

# Pogreške u primjeni i izradi keramičkog nadomjestka

---

**Stilinović, Milica**

**Professional thesis / Završni specijalistički**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:324543>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-22**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Milica Stilinović

**POGREŠKE U PRIMJENI I IZRADI  
KERAMIČKOG NADOMJESTKA**

Poslijediplomski specijalistički rad

Zagreb, rujan, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Milica Stilinović

**POGREŠKE U PRIMJENI I IZRADI  
KERAMIČKOG NADOMJESTKA**

Poslijediplomski specijalistički rad

Zagreb, rujan, 2016.

Rad je ostvaren na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor rada: Prof.dr.sc. Ketij Mehulić

Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Zavod za fiksnu protetiku

Lektor hrvatskog jezika: prof.Majda Bilandžija

Dolnja cesta 33

51219 Čavle

Lektor engleskog jezika: prof.Majda Bilandžija

Dolnja cesta 33

51219 Čavle

Rad sadrži: 157 stranica

28 slika

1 CD

## **SADRŽAJ:**

1. UVOD.....	1
2. SVRHA RADA.....	7
3. DIJAGNOSTIKA I PLAN PROTETSKE TERAPIJE.....	9
3.1. Dijagnoza i plan terapije.....	10
3.1.1. Anamneza.....	12
3.1.1.1. Komunikacija s pacijentom.....	14
3.1.2. Klinički i radiološki pregled.....	16
3.1.3. Interdisciplinarni pristup u terapiji protetskog pacijenta.....	17
3.1.4. Studijski modeli.....	18
3.1.4.1. Dijagnostičko navoštavanje.....	19
3.1.5. Fotodokumentacija.....	20
3.2. Odabir gradivnog materijala za protetsku terapiju.....	21
3.2.1. Dentalne legure.....	23
3.2.2. Dentalna keramika.....	23
3.2.2.1. Svojstva keramičkih materijala.....	24
3.2.2.2. Podjela keramika.....	26
3.3. Kontraindikacije za primjenu keramičkih nadomjestaka.....	28
4. NEPRAVILNO BRUŠENJE UPORIŠNOG ZUBA KAO IZVOR POGREŠAKA.....	32
4. 1. Retencija i rezistencija.....	36
4.2. Strukturalna trajnost nadomjeska.....	38

4.3. Brušenje vrata zuba.....	41
4.4. Zaštita parodontnog tkiva.....	44
5. POGREŠKE PRI OTISKIVANJU.....	46
6. POGREŠKEU RADU ZUBNOG TEHNIČARA.....	51
6.1. Pogreške prilikom izlivanja radnoga modela.....	52
6.2. Pogreške u izradi keramičkog nadomjestka.....	54
6.2.1. Pogreške pri izradi osnovne konstrukcije .....	55
6.2.1.1. Pogreške u izradi osnovne konstrukcije lijevanjem.....	56
6.2.1.2. Pogreške u izradi osnovne konstrukcije potpunokeramičkih nadomjestaka.....	71
6.3. Pogreške u obradi površine osnovne konstrukcije.....	74
6.4. Pogreške tijekom nanošenja obložne keramike.....	76
6.5. Pogreške tijekom sinteriranja.....	79
6.6. Vezna čvrstoća.....	81
6.7. Kohezivni I adhezivni lom.....	84
6.8. Određivanje boje.....	90
6.8.1. Loša estetika nadomjestka.....	92
6.9. Pogreške pri okluziji i artikulaciji.....	96
7. ODNOS GRADIVNOGA MATERIJALA FIKSNOPROTETSKOGA RADA I USNE ŠUPLJINE.....	99
7.1. Tribološka svojstva keramike.....	100
7.2. Napetosna korozija.....	102

8. POGREŠKE U CEMENTIRANJU.....	105
8.1. Stakleno ionomerni cementi.....	109
8.2. Kompozitni cementi.....	110
9. RASPRAVA.....	113
10. ZAKLJUČAK.....	127
11. SAŽETAK.....	129
12. SUMMARY.....	131
13. LITERATURA.....	133
14. ŽIVOTOPIS.....	156

## Popis oznaka i kratica

mm - milimetara

°C – stupnjeva Celzijusa

° - stupnjeva

MPa – mega paskala

CAD/CAM – računalom oblikovan i izrađen nadomjestak

µm - mikrometar



## **1. UVOD**

Estetska dentalna medicina je u fazi intenzivnog razvoja, pa stoga keramika kao gradivni materijal izvrsnih estetskih svojstava postaje izbor u svakodnevnom radu suvremene ordinacije dentalne medicine. Značajno mjesto u suvremenoj fiksnoj protetici imaju i trendovi primjene novih tehnologija u izradi protetskih radova. Sofisticirana tehnologija je prisutna u vidu računalno vođenog oblikovanja i računalno vođene izrade nadomjestaka (*inlaya, onlaya*, ljuski, krunica i mostova, kako privremenih, tako i trajnih). Osim potpunokeramičkih nadomjestaka u svakodnevnoj kliničkoj praksi još uvijek značajno mjesto zauzimaju i metal-keramički nadomjestci. Metal-keramički nadomjestci objedinjuju dobra svojstva metala kao što su čvrstoća, trajnost i stabilnost te keramike, čiji je estetski učinak bolji od bilo kojeg drugog fasetnog materijala. Međutim, usklađivanje njihovih fizikalno-kemijskih svojstava često je praćeno nizom poteškoća. Jedan od osnovnih preuvjeta funkcijske trajnosti dvoslojnih sustava je vezna čvrstoća, odnosno jačina veze između površine osnovne konstrukcije i keramike. Specifičnost okruženja usne šupljine i opterećenje kojemu je nadomjestak podvrgnut također su bitni čimbenici funkcijske trajnosti nadomjestaka.

Razvoj potpuno keramičkih sustava rezultat je potrebe za prevladavanjem niza nedostataka metal-keramičkih nadomjestaka, kao što su: prosijavanje metalne

konstrukcije, osobito u cervikalnom dijelu krunice, problemi usklađivanja koeficijenta toplinske rastezljivosti (KTR) keramike i metala, odnosno legure, tribo-korozijska svojstva ovih materijala te veća pojavnost alergijskih bolesti u društvu (1).

Zbog široke primjene keramike (osim u fiksnoj koristi se i u mobilnoj protetici za izradu zubi za proteze) važno je dobro poznavati njezina svojstva i tehnike izrade nadomjestka kako bi se izbjegle moguće pogreške pri njihovom korištenju. Pri tome je važno poznavati osobitosti kako kliničkog, tako i laboratorijskog postupka jer pogreške mogu nastati u svakoj fazi rada (2). Uzroke pogrešaka moguće je tražiti u samom keramičkome materijalu, pa se kao značajan problem često navodi krhkost. Nepravilna primjena u krivom indikacijskom području svakako će rezultirati nedostacima u mehaničkim svojstvima i estetici. Nepravilan laboratorijski tijek ili neodgovarajuća obrada u zubnom laboratoriju ili ordinaciji dentalne medicine dovest će do narušavanja strukture, a kako su svojstva u funkciji strukture, sasvim je jasno da keramički nadomjestak neće u takvim slučajevima ispuniti očekivanja (3,4). Naposljetku, svaki dvoslojni sustav donosi probleme jer se očekuje da se dva strukturalno sasvim različita materijala povezani ponašaju kao jedan.

Protetska je terapija vrlo zahtjevna i sadrži niz faza koje se nadovezuju i mogu dovesti do kumulacije sitnih, neprimjetnih pogrešaka koje na kraju terapije ili

nakon određenog razdoblja nošenja nadomjestka rezultiraju komplikacijama. Zato je nužno potrebno posvetiti dovoljno pažnje i vremena te uložiti odgovarajući trud kako bi se sve faze napravile što je preciznije moguće. Od kliničkih faza, brušenje uporišnog zuba mnogi kliničari smatraju ključnim čimbenikom uspjeha. Sigurno je da će pogreške u ovoj fazi dovesti do niza problema u radu zubnog tehničara, kompromitirati zdravlje mekih i tvrdih struktura usne šupljine te mogu dovesti do problema i nakon završene terapije. Međutim, ni u kojem se slučaju ne smiju zanemariti ostale faze u provođenju protetske terapije jer uspješno provođenje cijelog tijeka može osigurati kvalitetan rad. Ispravno postavljena dijagnoza i plan terapije, iscrpna anamneza, kvalitetan klinički i radiološki pregled te interdisciplinarni pristup od posebnoga su značaja. Ovim postupcima neizravno se doprinosi uspostavi kvalitetne komunikacije s pacijentom koja je često u izravnoj vezi sa zadovoljstvom pacijenta terapijom. Izrada studijskih modela, dijagnostičko navoštavanje te fotodokumentacija bit će od velike pomoći u ispravnom planiranju protetske terapije, a pravilan odabir gradivnoga materijala za određeni klinički slučaj bit će uvjet pravilno provedene terapije (5). Pravilno provođenje protetske terapije iziskuje stalnu edukaciju doktora dentalne medicine i zubnog tehničara, dobru opremljenost zubnog laboratorija, vještine i kompetentnost doktora dentalne medicine i zubnog tehničara te kvalitetnu suradnju s pacijentom. U ostvarivanju kvalitetnog funkcioniranja ordinacije potrebno je imati dobar odnos sa zubnim tehničarom te

uspostaviti dobar odnos s pacijentom jer u suvremenoj ordinaciji dentalne medicine pacijent postaje integralni dio tima sudjelujući u odabiru gradivnoga materijala i boje nadomjestka, a često i u planiranju buduće terapije (6,7). Postupcima dijagnostičkoga navoštavanja i izrade provizorija olakšava se odabir i izgled trajnog nadomjestka. U svezi s time važno je uzeti dobru anamnezu (8,9), čuti pacijentove želje i zahtjeve i pokušati mu udovoljiti koliko je to moguće na najbolji mogući način. Ispunjavanjem svih ovih kriterija, može se očekivati da će protetski rad imati zadovoljavajuću funkcijsku trajnost, a pacijent, tehničar i terapeut zadovoljstvo terapijom i međusobnom suradnjom (10).

U ovome će se radu analizirati pogreške, njihov uzrok i mogućnost preveniranja i ispravljanja. Bit će riječi i o pogreškama u otiskivanju te radu zubnog tehničara (11). Detaljno će se analizirati pogreške u tehnološkim postupcima pri izradi osnovne konstrukcije raznim načinima: lijevanjem, sinteriranjem, toplotlačnom tehnikom, infiltracijom i strojno (12). Pogreške u kondenzaciji i sinteriranju keramike dio su koji se smatra domenom tehničara (13, 14). Takav stav nije ispravan, budući da protetski tim mora funkcionirati kao cjelina kako bi proizveo kvalitetan nadomjestak. U radu će se zato analizirati vezna čvrstoća kao vrlo čest problem dvoslojnih sustava te uzroci lomova fiksnoprotetskih keramičkih radova (15). Utvrdit će se uzroci loše estetike te pogreške u određivanju boje.

Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

Bit će riječi o okluziji i artikulaciji, tribološkom učinku keramike na nasuprotnu strukturu, utjecaju okruženja usne šupljine na gradivni materijal te pogreškama u cementiranju (16-18).



Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

Svrha je rada prikazati moguće pogreške u svim fazama planiranja i izvedbe protetske terapije keramičkim nadomjestcima. Detaljno će se analizirati uzroci pogrešaka, mogućnosti njihova preveniranja te ispravljanja komplikacija.



### **3. DIJAGNOSTIKA I PLAN PROTETSKE TERAPIJE**

Prvi kontakt s pacijentom često je sam početak protetske terapije, koja započinje pregledom i postavljanjem plana terapije. Potrebno je upoznati pacijenta s planom terapije i to na njemu primjeren i razumljiv način. Prvi pregled često daje upute za niz predprotetskih radnji koje pacijent treba učiniti, npr. sanaciju oštećenih ili vađenje destruiranih zubi, parodontološku ili ortodontsku terapiju. Protetska terapija provodi se u čistim, zdravim i saniranim ustima.

U ovome radu neće biti govora o tom dijelu terapije, već o protetskoj terapiji u užem smislu, koja polazi od postavljanja dijagnoze s protetskoga stajališta i donošenja plana protetske terapije.

### 3.1. Dijagnoza i plan terapije

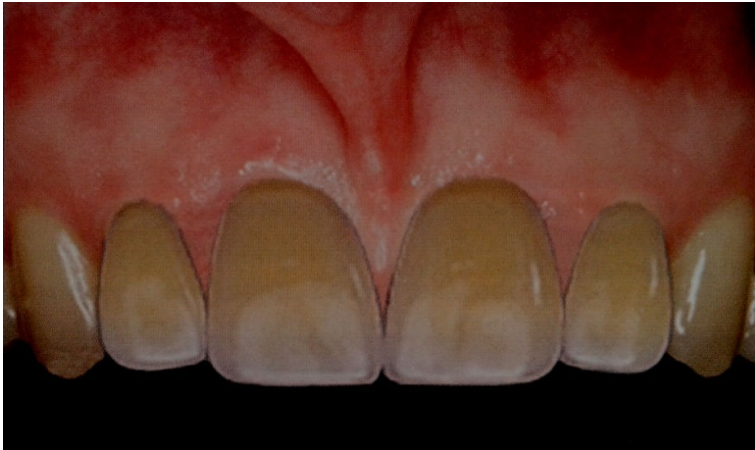
Postavljanje pravilne dijagnoze i određivanje pravilnog plana protetske terapije moraju se temeljiti na potrebama pacijenta i biti u skladu s medicinskim, psihološkim, etičkim i osobnim okolnostima.

Potrebno je postaviti integriranu dijagnozu koja će se temeljiti na općoj medicinskoj (dobit će se podaci o ranijim bolestima, posebice onima koje mogu utjecati na zahvate u usnoj šupljini) te stomatološkoj anamnezi. Stomatološka anamneza je od velike koristi jer daje niz podataka koji mogu biti ključni u procjeni kliničke situacije i odabiru optimalnog nadomjestka. Kvalitetnom i

iscrpnom anamnezom dobija se uvid i u psihološki profil pacijenta što je ponekad od izuzetne važnosti u provođenju i ishodu terapije (2). Potrebno je zatim provesti detaljan klinički pregled usne šupljine, čime se dobiva uvid u stanje preostalih zuba pacijenta i mekih oralnih tkiva. Posebnu pažnju potrebno je posvetiti radiološkom nalazu, okluziji, funkcijskoj analizi i temporomandibularnim zglobovima (TMZ) (3). Fotokumentacija će u estetskoj procjeni biti korisna (Slika 1.). Često je potrebno u dijagnostičke i terapijske postupke uključiti i druge grane dentalne medicine. Takav interdisciplinarni pristup će zasigurno osigurati sveobuhvatni uvid i ispravan plan protetske opskrbe (4).



Slika 1. Analiza fotografije. Preuzeto iz 5.



Slika 2. Planiranje protetskog rada uz pomoć računalnog programa. Preuzeto iz 5.

Temeljem anamneze, dijagnostičkih podataka i izvršene predprotetske pripreme donosi se plan protetske terapije (Slika 2).

### 3.1.1. Anamneza

Anamneza mora biti iscrpna, ne bi li se dobili svi podaci o pacijentu relevantni za terapiju. To se posebice odnosi na pacijentov psihički profil, prehrambene navike, profesiju i eventualno prisustvo određenih parafunkcija.

Dobro uzeta anamneza omogućava terapeutu poduzimanje odgovarajućih preventivnih mjera, posebice kod pacijenata visokog rizika te pravovremenu i

odgovarajućureakciju u slučaju komplikacija (2). Potrebno je informirati se o prijašnjim reakcijama na lijekove, od kojih su reakcije na lokalne anestetike i antibiotike osobito važne u stomatološkoj praksi. Osim toga, pacijent može prijaviti alergijsku reakciju na gradivni ili pomoćni stomatološki materijal. Najčešći alergeni su materijali za otiske i legure koje sadrže nikal (3). Najčešća alergijska reakcija je kontaktni dermatitis (6). Nikal izaziva više slučajeva alergijskog dermatitisa od svih ostalih metala zajedno (7). Gotovo 4,5 % ukupne populacije pokazuje osjetljivost na nikal, a reakcijaje deset puta češća u žena nego u muškaraca (8,9). Sukladno tome, uporaba nikal-kromskih nadomjestaka je kontraindicirana kod svih pacijenata s poznatom osjetljivošću na nikal.

Anamnestički podaci o zaraznim bolestima poput hepatitisa i imunodeficientnog sindroma moraju se spomenuti radi zaštite ostalih pacijenata i osoblja ambulante.

Posebnu pažnju treba posvetiti pacijentovom općem zdravstvenom stanju jer neka stanja, odnosno bolesti zahtijevaju posebnu terapiju. U grupu visokog rizika spadaju pacijenti s:

- kardiovaskularnim problemima
- bolestima CNS-a
- stečenom imunodeficijencijom (AIDS)

- infektivnom žuticom
- dijabetesom
- preosjetljivošću na lokalne anestetike, antibiotike i metale (2).

Ukoliko postoji i najmanja sumnja u zdravstveno stanje pacijenta, potrebno je kontaktirati obiteljskog liječnika. Pri uzimanju anamneze treba dopustiti pacijentu da samostalno iznese razloge zbog kojih dolazi stomatologu, kao i njegova zapažanja o prethodnoj protetskoj terapiji. U ovom se razgovoru dobivaju i podaci o pacijentovoj zdravstvenoj kulturi i eventualnoj potrebi podizanja iste na višurazinu, a posebice unaprjeđivanja oralno-higijenskih navika (2).

#### 3.1.1.1. Komunikacija s pacijentom

Kod svake protetske terapije vrlo je važno uspostaviti kvalitetnu i jasnu komunikaciju s pacijentom. Pri tome terapeut mora pacijentu jasno i razumljivo objasniti što može očekivati od protetske terapije te u kojem smislu može očekivati estetsko poboljšanje, budući da se u tom pogledu često javljaju nesporazumi. Pacijenti nerijetko zahtijevaju rješenja koja nemaju medicinsko opravdanje, a očekivanja su im često nerealna, te ih na vrijeme treba raspraviti (2). Prilikom planiranja protetske terapije prednjih zubi, važno je od pacijenta dobiti odgovor kakav "izgled" želi (3). Takav će pristup smanjiti mogućnost

razočaranja na kraju terapije. Plan terapije je potrebno objasniti pacijentu i, po potrebi i u okviru mogućnosti, prilagoditi njegovim očekivanjima. Terapeutu stoga moraju biti jasna pacijentova očekivanja i želje, a pacijentu razumljiv plan terapije i njezin krajnji ishod. U komunikaciji s pacijentom, ali i u planiranju terapije od velike su koristi fotodokumentacija, studijski modeli i dijagnostičko navoštavanje modela. Pri iznošenju plana terapije i njegovom predstavljanju pacijentu ne odlučuje se samo o opsegu opskrbe (od nadomjestka za pojedini zub, pa sve do potpune rehabilitacije jedne ili obje čeljusti), već se određuje gradivni materijal budućeg protetskog rada, ukazuje se na dužinu trajanja terapije i zahvate koje pacijent treba napraviti prije protetske terapije te moguće komplikacije u terapiji(4).

### 3.1.2. Klinički i radiološki pregled

Tijekom kliničkog pregleda treba obratiti pažnju na oralnu higijenu, zdravlje zuba i parodontalnih tkiva, veličinu bezubih prostora, međučeljusnu dimenziju te okluziju. Osim toga, treba obratiti pažnju na promjene i bolove u predjelu TMZ-a, lica i vrata, kao i prisutnost mišićnog spazma u tom području. Pozitivan nalaz može ukazivati na okluzijske interference ili na prisutnost parafunkcija (2). Posebno je važno obratiti pažnju na pacijente s bruksizmom ili drugim parafunkcijama zbog izuzetno velikih žvačnih sila koje se mogu ostvariti. Problem može nastati u trošenju zubi ili nadomjestaka u nasuprotnoj čeljusti ako su prisutne velike žvačne sile (10). Takvim je pacijentima preporučljivo po završetku protetske terapije izraditi relaksacijsku udlagu. Na mogućnost prisutnosti traumatske okluzije može ukazati radiološka analiza: proširene parodontne membrane, zadebljane lamine dure, vertikalne resorpcije alveolarne kosti, resorpcije vrhova korjenova (2). Traumatska okluzija može dovesti do Thielmannovog učinka, kod kojeg dolazi do promjena na zubima i njihovom parodontu po dijagonali od mjesta preranog kontakta (10). Zbog prevelikog opterećenja tako može doći do lokalnih resorpcija ili drugih patoloških zbivanja.

Analiza radioloških snimaka značajnaje pri donošenju točne dijagnoze i kreiranju plana terapije. Snimkepružaju važne podatke i pomažu pri logičnom povezivanju



dobivenih podataka tijekom kliničkog pregleda. Rtg analiza omogućava utvrđivanje prisutnosti karijesa na aproksimalnim plohama zuba, sekundarnog karijesa oko ispuna ili ruba nadomjestka, prisutnosti periapikalnih lezija, kvalitete endodontskog liječenja, prisutnosti zaostalih korijena, prisutnosti patoloških stanja u alveolarnoj kosti, prisutnosti parodontnih džepova, dužine korijena i njihove konfiguracije, stanja parodontne membrane i okolnog koštanog tkiva i nedostatka kontaktnih točaka na aproksimalnim površinama zubi (2).

### 3.1.3. Interdisciplinarni pristup u terapiji protetskog pacijenta

U svim težim slučajevima, npr. kod bolesti srca i CŽS-a, motornih poremećaja, lakog gubljenja svijesti, produženog krvarenja, teškog zarastanja rana, preosjetljivost na strane materijale i slično, neophodna je konzultacija s odgovarajućim specijalistima. Tako se omogućuje pravilna priprema pacijenta za terapijski postupak koji slijedi (2).

Prije utvrđivanja konačnog plana terapije neophodno je izvršiti predprotetsku pripremu u suradnji s ostalim specijalistima stomatološke struke. Tako je često potrebna suradnja s oralnim kirurgom, specijalistom ortodoncije, a nerijetko se prije protetske terapije mora provesti parodontna i konzervativna terapija.

Odluku o ugradnji implantata i izradi fiksnog ili mobilnog protetskog rada treba donijeti tim koji se sastoji od specijalista stomatološke protetike, kirurga, parodontologa, internista te ponekad imunologa. Odluku o mjestu ugradnje implantata donosi specijalist protetičar, a kirurg ocjenjuje li to moguće izvesti (2).

Razvoj kirurških tehnika pridonio je pojednostavljivanju promjena oblika grebena kako bi se postigao što prikladniji prostor koji se što lakše čisti. Danas se sve češće izvodi preoblikovanje grebena prije izrade mosta, što je posebno važno u sanaciji prednjeg dijela zubnog niza. Izrada mosta u postojećim uvjetima lošeg oblika grebena bila bi pogreška u terapiji.

#### 3.1.4. Studijski modeli

Studijski modeli moraju predstavljati točnu reprodukciju površine zuba i mekih tkiva gornje i donje čeljusti. Oni čine sastavni dio dijagnostičkog postupka. Postavljanjem studijskih modela u artikulatorku moguće je reproducirati (simulirati) pokrete donje čeljusti. Na ovaj se način olakšava analiza okluzije i procjenjuje potreba za eventualnim otklanjanjem okluzijskih interferenci te se utvrđuje potreba za rekonstrukcijom zubnih nizova i ispravljanjem protetske ravnine. Osim navedenog, studijski modeli omogućavaju utvrđivanje stupnja inklinacije, rotiranosti i izrastanja pojedinih zuba iznad protetske ravnine, posebice nosača budućeg protetskog rada.

