posegov. Operaterju bo omogočila natančno načrtovanje posega, kar posledično privede do skrajšanega operativnega časa, zmanjšanja obolenosti in skrajšanje bolnišničnega zdravljenja. Fizični modeli tudi olajšajo ko-



Slika 1: Fizični tridimenzionalni model bolnika pred sekundarno rekonstrukcijo defekta v spodnji čeljusti levo

Slika 2 (levo): Prosti fibularni kostno-mišični reženj

Slika 3 (desno): Dimenzije režnja so natančno ustrezale dimenzijam okvare mandibule. Fiksacija režnja z osteosintetskim materialom



munikacijo med kirurgi ter med kirurgom in bolnikom. Podatki iz literature vse to potrjujejo, na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani pa beležimo in ocenjujemo podatke, ki vplivajo na kakovost kirurškega dela.^{15,16}

Predstavljamo dva primera, pri katerih smo uporabili tridimenzionalni model za predoperativno načrtovanje.

Prvi primer

60-letni slovenski bolnik je bil novembra 2006 operiran zaradi ploščatoceličnega karcinoma ustnega dna (pT₂NoMx). Pri operativnem posegu so naredili segmentno mandibulektomijo levo od sekalcev do osmice (od zoba 32 do 38), defekta pa primarno niso rekonstruirali. Pooperativno je bil bolnik obsevan (skupna doza 60 Gy), zaradi česar je nastal poobsevalni karies.



Slika 4: Bolnik pooperativno

Na KO za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani je bil avgusta 2007 sprejet zaradi sanacije zobovja. Na kontrolnih pregledih smo mu zaradi slabe estetike in funkcije predlagali rekonstrukcijo levega korpusa mandibule, s čimer se je bolnik strinjal. Odločili smo se za rekonstrukcijo s prostim fibularnim mišično-kostnim režnjem. Bolnik je sredi februarja 2008 opravil angiografijo karotidnega in femoralnega žilja in CT obraznega skeleta s tridimenzionalno rekonstrukcijo. Zaradi zapletenosti primera smo se odločili za izdelavo fizičnega tridimenzionalnega (3-D) modela. Fizični model je bil kirurški ekipi v veliko pomoč pri načrtovanju operacijskega posega, predvsem pri pripravi in vstavitvi fibularnega režnja. S tehniko hitre izdelave prototipov smo izdelali fizični model rekonstruirane kosti, ki je nadomestila manjkajočo kost.

Bolnik je bil sredi septembra 2008 operiran. Kot je bilo načrtovano, smo naredili rekonstrukcijo manjkajočega dela spodnje čeljusti s prostim fibularnim režnjem. S pomočjo modela smo med operacijo odvzeli le toliko fibule, kot je bilo v resnici potrebno, prav tako pa smo kost oblikovali v natančno zrcalno sliko spodnje čeljusti na zdravi strani.

Prej smo upoštevali orientacijo režnja zaradi žilnega peclja. Operacija je potekala po načrtu brez zapletov in je trajala 10 ur. Najprej smo pripravili prejemno mesto na spodnji čeljusti in si prikazali žilje za reženj na vratu. Ko smo se prepričali, da so žile na vratu dobre, smo s prej izdelano šablono manjkajočega dela kosti preverili dolžino okvare kosti mandibule. Nato smo dvignili fibularni kostno-mišični reženj z žilnim pecljem. Kost smo z osteotomijami oblikovali

Slika 5: Fizični 3-D model bolnika pred in po sekundarni potravmatski rekonstrukciji. Prikaz uporabe natančno izmerjenega in oblikovanega fizičnega modela, ki med operacijo služi kot natančna šablona za obliko rekonstrukcijskega materiala.



+



↓



po prej izdelani šabloni. Naredili smo žilne anastomoze, reženj prišli in kost pričvrstili s ploščicami. Po operaciji je bil bolnik sprejet na intenzivno nego, opazovali smo delovanje anastomoz in nadzirali vitalne funkcije. Pooperativno ni bilo večjih zapletov (pojavi se je le serom v predelu operacije). Trinajsti pooperativni dan je bil odpuščen v domačo oskrbo. Bolnik je junija 2009 dobil dentalne vsadke.

