

Izrada radnog modela – pogreške i kako ih izbjeći

David Geštakovski¹,
 Marija Katalinić²
 doc. dr. sc. Ivica Pelivan³
 doc. dr. sc. Josip Kranjčić⁴

[1] student šeste godine

[2] studentica pete godine

[3] Zavod za mobilnu protetiku, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

[4] Zavod za fiksnu protetiku, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Postupak izrade radnog modela od iznimne je važnosti, iako mu se ponekad, nažalost ne pridaje veliki značaj. Pogreške koje mogu nastati u ovoj fazi izrade protetskog rada, u sljedećim fazama će se umnožavati, a mogu se zamijetiti tek u fazi probe protetskog rada u ustima pacijenta.

Svrha ovog članka je ukazati na pogreške koje mogu nastati u postupku izrade radnog modela te kako ih izbjeći, odnosno kako bi stomatolog i dentalni

tehničar izbjegli nepotrebne, a istovremeno umanjili i kompenzirali neizbježne pogreške koje mogu nastati zbog dimenzijskih promjena materijala (tablica 1). Zbog opsežnosti teme, neće se opisivati sam postupak izrade radnih modela različitim tehnikama, što je dobro opisano u studentima dostupnoj literaturi, već će se ukazati na moguće pogreške u pojedinim fazama izrade radnog modela (tablica 2).

Iako su suvremeni materijali u stoma-

tologiji iznimno precizni, zbog svojih fizikalnih i kemijskih svojstava te nusprodukata reakcija stvrdnjavanja, dolazi do određenih dimenzijskih promjena. Njihov uzrok valja poznavati kako bismo ih mogli smanjiti na najmanju moguću mjeru te u konačnici dobiti što precizniji nadomjestak (1).

Radni model vjerna je trodimenzijska preslika mekih i tvrdih struktura usne šupljine izrađen od dimenzijski stabilnog i krutog materijala (sadra/epoksi smola) te sadrži dio potrebnih informacija za izradu protetskog rada (slika 1). U izradi radnog modela ključne su dvije faze: klinička i laboratorijska (2). Klinička faza koja prethodi samoj izradi radnih modela je otiskivanje zubnih lukova ili bezubih grebena. Otiskivanje je izuzetno važna faza u izradi protetskog rada. Sam otisak je negativ oralnih struktura koje želimo prenijeti zubnom tehničaru u laboratorij te služi kao kalup kasnijem izlijevanju modela. Bilo koja pogreška u otiskivanju dovest će do greške u izradi radnog modela, a tehni-

Tablica 1. Dimenzijske promjene materijala korišteni prema uputama proizvođača u postotcima te realne vrijednosti u mikro metrima (1,4).

Kontrakcija elastomera prilikom polimerizacije 0.03%	1µm
Ekspanzija nakon dezinfekcije (najviše polieteri)	8 -15µm
Dozvoljena trajna deformacija otiska 2.5%	50µm
Dimenzijska stabilnost otisaka 0.2%	do 20 µm
Ekspanzija sadre 0.05% - 0.5%	30-300µm
Ekspanzija epoksi smole 0.07%	42µm
Registat zagriza - dozvoljena deformacija do 0.3%	90µm



Slika 1. Radni model izliven iz sadre sa separiranim odvojivim bataljcima na plastičnoj bazi (preuzeto iz 7)



Slika 2. Stoperi pozicionirani na području funkcijskih kvržica (preuzeto iz 1)

Tablica 1. Svaka klinička i laboratorijska faza izvor je mogućih grešaka (2)

Upotreba neodgovarajuće žlice	Nedovoljno kvalitetan materijal za otiske
Neprecizan otisak	Nedovoljno očišćen otisak
Nepravilna kombinacija materijala	Nepravilno čuvan otisak do izlivanja
Nedovoljno kvalitetan materijal za radni model	Prevelika ekspanzija sadre
Nepravilan omjer sadre i vode	Nedovoljno uklonjeni mjehurići zraka iz sadre
Nepravilno miješanje i ulijevanje sadre (bez vibratora)	Radiranje
Nepravilno postavljeni kolčići	Postavljen samo jedan kolčić
Nepravilno piljenje bataljaka	Netočan položaj bataljaka na bazi
Postolje izrađeno od manje kvalitetne sadre	Nekorištenje artikulatora

čar koliko god spretan i vješt bio, nikada neće imati vjerodostojnu kopiju situacije u ustima te je takav rad već u samom početku osuđen na neuspjeh.