#### 3.1.4.1. Dijagnostičko navoštavanje

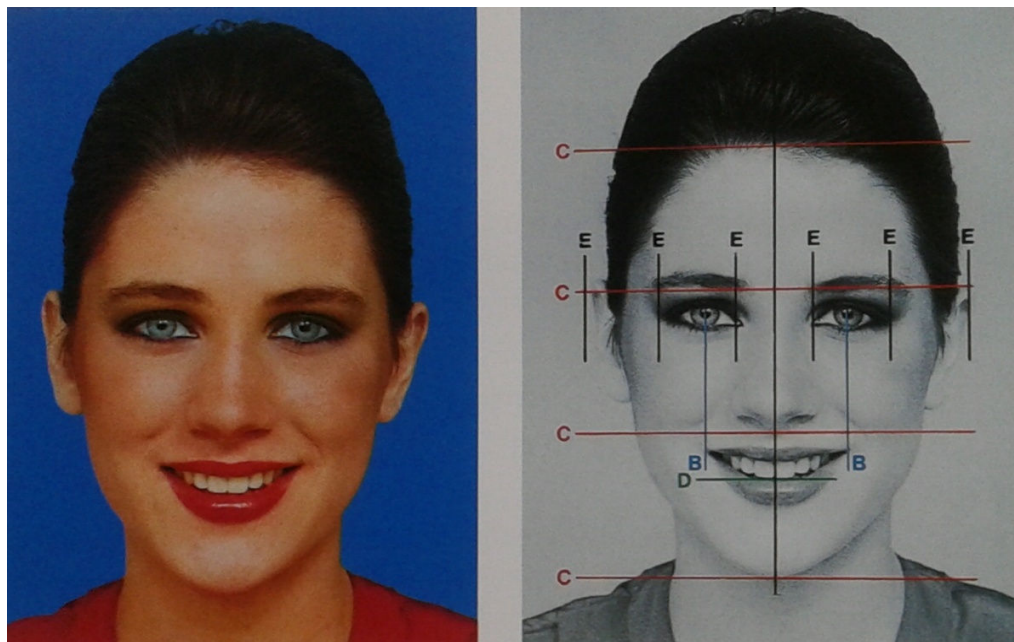
Kako bi se plan terapije približio pacijentu, a terapeutu ona olakšala, može se izraditi dijagnostičko navoštavanje (*wax up*) (Slika 3.). To je posebno korisno pri sanaciji prednjeg segmenta zubnog niza gdje je izuzetno važna estetika. Osim uvidom u navoštani model, pacijent može dobiti sliku o svom terapijskom ishodu i putem izrade provizorija (*mock up*). Pogreška je izrađivati protetski rad bez ovih smjernica te u potpunosti prepustiti kreiranje nadomjestka zubnom tehničaru samo temeljem modela (otisaka) izbrušenih zuba.



Slika 3. Dijagnostičko navoštavanje. Preuzeto iz 11.

### 3.1.5. Fotodokumentacija

Fotodokumentacija treba omogućiti protetskom timu racionalan rad, a da se pritom ne gube iz vida potrebe, želje i preduvjeti pacijenta. Trebala bi obuhvatiti ekstraoralne (lice i perioralno područje) i intraoralne snimke frontalne, sagitalne i horizontalne ravnine (Slika 4.). Osim što su korisne za analizu i postavljanje plana terapije, fotografske snimke poboljšavaju i komunikaciju s pacijentom (4).



Slika 4. Analiza fotografije. Preuzeto iz 12.

### 3.2. Odabir gradivnog materijala za protetsku terapiju

Uvjet za uspjeh protetske terapije je odabir odgovarajućeg gradivnog materijala za određeni klinički slučaj. Pri izbor gradivnog materijala moraju se uzeti u obzir svi anamnestički podatci i pacijentove želje. Odabir materijala i oblika protetskog nadomjestka temelji se na nekoliko kriterija:

- biološkim: oštećenje zubne strukture, biokompatibilnost gradivnih materijala, mogućnost čišćenja prije cementiranja
- biomehaničkim: kod parafunkcija gdje je veće opterećenje ponekad se daje prednost skeletu od kobalt-kromske (CoCr) legure u odnosu na titanij. CoCr legura ima veću savojnu i lomnu čvrstoću te otpornost na abraziju, veću tvrdoću i vlačnu čvrstoću te lakšu mogućnost obrađivanja
- estetskim: ponovna uspostava sklada i anatomsko-funkcijskoga integriteta. U uspostavi estetskogsklada važnu ulogu ima boja zuba i gradivnoga materijala, površinska svojstva gradiva, skladan položaj zuba, odnos zubi i mekog tkiva i druge estetske odrednice
- kontroli nakupljanja plaka
- financijskim mogućnostima pacijenta
- prognostičkim

- retenciji (3,4).

Loš odabir gradivnog materijala može biti razlog neuspjeha protetske terapije. To se posebice odnosi na predio zubnoga niza gdje je potrebno postaviti protetski nadomjestak. Naime, u frontalnom prostoru treba primijeniti gradivni materijal koji će osigurati estetiku, dok u distalnom prostoru treba naglasak staviti na čvrstoću.

Odabir obložnog (estetskog) materijala uvjetuje materijal kojim se izrađuje osnovna konstrukcija, mehanička i kemijska svojstva gradivnoga materijala te uvjeti u usnoj šupljini (4).

Danas je metal-keramički nadomjestak još uvijek standard pri svim indikacijama za fiksnu protetsku terapiju unatoč iznimnom razvoju novih potpunokeramičkih materijala i novih tehnologija u dentalnoj medicini (13,14). Kada se razmatra pojam metal-keramika bitno je istaknuti da se zapravo radi o tehnologiji napečenja keramike na metalnu osnovnu konstrukciju. Osnovna konstrukcija osigurava čvrstoću, trajnost i stabilnost nadomjestku, a obložna keramika konačan oblik i izgled. Obzirom da se radi o dvoslojnim sustavima nužno je objasniti svaki pojedini dio za sebe, a zatim i njihovu međusobnu vezu. Unatoč činjenici da se radi o dva sasvim različita materijala, protetičari očekuju da se njihovim spajanjem dobije kompaktna cjelina, te se nastoji da se tako dobiveni nadomjestak u svim uvjetima i opterećenjima u usnoj šupljini ponaša kao da je

izrađen iz jednog materijala. Osnovna se konstrukcija u ovim sustavima može izraditi od metala ili legura.

### 3.2.1. Dentalne legure

Legure u metal-keramičkim sustavima moraju zadovoljiti određene kriterije kao što su: svojstvo tečenja, točnost prilagodbe, dobra veza s keramikom, prirodnost boje, otpornost na korekcije, mala gustoća, niska toplinskavodljivost, ekonomičnost, velika čvrstoća, gracilnost lijeva, postojanost na koroziju, tkivna podnošljivost, otpornost na trošenje i dobra obradivost (15).

### 3.2.2. Dentalne keramike

Tradicionalnu dentalnu keramiku tvore tri gradiva: glinenci, kvarc i kaolin. Omjer tih sastojaka može varirati ovisno o vrsti keramike. Glinenci čine od 75 do 85 % ukupnoga sastava, te je zbog toga dentalna keramika dobila naziv glinična keramika. Kvarc ( $\text{SiO}_2$ ) čini od 12 do 22 % ukupnog sastava, a karakterizira ga tvrdoća 8 po Mohsovoj skali i visoko talište. Kaolin je hidratizirani aluminijev silikat koji nastaje atmosferskim utjecajem na glinence, intenzivno upija vodu i lako se oblikuje. Kaolina u dentalnoj keramici ima od 3 do 4 %. On pridonosi povezivanju sastojaka u cjelinu, što omogućava plastičnost materijala potrebnu

za oblikovanje protetskog rada. Osim toga, kaolin pridonosi opacitetu keramike (16).

Za postizanje bolje estetike, keramičkom materijalu se dodaju razni oksidi: kobaltni, željezni, niklov, titanijev, manganov, kromov, bakrov i uranov oksid te cerij i samarij. Organske tvari kao što su dekstrin, škrob i šećer pridonose plastičnosti tijekom modeliranja.

Keramici se dodaju i određeni katalizatori kako bi se snizila temperatura napečenja, a to su: kalijev karbonat, kalijev fosfat, natrijev karbonat, boraks te olovni oksid.

#### 3.2.2.1. Svojstva keramičkih materijala

Keramika spada među najbolje biomaterijale. Kao gradivni protetski materijal ona mora biti biokompatibilna i kemijski stabilna, ne smije sadržavati toksične elemente, mora biti postojana u usnoj šupljini, konstantnog volumena i boje, određene vlačne i tlačne čvrstoće, odgovarajuće tvrdoće, velike gustoće, postojana pri modeliranju te lako obradiva (17). Potrebna čvrstoća keramike postiže se dostatnim udjelom kristalnih sastojaka, što rezultira smanjenom transparentnošću. Leucit pripada gliničnoj skupini minerala i se nalazi u sastavu većine zubnih keramika. Indeks loma leucitnih kristala približno je jednak



indeksu loma staklene matrice, tako da oni ne pridonose zamućenju keramike. Zamućenju pridonose kristali  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  i  $\text{ZrO}_2$ .

Tijekom pečenja keramičkoga materijala dolazi do njegove kontrakcije, za što postoji više razloga: veličina zrna keramičkog praha, vrsta i tijek kondenzacije te sinteriranje. Keramički materijal prolazi kroz nekoliko stupnjeva kontrakcije: prvi stupanj kontrakcije zbiva se pri kondenzaciji, a ostatak tijekom pečenja. Zbog spomenutih kontrakcija potrebno je keramički rad oblikovati tako da bude između 30 i 40 % veći od zadanog (18).

Osnovno svojstvo keramike je krhkost, što znači da ona na opterećenje ne reagira deformacijom već lomom. Uzrok njezine krhkosti nalazi se u samom sastavu i strukturi. Naime, keramika se sastoji od staklene matrice u koju su uklopljeni kristali. Staklena matrica ne posjeduje pravilnu, kristalnu strukturu koja bi omogućila jednostavnu dislokaciju kristala prilikom opterećenja, te se zbog toga uslijed opterećenja ona lomi. Osim toga, svaki od sastojaka keramike ima svoj KTR, te prilikom toplinske obrade dolazi do naprezanja. Posebice je izraženo naprezanje oko kristala, zbog čega je moguće stvaranja napuklina. Pod opterećenjem te se napukline mogu širiti kroz materijal te dovesti do loma keramike (19). Pogreške u strukturi mogu postati inicijalna mjesta za nastanak lomnih pukotina. Opterećenje koje djeluje izvana koncentrira se na takvim mjestima, te vremenom dolazi do širenja napuklina i njihovog spajanja. Dođe li

do prekoračenja lomne žilavosti, nadomjestak se lomi. Međutim, valja napomenuti da keramika zbog svoje složene mikrostrukture dobro podnosi tlačna, ali vlačna i smična naprezanja podnosi slabo. Keramika na vlačna i smična naprezanja reagira otvaranjem bočnih strana napuknuća, što dovodi do daljnjeg širenja pukotina i naposljetku do loma rada. Za razliku od vlačnih i smičnih naprezanja, napukline koje nastaju pri tlačnom naprezanju se ne šire, već dolazi do njihova zatvaranja i zaustavljanja (20,21).

#### 3.2.2.2. Podjela keramika

Postoji nekoliko podjela dentalne keramike, temeljenih na različitim kriterijima poput temperature napečenja keramike (Lemons, Craig), primjene keramike (Skinner) ili na temelju njezinog sastava (sustavi napečenja na leguru i potpuno keramički sustavi).

Zubne keramike dijele se prema sastavu na:

- SILIKATNE
- OKSIDNE.

Silikatne keramike dijele se još na:

- glinične koje se dijele na one

- s visokim sadržajem leucita
- s niskim sadržajem leucita
- sa sanidinima i
- staklokeramike koje mogu biti
  - leucitne
  - litijdisilikatne
  - s tinjcima
  - fluorapatitne.

U oksidne keramike pripadaju aluminij-oksidne i cirkonij-oksidne keramike. Posebna grupa aluminij-oksidnih keramika su keramike infiltrirane staklom (IN Ceram sustavi) u koje se ubrajaju:

- In ceram spinell (s dodatkom magnezija)
- In ceram alumina
- In ceram zirconia (sa  $ZrO_2$ ).

Za terapiju potpunokeramičkim krunicama potrebno je razmotriti više čimbenika: položaj zuba u luku, okluzijski koncept te morfologiju zuba (10).

Potpuno keramičke krunice, posebice staklokeramičke najčešće se izrađuju u području inciziva, a rjeđe na stražnjim zubima (3). Valja naglasiti da staklokeramike u najvećoj mjeri imitiraju optička svojstva zuba, dok veću čvrstoću osiguravaju aluminijske ili cirkonijske keramike, pa će to biti vodilja u odabiru gradivnoga materijala za sanaciju pojedine regije zubnoga niza. Uzrok nastanka pogreške u terapiji keramičkim nadomjestcima Hammad vidi u nepažljivom odabiru materijala za određeni klinički slučaj i u nepravilnoj manipulaciji tijekom izrade (10,22).

### 3.3. Kontraindikacije za primjenu keramičkih nadomjestaka

Kontraindikacije (apsolutne i relativne) za izradu fiksnih nadomjestaka su:

- nedovršen rast čeljusti (za mosne konstrukcije)
- neizrasli zubi i nedovršen rast korijenova
- teška lokalna oboljenja (ulceronekrotična, maligna)
- teška opća oboljenja (oboljenja CNS, oboljenja srca, infektivna oboljenja, aktivna TBC pluća i sl.)

Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

- prisutnost nedefiniranih smetnji i oboljenja u okviru orofacijalnog sustava
- nataloženi teški metali u mekim tkivima usne šupljine, liječenje općih oboljenja preparatima na bazi teških metala
- stari, nepostojani ispuni i nadomjesci u ustima
- jako izražena korozivna svojstva sadržaja usta (pojava želučanog soka)
- preosjetljivost na materijale od kojih se izrađuje fiksno protetski rad
- sklonost karijesu (životna dob, opća stanja i oboljenja)
- nepripremljenost orofacijalnog sustava za promjenu međučeljusnih odnosa (mišići, zglobovi)
- nedavne kirurške intervencije u blizini zuba nosača
- nedovoljan prostor za izradu mehanički otpornog nadomjeska
- loši uvjeti za pričvršćenje nadomjeska na uporišni zub (mali, kratki zubi)
- nedovoljna higijena usta, nepostojanje higijenskih navika
- nepovoljni uvjeti za izradu kvalitetnog nadomjeska (kvaliteta otisnih, gradivnih i drugih potrebnih materijala).

Od nabrojanih kontraindikacija, kod privremenih se poduzimaju određene radnje prije početka protetske terapije poput pripreme pacijenta, ciljanog liječenja,

promjene pacijentovih navika, nošenje udlage i slično. Time se mogu stvoriti uvjeti za izradu nadomjeska (2).

Kontraindikacije za izradu metal-keramičkih nadomjestaka su:

- periapeksne lezije ili nekorektno endodontsko liječenje
- nezbrinuta parodontološka bolest
- zubi s niskim kliničkim krunama
- izražena morfologija pulpne komorice (mlade osobe).

Kontraindikacije za potpuno keramičke sustave su iste kao i za metal-keramičke te osim njih obuhvaćaju i:

- lošu oralnu higijenu
- nepravilno brušenje uporišnog zuba
- premalo preostalog zubnog tkiva
- male vestibulo-lingvalne dimenzije zuba
- prevelike pulpne komore
- bruksizam (uvjetno) (10).

Rizik nose bridni i duboki zagriz. Bridni zagriz dovodi do izrazitog naprezanja u incizalnom dijelu nadomjestka. Duboki zagriz često dovodi do kontakta zuba antagonista u cervikalnoj trećini lingvalne površine, a niske kliničke krune ne osiguravaju dostatnu retenciju zuba. U svim slučajevima dolazi do naprezanja u keramici, uslijed čega dolazi do loma keramičke krunice (3,10).

#### **4. NEPRAVILNO BRUŠENJE UPORIŠNOG ZUBA KAO IZVOR POGREŠAKA**



Nepravilno brušenje zuba značajan je izvor pogrešaka u fiksno protetskoj terapiji. Ispravnim brušenjem mora se osigurati dovoljno mjesta za protetski rad kako bi se zadovoljio estetski kriterij terapije te osigurala strukturalna trajnost nadomjestka. Opseg brušenja uvjetovan je debljinom nadomjestka, odnosno vrstom materijala (10).

Kod brušenja za metal-keramičke nadomjestke potrebno je osigurati prostor za metalnu osnovnu konstrukciju i za estetski, keramički dio. Plemenite legure zahtijevaju nešto deblju modelaciju konstrukcije (od 0,3 do 0,4 mm), a neplemenitim legurama se mogu dobiti nešto gracilniji odljevi debljine od 0,2 do 0,3 mm. Za keramički se materijal mora osigurati debljina od 0,5 do 1,5 mm. Ukoliko nema dovoljno mjesta za keramiku, može doći do pogreške u vidu prosijavanja metalne konstrukcije ili loma keramike (10).

Načela preparacije uporišnog zuba moraju uključiti biološka, mehanička i estetska razmatranja. Biomehanička načela su:

- maksimalno čuvanje zubnog tkiva
- osiguranje retencije i rezistencije
- osiguranje strukturalne trajnosti nadomjestka

- rubno zatvaranje
- zaštita parodontnog tkiva (2).

Struktura zuba se može zaštititi primjenom sljedećih načela:

- preparacije zuba s minimalnom koničnošću aksijalnih površina
- preparacije okluzalne površine mora pratiti njenu morfologiju
- s aksijalnih površina potrebno je ukloniti ravnomjerno istu količinu zubnog tkiva
- ako je potrebno, reponirati zub ortodontskom terapijom
- izbjegavati apikalnu ekstenziju preparacije subgingivno (2).

Za točno određivanje količine zubnog tkiva koje je potrebno odstraniti od velike je pomoći silikonski ključ. Kada se govori o brušenju uporišnoga zuba, potrebno je razmotriti brušenje od prednjeg prema stražnjem zubu. Ova se tvrdnja temelji na različitoj morfologiji zubi u pojedinoj regiji zubnoga niza. Brušenje prednjih zuba izvodi se u dvije ravnine, prateći morfologiju vestibularne strane, kako bi se izbjeglo narušavanje vitaliteta, spriječilo protrudiranje incizalnog brida i osiguralo dovoljno mjesta za estetske zahtjeve. Brušenje u jednoj ravnini brusnim sredstvom nagnutim prema zubu dovodi do prevelikog odnošenja tvrdog zubnog tkiva te mogućeg otvaranja roga pulpne komorice (10). Incizalni brid se mora

smjestiti u blagoj inklinaciji u labiolingvalnom smjeru jer bi u protivnom došlo do izvrtnja nadomjestka (10). Nedovoljno brušenje prednjeg zuba za potpunokeramičku krunicu dovest će do koncentracije naprezanja u labiolingvalno dijelu krunice, što će rezultirati karakterističnim "polumjesečastim" lomom keramike (10).

Brušenje stražnjih zuba također ovisi o gradivnim elementima budućeg protetskog rada. Okluzalno je potrebno odstraniti između 1,5 i 2 mm ne bi li se osiguralo dovoljno prostora za protetski rad odgovarajuće okluzalne morfologije. Aproksimalne stijenke moraju se oblikovati po pravilima retencije i rezistencije, odnosno moraju tvoriti kut u rasponu od 0 do 15 °. Stepnica može biti u razini slobodne gingive i široka između 0,5 i 0,8 mm. Kao i kod brušenja prednjih zuba, potrebno je zaobliti prijelaze i ispolirati cijeli bataljak (10). Čest problem prilikom brušenja postraničnog zuba je nedostatna retencija i rezistencija zbog preniskih kliničkih kruna. Preparacija aksijalnih stijenki takvih zuba mora biti što paralelnija, osobito u vratnom dijelu (fenomen obruča), a dodatkom aproksimalnih i/ili okluzalnih žljebova povećava se površina bataljka te ograničava smjer uvođenja nadomjestka i sprječava rotacija.

Brušenje zuba može dovesti do termičke traume koja može ugroziti vitalnost zuba. Termička trauma nastaje kada nije osigurano dostatno hlađenje zuba prilikom brušenja. Optimalno hlađenje postiže se mlazom vode jačine 50 ml/min

i temperature ne više od 30 °C iz tri izvora i konvergentnog smjera prema vrhu brusnog sredstva. Maksimalna duljina brusnog sredstva mora iznositi 19 mm. U protivnome, voda ne bi doprla do njegovog vrha.

Potrebno je poštivati biološku širinu zuba. Rub preparacije, odnosno rub krunice, ne smije se postaviti bliže od 2 mm u odnosu na rub alveole, jer bi došlo do resorpcije kosti (23).

Jatrogena oštećenja susjednih zuba česta su pojava. Brušenjem se ne smiju oštetiti susjedni zubi, a oštećenje se može izbjeći postavljanjem metalne matrice ili rezanjem „šnite“ zuba tankim koničnim svrdlom.

#### 4.1. Retencija i rezistencija

Ispravnim brušenjem zuba osigurava se retencija i rezistencija budućeg nadomjestka. Retencija sprječava odizanje nadomjestka iz njegovog ležišta u smjeru suprotnom od uvođenja nadomjestka, dok rezistencija sprječava odizanje nadomjestka pod djelovanjem apikalnih ili kosih sila te sprječava pomicanje nadomjestka pri djelovanju okluzijskih sila. Retencija i rezistencija međusobno su povezane i nedjeljive (3). Retencija je utoliko veća koliko su aproksimalne stijenke bataljka paralelnije i duže, odnosno koliko je veća površina izbrušenog zuba. Rezistencija je proporcionalna promjeru i visini

bataljka, a obrnuto proporcionalna zakošenju postraničnih stijenki (10). Prekomjerno brušenje može dovesti do smanjenja retencije ili otvaranja pulpnog prostora i zatim neizbježne endodontske terapije. Zakošenost nasuprotnih stijenki veća od  $3^\circ$  smanjit će retenciju (Slika 5.) (19).



Slika 5. Prekonično izbrušen zub. Preuzeto iz 24.

U području vrata zuba potrebno je osigurati tzv. fenomen obruča, a to podrazumijeva paraleliziranje nasuprotnih stijenki vrata zuba u visini između 1 i 2 mm. Ovo je osobito važno kod pojedinačnih krunica i niskih kliničkih kruna.

Način brušenja također ovisi o načinu izrade nadomjestka u laboratoriju, pa tako upotreba glodalice (CAD/CAM tehnologije) zahtijeva nešto veću zakošenost

stijenki zuba (8 %) i minimalnu širinu incizalnog brida od 0,9 mm (donji frontalni zubi) (Slika 6.).



Slika 6. Brušenje za CAD/CAM izradu nadomjestka. Preuzeto iz 25.