Drugi primer

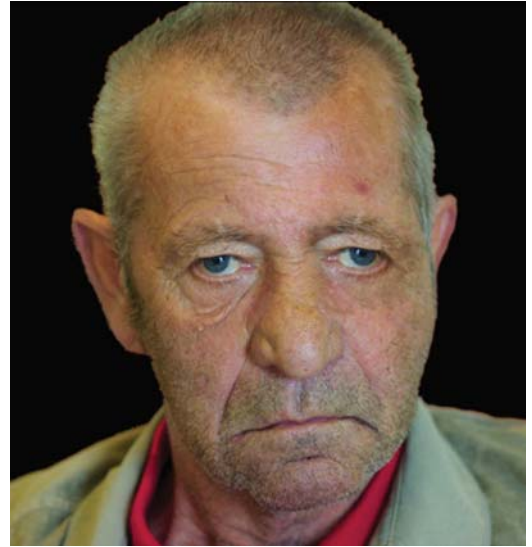
62-letnik je oktobra 2006 utrpel hude poškodbe leve strani obraza zaradi udarcev s sekiro. Primarno je bil oskrbljen v področni bolnišnici, kjer je bil več tednov v nezavesti.

Prvič je prišel v našo ambulanto v aprilu 2007 na pogovor o možni rekonstrukciji obraza. Pri bolniku smo naredili CT obraznega skeleta s tridimenzionalno rekonstrukcijo. Imel je zlomljeno in za približno 10 mm spuščeno ličnico ter nepravilno zaraščen večkratni zlom lateralne in spodnje stene leve orbite. Poleg zlomov obraznih kosti je imel bolnik sinehije očesne veznice na levem očesu. Po konzultaciji z oftalmologom smo se odločili najprej za rekonstrukcijo kostnih struktur in za kasnejšo korekcijo mehkih tkiv.

Zaradi kompleksnosti poškodbe smo se odločili za izdelavo fizičnega tridimenzionalnega modela, ki se je izkazal kot velika pomoč. Po predhodni simulaciji operacije na 3-D virtualnem in fizičnem modelu je bil bolnik septembra 2007 operiran. V večurni operaciji smo s koronarnim, z infraorbitalnim in s transoralnim pristopom naredili osteotomije napačno zaraščenih kosti, reponirali odlomke v pravilen položaj in jih učvrstili z mini ploščicami in vijaki. Manjkajoči del lične kosti smo nadomestili s kostjo, odvzeto s kalvarije. Po operaciji je bil bolnik sprejet na intenzivno nego, opazovali smo vitalne funkcije. Pooperativni potek je bil brez zapletov in bolnik je bil po 7 dneh odpuščen z oddelka. Na kontrolnih pregledih je bil položaj ličnice primeren, rane so se lepo zacelile, zaradi vezničnih sinehij smo ga pozimi 2008 ponovno operirali in popravili mehka tkiva na spodnji vekli.

Zaključek

Uporaba virtualnih in fizičnih tridimenzionalnih modelov v maksilofacialni kirurgiji se je izkazala za zelo uporabno pri predoperativnem načrtovanju. Na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani smo v začetni fazi spoznavanja in uporabe teh tehnologij pri vsakdanjem delu. Poudariti velja, da sta



Slika 6 (levo): Bolnik pred sekundarno rekonstrukcijo leve ličnice. Asimetrija v področju ličnic in ekotropij levega očesa.

Slika 7 (desno): Bolnik po sekundarni rekonstrukciji leve ličnice. Videti je simetrični lični konturi, popravljen je tudi ekotropij.

uporabi fizičnih in virtualnih tridimenzionalnih modelov komplementarni in se ne izključujeta. Potrebno je določiti absolutne in relativne indikacije za uporabo 3-D modelov ter uvesti in opredeliti zaporedje diagnostične in preoperativne priprave bolnikov. Kljub sorazmerno visoki ceni fizičnih 3-D modelov različne študije v tujini poudarjajo končno nižjo ceno zdravljenja bolnika ob uporabi tridimenzionalnih modelov. Na Kliničnem oddelku za maksilofacialno in oralno kirurgijo UKC v Ljubljani bomo tovrstno prakso nadaljevali.