Prilikom otiskivanja struktura usne šupljine treba voditi računa o nekoliko čimbenika. Najbolje je koristiti individualnu žlicu, kojom se uzima jednovremeni otisak materijalom srednje konzistencije što je najpreciznija tehnika otiskivanja (3). Tom tehnikom se postiže idealna debljina otisnog materijala (3 mm) koja osigurava dimenzijsku stabilnost otiska, a potom i reprodukciju sitnih detalja, otpornost na sile nastale vađenjem žlice iz usta, a ujedno vse smanjuje i polimerizacijska kontrakcija na najmanju vrijednost zbog minimalne debljine materijala (4). Na individualnu žlicu se prije uzimanja otiska postavljaju stoperi. Kod ozubljenih čeljusti, stoperi se postavljaju na nefunkcijske kvržice (slika 2). S obzirom da su to mjesta nepotpune preciznosti, često zbog prosijavanja stopera, takve sitne distorzije materijala mogu dovesti čak do promjene visine zagriža u artikulatoru (ako bi se nalazili na funkcijskim kvržicama) (1).

Žlica mora biti pravilno polimerizirana ako se izrađuje od svjetlopolimerizirajućeg akrilata (s obje strane, prema uputama proizvođača). Polimerizacija samo jedne strane žlice rezultira nepotpunom polimerizacijom materijala te će doći do zakašnjele polimerizacije koju prati i kontrakcija materijala. Ako se to dogodi

nakon uzimanja otiska doći će do nepovratne, naknadne distorzije u otisku (1). Sama drška na žlici treba biti adekvatno pozicionirana i oblikovana kako bi bila svrsishodna, a ne otežala manipulaciju (predugačke drške, nepravilno oblikovane – remete normalne kretnje te uvođenje žlice u usta pacijenta) (5).

U današnje vrijeme se za uzimanje otisaka koriste sintetički elastomeri, odnosno polieteri i silikoni (adicijski silikon, PVS – eng. polyvinyl siloxan). Kako bismo pravilno proveli otisni postupak moramo se pridržavati uputa proizvođača, poštovati rok trajanja te poznavati svojstva i vrijeme manipulacije materijala koji koristimo. Poštujući protokol, izbjeći ćemo pogreške koje mogu dovesti do neuspjeha protetske terapije (4).

Pogreške na otisku i posljedično radnom modelu mogu nastati zbog nepotpune polimerizacije samog otisnog materijala. Uzrok može biti različit:

- nepoznavanje vremena vezivanja, odnosno prerano vađenje žlice iz usta kada materijal nije u potpunosti polimeriziran;
- nepravilan omjer baze i katalizatora (dio baze ne bude aktiviran zbog manjka katalizatora);
- organski materijali kao što su mukozna slina i krv onemogućit će polimerizaciju materijala te na tim mjestima uzrokovati nepreciznost otiska.

Na to treba posebno obratiti pažnju u području brušenih zubi (i cervikalnog završetka preparacije) pošto je to najbitniji dio otiska na temelju kojeg će zubni tehničar izraditi radni bataljak i naknadno modelirati protetski rad;

- nepravilna kombinacija materijala također može inhibirati polimerizaciju. Tako se rukavicama koje sadrže lateks ili puder ne smije miješati niti dodirivati adicijski silikon jer ti spojevi onemogućuju polimerizaciju. S druge strane kiseli agensi ($\text{pH} < 4$) sprječavaju polimerizaciju polietera, a u manjem razmjeru i silikona te ih treba izbjegavati, a nalaze se u sastavu hemostatika, pasti za retrakciju gingive, ili impregniranim koncima za retrakciju gingive;
- istek roka trajanja materijala kao i njegovo nepravilno skladištenje mogu biti uzroci nepravilne polimerizacije (2 - 4, 6).

Kako bi se pravilno otisnuo cervikalni završetak, osim gore navedenih pogrešaka, potrebno je osigurati dovoljnu debljinu otisnog materijala u gingivnom sulkusu, a ona iznosi oko 0.5 mm. Navedena debljina materijala potrebna je kako bi se postigla otpornost na kidanje prilikom vađenja otiska iz usta, odnosno odupiranje silama deformacije kako se djelić materijala ne bi otkinuo (4). Stoga, retrakcijski konac treba biti pravilno izabran i pozicioniran, jer nedovolj-

na retrakcija gingive može uzrokovati manjkavo prikazivanje cervikalnog ruba preparacije zuba na otisku, a kasnije i na radnom modelu (3).