#### 4.2. Strukturalna trajnost nadomjeska

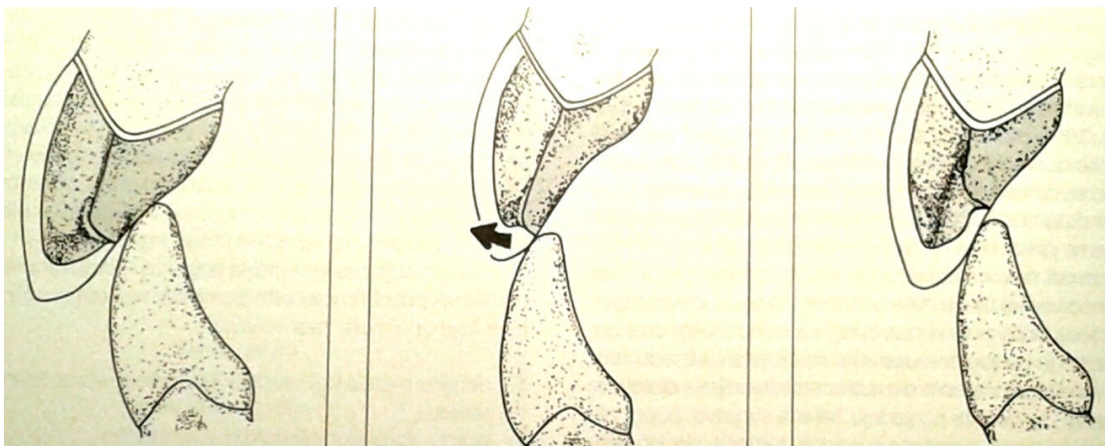
Trajnost fiksnih nadomjestaka osiguravaju tri karakteristike preparacije:

- okluzalna redukcija
- zakošavanje potpornih kvržica
- redukcija aksijalnih površina (2).

Nedostatna i nepravilna brušenja uporišnog zuba neće osigurati dovoljno prostora za smještaj relativno debele keramičke krunice. Skraćenje funkcijskih kvržica zuba za manje od preporučenih 1,5 do 2,0 mm, a nefunkcijskih 1,0 do 1,5 mm (ako budu obložene keramikom) narušit će okluzijski sklad. Ravno izbrušena okluzalna ploha također neće osigurati dovoljno prostora za njezinu

pravilnu funkcijsku morfologiju. Osobito je važno osigurati lingvalnu zakošenost gornje palatinalne i bukalnu zakošenost donje bukalne kvržice kako bi se osiguralo dovoljno prostora za debljinu materijala u područjima izrazitoga okluzalnog kontakta (3,10).

Kod brušenja za metal-keramički nadomjestak treba se unaprijed znati hoće li keramički materijal prekrivati cijelu metalnu konstrukciju. Ukoliko okluzalna ploha neće biti u potpunosti prekrivena keramikom, potrebno je proširiti preparaciju tako da centrični kontakti ne budu na spoju keramike s metalom, nego udaljeni najmanje 1,5 mm od njega. Ovo vrijedi i za aproksimalne plohe nadomjestka gdje kontaktna točka treba biti osigurana u keramici kako bi se osiguralo lakše čišćenje (Slika 7.) (10).

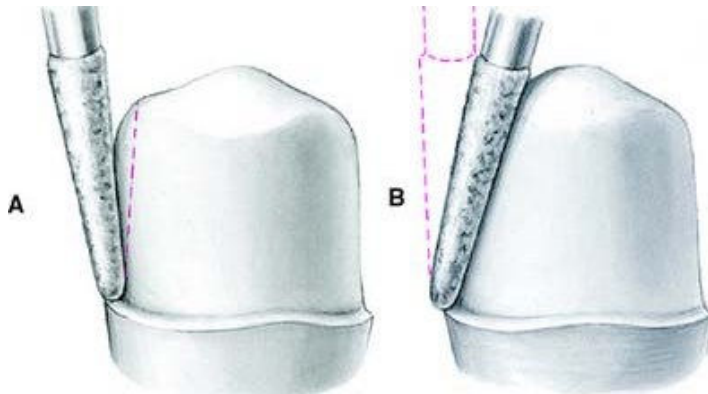


Slika 7. Različit opseg brušenja ovisno o položaju centričnog kontakta. Preuzeto iz 3.

Potrebno je unaprijed isplanirati rub krunice i njegovu prekrivenost gradivnim materijalom. Želi li se napraviti estetski bolja krunicakeramičkog ruba, potrebno je rub preparacije unaprijed isplanirati. Ovaj problem se zanemaruje, pa relativno često dolazi do loma krunice upravo u ovom dijelu. Korekcijska pečenja keramike u svrhu produženja krunice također dovode do loma u ovom dijelu jer keramika nije poduprta čvrstom osnovnom konstrukcijom, a i tanki sloj keramike nema dovoljnu čvrstoću koja bi osiguravala trajnost rada. Nedovoljno uklanjanje zubnog tkiva s aksijalnih stijenki dovodi do problema pri modeliranju nadomjestka (Slika 8.). Tanke modelacije sklone su deformaciji, iskrivljenju konstrukcije, lomu, a i estetskim nedostacima. U takvom slučaju do mehaničke traume gingive, a kasnije i do upale, može doći i kod korektno debljine nadomjeska (2).

Nakon brušenja potrebno je ispolirati bataljak jer svaka neravnina ili oštri prijelaz može dovesti do naprezanja, koje može rezultirati lomom materijala (26-28). Jednako tako, treba se dobro paziti i provjeriti postoje li podminirana mjesta na bataljku.





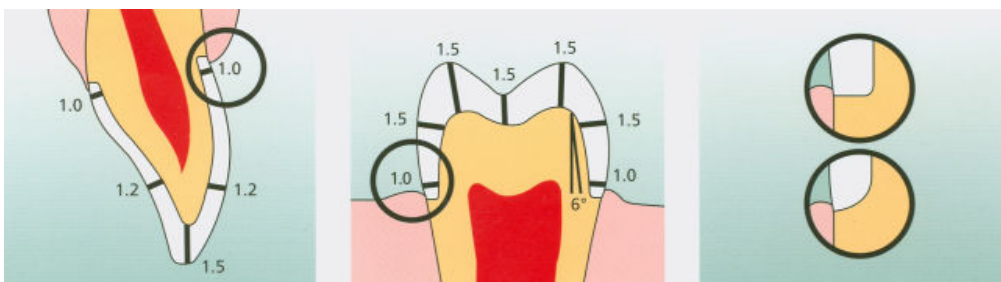
Slika 8 .Nepravilan položaj svrdla. Preuzeto iz 29.

#### 4.3. Brušenje vrata zuba

Keramika zahtijeva brušenje na stepenicu. Optimalno je da je stepenica podjednake širine (prosječno 1 mm), tada će krunica imati korektan dosjed. Stepenica osigurava pravilan prijenos žvačnog opterećenja na temelj, odnosno pruža otpor djelovanju sila, daje potporu gradivnome materijalu i štiti okolno meko tkivo (Slika 9.). Odstupanje od ovog zahtjeva može se dopustiti samo kod jako konveksnih molara, vrlo gracilnih donjih prednjih zuba i ranijeg, najčešće tangencijalnog brušenja (5,19,21,22,26,30).

Pravokutnu stepenicu potrebno je izraditi samo kod keramike savojne čvrstoće manje od 350 MPa te kod metal-keramičkih nadomjestaka s keramičkim rubom (19). Ranije se za potpuno keramičku krunicu uporišni zub brusio na pravokutnu

stepenicu jer se na taj način debljinom kompenzirao manjak čvrstoće gradivnog materijala (31,32). Pri korištenju suvremenih potpunih keramika savojne čvrstoće preko navedene vrijednosti nepotrebno je, a čak i kontraindicirano preveliko odnošenje zubne strukture (Slika 9.). Riječ je, naime, o čvrstim materijalima kojima nije potrebna veća debljina radi osiguranja čvrstoće. Nedostatno uklanjanje zubnog tkiva izazvat će pojačano naprezanje u vestibulolingivnom dijelu krunice (26), s tipičnim “polumjesečastim” lomom vestibulolingivnog dijela krunice (21,25,26,33,34).



Slika 9. Dubina brušenja za potpunokeramičke krunice. Preuzeto 35.

Ne bili se osigurala optimalna čvrstoća metal-keramičkog nadomjestka s keramičkim rubom potrebno je formirati širu stepenicu na vratu (od 0,8 do 1,2 mm) s unutrašnjim zaobljenjem prema aksijalnim zidovima zuba. Završna obrada mora biti izuzetno precizna ne bi li se osiguralo dobivanje stepenice bez

ikakvih neravnina (2). Kontraindicirana je tangencijalna preparacija zuba jer bi keramički rub bio jako tanak, što bi dovelo do njegovog odlamanja tijekom probe u ustima ili nakon cementiranja krunice (2).

Precizno priliježanje nadomjestka na zubkrajniji zahtjev fiksno protetske terapije, a može se postići jedino jasnom i glatkom granicom preparacije. Nejasan prijelaz između brušenog i nebrušenog dijela zuba umanjuje preciznost rubnog zatvaranja krunice (2).

Granica preparacije, odnosno spoj između cementiranog fiksnog nadomjestka i uporišnog zuba uvijek je potencijalno mjesto sekundarnog karijesa zbog mogućeg otapanja cementa i površinske hrapavosti nadomjestka. Stoga, što je nadomjestak preciznije adaptiran prema zubu, manja je šansa za pojavu sekundarnog karijesa i/ili upale okolnog parodontnog tkiva (2). Oblik preparacije u vratnom dijelu uporišnog zuba utjecat će na oblik i debljinu gradivnog materijala na rubovima nadomjestka, na kvalitetu rubne prilagodbe i na smještaj samog nadomjestka (3). Sam rub preparacije mora biti dostupan za čišćenje.

Prilikom preparacije na zaobljenu stepenicu treba paziti da ona ne bude šira od polovice promjera vrha svrdla, jer u protivnome ostaju tanki nepoduprti dijelovi cakline koji se mogu lako odlomiti zbog naprezanja prilikom probe ili cementiranja krunice (2). Također, zaobljenjem prijelaza između

stranicapreparacije smanjit će se naprezanje u cementnom sloju, a time i u samoj krunici.

#### 4.4. Zaštita parodontnoga tkiva

Prilikom brušenja uporišnog zuba treba obratiti pažnju na zaštitu marginalnog parodonta. Poželjno je postaviti konac u sulkus ne bi li se izbjegla trauma parodonta. Potrebno je izbjeći i traumu interdentalne papile (10).

Rub preparacije može se nalaziti u predjelu gingivnog sulkusa u sljedećim slučajevima:

- iz estetskih razloga, na zahtjev pacijenta
- karijesa na vratu zuba
- klinaste erozije
- prisutnosti ispuna u vratnom dijelu
- prethodne preparacije
- frakture u predjelu vrata. Međutim, treba naglasiti da on ne smije biti udaljen od slobodnog ruba gingive, više od 0,5 do 0,7 mm (2).

Prilikom brušenja višekorijenskih zuba treba obratiti pažnju na cervikalni dio. U području furkacije korijena nužno je pratiti postojeću morfologiju zuba (10). Prekrivanje tog područja krunicom onemogućuje čišćenje, a i tribokorozijski procesi koji su ustima neizbježni mogu dovesti do parodontoloških problema. Granica preparacije kod takvih zuba mora biti iznad račvišta korijena. Schilingburg tvrdi da granicu preparacije treba smjestiti na mjestu koje pacijent može čistiti, a terapeut liječiti.



Uzimanje kvalitetnog otiska zahtijeva vrijeme i napor stomatologa, a i za pacijenta predstavlja relativno napornu fazu.

U otisnom postupku mora se dobro prikazati završna linija brušenja jer je gingivni dosjed nadomjestka važan zbog sprječavanja sekundarnog karijesa te gingivne iritacije. Izrada cjelokupnog otiska vrlo je teška u slučajevima kada se završna linija brušenja bataljka nalazi na ili apikalno od vrška slobodne gingive. U takvim slučajevima završna se linija brušenja mora privremeno prikazati ne bi li se osiguralo otiskivanje cijelog bataljka. Tijekom otiskivanja važno je kontrolirati nakupljanje tekućine u gingivnom sulkusu, osobito prilikom uporabe hidrofobnih otisnih materijala budući da tekućina može uzrokovati nepotpuni otisak najvažnijeg dijela bataljka - završne linije brušenja (Slika 10.) (3). Hidrofobni otisni materijali su polisulfidi, polivinil-siloksani te kondenzacijski silikoni, poredani od najslabijeg prema najjačem hidrofobnom, obzirom na kut ovlaživanja (3). Otisni materijali s velikim kutom ovlaživanja (hidrofobni) nisu osjetljivi na vlagu, a time ni na krv u sulkusu (36,37).



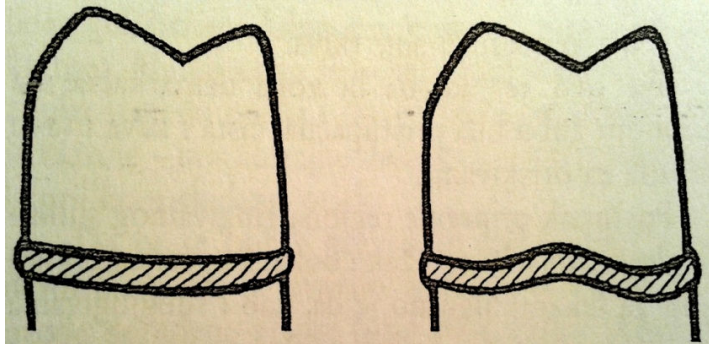
Slika 10. Nedostatno otisnut rub preparacije. Preuzeto iz 38.

Postupci prikazivanja završne linije brušenja mogu se podijeliti na sljedeće tehnike:

- mehanička
- kemijsko-mehanička
- kirurška, koja može biti kružna kiretaža i elektrokirurška tehnika (39).

Prilikom pripreme gingivnog sulkusa za otiskivanje terapeut treba biti oprezan pri upotrebi konca. Pri utiskivanju konca treba pažljivo raditi ne bi li se izbjeglo oštećivanje gingivnog pripoja i na taj način dobili lažni podaci o dubini sulkusa (Slika 11.). Ovo je osobito opasno kod tangencijalne preparacije, čiji se završetak teško uočava na radnom modelu (2).

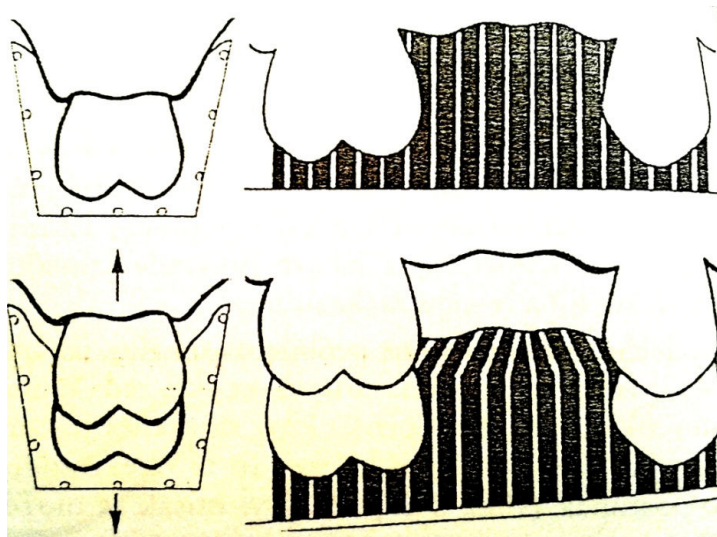




Slika 11. Nasilno produbljen sulkus. Preuzeto iz 3.

Brušeni zubi moraju se otiskivati kvalitetnim elastičnim materijalima. Otisci se vade iz usta energičnim pokretom ne bi li elastična deformacija što kraće trajala i što manje utjecala na trajnu deformaciju otiska (Slika12.).

Stupanj deformacije otiska ovisi o vremenu u kojem je deformirajuća sila djelovala na elastomer (otisak). Vrijeme potrebno za njegovo vraćanje u prvobitan oblik različito je za različite elastomere, a najviše ovisi o stupnju i vremenu deformacije (2). Najbolje je da se otisak izvadi iz usta brzim rotirajućim pokretom. Ako se otisak vuče sa svih strana jednovremeno i odvaja od čeljusti translatornom putanjom, može doći do izražaja fenomen zatvorene pumpe (teško odvajanje otiska od tkiva, izlazak tkivnih tekućina i krvi) (2).



Slika 12. Deformacija otiska. Preuzeto iz 3.

Optičkim otiskom izbjegava se deformacija otiska prilikom vađenja iz usta, ali je za njegovu uporabu potrebna velika vještina terapeuta i suradnja pacijenta (Slika 13).

Nakon otiskivanja, otiscima je važno pravilno rukovati ne bi li se mogli izliti iznimno precizni radni odljevi sa svim potrebnim detaljima (3). Važno je i vrijeme koje će proteći od otiskivanja do izlivanja modela. Elastomeri dugim stajanjem kontrahiraju, i to rjeđi više od gušćih. Na dugo vrijeme stajanja najviše su osjetljivi rjeđi polisulfidi, zatim kondenzacijski silikoni, nešto manje polieteri, a najmanje adicijski silikoni. Jačina vezanosti elastomera za žlicu uvelike određuje što će se dogoditi otisku koji dugo stoji (2).

## **6. POGREŠKE U RADU ZUBNOG TEHNIČARA**

### 6.1. Pogreške prilikom izlivanja radnog modela

Radni model predstavlja onu vrstu modela na kojem se izrađuje protetski rad. Ne bi li se radni model kvalitetno izlio, potrebno je pridržavati se triju osnovnih načela:

1. Radni model u sebi ne smije sadržavati mjehuriće zraka, osobito u području završne linije brušenja bataljka.
2. Na modelu ne smije biti izobličenja bataljka ili zuba.
3. Modeli trebaju biti obrezani, ne bi li se osigurao pristup onim dijelovima bataljka koji se navoštavaju (3).

Za izlivanje radnog modela mora se koristiti odgovarajuća sadra. Model mora imati odvojive bataljkene bi li se precizno oblikovala voštana modelacija rada te, u završnoj fazi izrade nadomjestka, izvršilo slojevanje keramike.

Važno je držati se uputa proizvođača o pravilnom omjeru vode i sadre. Ovaj omjer može utjecati na mnoga svojstva sadre poput vremena stvrdnjavanja, poroznosti, ekspanzije te čvrstoće. Ovu je tehniku važno standardizirati (3).

Pri uzimanju otiska rjeđim elastomerom postoji opasnost deformacije finih detalja koji odgovaraju području stepenice i interdentalne pregrade grubim postupkom ulijevanja ili prevelikom količinom gipsa. Ne bi li se to izbjeglo, model

je potrebno izljevati iz dva dijela (2). Što je kut ovlaživanja otisnih materijala veći, veća je i vjerojatnost pojave zraka tijekom izlivanja otiska (3). Pojava defekata na površini sadrenog modela ne samo da će biti veća, nego će veći biti i defekti (36). Iz otiska izrađenog od elastičnog otisnog materijala odstranjuje se vlaga. Vlaženje i sposobnost izlivanja hidrofobnog otisnog materijala može se poboljšati korištenjem surfaktanta na površini otiska (40). Surfaktanti nanoseni na površinu otiska smanjuju broj zračnih mjehurića u izlivenom odljevu te povećavaju vjerojatnost odljeva bez površinskih nepravilnosti (37). Višak je vlage potrebno ukloniti i s hidrokoloidnog otiska bez nepotrebnog isušivanja. Treba ukloniti vidljive kapljice vode s površine, no otisak još uvijek treba biti sjajan. Ukoliko površina otiska ostane bez sjaja, znak je to da se otisak presušio i može doći do njegovog izobličenja (3). Otisak se ne smije okretati sve dok ne završi početno stvrdnjavanje sadre (41). Nakon stvrdnjavanja sadre, što se događa oko jedan sat nakon izlivanja, otisak treba odvojiti od radnog modela i oblikovati radni bataljak (3). Nepovoljno je duže stajanje modela u otisku iz sljedećih razloga:

- štetnog djelovanja sporednih prizvoda u kondenzacijskoj polimerizaciji (vode, alkohola, plina) na sadru
  
- povećanja krutosti elastomera i kasnijeg teškog odvajanja

- opasnosti od loma finih detalja na modelu ako se elastomer uslijed kontrakcije odvoji od žlice (2).

Izradom nadomjeska CAD/CAM tehnologijom izbjegava se niz laboratorijskih faza u izradi fiksnoprotetskog nadomjeska, a time i mogućnost ljudske pogreške koja u tim fazama može nastati. Ovu činjenicu svakako valja istaknuti jer ukazuje na još jednu prednost upotebe CAD/CAM tehnologije u odnosu na klasičnu izradu fiksnoprotetskog rada.

## 6.2. Pogreške u izradi keramičkog nadomjestka

Keramički nadomjestci mogu se izraditi kao dvoslojni ili monolitni (iz jednog keramičkoga bloka). Izrada dvoslojnog keramičkog nadomjestka može se podijeliti na dva osnovna postupka: izradu osnovne konstrukcije i nanošenje obložnog estetskog materijala.

Pri izradi nadomjestka, bez obzira radi li se o metal-keramičkom ili potpuno keramičkom, treba voditi računa o njegovoj konačnoj dimenziji. Poddimensioniranje nadomjestka (tanke stijenke) može dovesti do njegove deformacije, loma ili do lošeg estetskog dojma. Takvi su nadomjestci slabi i mogu se lako oštetiti tijekom izrade ili tijekom funkcije u ustima pacijenta. Predebeli nadomjestak narušava integritet marginalne gingive i/ili uzrokuje

traumatsku okluziju. Također može doći do Thielmannovog učinka, odnosno promjene na zubima i njihovom parodontu, dijagonalno od mjesta preranog kontakta(10).

#### 6.2.1. Pogreške pri izradi osnovne konstrukcije

Pri izradi metal-keramičkoga nadomjestka, osnovna konstrukcija se dobiva lijevanjem metala ili legure, sinteriranjem (postupkom sinteriranja metalnog praha na dubliranom modelu) ili glodanjem (strojnim glodanjem ili erodiranjem iskrom). Kao alternativa lijevanju metala pri izradi metal-keramičkih nadomjestaka, metalna kapica za jednu krunicu može se izraditi postupkom galvanizacije ili nabiranjem tanke folije (42).

Kod potpune keramike jezgra se dobiva toplo-tlačnim postupkom, infiltracijom stakla te glodanjem presinteriranog ili sinteriranog bloka.

#### 6.2.1.1. Pogreške u izradi osnovne konstrukcije lijevanjem

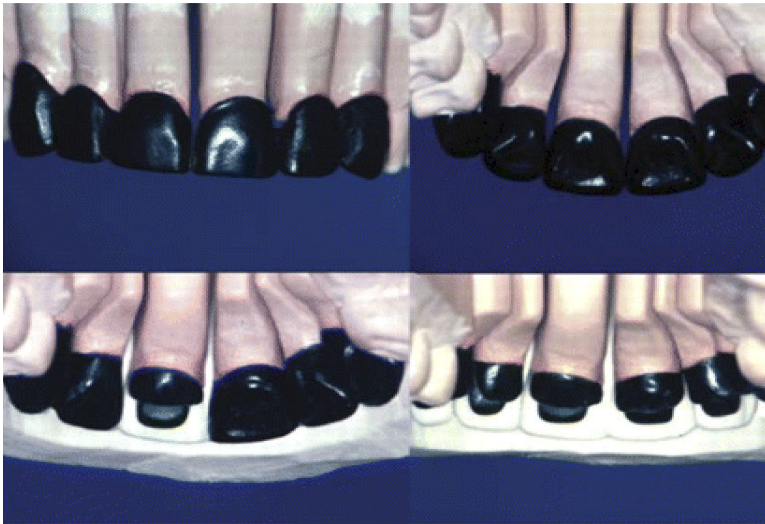
Faze izrade osnovne konstrukcije lijevanjem su sljedeće:

1. modeliranje voštanog objekta
2. izrada uljevnog sustava
3. ulaganje
4. žarenje kivete
5. predgrijavanje kivete
6. taljenje legure i lijevanje

Pripremni korak u izradi lijevanog nadomjestka jest postupak navoštavanja radnog bataljka. Budući da će se voštani objekt tijekom postupka ulaganja i lijevanja duplicirati, gotov nadomjestak ne može biti bolji od svoje voštane modelacije, odnosno sve pogreške i propusti tijekom izrade voštanog modela bit će vidljivi na nadomjestku (3). Tijekom postupka navoštavanja koristi se artikulatorka ne bi li se odredili okluzijski dodiri s antagonističkim zubima (3). Schillingburg (3) i Rosenstiel (43) preporučuju modelaciju voštanog objekta do potpunih dimenzija zuba, a zatim uklanjanje one količine voska koja je potrebna za optimalnu debljinu keramike uz pomoć referentnih žljebova kao kod brušenja



zuba za fiksno protetske radove (Slika 13). Na taj se način uklanjaju nepravilnosti i podminirana mjesta nastala tijekom brušenja te se osigurava jednaka debljina keramike na svim dijelovima, što je važno zbog preraspodjele naprezanja u funkciji i prevencije loma keramike (10).



