

# Prednosti uporabe digitaliziranja in tehnologije hitre izdelave orodij (RT) v postopku oblikovanja in izdelave ročnih protez po delni amputaciji dlani

Tomaž Maver, Samo Gazvoda, Jože Weingartner

## Uvod

V Inštitutu za rehabilitacijo izdelujemo in apliciramo estetske silikonske proteze po delni amputaciji prstov ali dlani (Slika 1,2) od leta 1993. Pacienti po amputaciji dela roke ali prirojeni manjrazvitosti roke želijo kvalitetno protezo, ki po videzu ustreza obliki zdrave roke. Današnji tehnološki postopki izdelave protez zahtevajo veliko časa, ročnega oblikovanja in umetniških sposobnosti protetika. V sodelovanju z inženirji iz Razvojnega centra za orodjarstvo TECOS in Centra za hitro izdelavo prototipov in orodij – RTCZ d.o.o. smo razvili nov tehnološki postopek, ki omogoča izdelavo proteze, ki je po videzu zrcalna kopija zdrave roke.



Slika 1: Krn roke po prirojeni manjrazvitosti dlani



Slika 2: Estetska proteza iz silikona

V svetu so danes uveljavljeni trije različni postopki tehnologije izdelave, ki jo protetiki – anaplastologi v svetu uporabljajo pri izdelavi takšnih protez. Prva temelji na ročnem oblikovanju pramodela v modelirnem vosku, ki nam kasneje služi kot osnova za izdelavo večdelnega orodja v katerega nato doziramo silikonsko maso različnih barvnih odtenkov. Pri drugem postopku kot osnovo za določanje oblike pramodela izberemo standardizirano protetično prevleko-rokavico ( Slika 3) podobne oblike in velikosti pacientovi zdravi roki. Rokavico, ki ima na zunanji strani površine prepoznavne vse kožne detaile prilagodimo na model krna – amputirane roke, vmesni prazen prostor pa zapolnimo z umetno maso ali plastelinom. Zunanjo obliko rokavice lahko dodatno nekoliko korigiramo z ročnim nanašanjem modelirne mase, vendar kljub temu ne moremo oblike popolnoma prilagoditi obliki zdrave roke. Tako pripravljene pramodele nato uporabimo za izdelavo večdelnega orodja iz epoksi smole.



Slika 3: Standardne PVC rokavice (ženska, moška, otroška), ki služijo kot estetske prevleke na protezah po podlaketni ali nadlaketni amputaciji

Tretji postopek izdelave ne temelji na predhodno izdelanem orodju, ampak se silikonsko maso različnih barvnih odtenkov nanaša in hkrati modelira ustrezno obliko, direktno na pozitiv model krna. Za obvladovanje katerekoli od naštetih tehnologij je potrebno veliko izkušenj, protetik pa mora imeti sposobnosti oblikovanja 3D modelov in zaznavanja različnih barvnih odtenkov kože. Tehnologiji, ki slonita na ročnem modeliranju zahtevata precejšen časovni vložek v tehnološkem procesu izdelave.

V Inštitutu za rehabilitacijo smo do sedaj uporabljali tehnologijo izdelave na osnovi oblike podobne PVC protetične rokavice. Naše dosedanje izkušnje kažejo, da si pacienti želijo protezo, ki bi bila po videzu zrcalna kopija zdrave roke. Z doseženo podobnostjo v obliki, tako protetiki kot pacienti do sedaj nismo bili najbolj zadovoljni ( Slika 4, 5). Zato smo v Inštitutu za rehabilitacijo iskali možnosti uporabe novih tehnologij, ki so uveljavljene v industriji, da bi izboljšali kvaliteto videza predvsem protez po delni amputaciji dlani.

Pred nekaj leti smo se povezali z inštitucijami in podjetji z namenom poiskati in testirati ustrezne sodobne tehnologije s katerimi bi izboljšali videz oblike proteze.



Slika 4: Krn po delni amputaciji dlani

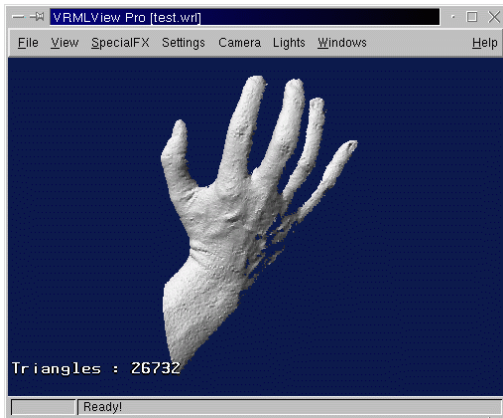


Slika 5: Estetska silikonska proteza  
Izdelana na podlagi oblike  
PVC standardne rokavice