Ovisno koristi li se polieter ili silikon kao otisni materijal, individualnu žlicu, zbog bolje retencije, preporučljivo je premazati adhezivom kompatibilnim za taj materijal. Prije otiskivanja, premazana žlica adhezivom mora se osušiti (prema uputama proizvođača, čak i do 30 minuta) kako bi se adheziv vezao za površinu žlice što je potrebno za kvalitetnu adheziju otisnog materijala (5).

Dotadne greške u otisku mogu nastati kao rezultat:

- pomicanja žlice kada se materijal počeo polimerizirati što će rezultirati duplikaturama u otisku (1);
- prosijavanja žlice, odnosno dodira tvrdih zubnih tkiva i otisne žlice (7);
- nepravilna aplikacija materijala, naročito u području sulkusa može uzrokovati zaostajanje zračnih mjehurića koje će popuniti materijal za izradu radnog modela te uzrokovati neželjena izbočenja (slika 3) (1);
- nedovoljno suho radno polje.

Nakon provođenja otisnog postupka, potrebno je viškove otisnog materijala van rubova žlice (ako postoje) odrezati oštrim nožićem (skalpelom), kako se pri postavljanju žlice na neku površinu, npr. radni stol, na otisni materijal ne bi prenosila sila koja bi mogla izazvati deformaciju otiska (2) (slika 4).

Otisak se ispire mlazom vode, dezinficira te se zajedno s radnim nalogom i



Slika 3. Inkluzije zraka u području cervikalnog ruba preparacije (preuzeto iz 1)

Tablica 1. Omjeri vode i sadrenog praha kod pojedinih tipova sadre i njihova svojstva (preuzeto iz 4)

	Omjer vode/praha	Ekspanzija prilikom stvrdnjavanjem	Vlažna tlačna čvrstoća	Suha tlačna čvrstoća
	ml vode/100g praha	%	(Mpa)	(Mpa)
Tip 1	60-94	0.01-0.12	4-5.6	2.5-12
Tip 2	37-56	0.15-0.2	10-25	20-45
Tip 3	26-30	0.08-0.15	22-59	50-70
Tip 4	20-24	0.06-0.13	41-55	76-120

svim potrebnim informacijama šalje u laboratorij na izlijevanje i izradu radnog modela. Vrijeme za izlijevanje otiska uzetog elastomernim materijalom nika-ko ne bi trebalo biti kraće od 30 minuta od otiskivanja (ovisi o uputama proizvođača) (2). Naime elastomeri imaju svojstvo elastične memorije: to svojstvo im omogućuje da se nakon određene deformacije vrte u položaj u kojem su polimerizirani, s odstupanjem od maksimalno dozvoljenih 2.5% prema smjernicama Američke stomatološke organizacije (1). Tako će se deformiteti koji nastaju vađenjem otiska iz podminiranih mjesta, naknadno vratiti u prvobitno polimerizirano stanje kroz određeni vremenski period. Zbog ovog svojstva potrebno je poznavati vrijeme manipulacije svakog pojedinog otisnog materijala. Također ako se zakasni s aplikacijom žlice ispunjene materijalom i materijal se počne polimerizirati izvan usta pacijenta, zbog naknadnih dimenzijskih promjena uzrokovanih elastičnom memorijom doći će do deformiteta u samom otisku te posljedice pogreške na radnom modelu (6).

Materijali koji se danas koriste za izradu radnog modela su sadra i epoksi smola (4). Epoksi smola je otpornija na abraziju u odnosu na sadru. Sam postupak izrade modela je složeniji te je materijal dimenzijski nestabilan (polimerizacijska kontrakcija), tako da je sadra ostala zlatni standard kao materijal za



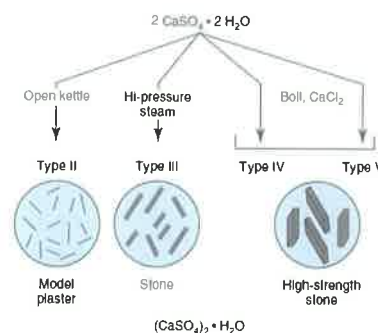
Slika 4. Primjer nepravilno pozicioniranog otiska bez skraćeni viškova (preuzeto iz 2)

izradu radnih modela (4).