Slika 13. Navoštavanje. Preuzeto iz 43.

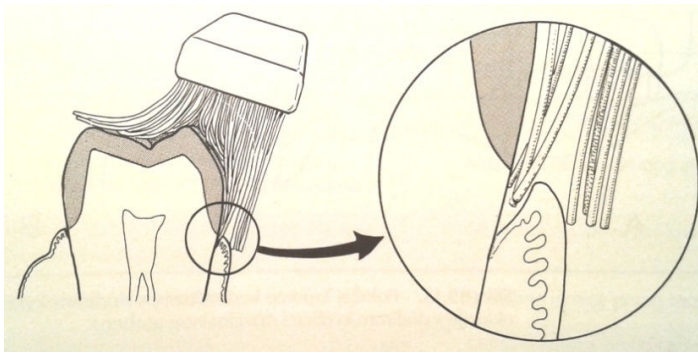
Oblik osnovne konstrukcijemora osigurati ravnomjeran prostor koji iznosi između 1 i 1,2 mm za keramiku. Prekomjerna debljina keramike (više od 2 mm) ne osigurava dovoljnu čvrstoću keramičkoga nadomjestka (Slika 14.) (2).



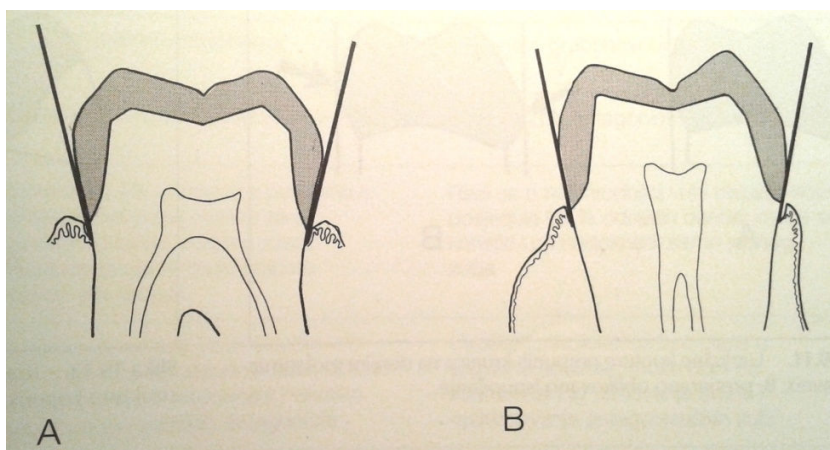
Slika 14. Lom incizalne keramike. Preuzeto iz 44.

Onaj dio uzdužne konture koji se prostire od baze gingivnog sulkusa povrh slobodnog ruba gingive, Stein i Kuwata (45) opisali su kao profil nadomjestka. Pri nadoknadi izgubljenog zuba, oblikovanje ravnog profila nadomjestka trebalo bi predstavljati krajnji cilj protetskog zahvata (46,47). Najčešća pogreška pri oblikovanju uzdužnih ploha voštanog odljeva jest njihovo pretjerano zaobljavanje, odnosno ispupčenje (3). U prošlosti se pretjerana važnost pridavala tzv. zaštitnoj ulozi uzdužne plohe nadomjestka u cervikalnom području. Uslijed takvog stava, stomatolozi i zubni tehničari često preobilno oblikuju ispupčenja u područjima u kojima se ona ne smiju nalaziti te ih postavljaju apikalno, u cervikalno područje. Prekonturirani fiksno protetski nadomjestci s velikim zaobljenim plohama češće potiču nakupljanje hrane i plaka te upalu gingive nego što ju zapravo štite (39,47-56).

Uzdužna stijenka krunice, cervikalno od aproksimalnog dodira, treba biti ravna ili lagano udubljena (Slike 15,16.) (55, 57, 58) i ne smije se naslanjati na interdentalnu papilu (59, 60). Pretjerano konveksne aproksimalne površine smještene apikalno od dodira mogu izazvati značajne upalne promjene na gingivi (48).



Slika 15. Higijenski profil nadomjestka. Preuzeto iz 3.



Slika 16. Ravan profil nadomjestka. Preuzeto iz 3.

Veličina i oblik dodirne plohe međučlanova s grebenom vrlo je važan. Prevelik pritisak nadomjestka na okolno tkivo važan je čimbenik neuspjeha mostova. Ukoliko tijelo mosta nije pravilno oblikovano, može doći do upalne reakcije sluznice uslijed prevelikog pritiska mosta na nju, a nepravilna morfologija krunice dovodi do impakcije hrane (10). Ako vršak međučlana dodiruje sluznicu u području koje prelazi muko-gingivno spojište, na tom će se mjestu stvoriti ranica. Međučlan smije dodirivati samo keratiniziranu gingivu (61). Općenito se prihvaća mišljenje da međučlan ne smije uzrokovati pritisak na bezubi greben (62,63). Međučlanovi koji ne dodiruju greben prilikom postavljanja mosta mogu nakon određenog vremena biti okruženi hipertrofiranim tkivom (64).

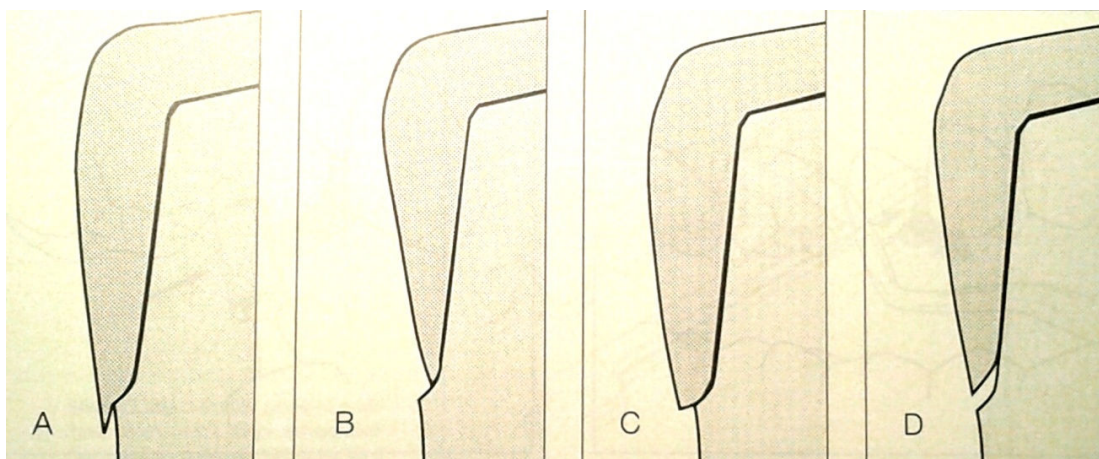
Vrlo česta pogreška u modeliranju osnovne konstrukcije mosta jesu pozicioniranje i oblikovanje spojnih mjesta između članova mosta. Takvi su spojevi osobito neotporni kada osnovna konstrukcija nije jednodijelna, te je prisutna nehomogenost i poroznost. Posebice su riskantni uski spojevi. Ako uljevni sustav nije pravilno postavljen može doći do pogrešaka u lijevanju i to tako da nije osiguran dovod materijala za svaki dio konstrukcije. Iz istog se razloga može javiti i poroznost (2). Spojna mjesta moraju biti pravilno pozicionirana ne bi li se zaštitila papila, omogućila pravilna morfologija marginalnih bridova i dobila iluzija dubine.

Pregracilno tijelo mosta se deformira, savije ili prelomi, te na taj način može ugroziti tkivo grebena i kompromitirati cjelokupnu terapiju.

Rub voštanog modela predstavlja važan dio modelacije. On se ne smije obrađivati oštrim instrumentom jer bi moglo doći do oštećenja površine radnog bataljka i posljedično do izlivanja nadomjestka koji neće imati pravilan dosjed na bataljak (3). Rubove voštanog odljeva potrebno je pregledati zbog sljedećih odstupanja:

- predugih rubova – ako se vosak nalazi izvan linije brušenja može doći do njegova loma prilikom ulaganja voštanog objekta. Posljedice takve pogreške jesu kratki rubovi krunice. Ukoliko se taj višak ne odlomi, može doći do njegove deformacije. Predugi rubovi voštanog modela nakon izlivanja će priječiti pravilan dosjed nadomjestka na bataljak zuba.
- kratkih rubova – neće se osigurati pravilno rubno zatvaranje.
- neravnina - na vosku će se jednako tako odliti i dobiti nekvalitetan, hrapav odljev koji će biti predilekcijsko mjesto za nakupljanje plaka. Tijekom vremena doći će do iritacije i upale okolnog gingivnog tkiva.
- debelih zaobljenih rubova – oni će uzrokovati loš dosjed nadomjestka te lošu uzdužnu konturu koja će dovesti do parodontnih promjena. Rub voštanog odljeva mora biti tanak i gladak.

- otvorenih rubova – oni mogu biti rezultat bilo kojeg prethodno navedenog odstupanja (Slika 17.) (3).



Slika 17. Oblici nepravilnih rubova nadomjestka. Preuzeto iz 3.

Ako se keramikom ne prekriva cijela okluzijska ploha, spoj osnovne, metalne konstrukcije i keramike (ako se tako modelira, najčešće zbog manjka prostora) mora biti 1,0 mm udaljen od okluzijskih dodira koji se ostvaruju u maksimalnoj interkuspidaciji. Spoj se mora nalaziti pod pravim kutom kako bi se izbjeglo poliranje u funkciji, a time i trošenje metala i lom keramike. Oštar kut na spoju metala i keramike češće dovodi do stvaranja pukotina u keramici, nego što to izaziva kut veličine između 90 i 135 ° (65). S druge pak strane, ukoliko je brid metala na spoju s keramikom zakošen ili zaobljen, keramički će materijal završavati u vrlo tankom sloju kroz koji će se nazirati oksidirani metal ili neproziran sloj keramike (3).

Ne smije se zaboraviti na volumske promjene tijekom izrade osnovne metalne konstrukcije. One su prisutne kod materijala za modeliranje, uložnog materijala i kod same legure. Vosak za modeliranje se prilikom prelaska iz tekućeg u čvrsto stanje skuplja za od 0,5 do 1 % što umanjuje lijevani objekt. Kod legura razlikuje se tekuća kontrakcija, kontrakcija pri skrućivanju i kontrakcija u čvrstom stanju koja ovisi o KTR-u legure (42).

Treba obratiti pažnju na debljinu nadomjestka, naime, on ne smije biti pretankih stijenki jer to može dovesti do iskrivljavanja metalne konstrukcije, loma keramike i loše estetike. Radi postizanja zadovoljavajuće čvrstoće i krutosti, metalna konstrukcija izlivena iz plemenite legure mora biti debela najmanje između 0,3 i 0,5 mm (66). Odljev od neplemenita legura može biti tanji (0,3 mm).(67).

Izvor pogrešaka u potpuno keramičkim materijalima mogu se klasificirati u tri kategorije: porozitet, mehaničko i termičko naprezanje te nastanak i propagacija napuklina. Nepravilna obrada može potencirati strukturne manjkavosti (68).

Osnovna konstrukcija se djelomično ili u potpunosti prekriva keramičkim materijalom koji osigurava estetiku (10). Odljev mora podupirati keramiku na svim dijelovima, a osobito na centričnim kvržicama, marginalnim grebenima i incizalnim bridovima te mora slijediti morfologiju zuba.

Kvaliteta odljeva ovisi oprecizno izvedenim svim fazama rada, tj. O sljedećim čimbenicima:

- čistoći voska za modeliranje
- konstrukciji, veličini i obliku uljevnih kanala
- vrsti, kvaliteti i pripremi materijala za ulaganje
- kvaliteti aparata za lijevanje
- vrsti i kvaliteti legure
- temperaturi kivete i taline
- načinu lijevanja
- načinu hlađenja taline (42).

Pri izradi voštanog uljevnog sustava treba voditi računa o sljedećem:

- načinu lijevanja (ručno ili aparatom)
- veličini objekta
- količini legure
- individualnom iskustvu zubotehničara (42).



Ukoliko su uljevni kanali predugački (moraju biti dugački najviše 15 mm), dolazi do preranog hlađenja taline u njima i pri tomu je utrošak legure neekonomičan. Ukoliko su uljevni kanali prekratki, može doći do zastoja taline na graničnim područjima prema objektu. Osim dužine uljevnih kanala, važno je njihovo pravilno postavljanje na voštani model. Moraju se staviti na najdeblje mjesto objekta (žvačna ploha) kako bi talina tekla iz šireg u užu prostor i moraju se postaviti pod kutem od  $45^\circ$  u odnosu na okluzijsku plohu. Osim toga, ne smiju biti prisutni suženi i oštri prijelazi između objekta i kanala. Ukoliko ovi zahtjevi nisu ispunjeni, može doći do preranog skrućivanja taline i posljedično do nepotpunog odljeva i praznina u pojedinim dijelovima objekta (42).

Na svakom se voštanom odljevu postavlja odgovarajuća veličina uljevnih kanala (69). Ukoliko je kanal pretanak, legura će se skrutiti u kanalu prije no što uspije ući u šupljinu dobivenu izgaranjem voštanog modela. Ako se ovo dogodi, rastaljena legura neće moći nesmetano teći iz rezervoara. Ukoliko se uljevni kanal postavi pod pravim kutem u odnosu na zidove objekta, na tom se mjestu može stvoriti tzv. "vruća točka", tj. mjesto gdje će se i nakon skrućivanja nadomjestka nakupljati rastaljena legura, uzrokujući stvaranje isisne poroznosti (70). Zbog navedenog položaja uljevnog kanala može doći do neravnomjernog raspoređivanja rastaljene legure i stvaranja mjehurića zraka u okluzalnim jamicama nadomjestka (3).

Voštani odljev se mora nalaziti 6,0 mm od dna kivete. Ukoliko se nalazi preblizu dna kivete, rastaljena legura tijekom lijevanja može prodrijeti u uložni materijal. Ukoliko je pak previše udaljena od dna kivete, plinovi unutar šupljine ne mogu dovoljno brzo izaći i tako omogućiti punjenje kivete rastaljenom legurom (3). Zračni mjehurići u uložnom materijalu, uz sami voštani odljev, uzrokovat će izbočenja na odljevu (3).

Nakon ulaganja voštanog modela, kiveta se stavlja u peć i potom žari. Pri tome je potrebno naglasiti da kiveta mora biti vlažna i zagrijana na temperaturu od 250 °C. Ovakav je postupak potreban kako bi vosak postao tekuć i kako bi vodena para koja izlazi iz uložnog materijala u prazan prostor kivete mogla potisnuti tekući vosak izvan kivete i tako osigurati čisti prostor u uložnom materijalu. Ukoliko bi kiveta bila suha, nedostajala bi vodena para koja potiskuje tekući vosak, te bi se on uvlačio u uložni materijal. Taj vosak bi pri idućem zagrijavanju izgarao stvarajući zaostali CO<sub>2</sub>, što bi pak moglo prouzročiti nečistoće u odljevu, napuknuća uložnog materijala te netočnost odljeva. Osim toga, zagrijavanje peći mora biti polagano i do određene temperature jer bi brzim zagrijavanjem došlo do naglog razvijanja vodene pare, loma uložnog materijala i dobivanja nepotpunog odljeva (42).

Zagrijana se kiveta prenosi u peć za predgrijavanje ili se oba postupka izvode u istoj peći koja se može programirati. U ovoj je fazi važno slijediti

upute proizvođača o zadanim temperaturama predgrijavanja za svaku određenu leguru. Preniska temperatura uzrokovala bi nedovoljno zagrijanu kivetu, a previsoka bi izazvala prejaku kontrakciju uložnog materijala s posljedicom izobličenog i netočnog odljeva(42).

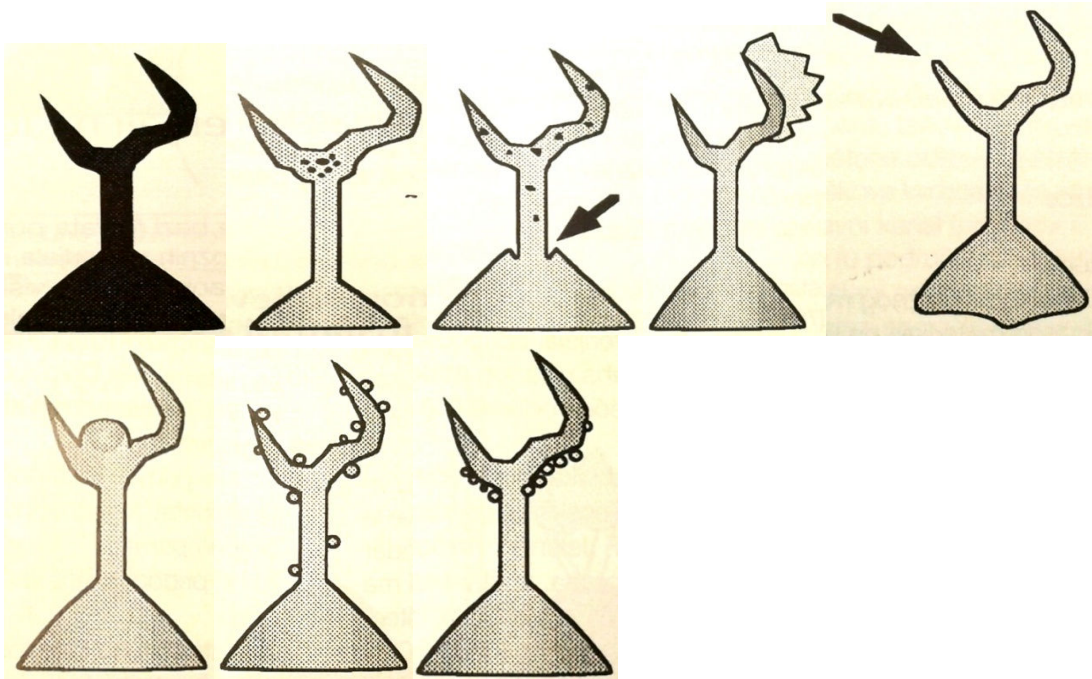
Crnilo na ušću lijevka kalupa ukazuje na prisustvo čestica ugljika, odnosno zaostajanje voska unutar kalupa. Vosak može onemogućiti normalno istjecanje plinova i para tijekom prolaska rastaljene legure kroz lijevne kanale te spriječiti potpuno izlivanje rubova nadomjestka. Čisto ušće lijevka kalupa rezultat je redukcijske reakcije ostatnog ugljika, koja ukazuje na preuranjeno lijevanje (3).

Pogreške pri lijevanju i njihovi uzroci:

- velika zrna nastaju zbog inkluzije zraka tijekom ulaganja
- višestruka sitna zrna nastaju zbog lošeg miješanja uložnog materijala
- zrna samo na donjoj strani odljeva nastaju zbog produžene vibracije nakon ulaganja
- crn, hrapav odljev nastaje zbog previsoke temperature
- uključevine u odljevu nastaju zbog onečišćenja u metalu, grafitnom lončiću, vosku, te zbog ostataka voska i oštećenja uložnog materijala

- lijevanja otvorenim plamenom i opasnost od pregrijavanja i stvaranja npr. bakrova oksidula ili/i oksida
- oštećenja odljeva nastaju zbog:
  - pukotina u uložnom materijalu
  - prevlažne i prebrzo zagrijane kivete (nastaju tvorbe nalik krijesti)
  - nejednoličnog zagrijavanja kivete
  - nedostatka azbestne ili runske vune
- poroznost odljeva nastaje zbog :
  - nečistoće u voštanom odljevu ili manjka čestica uložnog materijala na oštrim rubovima (raspršena poroznost)
  - pretankih kanala bez izgubljene glave
  - podgrijane kivete, temperaturne razlike prema rubu kivete i prebrzog hlađenja
  - zračnih mjehurića zbog apsorpcije plina pri taljenju otvorenim plamenom te zbog pregrijane taline
  - pogrešno smještenih uljevnih kanala
  - pogrešnog položaja u kiveti

- zastoja tijeka topline
- oštih prijelaza između članova mosta
- nepotpuni odljev i kratki zaobljeni rubovi nastaju zbog:
  - nepravilno smještenih uljevnih kanala
  - jednostrano ili nedovoljno zagrijane kivete
  - premale količine legure
  - nedovoljno zagrijane legure.
- netočnost prilagodbe odljeva nastaje zbog:
  - naprezanja u voštanom objektu
  - neadekvatne temperature i vremena predgrijavanja kivete
- perlice na odljevu nastaju zbog:
  - pogrešnog uložnog materijala
  - uložnog materijala koji nije zamiješan vakuumski
  - ostataka sredstva za odmašćivanje (Slika 18.) (3,42).



Slika 18. Greške prilikom lijevanja. Preuzeto iz 3.

Pregrijavanje neplemenite legure česta je pogreška i može dovesti do izgaranja niže taljivih komponenti legure, te uzrokovati probleme prilikom vezanja keramičkog sloja u kasnijim fazama postupka izrade metal-keramičkog nadomjestka (71). Ukoliko je legura pregrijana ili "spaljena", treba ju baciti.

Uporaba uložnog materijala bez poznavanja njegova sastava, svojstava i kompatibilnosti s određenom legurom, bila bi izraz nemara i nestručnosti (10).

Uložni materijal ne smije sadržavati ugljik ako se koriste neplemenite legure, jer uz prisustvo ugljika one postaju krhke.

Ako prilikom lijevanja zaostane vodik, amonijak i sumpor iz uložnog materijala, može doći do smanjenja vezne čvrstoće i stvaranja mjehurića u keramici (3).

#### 6.2.1.2. Pogreške u izradi osnovne konstrukcije potpunokeramičkih nadomjestaka

Potpuno keramička osnovna konstrukcija (jezgra) mora biti modelirana tako da podupire obložni materijal u svim dijelovima. Na taj će način obložni materijal biti jednolike debljine. On ne smije biti deblji od 2 mm jer bi došlo do loma keramike (10). Kod potpunokeramičkih nadomjestaka, dimenzije jezgrenog materijala ne smiju biti manje od preporučenih 0,5 do 0,8 mm (10). Suvremene cirkonij–oksidne keramike mogu se izgledati vrlo tanko (0,3 mm), pa one ne odstupaju bitno od dimenzija dobivenih lijevanjem legura za metal–keramički nadomjestak.