Razvojni projekt je obsegal tri področja:

- sistem skeniranja
- tehnologija modeliranja in korekcije digitaliziranega modela (pramodela)
- tehnologija izdelave orodja

Najprej smo preizkusili ročni laserski skener iz kompleta CAPOD CAD-CAM sistema, ki ga v Inštitutu za rehabilitacijo uporabljamo v postopku izdelave modelov za ortoze in podkolenske in nadkolenske proteze. Naslednji test so nam omogočili v Laboratoriju za računalniški vid na Fakulteti za računalništvo in informatiko v Ljubljani z uporabo optičnega skenerja. V obeh primerih natančnost skeniranja v času testa ni bila zadostna za prepoznavo kožnih odtisov na roki (Slika 6).

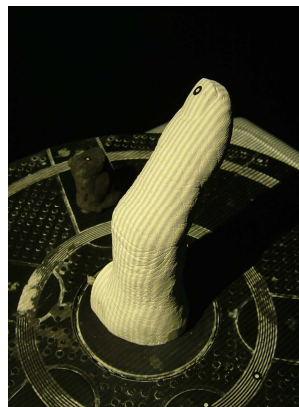


Slika 6: Slika digitalizirane roke – slaba ločljivost

Prvi uspešni rezultati testov so se pokazali pri delu inženirjev Razvojnega centra za orodjarstvo TECOS, kjer so modela zdrave in amputirane roke digitalizirali z optičnim skenerjem ATOS II 400 ( Slika 7). Ugotovili so, da je zaradi zahtev po visoki natančnosti in prepoznavi kožnih odtisov bolje skenirati mavčne modele (Slika 8). Natančnost digitaliziranja “žive” roke zmanjšajo skoraj neopazni tresljaji roke pacienta.

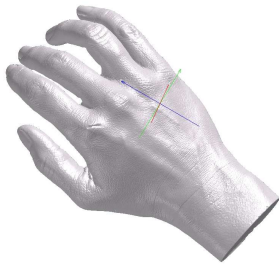


Slika 7: Optični 3D skener ATOS II 400

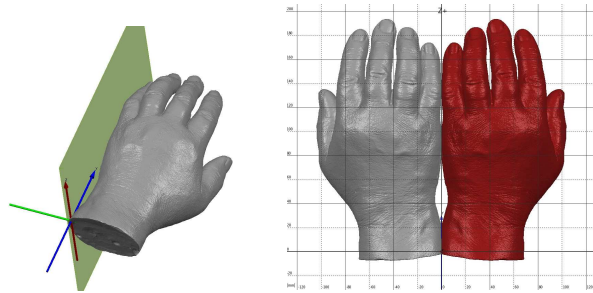


Slika 8: Digitaliziranje mavčnega modela Prsta

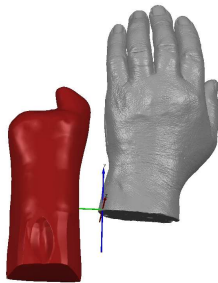
Digitalizirani model zdrave roke (Slika 9) je bil z računalniškim programom za 3D oblikovanje (TEBIS CAD) zrcaljen (Slika 10) in nato postopoma prilagojen meram in obliki digitaliziranega modela krna (Slika 11,12,13).



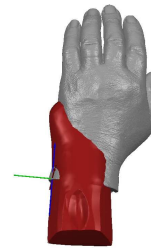
Slika 9: Digitaliziran model zdrave roke



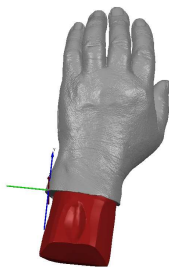
Slika 10: Zrcaljenje digitaliziranega modela roke



Slika 11: Digitaliziran model krna in zrcaljeni model zdrave roke



Slika 12: Postopno prilagajanje obeh 3D modelov rok

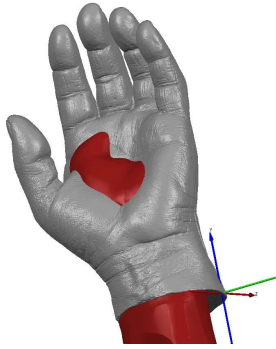


Slika 13: Uravnavanje pozicije med obema modeloma

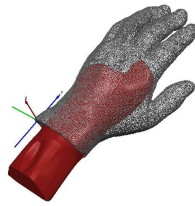


Slika 14: Prilagojeni obsegi obeh modelov – krna in roke

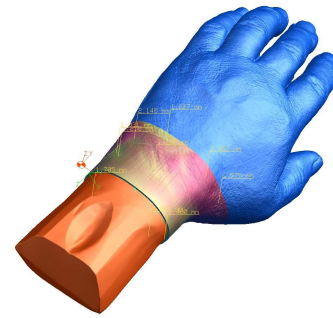
Računalniški program za 3D modeliranje dopušča različne funkcije za prilagajanje digitaliziranega modela zdrave roke digitaliziranemu modelu krna. V prvem koraku postopka dopušča zrcaljenje digitaliziranega modela zdrave roke.