Sadra je po kemijskom sastavu kalcij sulfat dihidrat, iskopava se u rudnicima i termički obrađuje dok se ne dobije željeni prah (kalcij sulfat hemihidrat).

Kalcij sulfat hemihidrat pomiješan s vodom daje kalcij sulfat dihidrat uz oslobađanje topline.

Jednostavnom reakcijom s vodom, u kristalnu rešetku hemihidrata ulaze molekule vode te kao produkt nastaje dihidrat koji se nakon određenog vremena stvrdnjava. Na molekularnoj razini (u teoriji) za 100g sadrenog praha potrebno je 19 ml vode kako bi se prah zasitio, kristalna rešetka popunila te hemihidrat pretvorio u dihidrat. U praksi to nije izvedivo te se dodaje malo veća količina vode kako bi se sve čestice praha zasitile, a sadra imala konzistenciju pogodnu za rukovanje. Taj omjer vode i sadrenog praha ovisi o veličini i pravilnosti kristala sadre koji se dobivaju na većim temperaturama prilikom obrade rude (4). Veći i pravilniji kristali bit će zasićeni s manjom količinom vode (slika 5). S obzirom na to da višak vode uvijek postoji, njega treba svesti na minimum, važući sadru, mjereći volumen vode



Slika 5. Tipovi sadre: oblik i veličina njihovih kristala (preuzeto iz 4)



Slika 6. Uređaj za automatsko doziranje sadre i vode (ljubaznošću Denta –T)



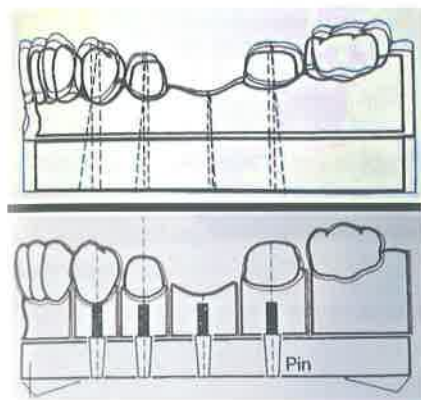
Slika 7. Zračne inkluzije na bataljku prilikom izlivanja radnog modela



Slika 8. Površinska poroznost uzrokovana nepravilnim pozicioniranjem žlice za vrijeme stvrdnjavanja sadre.



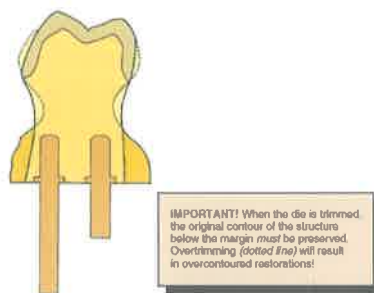
Slika 9. Svaki segment ili odvojivi bataljak s fiksirana dva kolčića



Slika 10. Iznos ekspanzije radnog modela fiksiranog na sadrenoj i plastičnoj polozi (preuzeto iz 2)

prema uputama proizvođača i pravilno miješajući smjesu. Zašto? Višak vode ne reagira i ostaje zarobljen u strukturi stvrdnute sadre. Nakon stvrdnjavanja i sušenja ta voda hlapi te u sadri ostaju mikropukotine koje sadri daju lošija svojstva: porozna površina, smanjena kompresivna snaga/tvrdoća, povećana abrazivnost, i najbitnije povećana higroskopska ekspanzija, koja se može svesti na minimum ako se sadra pravilno miješa prema uputama proizvođača (tablica 3) (4, 7).

Takva je sadra tipa IV (supertvrda sadra) koja pokazuje najbolja fizikalna svojstva, najmanju ekspanziju, te se radni modeli u fiksnoj protetici moraju izljevati iz tog oblika sadre (4). Danas pojedini proizvođači nude aparaturu pomoću koje u posudicu za miješanje aparat izbacuje točno određene količinu praha i vode (slika 6). Osim pravilnih omjera te minimalne količine vode, sa-



Slika 11. Obrada bataljka ispod linije preparacije (preuzeto iz 7)

dru treba miješati vakuumskom miješalicom te izljevati na vibratoru u malim količinama. Tako se sprječava zarobljavanje zračnih mjehurića u odljevu. Zbog inkluzija zraka neće se reproducirati detalji iz usta te će rezultirati nepravilnim dosjedom protetskog rada ako se nalaze na površini bataljka (slika 7) (zračne inkluzije nastale pri izlivanju otiska moguće je naknadno zatvoriti, međutim nikada identično kao što je situacija u ustima) (8).