Kod staklokeramika ojačanih leucitima i litijumdisilikatima može doći do poroznosti uslijed nepravilnog termičkog postupka, korištenjem voska koji ne sagorijeva bez ostatka, nepravilnim ulaganjem te nepravilnom pripremom površine osnovne konstrukcije za napečenje obložne keramike.

Slip (infiltracijska) tehnika uključuje izradu precipitata, tzv. zelene keramike. On nastaje miješanjem keramičkog praha s odgovarajućom tekućinom, uranjanjem

## Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

u kupelj te kapilarnim otklanjanjem tekućine. Taj slip (premaz) zelene keramike nanosi se na bataljak, sinterira, a zatim infiltrira niskoviskoznim obojanim staklom.

Pogreške slip tehnike su sljedeće:

- loša rubna prilagodba krunica do koje dolazi iz sljedećih razloga:
  - podminirana mjesta nisu pokrivena
  - lak je postavljen na područje ruba preparacije
  - otisak brušenog zuba je loš
  - omjer praška i tekućine za slip (premaz) je nepravilan
  - vrijeme miješanja je nepravilno
  - temperatura pečenja je neodgovarajuća
  - rubovi preparacije su nejasni
  - ostatci stakla nisu u potpunosti odstranjeni
  - pregrubom manipulacijom prilikom pjeskarenja
- nepravilan tijek sinteriranja do kojeg dolazi zbog sljedećeg:
  - model se tijekom nanošenja slipa nije dostatno vlažio



(površina je poput ljuske luka)

- vlaženja keramike je preintenzivno
- prekratki postupak sinteriranja koji nastaje zbog neispravne peći
- nedovoljna infiltracija do koje dolazi iz sljedećih razloga:
  - temperatura peći nije dostatna
  - vrijeme pečenja je prekratko
  - količina staklenog praha je nedovoljna
  - kapilarni učinak zaustavljen je zbog onečišćenosti
- unutrašnja strana krunice ispunjena je staklom, a do tog dolazi zbog:
  - perforacija tijekom sinteriranja
  - pretanke konstrukcije
  - kontakta između platinskog kolčića i keramičkog materijala tijekom infiltracije staklom (5,10,18,19).

Osnovna konstrukcija potpunokeramičkih nadomjestaka može se izraditi i glodanjem bloka. Procesom glodanja dolazi do izuzetno velikog naprezanja koje može dovesti do fazne transformacije materijala. To se nastoji izbjeći uvođenjem mekšeg presinteriranog bloka.

Osnovnu konstrukciju, bez obzira kojom je tehnikom izrađena, potrebno je ispitati zbog mogućih napuklina koje mogu nastati tijekom izrade. Provjera se obavlja premazivanjem određenim tekućinama koje proizvođač preporuči za tu namjenu. Ako se ustanove mikropukotine u konstrukciji, potrebno ju je ponoviti (10).

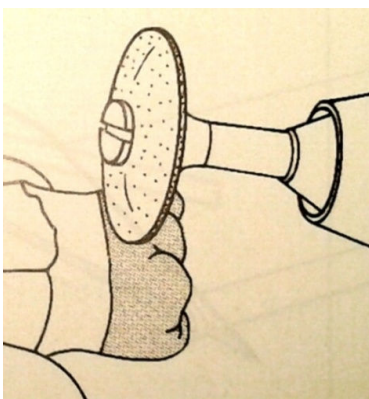
### 6.3. Pogreške u obradi površine osnovne konstrukcije

Obrada površine odljeva prije napečenja keramike može utjecati na vezu dviju sastavnica (72,73). Površina koja se oblaže keramikom mora biti glatka i neporozna. Površinske nepravilnosti i oštri rubovi onemogućuju dobro vlaženje metala keramikom, uzrokuju pojavu vakuola u međuspoju, smanjuju jačinu međuspoja i mogu dovesti do loma keramike (2). S površine odljeva potrebno je ukloniti ostatke uložnog materijala (amonijak i sumpor uzrokuju pojavu rupica i jamica u keramici), kao i nečistoće i masnoće. Tijekom lijevanja problem može predstavljati vodik, koji može prouzročiti smanjenje čvrstoće veze između površine odljeva i keramike, čime dolazi do stvaranja mjehurića u keramici (10). Čak i najmanji ostaci uložnog materijala ili abrazivnih sredstava zaostalih na površini odljeva mogu tijekom pečenja oksidirati i pritom otpuštati plinove. Odljev je moguće kontaminirati i uljnim preparatima s kože nanesenim na odljev tijekom

rukovanja. Kod uklanjanja tih kontaminirajućih ostataka učinkovito se pokazala para (45).

Ako se rabe kiseline, metalni instrumenti ne smiju doći u kontakt jer može doći do elektrodepozicije na površini odljeva (10).

Obrada metalne površine abrazivnim kamenčićima i karbidnim frezama mora se provoditi u jednom pravcu, kako bi se smanjile nepravilnosti površine i uklonila zarobljena onečišćenja (Slika 19.) (63–67, 72-76). Brušenjem površine osnovne konstrukcije u različitim pravcima dolazi do povlačenja slojeva metala jednog iznad drugog, čime dolazi do zarobljavanja zraka, dijelova abraziva i dijelova uložnog materijala između slojeva materijala. Nakupljena onečišćenja mogu uzrokovati nastajanje plinskih tvorbi tijekom pečenja i naposljetku poroznost keramike. Takva poroznost može postati kao područj koncentracije naprezanja, te postati inicijalno mjesto nastanka napukline (74,75).



Slika 19. Laboratorijska obrada osnovne konstrukcije. Preuzeto iz 3.

Sve površine moraju biti zaobljene i glatke ne bi li se izbjeglo naprezanje. Prekomjerno brušenje površine odljeva može uzrokovati smanjenje vezne čvrstoće (76). Preporučuje se pjeskarenje česticama aluminijskog trioksida te čišćenje mlazom vodene pare, otopinom etilnog acetata ili iskuhavanjem u destiliranoj vodi. Bilo kakve nečistoće utjecat će na kvalitetu spoja metal-keramika ili na kvalitetu same keramike. Pjeskarenje povećava mehaničko brtvljenje između keramike i površine odljeva (77).

Obrada površine ovisi o vrsti legure. Odljevi od neplemenitih legura mogu stvoriti veliki sloj oksida pa je potrebno dodatno pjeskarenje i čišćenje (10).

#### 6.4. Pogreške tijekom nanošenja obložne keramike

Napečenje keramike na metalnu konstrukciju postupak je spajanja dvaju gradivnih protetskih materijala u fiksno-protetski rad (78). To je standardna tehnologija u stomatološkoj protetici i naziva se metal-keramika. Keramički materijal koji oblaže metalnu konstrukciju nositelj je estetske komponente koja odgovara estetici prirodnih zuba, dok je metalna konstrukcija nositelj trajnosti, stabilnosti i čvrstoće protetskog rada. Pri tome odljev i obložna keramika moraju imati ujednačen KTR, odnosno metal ili legura mora imati nešto veći KTR kako

bi keramika nakon termičke obrade bila u stanju blage kompresije. Neujednačenost u KTR-u metala i keramike dovodi do pukotina i loma u keramici. Dopusštena razlika između KTR-a keramike i legure ne smije biti veća od  $1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ . KTR keramike može se povećati do  $7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  dodatkom alkalnih iona, poput litijevog karbonata. KTR legure može se dodatkom Pd ili Pt spustiti do  $7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  (10).

Kvalitetna dentalna keramika za oblaganje osnovne konstrukcije od metala mora imati određena svojstva kao što su: ostvarenje čvrste veze s legurom, usklađeni KTR, dobra mogućnost oblikovanja, pouzdana reprodukcija boje prirodnog zuba, stabilnost oblika, malu kontrakciju tijekom pečenja, neosjetljivost na ponovna žarenja, mogućnost brušenja i poliranja, postojanost u ustima, biokompatibilnost, postojanost pri temperaturnim promjenama te veliku otpornost na udarce, smicanje i savijanje (71-73,79,80,81).

Keramika se na osnovnu konstrukciju mora nanositi u slojevima. Kut pod kojim se keramika postavlja na površinu odljeva treba iznositi  $90^\circ$ . Postupak nanošenja obložne keramike započinje miješanjem keramičkog praha i destilirane vode ili originalne tekućine. Time započinje kondenzacija kojoj je cilj zbijanje čestica keramičkog praha. Osnovni uzroci kontrakcije tijekom pečenja keramičkog materijala su slaba kondenzacija i neodgovarajuća gustoća čestica praha. Pravilan tijek kondenzacije keramičkog praha koji se sastoji od čestica

dviju ili više veličina i njihovim zbijanjem u praznom prostoru između njih, dovest će do manje kontrakcije keramike tijekom napečenja. Postupak kondenzacije provodi se na nekoliko načina: vibracijom, špatulacijom, kapilarnim privlačenjem, gravitacijskom metodom i pomoću četkice. Treba naglasiti da su od tehnika nanošenja keramičkog materijala najbolje vibracijska i špatulacijska tehnika jer se pri njima čestice bolje i pravilnije slažu, za razliku od tehnike četkanja (10).

Višak vode iz zamiješane paste nastale kondenzacijom potrebno je ukloniti bugačicom.

Prilikom nanošenja obložne keramike može doći do niza pogrešaka. Česta pogreška je neujednačeno debeli sloj keramike. To, međutim, nije izravno povezano sa samim slojevanjem, već s nepravilno oblikovanom osnovnom konstrukcijom pri čemu se nije vodilo računa o konačnom (punom) obliku nadomjestka. Takva osnovna konstrukcija ne podupire keramiku jednoliko po svoj svojoj površni, te je sloj keramike na nekim dijelovima pretanak, odnosno predebeo, što u konačnici dovodi do loma keramike ili nedostataka u estetici. Krajnaja debljina keramičkog sloja mora iznositi između 0,7 i 2,0 mm. Pri tome, debljina opakera, odnosno prvog sloja koji se nanosi na odljev, ne smije biti veća od između 0,1 i 0,3 mm (10). Odstupanje od ovih vrijednosti dovodi do narušavanja estetike i čvrstoće.

Kako prilikom pečenja (sinteriranja) dolazi do smanjenja volumena obložne keramike, potrebno je istu nanositi u suvišku. Do smanjenja volumena dolazi zbog zgušnjavanja čestica, izgaranja organskih tvari i gubitka vode.

Prilikom slojevanja keramike mogu se dogoditi sljedeće pogreške: nepravilna kondenzacija, nedovoljno vlaženje keramike tijekom slojevanja, hrapavost okluzalne površine, interference, oštri rubovi, podminirana mjesta koja izazivaju povećano naprezanje u keramici (19).

#### 6.5. Pogreške tijekom sinteriranja

Tijekom pečenja u keramičkoj peći dolazi do isparavanja vode i do isušivanja, koje rezultira smanjenjem volumena keramike za 10 do 15 %. Napečenje prvog sloja keramike i izgaranje organskih spojeva rezultira daljnjom kontrakcijom keramičkog materijala. U procesu sinteriranja (pod tlakom i visokom temperaturom) materijal se konačno rastopi, dolazi do svezivanja površinskih slojeva čestica materijala, a ujedno nastaje i smanjenje prostora među česticama, što rezultira smanjenjem volumena keramičkog objekta (ukupno između 35 i 40 %).

Prije početka napečenja pore čine velik dio volumena izmodeliranog objekta. Tijekom pečenja one se smanjuju, a po završenom sinteriranju i hlađenju mogu

zaostati kao prostori ispunjeni zrakom, odnosno zračne inkluzije. Velik udio pora smanjuje translucenciju keramike. Kako bi se izbjegla inkluzija zraka, keramika se peče u vakuumu, često pod tlakom.

Keramika je loš vodič topline, te prebrzo zagrijavanje može dovesti do neusklađenog sinteriranja između vanjskih i unutrašnjih slojeva keramike (10). Isto tako, hlađenje objekta nakon pečenja ne smije biti naglo jer se tada vanjski dijelovi hlade znatno brže nego unutarnji, što može uzrokovati prekomjerno unutarnje vlačno naprezanje i dovesti do stvaranja napuklina unutar materijala ili do potpunog loma nadomjestka (10).

Prekomjerna korekcijska pečenja ili previsoka temperatura dovode do kristalizacije stakla (vitifikacije).

Nakon sinteriranja, keramika se obrađuje uvijek u smjeru gingivnog ruba, a ne okomito na njega, jer bi u tom slučaju čestice metala onečistile keramiku (10). Iz istog razloga ne smiju se koristiti ista brusna sredstva za metal i za keramiku jer bidošlodo obojenja keramike (10).

Kod potpunokeramičkih nadomjestaka do pogreške može doći ako se u zubnom laboratoriju ili u ordinaciji površina obrađuje neodgovarajućim brusnim sredstvima, nepravilnom tehnikom obrade ili bez hlađenja, što može rezultirati stvaranjem napuklina. Nakon pjeskarenja, brušenja i/ili poliranja površine potpunokeramičkog nadomjestka potrebno je provesti termički postupak ne bi li



se piroplastičnim tijekom keramičkog materijala novonastale napukline zatvorile (10).

Nakon završne ručne obrade, rad se glazira ne bi li dobio sjaj i translucenost nalik prirodnim zubima.

#### 6.6. Veza osnovne konstrukcije (odljeva) i obložnog materijala

Veza osnovne konstrukcije i obložnog materijala (vezna čvrstoća) je predmet dugogodišnjih istraživanja. Potrebno je dobiti kvalitetnu vezu između površine odljeva i keramike, budući da je tu riječ o dva strukturno različita materijala. Postoji nekoliko teorija o vrstama veza između keramike i legure:

- mehanička
- kompresijska (teorija naprezanja)
- teorija van der Waalsovih veza
- dendritička
- teorija galvanske korozije
- kemijska teorija

Teorija mehaničke veze zasniva se mehaničkoj retenciji. Površina odljeva se povećava mikroabrazijom površine. Ova se veza smatra dopunskom retencijom.

Kompresijska (teorija naprezanja) govori o važnosti KTR-a metala i keramike. KTR opisuje koliki je postotni porast duljine tijela pri porastu temperature od 1 °C. Uzimajući u obzir činjenicu da keramika bolje podnosi tlačna u odnosu na vlačna naprezanja, na metal se nanosi keramički sloj malo manjeg KTR-a od metala. Time se u keramičkom sloju ostvaruje poželjnije tlačno naprezanje koje dovodi do "prelijevanja" keramike preko odljeva (82). Neusklađenošću KTR-a metala i keramike, osobito u obrnutoj situaciji, gdje je KTR metala veći od KTR-a keramike, dolazi do vlačnog naprezanja u keramičkom materijalu i do stvaranja pukotina unutar njega.

Teorija van der Waalsovih veza govori da intenzivnim približavanjem dvaju materijala dolazi do njihovog međusobnog privlačenja. Ove su sile male i imaju ulogu jedino u vlaženju metalne konstrukcije tijekom napečenja.

Dendritička se teorija temelji na prodiranju metalnih sastavnica iz stakla u područje metal-keramičkog međuspoja.

Teorija galvanske korozije temelji se na nastanku galvanskog spoja. Atomi Cr i Ni u dodiru sa željezom precipitiraju, te nastaje galvanski spoj, a željezo kao anoda odlazi u otopinu. Tako se prema keramici stvara neravna površina koju ispunjava staklo iz keramike i na taj način stvara vezni sloj.

Teorija kemijskog spajanja najvažnija je teorija. Žarenjem metalne konstrukcije dolazi do stvaranja tzv. tracer atoma koji difundiraju na površinu metala. Oni reagiraju s atmosferskim kisikom, tj. oksidiraju. Za njih se vežu atomi silicija iz keramike i dolazi do formiranja veze između metala, veznog elementa i keramike. Na taj se način ostvaruje kemijska veza između metala i keramike. Zbog ovoga je važno da u sastavu legura bude elemenata koji se lako spajaju s kisikom, poput kositra, indija, cinka i galija i to u koncentraciji nižoj od 2 %.

Nastanak oksidnog sloja na površini odljeva važan je čimbenik u ostvarivanju vezne čvrstoće između dviju sastavnica. Oksidacijski postupak pri tome može biti namjerno proveden prije napečenja keramike ili legura može oksidirati tijekom ciklusa napečenja. Svakako je poželjno da keramika dođe u dodir sa slojem oksida, a ne sa površinom odljeva (10).

Neplemenite legure mogu tijekom žarenja proizvesti preveliku količinu oksida, što može negativno utjecati na veznu čvrstoću. Osim toga, i predugo žarenje može dovesti do pogreške jer se tada keramika može obojati u zeleno. Ne bi li se to izbjeglo, potrebno je provesti dodatno čišćenje površine ovakvih odljeva (10).

## 6.7. Kohezivni i adhezivni lom keramike

Komplikacije u protetskoj konstrukciji uključuju lom nadomjestka (najčešće obložni materijal). Mostne konstrukcije najčešće se lome na spojnim mjestima međučlana i sidra, zbog čega se ističe važnost pravilnog dimenzioniranja (10).

Keramika je krhak materijal koji se pod opterećenjem ne deformira, već lomi. To je čini posebno osjetljivom na male pogreške u njezinoj strukturi jer one mogu biti ishodišta za lomne pukotine. Naprezanja koja djeluju izvana na nadomjestak dovode do širenja napuklina te njihova postupnoga međusobnog spajanja. Nakon prekoračenja kritične lomne žilavosti, keramika se lomi. Keramika izvrsno podnosi tlačna, a slabo vlačna i smična naprezanja. Pri vlačnom i smičnom naprezanju znatno se smanjuje opteretivost keramike jer ona otvaraju bočne strane napuknuća, koje se time još više produbljuje. Tlačnim naprezanjem lomna se napuknuća zatvaraju, stoga pod ovim opterećenjem ne dolazi do njihova širenja (10).

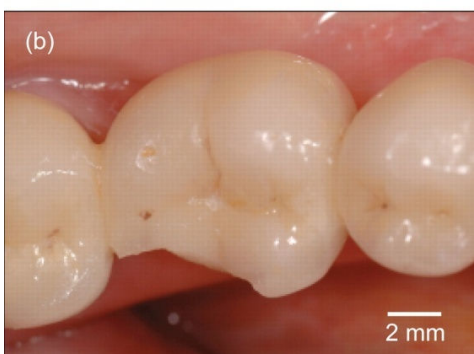
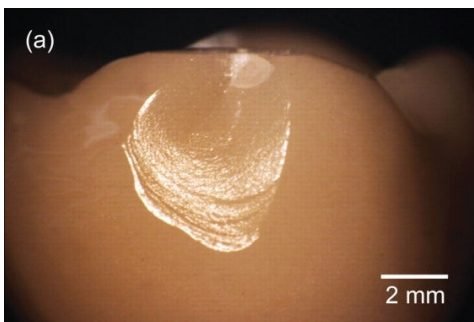
Evaluacija kliničkog neuspjeha pokazuje da 90 % grešaka nastaje zbog naprezanja. U potpuno keramičkim krunicama očvršćenje se često postiže uvođenjem sekundarne kristalinične faze. Naprezanja nastaju zbog razlike u KTR-u kristala i amorfne staklene matrice. U dvoslojnim sustavima naprezanja nastaju zbog razlike između KTR-a jezgrenog i fasetnog materijala. Naprezanja

nastaju ispod spoja i u samom spoju tih dvaju materijala, zbog čega nastaju napuknuća koja će, ako se prošire do površine nadomjestka, dovesti do njegovog loma. Ovo pokazuje da je kritično naprezanje na veznoj, a ne na funkcijskoj površini nadomjestka (83). Inicijalno mjesto za nastanak napuknuća može biti i poroznost (10).

Modul elastičnosti (ME) glinične keramike iznosi između 50 i 70 Gpa i veći je od ME dentina (između 12 i 20 GPa) i ME cakline (između 20 i 100 GPa). Uslijed takvih razlika u vrijednosti može doći do loma nadomjestka pri okluzijskom opterećenju, osobito njegovog cervikalnog dijela kao mjesta najvećeg opterećenja. Najčešće dolazi do loma keramike u gingivnom dijelu ili na samim kvržicama krunice, ako postoje prijevremeni kontakti (2).

Do loma metalne konstrukcije najčešće dolazi zbog poddimenzioniranja spojnih mjesta između sidra i međučlana. Kod metal-keramičkih mostova, minimalna visina (okluzogingivalno) i širina (bukolingvalno) te debljina iznosi 2,5 mm. Otpornost na lom ovisit će o veličini, obliku i položaju spojnih mjesta te o dužini mostne konstrukcije. Mostovi od potpune keramike moraju imati nešto veća spojna mjesta (oko 4 mm), osobito ako se radi o staklo-keramičkim nadomjestcima. Problemi u ostvarivanju dovoljne visine spoja mogu nastati kod elongiranih zuba te kod niskih kliničkih kruna. Nedostatna labiolingvalna širina može biti uzrokovana dubokim zagrizom (84).

Lomovi keramike mogu se podijeliti na adhezijske (po slojevima) i kohezijske (unutar sloja). Adhezijski lomovi odnose se na one smještene na spoju keramike i osnovne konstrukcije, a kohezijski su smješteni unutar samog keramičkog sloja. Uzroci kohezijskog loma mogu biti mikrostrukturalne prirode, npr. pore, napukline, uključevine ili velika zrna, loš oblik nadomjestka, opterećenje, oblik osnovne konstrukcije koji ne podupire keramiku na svim njegovim dijelovima te neujednačeno debeli sloj keramike (Slika 20.). Nepravilna kondenzacija, nedovoljno vlaženje keramike tijekom slojevanja, hrapavost okluzane plohe, interference, oštri rubovi i podminirana mjesta također su uzroci loma (19).



Slika 20. Kohezijski lom. Preuzeto iz 85.

Adhezijski lom najčešće nastaje zbog nepravilne, najčešće nedovoljno pripremljene površine osnovne konstrukcije (Slika 21.). Kod metal-keramike potrebno je paziti na pravilno proveden oksidacijski postupak kako bi se osigurala optimalna količina oksida (86).

Prema McLeanu i Scedu (87) tip loma smatra se značajnijim pokazateljem veze metala i keramike nego numeričke vrijednosti dobivene ispitivanjima. Stoga se mikroskopskim i makroskopskim pregledom primjera loma metal-keramičkog uzorka može okarakterizirati kvaliteta veze. Legure klasificirane na one koje ostvaruju dobru vezu s keramikom pokazuju široka područja zaostalog opakera, dok one koje ostvaruju slabu vezu karakterizira malo ili nimalo zaostalog opakera nakon loma.



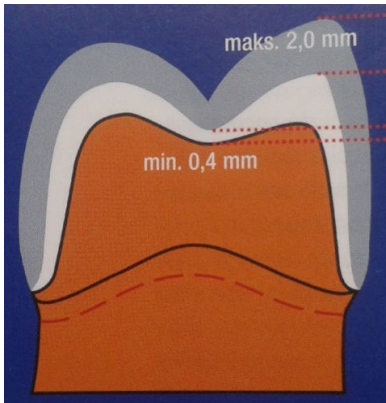
Slika 21. Adhezijski lom. Preuzeto iz 88.

Cirkonij-oksida keramika danas se smatra dugoročno stabilnim skeletnim materijalom za izradu krunica i mostova i u lateralnom području (89). Pregledom relevantne literature uviđa se da se učestalo javljaju tehničke komplikacije u vidu fraktura obložne keramike (90,91). Frakture obložne keramike pojačano se javljaju u području molara (Slike 22-24.) (90).