Literatura

1. Mankovich NJ, Samson D, Pratt W, Lew D, Beumer J. 3rd. Surgical planning using three-dimensional imaging and computer modeling. *Otolaryngol Clin North Am* 1994; 27 5: 875–89.
2. Petzold R, Zeilhofer HF, Kalender WA. Rapid prototyping technology in medicine—basics and applications. *Comput Med Imaging Graph* 1999; 23 5: 277–84.
3. Mizutani J, Matsubara T, Fukuoka M, Tanaka N, Iguchi H, Furuya A, Okamoto H, Wada I, Otsuka T. Application of full-scale three-dimensional models in patients with rheumatoid cervical spine. *Eur Spine J* 2008; 17 5: 644–9.
4. Jacobs S, Grunert R, Mohr FW, Falk V. 3D-Imaging of cardiac structures using 3D heart models for planning in heart surgery: a preliminary study. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2008; 7 1: 6–9.
5. Kermer C, Lindner A, Friede I, Wagner A, Millesi W. Preoperative stereolithographic model planning for primary reconstruction in craniomaxillofacial trauma surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 1998; 26 3: 136–9.
6. Löppönen H, Holma T, Sorri M, Jyrkinen L, Karhula V, Koivula A, et al. Computed tomography data based rapid prototyping model of the temporal bone before cochlear implant surgery. *Acta Otolaryngol Suppl* 1997; 529: 47–9.

7. Mittelmeier W, Peters P, Ascherl R, Gradinger R. Rapid prototyping. Construction of a model in the preoperative planning of reconstructive pelvic interventions. *Orthopade*. 1997; 26 3: 273–9.
8. Robiony M, Salvo I, Costa F, Zerman N, Bazzocchi M, Toso F, et al. Virtual reality surgical planning for maxillofacial distraction osteogenesis: the role of reverse engineering rapid prototyping and cooperative work. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65 6: 1198–208.
9. Mavili ME, Canter HI, Saglam-Aydinatay B, Kamaci S, Kocadereli I. Use of three-dimensional medical modeling methods for precise planning of orthognathic surgery. *J Craniofac Surg* 2007; 18 4: 740–7.
10. Santler G, Kärcher H, Ruda C. Indications and limitations of three-dimensional models in cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 1998; 26 1: 11–6.
11. Singare S, Dichen L, Bingheng L, Yanpu L, Zhenyu G, Yaxiong L. Design and fabrication of custom mandible titanium tray based on rapid prototyping. *Med Eng Phys* 2004; 26 8: 671–6.
12. Toro C, Robiony M, Costa F, Zerman N, Politi M. Feasibility of preoperative planning using anatomical facsimile models for mandibular reconstruction. *Head Face Med*; 2007; 15: 5.
13. Ekstrand K, Hirsch JM. Malignant tumors of the maxilla: virtual planning and real-time rehabilitation with custom-made R-zygoma fixtures and carbon-graphite fiber-reinforced polymer prosthesis. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008; 10: 23–9.
14. Winder J, Cooke RS, Gray J, Fannin T, Fegan T. Medical rapid prototyping and 3D CT in the manufacture of custom made cranial titanium plates. *J Med Eng Technol* 1999; 23: 26–8.
15. Xia JJ, Phillips CV, Gateno J, Teichgraber JF, Christensen AM, Gliddon MJ, et al. Cost-effectiveness analysis for computer-aided surgical simulation in complex cranio-maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2006; 64: 1780–4.
16. Wulf J, Vitt KD, Erben CM, Bill JS, Busch LC. Medical biomodelling in surgical applications: results of a multicentric European validation of 466 cases. *Stud Health Technol Inform* 2003; 94: 404–6.