Nakon ispunjavanja otiska sadrom pa do potpunog stvrdnjavanja, otisak je potrebno ostaviti okrenut sa sadrom prema gore. Ako se napravi obrnuto, te se otisak s ulivenom sadrom prerano okrene, zbog gravitacije, eventualni višak vode isplivat će prema gore (u tom slučaju površina otisnutih zubi ili sluznice) te uzrokovati površinsku pogrešku u reprodukcijski finih detalja (slika 8) (2,7).

Kako bi se kasnije olakšala modelacija nadomjestka, nakon izlivanja, model je potrebno separirati tako da svaki bataljak bude odvojiv, a zbog kontrole ek-

spanzije sadre najviše tri nebrušena zuba smiju tvoriti jedan segment. Zbog toga se izliveni zubni luk radnog modela fiksira na postolje na koje će se segmentirani bataljci moći vraćati u početni položaj (slika 1) (2, 7, 8).


Svaki segment radnog modela mora biti fiksiran s barem po 2 kolčića (pina) na postolje kako bi se spriječila rotacija segmenta na postolju radnog modela (slika 9) (2). Postolje može biti izrađeno od različitih materijala. Najčešće se koriste postolja od sadre (dodatna ekspanzija, to veća što je deblje postolje i nekvalitetnija sadra) ili gotova tvornička plastična postolja (8). Preporučljivo je koristiti plastična postolja jer dolazi do dvostruke regulacije ekspanzije sadre (separacijom bataljaka i segmenata, ekspanzija se odvija na račun praznog prostora između segmenata, a ekspanzije kod plastičnog postolja nema) (slika 10) (2, 7).

Bataljci na kojima će se modelirati protetski rad obrađuju se frezom kako bi dio bataljka ispod završne linije preparacije oponašao oblik korijena zuba (prejako brušenje frezom će uzrokovati nefiziološki i predimenzionirani nadomjestak u cervikalnom području što može rezultirati upalom gingive nakon cementiranja nadomjestka) (slika 11) (8). Površina bataljaka dodatno se može premazati određenim lakovima za stvrdnjavanje. Takvi se lakovi ugrađuju u površinsku strukturu sadre te ju čine abrazivno rezistentnom. Tako će povr-

šina bataljka biti otpornija na moguće trošenje i oštećenje tijekom modeliranja voštanog objekta te prilagođavanja metalne konstrukcije protetskog rada na bataljak (4).

Prije početka modeliranja protetskog rada, radni se model postavlja u artikulator. Obraznim se lukom registrira položaj gornje čeljusti prema referentnim

točkama glave kako bi model gornje čeljusti u artikulatoru zauzeo isti položaj kojeg ima gornja čeljust u glavi pacijenta. Međučeljusnim se registratom (centričnim registratom ili registratom maksimalne interkuspidacije) model donje čeljusti pridruži modelu gornje čeljusti (7). Bitno je naglasiti da je u današnje vrijeme artikulator (poluprilagodljivi)

nezamjenjiv uređaj u zubotehničkom laboratoriju i ordinaciji. Izradom protetskog rada u artikulatoru, tehničar može simulirati određene kretnje, donekle ih individualizirati te osigurati dodire zuba što točnije i sličnije onima u ustima pacijenta (3). 

LITERATURA

1. Massironi D, Pascetta R, Romeo G. Precision in Dental Esthetics: Clinical and Laboratory Procedures. Quintessence Publishing Company; 2007. 448 p.
2. Tomić – Solar N. Laboratorijska fiksna protetika za II. i III. Razred srednje zubotehničke škole. 3.izd. Zagreb: Medicinska knjiga; 2009. 188 p.
3. Čatović A, Komar D, Čatić A. Klinička fiksna protetika- krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015. 198 p.
4. Powers J, Wataha J. Dental Materials: Properties and Manipulation. 10th ed. St. Louis: Elsevier; 2013. 236 p.
5. Johnson T, Wood DJ. Techniques in Complete Denture Technology. 1st ed. Wiley-Blackwell; 2012. 105 p.
6. Anselm Wiskott HW. Fixed Prosthodontics: Principles and Clinics. New Malden: Quintessence Publishing; 2011. 756 p.
7. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. 5th Edition. St. Louis: Elsevier; 2016. 880p.
8. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Osnove fiksne protetike. 1.hr. izd. Zagreb: Quintessence Publishing; 2008. 582p.