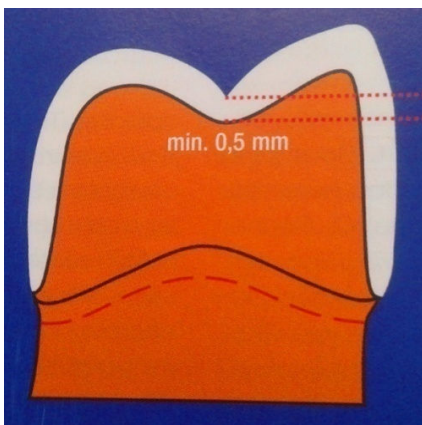


Slika 22. Nedovoljna potpora skeleta za buduću obložnu keramiku. Preuzeto iz 89.





Slika 23. Potreban raspoloživ prostor za fasetirani nadomjestak. Preuzeto iz 89.



Slika 24. Potrebna minimalna debljina materijala za potpuno anatomsku cirkonij-  
oksidnu keramičku restauraciju. Preuzeto iz 89.

#### 6.8. Određivanje boje

Pravilan odabir boje nadomjestka vrlo je važan jer je boja s njezinim parametrima ključan čimbenik estetike, osobito iz perspektive pacijenta. Loš odabir boje čest je razlog nezadovoljstva pacijenta. Današnji (suvremeni) trendovi ljepote (estetike) ističu "bjelinu" zuba kao najvažniji čimbenik u estetici osmijeha. Bijeli zubi smatraju se odlikom mladosti. Ne treba, međutim, slijepo slijediti pacijentove želje. Pacijenti često imaju nerealna očekivanja, pa bi im trebalo ukazati, osobito ako se radi o osobama starije životne dobi, da bi presvijetli (prebijeli) zubi mogli izgledati umjetno, neprikladno životnoj dobi i da će se prebijelom bojom nadomjestka postići suprotan učinak.

Određivanje boje mora se učiniti prije brušenja zuba, a nikako, što je čest slučaj, nakon što su zubi izbrušeni i osnovna konstrukcija dovršena (Slika 25.). Jednako tako, boja se ne smije određivati nakon anestezije i nakon napornog rada (2).



Slika 25. Određivanje boje. Preuzeto iz 12.

Uzrok pogreške pri određivanju boje može biti posvećivanje premalo vremena njezinom određivanju, pri čemu se ono zasniva na letimičnom pogledu na izbor boja. Potrebno je naglasiti da određivanje boje može biti loše odrađeno i kada se to radi predugo, budući da nakon nekog vremena dolazi do zamora oka. Promatranje zuba treba biti vrlo brzo (5 sekundi ili manje), ne bi li se izbjeglo zamaranje čunjića mrežnice oka i osjetljivost na žutu boju (92,93). Što se dulje gleda u zub, to je više slabi sposobnost razabiranja, a čunjići se senzibiliziraju na više boja. Prema mišljenju nekih liječnika, stomatolog ne smije pri određivanju boje gledati u zub više od 20 sekundi (94), dok drugi autori smatraju da to vrijeme treba biti i znatno kraće (5 sekundi) (95). Kako bi se regenerirala

sposobnost retine za percepciju žute boje, potrebno je odmoriti oči kraćim gledanjem u plavu boju (3).

Pogreška je ne obratiti pažnju na osvjetljenje jer pritom dolazi do metamerizma, odnosno različite percepcije boje uslijed različitog osvjetljenja.

Potrebno je uočiti nijansiranost svakog pojedinog zuba i nijansiranost zubnog niza te percipirati ton, nijansu, svjetlinu i teksturu površine zuba.

#### 6.8.1. Loša estetika nadomjestka

Estetski uspjeh protetske terapije odnosi se na ponovnu uspostavu sklada te integriteta anatomije. Pritom važnu ulogu ima cijeli niz čimbenika: boja (ton boje, zasićenost, svjetlina), površinska svojstva nadomjestka, harmoničan položaj zubi, odnos zubi i mekog tkiva (osobito kod osmijeha pri kojem je vidljiva gingiva) te brojni drugi čimbenici. Cilj protetske terapije jest postići biološki i mehanički dugoročno kvalitetan zubni nadomjestak koji će pridonijeti estetsko-emocionalnom zadovoljstvu pacijenta (96). Ideal estetike ovisi o kulturi, starosti i spolu, a stomatološko viđenje estetike ne smije biti jedina odrednica završnog rada (97).

“Apsolutna estetika” zahtijeva nevidljivost metala (Slika 1.). Nadomjestak koji je kombinacija metala i estetskoga materijala zadovoljavat će

„konverzacijsku“ estetiku ako je metal nevidljiv prilikom uobičajene komunikacije. S druge strane, ako metal postaje vidljiv, npr. podizanjem usne ili recesijom gingive tijekom vremena, nadomjestak više neće zadovoljavati "apsolutnu estetiku". Pacijent je posljednji sudac u procjeni "estetike" krunice ili mosta, te je stoga važno odrediti granice prije izrade samog nadomjestka (98). Često se gingivni rub nadomjestka upravo zbog estetike smješta subgingivno, što može dovesti do oštećenja i oboljenja parodonta. Tome pridonose i drugi postupci, poput traume tijekom brušenja zuba, otiskivanja ili nepravilno oblikovanih rubova privremenog nadomjestka (10). Kod 60 % nadomjestaka, nakon perioda od dvije godine poslije cementiranja, postanu vidljivi prvotni subgingivni rubovi (3).

Povezanost subgingivno smještenog ruba krunice i razornog djelovanja na parodont dokazana je u velikom broju istraživanja (83-86,99-103).

Ne bi li se izbjeglo prosijavanje boje metalne konstrukcije u njezinom vratnom dijelu, rub metal-keramičkog nadomjestka može se izraditi u keramici (10).

Prosijavanje boje metalne podloge može nastati zbog nedostatnog brušenja uporišnoga zuba, nedovoljne debljine dentinskog keramičkoga sloja ili zbog pretankog sloja opakera (10). Treba obratiti pažnju na leguru koja se koristi za izradu osnovne konstrukcije jer legure sa Cu i Co stvaraju tamne okside, a Ag boji keramiku u zeleno.

Manjak translucencije na aproksimalnim dijelovima posljedica je predebelog metala na ovim stranama. Ako su aproksimalni prostori tamni, onda se spoj metala i keramike nalazi odviše vestibularno. Proksimalno postavljeni metal može vizualno potamnjeti aproksimalne plohe susjednog zuba (3). "Crni trokuti" mogu biti izrazito loši u estetskom smislu (Slika 26.). Osim toga, oni omogućuju nakupljanje plaka, ometaju slobodan prolaz zubnom koncu te mogu smanjiti krutost raspona međučlanova (103-104). U ovaj gingivni slobodni prostor može se nanijeti ružičasta keramika koja će oponašati interdentalne papile (105,106).



Slika 26. Crni trokuti. Preuzeto iz 12.

## Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

Različita boja članova fiksno protetske konstrukcije, iako je rađena istim materijalom, posljedica je nejednolike debljine keramike na članovima (osobito na sidru i međučlanu).

Pretamnu boju nadomjestka nemoguće je posvijetliti, dok je obratno moguće (3).

Mreža napuklina na površini keramike može nastati zbog pretanke keramike.

Mjehurići su posljedica prevelikog broja ciklusa pečenja, unosa zraka tijekom modeliranja ili loše obrade površine odljeva.

Potrebno je izbjegavati pretjerano pečenje keramike, jer može doći do vitrifikacije, što znači da se keramika dovede u kristalinično stanje i postane mliječne boje. Vitifikacijom se gubi prirodnost nadomjestka i više ga ni jedan postupak ne može vratiti u prvobitno stanje (10).

Kod potpunokeramičkih nadomjestaka mogu nastati sljedeći estetski nedostaci:

- kapljičasta/ljuskasta površina, koja nastaje zbog:
  - nedovoljnog vlaženja tijekom slojevanja keramike
  - dugotrajne kondenzacije
- manjak translucencije, koji nastaje zbog:
  - greške u vakuumskom sustavu

- preniske temperature pečenja
- prekratkog vremena predgrijavanja ili pečenja
- uporabe uljnih tekućina za modeliranje
- smanjenja prozirnosti keramike zbog pora. Keramika s velikim brojem masivnih pora nema sjaja i mrtve je boje. Zbog toga se ona peče pod tlakom i u vakumu ili pak u prisustvu helija, dušika ili vodene pare (10).

- sivkasta nijansa keramike, koja nastaje zbog predebelog sloja caklinske keramike
- crne točke u keramici, koje nastaju zbog:
  - zaostalih otpiljaka polirera
  - zaostalih čestica metala nakon obradbe ili drugih nečistoća
- obrisi četkice, koji nastaju zbog nečistoća zaostalih na četkici ili površini objekta (10).

Loša estetika nadomjestka može biti i posljedica loše komunikacije sa zubnim tehničarom.

#### 6.9. Pogreške pri okluziji i artikulaciji



Pri provođenju protetske terapije vrlo je važno, s obzirom na vlastite vještine i oralno zdravlje pacijenta, težiti oblikovanju okluzije koja će biti najbližnja idealnoj. Pritom bi idealna okluzija bila ona koja zahtijeva minimalnu prilagodbu pacijenta. Važno je da stomatolog svojim radom ne uzrokuje jatrogenu, patološku okluziju (3). Tako je cilj protetske terapije dovesti međučeljustne odnose u harmoničan odnos s TMZ-ima i kretnjama donje čeljusti. Na taj se način izaziva minimalno naprezanje u stomatognatom sustavu, te je potreban minimalan napor sustava pri kontroli osnovnih položaja i kretnji donje čeljusti (2).

Oblikovanje okluzalne morfologije mora biti u skladu s pravilima određenog koncepta okluzije (10).

Okluzijske sheme mogu se klasificirati prema položaju okluzijskog dodira funkcijske kvržice na antagonističkom zubu tijekom položaja centrične relacije.

Okluzijski kontakti zuba u interkuspidaciji mogu biti:

- kvržica - marginalni brid - ovo je koncept okluzije kod kojeg potporne kvržice uspostavljaju kontakte s marginalnim bridovima ili u centralnim fisurama zuba antagonista. Prisutan je kontakt jednog zuba sa dva antagonista.

- kvržica - fisura - kod ovog koncepta okluzije svaka potporna kvržica je smještena u sagitalnoj fisuri zuba antagonista. Prisutan je kontakt jednog zuba s

jednim antagonistom. Okluzijske sile imaju smjer paralelan s uzdužnom osi zuba, pa se ovaj koncept preporučuje za izradu metal-keramičkih i potpuno keramičkih nadomjestaka (2).

S obzirom na činjenicu da većina odraslih osoba ima tip okluzije s dodirnom površinom i marginalnog brida, taj tip predstavlja najčešće korišteni okluzalni obrazac u svakodnevnoj stomatološkoj praksi (3).

Okluzija vođena očnjakom je u izradi fiksnih nadomjestaka vrlo zastupljena. Jednostavno se uspostavlja i pacijenti je lako prihvaćaju. Međutim, u slučajevima gubitka koštanog tkiva u frontalnom dijelu ili gubitka očnjaka, rekonstrukcija okluzije mora se izvesti po konceptu grupno vođene okluzije (2).

Sužavanje okluzalne površine metal-keramičkih članova mosta može stvoriti teškoće u postizanju skladnih i stabilnih okluzijskih odnosa. Iz navedenog razloga bolje je modelirati okluzalnu površinu članova mosta u prirodnoj dimenziji (2).

Provjeru kontakata u položaju maksimalne interkuspidacije, lateralnih i protruzijskih kretanja potrebno je provesti u artikulatoru. Ako je okluzalna ploha samo dijelom obložena estetskim materijalom centrični kontakti ne smiju biti na spoju keramike i metala, odnosno moraju biti udaljeni najmanje između 1,0 i 1,5 mm (10).

**7. ODNOS GRADIVNOGA MATERIJALA FIKSNOPROTETSKOGA RADA I  
USNE ŠUPLJINE**

### 7.1. Tribološka svojstva keramike

Trošenje nasuprotnih zuba se često pogrešno povezuje isključivo s tvrdoćom keramičkog materijala. Tvrdoća je jedan od fizikalnih čimbenika triboloških svojstava keramike, uz koeficijent trenja i otpornost na lom. Keramiku odlikuje velika mikrotvrdoća (400 - 600 HV) naspram cakline (340 HV). Takve razlike u mikrotvrdoći mogu dovesti do potencijalne abrazije površine zuba ili akrilatnog nadomjestka u suprotnoj čeljusti, osobito ako površina keramičkog nadomjestka nije pravilno obrađena, odnosno ako su na površini zaostali oštri rubovi kristala ili rubovi pora (107). Mnoga istraživanja u svijetu i kod nas bavila su se ovom problematikom (108,109). Neka, pak, istraživanja pokazuju da polirana keramika djeluje slabije abrazivno na zubnu strukturu antagonističkih zubi od glazirane keramike (110). Važno je naglasiti da na proces trošenja osim tvrdoće utječe i niz drugih čimbenika: čvrstoća, žilavost, umor materijala, mikrotvrdoća sastavnica keramike, kemijska otpornost, izloženost korozivnim agensima, abrazivnost hrane, kvaliteta površina u dodiru, veličina i smjer žvačnih sila te bruksizam. Važna je veličina i oblik dodirnih površina te uvjeti u dodiru, sila tijekom dodira i brzina pokreta dodirnih površina (10). Sljedeće odrednice tribološkog odnosa keramike i antagonista definirane su mikrostrukturom keramičkog materijala te kvalitetom obrade površine

keramičkog nadomjeska. Kod mikrostrukture razmatra se vrsta, veličina i distribucija kristala. Rubovi kristala su oštri i, ako dođu na površinu nadomjestka, oštećuju nasuprotne zube. Granice pora su često oštre, pa mogu tribološki kompromitirati nasuprotne strukture. Ubrušavanjem glazirane površine nadomjestka narušava se njegova kompaktnost, čvrstoća i estetika, a povećava tribološki učinak na nasuprotne zube (111). Ako se zbog nekog razloga otkloni glazura i nije ju moguće ponoviti, površina se mora ispolirati brusnim sredstvima finoće u određenom slijedu i dijamantnim pastama za poliranje keramike. Ipak, treba imati na umu da je time kvaliteta površine nadomjestka narušena, a time i njegova čvrstoća, te je povećan njegov abrazivni učinak na tribo par (10).

Nasuprot tradicionalnom uvjerenju da je polirana keramika grublje površine od glazirane (112), najnovija kvalitativna i kvantitativna istraživanja polirane površine određenih keramika pokazuju kako se zadovoljavajuća površina može postići uporabom različitih dostupnih setova za poliranje (113). U jednom istraživanju Junga i sur. (114) utvrdilo se da polirane, kao i glazirane površine cirkonij-oksidge nadomjestka, pokazuju manju abraziju antagonista nego klasične fasetne (glinične) keramike. Isto potvrđuju i rezultati istraživanja Preisa i sur. (115) te Rosentritta i sur. (116). U oba je istraživanja dokazano da je abrazija antagonista kod cirkonij-oksidge keramike bila manja nego kod litij-disilikatne i kod gliničnih keramika. Razlozi za povećanu abraziju antagonista kod glinične keramike uglavnom su promjene površine uvjetovane funkcijom.

Keramika u funkciji postaje hrapavija i zbog otapanja površinskog sloja pod utjecajem korozivnog okruženja usne šupljine. Na taj način dolazi do stvaranja sekundarnog poroziteta, pukotina i oštećenja na površini (tribokorozija). Takve promjene površine su potvrđene u kliničkim istraživanjima i s dvoslojnim potpuno keramičkim restauracijama (117-118). Mnoga istraživanja pokazuju da se takva oštećenja površine kod cirkonij-oksidnih keramika ne javljaju. Većina istraživanja je pokazala da polirane površine cirkonij-oksidne keramike pokazuju čak manju abraziju antagonista nego glazirane (105-110,114-116,119).

## 7.2. Napetosna korozija

Kod analize trajnosti fiksnih nadomjestaka treba obratiti pažnju na mehaničku i elektrokemijsku postojanost te uzajamno nepovoljno djelovanje žive sredine i gradivnih materijala (2). Zbog međusobne reakcije gradivnih materijala i usne šupljine dolazi do elektrokemijskog ili kemijskog procesa pri čemu dolazi do razgradnje materijala (2).

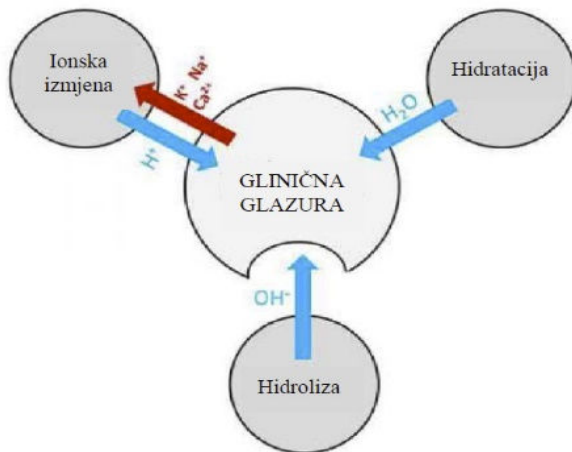
Keramika je u usnoj šupljini pod neprestanim utjecajem vlage, promjena temperature i pod cikličkim naprezanjima. Osim vanjskih čimbenika, na umor keramike utječe mikrostruktura keramike, prisustvo i veličina napuklina u keramici, žilavost keramike te veličina žvačnih sila. Potrebno je naglasiti da je

usna šupljina kao medij izrazitog koroziivnog djelovanja i može potencirati propagaciju napuklina koje će vremenom dovesti do loma keramike.

Propadanje fiksnoprotetskog rada zbog savijanja i trošenja u funkciji je dokumentirano nizom znanstvenih i stručnih studija (1,111,113,129-122). U vlažnoj sredini nastaje kemijska reakcija između keramike i vode, odnosno dolazi do skretanja te potom širenja napuklina. Ovaj fenomen poznat je pod nazivom "napetosna korozija" ili "statički umor" (43). Pri tome vlaga iz usne šupljine utječe na staklenu matricu, odnosno na veze između silicijevih tetraedara kao gradivnih jedinica staklenog matriksa. Velike oscilacije u pH vrijednosti u usnoj šupljini će olabaviti i dovesti do popuštanja Si-O-Si veza u staklenom matriksu i propagacije napuklina kroz materijal. To slabljenje veze između oksida i silicija na površini odljeva na metal-keramičim nadomjestcima dovodi do slabljenja veze između površine odljeva i keramike (Slika 27.).

Viša temperatura okoliša pogoduje koroziivnim procesima. Termički šok utječe na promjene strukture nadomjeska. Na njih su posebice neotporne mineralne tvari (keramika) i spojevi različitih materijala, posebno ako su im KTR-i neujednačeni (2).

Cirkonij-oksidna keramika na vlagu reagira smanjenjem mehaničkih svojstava prijelazom u volumenski lošiju monoklinsku fazu (19).



Slika 27. Korozivni procesi u usnoj šupljini. Preuzeto iz 123.





Na preciznost rubnoga dosjeda krunice na uporišni zub mogu utjecati sljedeći čimbenici:

- loša preparacija s podminiranim mjestima
- deformacija otiska
- duže stajanje gipsa prije izrade radnog modela
- slaba kvaliteta gipsa
- nepoštivanje odnosa gipsanog praha i vode. Ukoliko se ne može postići dobro rubno zatvaranje, potrebno je ponoviti otisak i izraditi novi protetski rad (2).

Prije cementiranja treba procijeniti i odnos s mekim tkivima jer je predimenzioniranost nadomjestka čest problem. Odnos s mekim tkivima se procjenjuje vizualno. Ukoliko postoji ishemija gingive i interdentalne papile, krunica je preširoka. Potrebno je ukloniti višak keramike izvan stepenice ako je moguće ili ukloniti krunicu. Aproksimalne površine ispod kontaktne točke trebaju biti ravne ili blago konkavne ne bi li se odgurao prostor za interdentalnu papilu (2).

Prilikom cementiranja može doći do pogrešaka zbog lošeg odabira cementa, postupka miješanja ili u aplikaciji samog cementa. Ukoliko cement nije pravilno pripremljen, može doći do upalne reakcije pulpe uporišnog zuba (10).

Neki od problema uzrokovanih lošom tehnikom cementiranja su: pojavljivanje prijevremenih dodira, pulpitis, popuštanje slabo pričvršćenog nadomjestka te sekundarni karijes (3). U slučaju preopsežnog brušenja zuba ili hiperosjetljivosti koja dovodi u pitanje vitalnost zuba, preporuča se uporaba biološki kompatibilnijeg cementa, kao što je polikarboksilatni cement (3). Kod nekih se pacijenata cement brže rastapa u odnosu na druge (124), te se kod njih preporuča uporaba stakleno-ionomernih cemenata koji služe i za prevenciju nastanka sekundarnog karijesa. Topljivost cink-fosfatnog cementa značajno se povećava njegovim prijevremenim dodiranjem s vlagom (125).

Jedan od uvjeta za dugotrajnost nadomjestka je kvalitetno rubno zatvaranje. Rubovi nadomjestka moraju tijesno prilijegati na površinu preparacija (10). Prihvatljiva rubna pukotina između bataljka i nadomjestka iznosi između 9,0 i 148,8 mikrometara ( $\mu\text{m}$ ) (126). Zbog nedostatnog rubnog zatvaranja može doći do sekundarnog karijesa i/ili popuštanja vezivnog sredstva (10). Čimbenici koji mogu utjecati na nepotpun dosjed su viskoznost cementa, morfologija nadomjestka, vibracija (127), ventil i sila dosjeda (128). Vibracijski postupak tijekom cementiranja poboljšava dosjed potpunih krunica za 27  $\mu\text{m}$ . Vibracija osigurava potpuniji dosjed od primjene statičke sile (129). Sila dosjeda mora biti zadovoljavajuća kako bi osigurala potpuni dosjed, ali prekomjerna i dugotrajna sila može izazvati elastično naprezanje dentina stvarjući protusilu, koja će nakon popuštanja pritiska krunicu jednostavno izbaciti iz ležišta (130).

Keramičke krunice se mogu cementirati cink-fosfatnim cementima, staklo-ionomerima ili kompozitno-akrilatnim cementima. (131,132). Odabir cementa ovisi o mehaničkim svojstvima keramike. Potpune keramike sa svojom čvrstoćom većom od 350 MPa (litijeve disilikatne, staklom infiltrirane oksidne, sinterirane aluminij-oksidne i cirkonij-oksidne keramike) mogu se pričvrstiti konvencionalno (stakleno-ionomernim cementima i kompomerima pa čak i cinkoksifosfatnim cementom) ili adhezijski (kompozitnim cementima). Keramike sa svojom čvrstoćom do 350 MPa (silikatne ili glinične keramike) mogu se pričvrstiti samo adhezijski, kompozitnim cementima. Prednost je adhezijskog cementiranja u stabilizaciji uporišnog zuba. Pričvršćenjem potpunokeramičkih nadomjestaka kompozitnim cementima osigurava se čvrsta veza s uporišnim zubom, čime se cijeli kompleks „uporišni zub-cement-krunica“ ujedinjuje (stvara se monoblok) i tako postiže funkcijska trajnost tijekom duljeg razdoblja. Tako cementiran keramički nadomjestak manje je sklon lomovima (133).

Retencija djelomičnih i potpunih krunica cementiranih s cinkofosfatnim ili stakleno-ionomernim cementima temelji se na mikrohrapavosti dentina. Zbog toga će svaki glatki adhezijski sloj koji pokriva površine prepariranog dentina, osobito kada se koristi višefazni adhezijski sustav postavljen radi prevencije preosjetljivost dentina, automatski iznivelirati mikrohrapavost dentinskih stijenki, te tako interferirati s retentivnim mikroumrežavanjem cementa i preparirane površine zuba (134).