Slika 15: Možnost kontrole razlik volumnov



Slika 16: Možnost pol-transparentnega modela



Slika 17: Možnost kontrole debeline sloja med modeloma

Omogoča tudi krčenje ali širjenje obsegov digitaliziranega modela (Slika 14), zaznavanje velikosti volumna in volumskih razlik (Slika 15) med obema modeloma, poltransparentnost zunanjega modela, ki dopušča kontrolo pozicije med obema modeloma (Slika 16) in kontrolo debeline med modeloma (Slika 17).

Postopke testiranja tehnologije za hitro izdelavo pramodela ali orodja so izvedli inženirji v Regionalnem Tehnološkem Centru Zasavje, v Centru za hitro izdelavo prototipov in orodij. Preizkusili so tehnologijo laserskega sintranja kovinskega prahu (DMLS - Direct Metal Laser Sintering) in tehnologijo laserskega sintranja poliamidnega prahu (SLS - Selective Laser Sintering). Omenjeni tehnologiji sta bili uporabljeni za izdelavo pramodela prsta, in orodja za izdelavo proteze prsta in roke. Pri uporabi DMLS tehnologije ob debelini sloja 0,04mm, so bili v orodju prepoznavni celo prstni odtisi (Slika 19). V orodju izdelanem s postopkom SLS tehnologije z debelino nanosa prahu 0,15mm so bili v orodju prepoznavni vsi pomembni odtisi, ne pa tudi prstni odtisi, ki pa ne vplivajo na končno kvaliteto videza proteze (Slika 20).



Slika 19: Del orodja za protezo prsta izdelan z DMLS tehnologijo



Slika 20: Del orodja izdelan s tehnologijo SLS

Orodje za prvo protezo po delni amputaciji dlani (Slika 21), ki smo jo izdelali z uporabo nove tehnologije je bilo izdelano po SLS tehnologiji zaradi bolj dostopne cene. Bolj primerna je bila tudi teža orodja, ki bi bila v primeru DMLS tehnologije nekajkrat večja.



Slika 21: Orodje za protezo po delni amputaciji dlani izdelano s SLS tehnologijo

Po končni izdelavi proteze se je izkazalo, da je material orodja zelo žilav in da uspešno prenaša visoke tlačne obremenitve tudi v področju tankih sten orodja v predelu med prsti ob doziranju in iztiskanju silikonske mase trdote 35 shore.

Rezultati razvojnega projekta so dokazali, da je digitalizacija modelov roke dovolj natančna, da ob podpori programa za računalniško modeliranje zagotavlja možnost uporabe tehnologije hitre izdelave orodij (RT), kot primerno, priporočljivo in dovolj kvalitetno za izdelavo estetskih silikonskih protez (Slika 22) po delni amputaciji dlani. Uporaba modernih tehnoloških postopkov nam omogoča izdelavo kvalitetnih protez naravnega videza, ki so zrcalna oblika zdrave roke pacienta.



Slika 22: Estetska proteza iz silikona



Slika 23: Zdrava roka in krn amputirane roke

Prve rezultate razvojnega projekta smo že uspešno predstavili na svetovnem kongresu za protetiko in ortotiko (ISPO – International Society for Prosthetics and Orthotics), kjer je predstavitev inovativne tehnološke rešitve zbudila precej zanimanja v strokovni javnosti. Končni izgled estetske proteze roke je odvisen predvsem od podobnosti oblike zdravi roki, saj le takšna uspešno povrne estetski videz roke po amputaciji (Slika 23). Uporaba nove tehnologije omogoča izdelavo kvalitetne proteze tudi inženirjem protetike, ki imajo manj umetniških sposobnosti, istočasno pa skrajša postopek izdelave proteze. Estetski

videz proteze izdelane po novi tehnologiji je vsekakor lepši in bolj podoben zdravi roki od proteze izdelane po starem postopku, kjer smo obliko proteze določili s prilagoditvijo standardne PVC rokavice (Slika 24,25).



Slika 24: Aplicirana proteza izdelana po novem tehnološkem postopku



Slika 25: Primerjava oblike protez izdelane po starem in novem postopku