Pri pripremi nadomjestka za cementiranje također može doći do pogreške, pa tako produženjem vremena jetkanja kod staklo-keramike može doći do stvaranja mikroporoziteta ili obliteracije kanalića kristalima.

Oksidne keramike se ne jetkaju, već se pjeskarenjem pripremaju za cementiranje. Pri tome treba voditi računa da se tim postupkom kristali mogu pomicati s površine i tako tvoriti mikropukotine.

#### 8.1. Stakleno-ionomerni cement

Stakleno-ionomerni cement ima niži pH od cink-fosfatnog cementa prilikom stvrdnjavanja, a izražava se i zabrinutost zbog hiperosjetljivosti zubi nakon cementiranja (135,136). Klinički uspjeh stakleno-ionomernog cementa ovisi o ranoj zaštiti od hidracije i dehidracije (137). S jedne strane je osjetljiv na rano izlaganje vlazi, dok s druge strane, tijekom sušenja i stvrdnjavanja, stvara kontrakcijsku pukotinu (138). To znači da se cement na rubovima cementirane krunice treba zaštititi premazivanjem parafinskim uljem ili lakom (137).

S površine bataljka kiselinom se ne uklanja zaostali sloj kao što se to ponekad radi prilikom nanošenja viskoznijeg stakleno-ionomernog materijala za ispune (139), budući da to može imati nepovoljan utjecaj na pulpu, a dokazano je da

vrlo malo ili upoće ne poboljšava retenciju (140-142). Na zub se ne nanosi ni sloj laka jer to također umanjuje adheziju cementa.

Ako je sloj stakleno-ionomernog cementa pretanak, smanjuje se čvrstoća i povisuje njegova topljivost (143). Prerijetka mješavina dovodi do stvaranja mikropukotina i ispiranja cementa (137).

## 8.2. Kompozitni cement

Problemi koji se javljaju prilikom korištenja kompozitnih cemenata za trajno cementiranje potpunokeramičkih krunica najčešće su vezani uz pretjeranu debljinu sloja cementa (128), rubnu pukotinu nastalu tijekom kontrakcije cementnog materijala pri stvrdnjavanju te ozbiljne pulpne reakcije uzrokovane postavljanjem cementa na izbrušeni vitalni dentin.

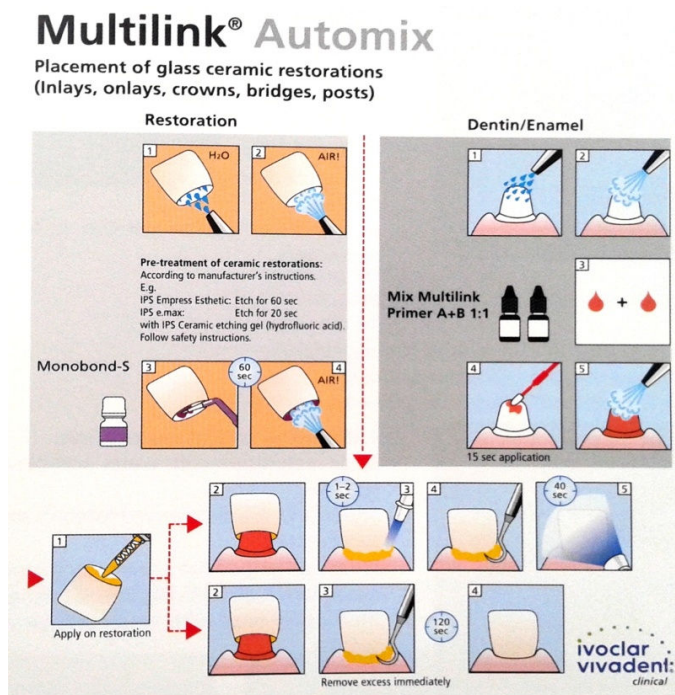
Ukoliko se problemi, vezani uz debljinu cementnog sloja i mikropukotine otklone, javlja se dodatni problem prikladnog uklanjanja stvrdnutog viška cementa iz teško dostupnih područja, što isključuje upotrebu kompozitnog cementa kod cementiranja potpunih krunica sa subgingivnim rubovima (3).

Jednako tako važan je i odabir primera za kondicioniranje uporišnog zuba. Samojetkajući sustavi ili "sve u jedan" sustavi ne preporučuju se za adhezjsko cementiranje gliničnokeramičkih nadomjestaka zbog slabe veze s caklinom,

odnosno inhibicije aminima (10). Kondicioniranjem površine bataljka povećava se kvaliteta veze, jer dolazi do kondenzacije između  $\text{SiO}_2$  u keramicii trimetoksil grupa u silanskom primeru. Vezano za potencijalne inkompatibilnosti samojekajućih adhezivnih sustava s autopolimerizirnim i dualno polimeriziranim kompozitima, stomatolozi se suočavaju s prilično nehomogenom i zbunjujućom situacijom na tržištu. Zato je obvezno pažljivo pročitati upute na svakom proizvodu. Samojekajući adhezivi pružaju zadovoljavajuće rezultate ako se apliciraju u kombinaciji sa svjetlosno polimeriziranim kompozitnim smolama, a kod autopolimerizirajućih i dualno polimerizirajućih kompozita njihovi kiseli monomeri inhibiraju polimerizaciju. Ova inkompatibilnost mora se uzeti u obzir kada se koriste samojekajući adhezivi za adhezijsko cementiranje te za restauracije kod kojih se oblikuje jezgra. Kiseli samojekajući monomeri inhibiraju polimerizaciju autopolimeriziranih kompozitnih smola tako što eliminiraju tercijarne amine iz redoks-inicijator sustava u ovim kompozitima. Kao rezultat toga, snaga veze s dentinom dramatično je smanjena. Zato *all-in-one* adhezivi nisu prikladni za kombinaciju s autopolimeriziranim ili dualno polimeriziranim kompozitima. Ovaj problem mogao bi se javiti u samojekajućim dvofaznim sustavima, kada kiseli monomeri nisu sadržani isključivo u primeru, već i u adhezivu (144). Najtrajnija veza s dentinom se postiže kada se hidrofilni primer i hidrofobni adheziv apliciraju odvojeno, kao što je to slučaj kod trofaznih sustava s jetkanjem te kod samojekajućih dvofaznih sustava (145-

148). Adhezijski sustavi s jetkanjem i ispiranjem obično pružaju bolju marginalnu adaptaciju od samojetkajućih sustava (148).

Samojetkajući adhezijski sustavi obično se ne preporučuju za adhezijsko cementiranje ljuski, budući da je njihova snaga veze s caklinom manja od optimalne (Slika 28.).



Slika 28. Naputak za cementiranje. Preuzeto iz 149.





Pogreške u terapiji keramičkim nadomjestcima mogu nastati u svakoj fazi kliničkog i laboratorijskog rada. Zato je potrebno poznavati keramičke materijale s kojima se radi te korektno izraditi i obraditi nadomjestak u zubnom laboratoriju. Također je važno uspostaviti kvalitetan odnos sa zubnim tehničarom i dobru suradnju s pacijentom. Cilj ovog rada je dati pregled mogućih uzroka pogrešaka u izradi i primjeni različitih vrsta keramičkih materijala.

Izvor pogrešaka može biti u samoj strukturi materijala, u brušenju uporišnog zuba, izradi osnovne konstrukcije, postupku slojevanja obložne keramike te cementiranju. Ovaj rad ujedno nudi upute za izbjegavanje pogrešaka, čime će se osigurati funkcijska trajnost nadomjestka tijekom dužeg perioda i zadovoljstvo pacijenta terapijom (19).

Objavljen je veliki broj studija o funkcijskoj trajnosti keramičkih nadomjestaka, osvrćući se pritom na biološki temelj te stanje fiksno-protetskog rada u užem smislu (22, 34, 64, 123). Unatoč tome, studija o pogreškama u izradi i primjeni pojedinih vrsta keramika i njihovim uzrocima je malo. Analiza uzroka različitih komplikacija i neuspjeha terapijom je tema o kojoj valja češće razgovarati. Kolikogod protetski tim u svom radu bio korektan, precizan i striktan, pogreške mogu nastati. One mogu nastati i nastaju i u radu onih kolega koji smatraju da su u potpunosti ovladali znanjem i vještinama u svom poslu. Razlog tomu je kompleksnost rada, kliničkog i laboratorijskog, višefaznost izrade

nadomjestka, upotreba niza materijala i postupaka u radu, tehnička neispravnost aparata, nesavršenost ljudskog vida, nesklad u mogućnostima izvedbe terapije i pacijentova očekivanja, nepredvidljivost ljudskog organizma na prihvrat stranog tijela, pacijentova nemoć prilagodbe te financijska ograničenja. Razmjenom iskustva s kolegama može se predvidjeti niz poteškoća, učiniti fiksno protetsku terapiju uspješnijom, a pacijenta zadovoljnijim te produžiti trajnost nadomjestka (2). Kada do komplikacije dođe prvo pitanje koje se postavlja jest kako riješiti problem, dok bi ono trebalo glasiti zašto i kako je do njega došlo. Spozna li se uzrok i osvijeste li se okolnosti nastanka pogreške, uvelike će se unaprijediti rad i prevenirati njeno ponavljanje.

Terapeut kvalitetnom, iscrpnom anamnezom dobiva cjelovitu sliku o pacijentu, njegovom psihičkom profilu, prehrambenim navikama i parafunkcijama. Korektnim, profesionalnim razgovorom mogu se neracionalna očekivanja, koja mogu rezultirati razočaranjem na kraju terapije, svesti na razumnu mjeru. Važni i neizostavni čimbenici pravilno vođene protetske terapije, osobito u sanaciji prednjeg segmenta zubnog niza, gdje je estetika prioritet, trebaju sadržavati analizu studijskih modela, dijagnostičko navoštavanje i izradu provizorija temeljem novooblikovane situacije (78). Na ovaj se način dobiju smjernice za rad definitivnog nadomjestka te se pacijentu omogući uvid u budući izgled. Bez tih postupaka, samo slanjem otisaka u zubnotehnički laboratorij na izradu definitivnog rada, tehničar ima preveliku odgovornost. Koliko god je tehničarov

udio u protetskoj terapiji bitan i neizostavan, njegova kompetencija nije tolika da može u cijelosti kreirati izgled fiksnoprotetskog rada. Uz dužni respekt svim članovima protetskog tima, liječnik je nositelj terapije, a time i odgovornosti. Nezadovoljstvo pacijeta konačnim ishodom terapije često izazove loša boja nadomjestka jer se odabiru boje posvećuje premalo vremena i on se često radi kada su zubi izbrušeni i osnovna konstrukcija gotova. Određivanje boje se ni u kojem slučaju ne smije zasnivati na letimičnom pogledu na ključ boja. Riječ je o osjetljivom postupku koji je potrebno provesti pažljivo, prije brušenja, pod određenim svjetlom te vizualnom i instrumentalnom metodom, uočavajući nijansiranost pojedinog zuba i nijansiranost zubnog niza, percipirajući ton, nijansu, svjetlinu i teksturu površine zuba, vodeći računa o polikromatskoj prirodi prirodnih zuba, zamoru oka promatrača i metamerizmu (94, 96).

U analizi uzroka pogreške potrebno je razmotriti niz čimbenika: mehanička svojstva materijala, preparaciju uporišnog zuba, oblikovanje nadomjestka i njegovu izradu u zubnom laboratoriju te cementiranje nadomjestka (16).

Odabir gradivnog materijala za određeni klinički slučaj je važan čimbenik uspješnosti fiksnoprotetske terapije. Njegovim lošim odabirom može se kompromitirati terapija. Sanacija u frontalnoj regiji zahtijeva primjenu gradivnog materijala koji će osigurati estetiku, a u distalnoj čvrstoću (78). Staklokeramike imitiraju optička svojstva prirodnog zuba u najvećoj mjeri, a aluminijski ili

cirkonij-oksadni materijali osiguravaju čvrstoću (89). Metal-keramika je još uvijek standard u fiksno protetskoj terapiji, te služi za sanaciju u svim kliničkim situacijama (92).

Keramika je dvofazni materijal sastavljen od staklene matrice i kristala. Svaka sastavnica ima svoj KTR, zbog čega tijekom toplotnog postupka, a osobito hlađenja, dolazi do naprezanja oko kristala i mogućeg stvaranja napuklina. Kada nadomjestak dođe pod opterećenje, napukline se mogu širiti kroz materijal, što u konačnici dovodi do loma nadomjestka (10).

Krhkost je svojstvo koje uvelike određuje rad s keramikama. Materijali sa staklenom osnovom ne posjeduju pravilnu, kristaliničnu strukturu koja bi omogućavala jednostavnu dislokaciju kristala te time osigurala žilavost materijala. Zbog toga keramika na opterećenje ne reagira deformacijom, već lomom(76).

U analizi pogrešaka u terapiji keramičkim nadomjestcima ne smije se zanemariti utjecaj okoline. Vlažni medij usne šupljine, uz ciklična naprezanja, dovodi do napetosne korozije kod svih keramičkih materijala. Kod glinične keramike dolazi do hidrolize površine keramike. Veze među silicijevim tetraedrima kao konstitutivnim jedinicama staklenog matriksa postaju slabije, te nastaje statički zamor koji je odgovoran za propagaciju napuklina kroz materijal. Ujedno zbog propuštanja vode slabi veza između silicija i oksida na površini odljeva u metal--

keramičkim nadomjestcima, čime se smanjuje čvrstoća cijelog kompleksa(111). Cirkonij-oksida keramika, iako izrazito gusta i čvrsta, također na vlagu reagira smanjenjem mehaničkih svojstava i to zbog vraćanja u volumenski lošiju monoklinsku fazu. Starenje cirkonij-oksida keramike je relativno poznat fenomen koji je posljedica istovremenog mehaničkog naprezanja i vlažnog medija. Zamor keramike je uzrokovan nizom mehanizama koji su u vezi sa svojstvima samog materijala - mikrostrukturom, prisustvom i veličinom napuklina koje su prisutne u samom materijalu ili su posljedica izrade i obrade, žilavošću keramike te veličinom žvačnih sila (126).

Oznan uzroke pogrešaka u kliničkom radu vidi u lošem brušenju zuba, nepravilnom obliku osnovne konstrukcije koji ne osigurava potporu obložnom materijalu, neodgovarajućim KTI dvaju materijala u dodiru, nepravilnoj obradi površine nadomjestka, nepravilnom obliku nadomjestka, mikrodefektima u keramici, umoru materijala te okluzalnoj neusklađenosti (152). Važno je spomenuti i položaj zuba u luku, okluzijski koncept, morfologiju zuba, nedovoljnu količinu zubnog tkiva, malu vestibulooralnu dimenziju zuba, preveliku pulpnu komoricu, žvačne sile, parafunkcije, visoki kariogeni indeks, lošu higijenu, bridni i duboki zagriz (153).

Brušenje uporišnog zuba je ključan čimbenik uspješnosti terapije keramičkim nadomjestkom, osobito kada se radi potpunokeramički nadomjestak, jer se

mnoge nepravilnosti u brušenju mogu kompenzirati korektno oblikovanim odljevom, dok za potpunokeramičku krunicu, zbog prirode same keramike, preparacija mora biti vrlo precizna. Schillingburg (2) i Rosenstiel (43) preporučuju modelaciju voštanog objekta do potpunih dimenzija zuba, jer samo takvim postupkom osigurat će se jednaka debljina keramičkog sloja na svim dijelovima krunice. Brusi se samo onoliko tkiva koliko je potrebno za osiguranje strukturalne trajnosti nadomjestka, zadržavajući pritom morfologiju zuba koja je potpora osnovnoj konstrukciji. Skraćanjem funkcijskih kvržica za manje od preporučenih 1,5 do 2 mm, a nefunkcijskih 1 do 1,5 mm narušit će se okluzijska morfologija i pravilna funkcija. Ne smije se pritom zaboraviti ni lingvalno zakošenje gornje palatinalne i bukalno zakošenje donje bukalne kvržice. Pravilno vođeno brušenje osigurat će silikonski ključ i orijentacijski žlijebovi koji u svakom trenutku pokazuju opseg brušenja. Nedovoljno brušenje neće osigurati optimalnu debljinu krunice, što može rezultirati iskrivljenjem konstrukcije i lomom keramike. Prekomjerno brušenje može rezultirati smanjenjem retencije ili otvaranjem pulpnog prostora i neizbježne endodontske terapije. Zakošenost nasuprotnih stijenki veća od 3° smanjit će retenciju. Vestibularna strana prednjeg zuba brusi se u dvije ravnine. U suprotnom se gubi retencija, ugrožava vitalitet, a protrudiranjem incizalnog ruba kompromitira se estetika ili čvrstoća(28). Vratnom dijelu zuba potrebno je posvetiti osobitupažnju. Taj je dio odgovoran za rezistenciju, pa je potrebno paraleliziranjem nasuprotnih

strana zuba osigurati fenomen obruča. Ovo je osobito važno kod pojedinačnih krunica i niskih međučeljusnih odnosa. Stepenicu je potrebno ubrusiti uvijek jer to osigurava pravilan prijenos žvačnog opterećenja na fundament, daje potporu gradivnom materijalu i štiti okolno meko tkivo (31). Izuzeci su jako konveksni molari, vrlo gracilni donji prednji zubi i ranija brušenja. Izrada pravokutne stepenice danas je nepotrebna za većinu keramičkih materijala jer se njome odnosi previše zubnog tkiva. Izuzetak su keramike savojne čvrstoće do 350 MPa i metal-keramička krunica s keramičkim rubom. Pogreška je preparirati prostor račvišta korjenova koji se mora ostaviti slobodnim za čišćenje i parodontološku terapiju (2, 43). Stepunica se u tom slučaju smješta iznad. Brušenje je potrebno završiti poliranjem jer svaki oštri prijelaz ili podminirano mjesto izaziva naprezanje u keramici što može potencirati propagaciju napuklina i lom rada. Izrada nadomjestka glodanjem također ima određene zahtjeve zbog ograničenja glodalice, tako da je zakošenost postraničnih stijenki distalnih zuba nešto veća ( $8^\circ$ ), a minimalna širina incizalnog brida donjih frontalnih zuba u labiolingvalnom mjeru 0,9 mm.

Brušeni zubi se otiskuju kvalitetnim preciznim materijalom, a otisak se vadi energičnim pokretom kako ne bi došlo do istezanja materijala. Svakako je bolji optički otisak. Izlijevanje radnog modela mora biti u odgovarajućem gipsu sa separacijom bataljaka jer se inače modelacija svih dijelova voštanog objekta neće moći precizno izvesti (41). Upotreba računalne tehnike svakako olakšava



rad. Virtualnim oblikovanjem izbjegava se niz laboratorijskih radnji i ljudskih pogrešaka(90).

Izrada keramičkog nadomjestka može se promatrati kroz izradu osnovne konstrukcije i završno bojenje ili nanošenje obložnog materijala. Osnovna konstrukcija se može dobiti lijevanjem metala ili legure (metal-keramika) ili sinteriranjem, toplo-tlačnim postupkom, infiltracijom staklom, glodanjem presinteriranog i sinteriranog bloka (potpuna keramika). Denry izvor pogrešaka u potpuno keramičkim materijalima klasificira u tri kategorije: porozitet, mehaničko i termičko naprezanje te nastanak i propagacija napuklina (154). Pri tome napominje da nepravilna obrada može potencirati strukturne nedostatke.

Čvrstoća metal-keramičkog nadomjestka ovisi o vezi između osnovne konstrukcije i keramike, oblika i krutosti odljeva i kompatibilnosti legure i keramike. Odljev mora imati oblik kojim će podupirati keramiku na svim dijelovima, a pritom su od posebnog značaja centrične kvržice, marginalni grebeni i incizalni bridovi. Poželjno je da legura ima nešto veći KTR kako bi se keramika dovela u stanje blage kompresije. Veća neujednačenost KTR-a obaju materijala dovest će do pukotina i loma u keramici. Za ulaganje neplemenitih legura potrebno je koristiti uložni materijal bez ugljika jer bi u njegovom prisustvu one postale krhke. Zaostali vodik tijekom lijevanja može dovesti do smanjenja vezne čvrstoće i stvoriti mjehuriće u keramici, isto kao i amonijak i sumpor iz

uložnog materijala. Legure s Cu i Co stvaraju tamne okside, a Ag boji keramiku u zeleno. Neplemenite legure mogu stvoriti predebeli sloj oksida koji može kompromitirati vezu dvaju materijala, zato je potrebno površinu odljeva pjeskariti. Površinu odljeva je potrebno obrađivati uvijek u istom smjeru, paralelnom na gingivu, kako ne bi došlo do zarobljavanja čestica u neravninama na površini i time kompromitiranja čvrstoće i estetike (94). Pretanke stijenke nadomjestka (plemenite između 0,3 i 0,5 mm i neplemenite legure između 0,2 i 0,3 mm) dovest će do njegovog iskrivljenja, loma keramike odmah ili tijekom funkcije te loše estetike. Najslabije opteretiv dio mosne konstrukcije jesu spojna mjesta sidra i međučlana, pa je potrebno osim pravilnog dimenzioniranja koje osigurava čvrstoću i pravilno pozicioniranje kojim se štiti papila, osigurava pravilna morfologija okluzalne plohe i estetika (iluzija dubine).

Porozitet u leucitima ojačanim za između 8 i 10 % i litijumdisilikatnim staklokeramikama (3 %) moguće je reducirati pravilnim termičkim postupkom, korištenjem voska koji sagorijeva u cijelosti, pravilnim ulaganjem te pravilnom pripremom površine osnovne konstrukcije za napečenje obložne keramike (117). U tehnici infiltracije staklom potencirat će se stvaranje pora i mikropukotina nanošenjem izrazito viskoznog prvog premaza „zelene keramike“ na radni bataljak ili njegovim agresivnim sušenjem. Takva pogreška postaje vidljiva na površini objekta u formaciji sličnoj ljuski od luka. Nepravilno doziranje keramičkog praha ili inkluzija nečistoća tijekom nanošenja premaza dovest će

do nehomogene infiltracije staklom. Previsoka temperatura stvorit će mikrostrukturne nepravilnosti.

Tijekom glodanja sinteriranog bloka parcijalno stabiliziranog cirkonijevog oksida stvara se izuzetno veliko naprezanje koje dovodi do fazne transformacije. Stoga je glodanje mekšeg presinteriranog bloka znatno jednostavnije. U ovakvom materijalu pore su vrlo male, veličine između 0,3 i 0,5 mm, a u nepravilnom temperaturnom protokolu mogu se združiti s kompleksnijom razgradnjom i transformacijom zrna koja može rezultirati lomom gotovog rada. Velika zrna su indirektna posljedica izrade i jasno predstavljaju anomaliju u mikrostrukтури. Uz pore ponašaju se kao mjesta povećanog naprezanja koja također mogu dovesti do loma rada. Kod gliničnih blokova za strojnu obradu pore, napukline i razne inkluzije mogu biti prisutne i prije samog glodanja. Kod staklokeramike ih je nešto manje. Osim toga, i tijekom glodanja stvara se naprezanje koje može rezultirati napuklinom. Pogreške u sinteriranju, gdje inače dolazi do finalne kristalizacije materijala, onemogućit će stvaranje zaključane mikrostrukture („kuće od karata“) koja je karakteristična za ove materijale, čime će se narušiti čvrstoća nadomjestka. Nepravilna obrada površine nadomjestka neodgovarajućim brusnim sredstvom ili bez hlađenja u zubnom laboratoriju ili u ordinaciji također može dovesti do stvaranja napuklina(123).

Swan navodi sljedeće uzroke loma keramičkih nadomjestaka: naprezanje uslijed neujednačenih KTR-a između osnovne konstrukcije i obložne keramike, naprezanje koje nastaje uslijed temperaturnih gradijenata tijekom hlađenja, naprezanje u obložnom sloju zbog razlike u debljini osnovne konstrukcije i obložne keramike, kompresijsko naprezanje na spojnoj površini između osnovne konstrukcije i obložne keramike te vlačno naprezanje unutar keramike koje dovodi do transformacije zrna (155). Optimalnu debljinu osnovne konstrukcije i obložne keramike je teško uvijek dobiti zbog ranijeg brušenja, morfologije zuba te morfologije i funkcije nadomjestka.

Uzroci kohezijskog loma keramike su višestruki. Mogu se naći u strukturi samog materijala (pore, napukline, uključevine, veliko zrno), obliku nadomjestka, odnosu debljine osnovne konstrukcije i obložne keramike te opterećenju. Nepravilan oblik osnovne konstrukcije koji ne podupire keramiku na svim njezinim dijelovima, a time i neujednačeno debeli sloj keramike je osnovni razlog loma. Nepravilna kondenzacija, nedovoljno vlaženje keramike tijekom slojevanja, hrapavost okluzalne plohe, interference, oštri rubovi i podminirana mjesta izazivaju povećano naprezanje u keramici. Keramika se nanosi u slojevima pazeći na debljine (ukupno između 0,7 i 2,0 mm). Odstupanjem od vrijednosti narušava se estetika i čvrstoća. Modelira se u suvišku, jer tijekom pečenja dolazi do zgušnjavanja čestica, izgaranja organskih tvari i gubitka vode, pa i o tome treba voditi računa. Obrađuje se uvijek paralelno s rubom kako

čestice metala ne bi onečistile keramiku, i to posebnim brusnim sredstvima (79). Prekomjerna korekcijska pečenja ili previsoka temperatura dovode do kristalizacije stakla (vitrifikacije), a tada je rad bespovratno izgubljen.

Adhezijski lom nastaje zbog nepravilne, najčešće nedovoljne pripreme površine osnovne konstrukcije. Kod metal-keramike bitno je paziti na pravilno proveden oksidacijski postupak i osigurati optimalnu količinu oksida (156).

Ubrušavanjem glazirane površine nadomjestka narušava se njegova kompaktnost, čvrstoća i estetika, a povećava tribološki učinak na nasuprotne zube (157).

Jedan od važnih uzroka propadanja uporišnog zuba je loš dosjed krunice. Prihvatljiva rubna pukotina je između 9,0 i 148,8  $\mu\text{m}$  (158). Cementiranje je vrlo osjetljiv postupak koji može kompromitirati cijelu terapiju. Odabir cementa ovisi o mehaničkim svojstvima keramike, a uspjeh samog postupka cementiranja uvelike je određen oblikom brušenog zuba. Uzroci pogrešaka u cementiranju su brojni i odnose se na gradivni materijal ili sam postupak miješanja i aplikacije cementa. Kod staklokeramika potrebno je voditi računa o vremenu jetkanja jer će njegovim produženjem doći do stvaranja mikro poroziteta ili obliteracije kanalića kristalima. Jetkanje nema smisla kod oksidnih keramika, budući da se one pjeskare, ali i tu je potreban oprez jer se tim postupkom kristali pomiču s površine tvoreći mikropukotine (126).

Loša oralna higijena može kompromitirati i najbolji rad, stoga terapeut ima obvezu educirati pacijenta i ukazati na važnost kontrolnih pregleda. Osobitu skrb je potrebno voditi o pacijentima s bruksizmom ili drugim parafunkcijama zbog izuzetno velikih sila koje mogu ostvariti (140). Takvim je pacijentima preporučljivo načiniti relaksacijsku udlagu.



U kliničkoj praksi može doći do niza pogrešaka prilikom izrade i primjene keramičkog nadomjestka, koje za posljedicu imaju njegov gubitak. Gubitak keramičkoga nadomjestka najčešće uzrokuju: nepravilan oblik nadomjestka, mikrodefekti u keramici, nepotpuna potpora osnovne konstrukcije (metal - jezgra), nepravilno brušenje uporišnog zuba, tehničke pogreške, neodgovarajući koeficijenti termičkog istezanja dvaju materijala u dodiru, preveliko opterećenje, umor materijala te rani okluzalni kontakti.

Osim gubitka samog nadomjestka, neuspjeh predstavlja i neodgovarajuća estetika, neusklađenost nadomjestka s pacijentovom habitualnom okluzijom, popuštanje cementnog sloja te adhezijski i kohezijski lom nadomjestka.





Pogreške u radu s keramičkim dentalnim materijalima mogu nastati u bilo kojoj fazi kliničkog ili laboratorijskog rada. Zbog toga je dobro poznavanje gradivnih materijala, tehnologije izrade i obrade fiksno protetskog rada ključan čimbenik uspješnosti terapije keramičkim nadomjestcima. Važno je uspostaviti kvalitetan odnos sa zubnim tehničarom i dobru suradnju s pacijentom.

Svrha ovog rada je dati pregled mogućih uzroka pogrešak u izradi ili primjeni različitih vrsta keramičkih nadomjestaka. Uzroci pogreške mogu biti u samoj strukturi keramičkih materijala, brušenju uporišnog zuba, izradi osnovne konstrukcije, nanošenju fasetne keramike i u postupku fiksacije nadomjestka. U radu se također donose upute za izbjegavanje pogrešaka te osiguranje funkcijske trajnosti nadomjestaka na duže vremensko razdoblje.



### **Failures in the application and manufacturing of ceramic restorations**

Failures when dealing with ceramic dental materials can arise at any stage of clinical or laboratory work. Therefore, in addition to a good knowledge of materials, an adequate laboratory manufacturing and surface treatment of FPD, it is necessary to establish quality relationship with the dental technician and good cooperation with patients.

The purpose of the present study is to provide a brief review of possible causes of error in manufacturing or applying different types of ceramic materials. Causes of error can be found in the very structure of ceramic materials, the grinding of an abutment, the manufacturing of the core, the process of layering veneer ceramics and in the process of fixation. This paper also offers suggestions to avoid the above mentioned mistakes thus ensuring functional durability of restorations over a longer period of time, as well as patient satisfaction.



Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

1. Strub JR. Vollkeramische Systeme. Dtsch Zahnarztl Z. 1992;47:566-71.
2. Shillingburg HT. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. 3rd ed. Chicago: Quintessence Publishing; 1997.
3. Trifunović DM, Vujošević Lj. Stomatološka protetika fiksne nadoknade. Beograd: Austro-Orion: Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet, Evropski centar za mir i razvoj; 1998.
4. Accademia Italiana di Fotografia Odontoiatrica. Kojem estetskom i funkcionalnom materijalu dati prednost?. Quintessence Int. 2013;6:739-47.
5. Wessing B, Yildirim M. Digitalni imaging - Put ka harmoničnim proporcijama frontalnih zubi. Quintessence Int. 2009;10:971-78.
6. Kelly JR, Rose TC. Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics: A literature review. J Prosthet Dent. 1983;49:363-70.
7. Fisher AA. Contact Dermatitis. ed 3. Philadelphia: Lea and Febiger; 1986.
8. Peltonen L. Nickel sensitivity in the general population. Contact dermatitis. 1979; 5:27-32.
9. Tai Y, De Long R, Goodkind RJ, Douglas WH. Leaching of nickel, chromium and beryllium ions from base metal alloy in an artificial environment. J Prosthet Dent. 1992;68:692-97.

10. Mehulić K. Keramički materijali u stomatološkoj protetici. Zagreb: Školska knjiga; 2010.
11. SuperiorDentluxe [homepage on the Internet]. [place,publisher,year unknown]. [cited 2016 November 29]. Wax up; [about 1 screens]. Available from: [https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B\\_MQ\\_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=wax+up+technique&imgsrc=DIMq25\\_VnS4ncM%3A](https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B_MQ_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=wax+up+technique&imgsrc=DIMq25_VnS4ncM%3A)
12. Bucking W. Škrinja stomatološkog blaga. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2005.
13. Živko-Babić J, Mehulić K, Ivaniš T, Predanić-Gašparac H. Pregled pojedinačnih keramičkih sustava: I dio: povijesni razvoj keramike. Acta Stomatol Croat. 1994;28:217-21.
14. Živko-Babić J, Mehulić K, Ivaniš T, Predanić-Gašparac H. Pregled pojedinačnih keramičkih sustava: II dio: sastav i svojstva keramike. Acta Stomatol Croat. 1995;29:55-62.
15. Čatović A. Klinička fiksna protetika: Keramičke krunice. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 1999. p. 196-209.

16. Leinfelder KF, Lemons JE. Clinical restorative materials and techniques. Philadelphia: Lea and Febinger; 1988.
17. Ducheyne P, Lemons J. Bioceramics: Material Characteristics Versus in Vivo Behavior. New York: New York Academy of Science; 1988.
18. Jakovac M. Kemijska postojanost dentalne keramike [magistarski rad]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2003.
19. Mehulić K. Kako izbjeći pogreške u izradi i terapiji keramičkim krunicama. Medix: specijalizirani medicinski dvomjesečnik. 2008;75;228-31.
20. Ban S, Anusavice KJ. Influence of this method on failure stress of brittle dental materials. J Dent Res. 1990;69:1791-9.
21. Lenz J, Franz G, Kertschik M, Schulze-Luckow K, Wegner H. Torsion test for determination of shear bond strength of metal and ceramic. Phillip J. 1990;7:31-8.
22. Hammad IA, Talic YF. Designs of bond strength tests for metal-ceramic complexes: Review of the literature. J Prosthet Dent. 1990;75:602-8.
23. Ingber JS, Rose LF, Coslet JG. The "biologic width". A concept in periodontics and restorative dentistry. Alpha Omagen. 1977;10:62.



24. actualitati stomatologice [homepage on the Internet]. [place,publisher unknown]; 2012 [cited 2016 November 29].La dintele 2.3. s-a detașat coroana existentă și materialul de reconstituire a bontului de pe pivotul ranforsat cu fibră. Structura dentară restantă a oferit o formă inelară adecvată pentru un bont și o restaurare nouă. [about 1 screens]. Available from:

<http://www.dentalnews.ro/disilicatul-de-litiu-strategii-clinice-curente>

25. dentalcare [homepage on the Internet]. [place,publisher,year unknown]. [cited 2016 November 29]. Full Coverage Aesthetic Restoration of Anterior Primary Teeth; [about 1 screens]. Available from:

<https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR->

[q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B\\_MQ\\_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=panavia+cementation+diagram&imgdii=oo2fkcxYXQitZM%3A%3B0o2fkcxYXQitZM%3A%3BProIsuOSDAb1nM%3A&imgrc=oo2fkcxYXQitZM%3A](https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B_MQ_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=panavia+cementation+diagram&imgdii=oo2fkcxYXQitZM%3A%3B0o2fkcxYXQitZM%3A%3BProIsuOSDAb1nM%3A&imgrc=oo2fkcxYXQitZM%3A)

26. JN, Pettrow. Practical factors in building and firming characteristics of dental porcelain. J Prosthet Dent. 1961;11:334-44.

27. Bartels JC. Full porcelain veneer crowns. J Prosthet Dent. 1957;7:533-40.

28. Fairley JM, Deubert LW. Preparation of a maxillary central incisor for a porcelain jacket restoration. Br Dent J. 1958;104:208-12.

29.SlideShare [homepage on the Internet]. [place,publisher unknown]; 2014  
[cited 2016 November 28]. Principles of Tooth Preparation; [about 1 screens].

Available from:

[https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B\\_MQ\\_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=ce-mentation+guidlines+for+crowns&imgsrc=sIN56hWo7tYxxM%3A](https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B_MQ_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=ce-mentation+guidlines+for+crowns&imgsrc=sIN56hWo7tYxxM%3A)

30.Bastian CC. The porcelain jacket crown.Dent Clin North Am. 1959;3:133-46.

31. Friedlander JD, Munoz CA, Goodacre CJ, Doyle MG, Moore BK. The effect of tooth preparation design on the breaking strenght of Dicor crowns: Part 1. Int J Prothodont. 1990;3:159-68.

32. Sjogren G, Bergman M.Relationship between compressive strenght and cervical shapinh of the all-ceramic Cerestore crown. Swed Dent J. 1987;11:147-52.

33. Bartels JC.Preparation of the anterior teeth for porcelain jacket crowns. J South Calif Dent Assoc. 1962;30:199-205.

34. Nuttal EB. Factors influencing success of porcelain jacket restorations. J Prosthet Dent. 1961;11:743-48.

35. Pro-Tech dentalarts [homepage on the Internet]. [place,publisher,year unknown]. [cited 2016 November 28]. Preparation guidelines and minimum thicknesses; [about 1 screens]. Available from: <https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR->

[q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B\\_MQ\\_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=cementation+guidelines+for+crowns&imgsrc=lyNeicd8LQki3M%3A](https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B_MQ_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=cementation+guidelines+for+crowns&imgsrc=lyNeicd8LQki3M%3A)

36. Lorren RA, Salter DJ, Fairhurst CW. The contact angles of die stone and impression materials. *Prosthet Dent.* 1976;36:176-80.

37. Cullen DR, Mikesell JW, Sandrik JL. Wettability of elastomeric impression materials and voids in gypsum casts. *J Prosthet Dent.* 1991;66:261-5.

38. SlideShare [homepage on the Internet]. [place unknown]:LinkedIn Corporation; 2016 [cited 2016 May 22]. Success and failure and problem solving in prosthodontics complact final; [About 40 screens]. Available from: <http://www.slideshare.net/fvafaee/success-and-failure-andproblem-solving-in-prosthodontics-complact-final>

39. Benson BW, Bomberg TJ, Hatch RA, Hoffman W. Tissue displacement methods in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1986;55:175-81.

Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

40. McCormic JT, Antony SJ, Dial ML, Duncanson MG, Shillingburg HT. Wettability of elastomeric impression materials: Effect of selected surfactants. Int J Prosthodont. 1989;2:413-20.
41. Rudd KD, Morrow RM, Bange AA. Accurate casts. J Prosthet Dent. 1969;21:545-54.
42. Živko-Babić J, Jerolimov V. Metali u stomatološkoj protetici. Zagreb: Školska knjiga; 2005.
43. Rosenstiel, Land, Fujimoto. Contemporary Fixed prosthodontics. 3rd ed. St. Luis: Mosby Inc; 1995.
44. DentistryToday [homepage on the Internet]. [place,publisher unknown]; 2006 [cited 2016 November 28]. A Technique for Repair of a Fractured Porcelain-Fused\_to-Metal Bridge; [about 1 screens]. Available from: [https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B\\_MQ\\_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=chipping+porcelain&imgsrc=QmzBM-slfW4UOM%3A](https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B_MQ_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=chipping+porcelain&imgsrc=QmzBM-slfW4UOM%3A)
45. Stein RS, Kuwata M. A oceduresdentistand a dental tehnologist analyze current ceramo-metal. Dent Clin North Am. 1977;21:729-49.

46. Koidis PT, Burch JG, Melfi RC. Clinical crown contours: Contemporary view. J Am Dent Assoc. 1987;114:792-5.
47. Croll BM. Emergence profiles in natural tooth contour, Part II: Clinical considerations. J Prosthet Dent. 1990;63:374-9.
48. Morris ML. Artificial crown contours and gingival health. J Prosthet Dent. 1962;12:1146-56.
49. Herlands RE, Lucca JJ, Morris ML. Forms, contours and extensions of full coverage restorations in occlusal reconstruction. Dent Clin North Am. 1962;6:147-62.
50. Hazen SP, Osborne JW. Relationship of operative dentistry to periodontal health. Dent Clin North Am. 1967;11:245-54.
51. Perel ML. Periodontal considerations of crown contours. J Prosthet Dent. 1971;26:627-30.
52. Yuodelis RA, Weaver JD, Sapks S. Facial and lingual contours of artificial complete crown restorations and their effects on the periodontium. J Prosthet Dent. 1973;29:61-6.
53. Ehrlich J, Hochman N. Alterations on crown contour - Effect on gingival health in man. J Prosthet Dent. 1976;44:523-25.

54. Sacket BP, Gildenhuis RR. The effect of axial crown overcontour on adolescents. J Periodontol. 1976;47:320-3.
55. Jameson LM, Malone FP. Crown contours and gingival response. J Prosthodont Dent. 1982;47:620-4.
56. Sorensen JA. A rationale comparison of plaque-retaining properties of crown systems. J Prosthet Dent. 1982;62:264-9.
57. Perel ML. Axial crown contours. J Prosthodont Dent. 1971;25:642-9.
58. Wagman SS. The role of coronal contour in gingival health. J Prosthet Dent. 1977;37:280-7.
59. Skurow HM, Lytle JD. The interproximal embrasure: Wax pattern. Dent Clin North Am. 1971; 15:641-7.
60. Tjan AHL, Freed H, Miller GD. Current controversies in axial contour design. J Prosthet Dent. 1980;4:536-40.
61. Tjan AH. Biologic pontic designs. Gen Dent. 1983;31:40-4.
62. Stein RS. Pontic-residual ridge relationship: a research report. J Prosthet Dent. 1966;16:251-8.
63. Henry PJ, Johnston JF, Mitchell DF. Tissue changes beneath fixed partial dentures. J Prosthet Dent. 1966;16:937-47.

64. Silness J, Gustavsen F, Mangernes K. The relationship between pontic hygiene and mucosal inflammation in fixed bridge recipients. J Periodont Res. 1982;17:434-9.
65. Fisher RM, Moore BK, Swartz ML, Dykema RW. The effects of enamel wear on the metal-porcelain interface. J Prosthet Dent. 1983;50:627-31.
66. Mumford G. The porcelain fused to metal restoration. Dent Clin North Am. 1965; 9:241-9.
67. Weiss PA. New design parameters: Utilizing the properties of nickel-chromium superalloys. Dent Clin North Am. 1977;21:719-85.
68. Denry I. How and when does fabrication damage adversely affect the clinical performance of ceramic restorations? Dent Mater. 2013;29:85-96.
69. Holenback GM. Simple technic for accurate castings: New and original method of vacuum investing. J Am Dent Assoc. 1984;36:391-7.
70. Philips RW. Skinner, S Science of Dental Materials, ed 9. Philadelphia: WB Saunders Co; 1991.
71. Weiss PA. New design parameters: Utilizing the properties of nickel-chromium superalloys. Dent Clin North Am. 1977;21:769-85.

72. Miller LL. Framework design in ceramo-metal restorations. Dent Clin North Am. 1977;21:699-716.

73. Riley EJ. Ceramo-metal restoration: state of science. Dent Clin North Am. 1977;21:669-82.

74. Campbell SD, Sirakian A, Pelletier LB, Giordano RA. Effects of firing cycle and surface finishing on distortion of metal ceramic castings. J Prosthet Dent. 1995;74:476-81.

75. Dykema RW, Goodacre CJ, Phillips RW. Johnston's modern practice in fixed prosthodontics. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1986.

76. Warpeha WS Jr, Goodkind RJ. Design and techniques variables affecting fracture resistance of metal-ceramic restorations. Prosthet Dent. 1976;35:291-8.

77. Graham JD, Johnson A, Wildgoose DG, Shareef MY, Cannavina G. The effect of Surface Treatments on the Bond Strength of a Nonprecious Alloy-Ceramic Interface. Int J Prosthodont. 1999;12:330-4.

78. Mc Lean JW. The Science and Art of Dental Ceramics, Vol II. Bridge Design and Laboratory Procedure in Dental Ceramics. Chicago: Quintessence; 1980.



79. Poljak Guberina R. Prilog istraživanju dinamičke izdržljivosti spoja Ducergold keramike i Ag-Pd legure u različitim uvjetima okoline [dissertation]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 1998.

80. Seghi RR, Daher T, Caputo A. Relative flexural strenght of dental restorative ceramics. Dent Mater. 1990;6:181-4.

81. Warren K. An investigation into the microhardness of a light cured composite when cured trough varying thickness of porcelain. J Oral Rehabil. 1990;17:327-34.

82. Okuno O, Tesk JA, Penn R. Mesh monitor casting of Ni-Cr alloys: Element effects. Dent Mater. 1989;5:294-300.

83. Taskonak B, Mecholsky J, Anusavice KJ. Residual stresses in bilayer detal ceramics. Biomater. 2005;26:3235-41.

84. Raigrodski AJ. Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. Dent Clin N Am. 2004;48:531-44.

85. Zhang Y, Chai H, Lee JJ, Lawn BR. Chipping Resistance of Graded Zirconia Ceramics for Dental Crowns. J Dent Res. 2012;91(3):311-5.

86. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal zirconia: Clinical and experimental considerations. Dent Mater. 2011;27:83-96.

87. McLean JW, Sced IR. Bonding of dental porcelain to metal II: The base metal alloy/porcelain bond. J Br Ceram Soc. 1973;72:235-8.

88. Infodentis [homepage on the Internet]. [place, publisher, year unknown] [cited 2016 November 22]. Dental crowns, dental bridges, risks and complications; [about 1 screens]. Available from: [https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B\\_MQ\\_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=chipping+porcelain&imgc=AL5uBOTdoJQr8M%3A](https://www.google.hr/search?q=uljevni+sustav&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR-q7J9LjJAhVG0w4KHTC0B_MQ_AUIBygB&biw=1280&bih=705#tbm=isch&q=chipping+porcelain&imgc=AL5uBOTdoJQr8M%3A)

89. Rinke S, Fischer C. Područja indikacije za translucetne varijante cirkon-oksidge keramike. Quintessence Int. 2012;7: 623-33.

90. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. J Oral Rehabil. 2010;37:641-52.

91. Bachhav VC, Aras MA. Zirconia-based fixed partial dentures: a clinical review. Quintessence Int. 2011;42:173-82.

92. Yamamoto M. Metal-Ceramics: Principles and Methods of Makoto Yamamoto. Chicago: Quintessence Publishing Co; 1985.

93. Sorensen JA, Torres TJ. Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I: A systematic method for shade determination. J Prosthet Dent. 1987;58:133-9.

94. Chiche GJ, Pinault A. Aesthetics of Anterior Fixed Prosthodontics. Chicago: Quintessence Publishing Co.; 1994.

95. Preston JD, Bergen SF. Color Science and Dental Art, A Self-Teaching Program. St. Louis: C.V. Mosby Co; 1980.

96. (AIFO), Academia Italiana di Fotografia Odontoiatrica. Kojem estetskom i funkcionalnom materijalu dati prednost? Quintessence Internat. 2013;(6)739-47.

97. Heyman HO. The artistry of conservative esthetic dentistry. Am Dent Assoc. 1987;115:14E-23E.

98. Brisman A, Hirsch SM, Paige H, et al. Tooth shade preferences in older patients: Gerodontics. 1985;130-3.

99. Waerhaug J. Histologic considerations which govern where the margin of restorations should be located in relation to the gingiva. Dent Clin North Am. 1960;4:161-76.

100. Silness J. Periodontal conditions with patients with dental bridges III: The relationship between the location of the crown margin and the periodontal condition. *J Periodontal Res.* 1970; 5:225.
101. Loe H. Reactions of marginal tissue to restorative procedures. *Int Dent J.* 1986;18:759-75.
102. Silness J. Fixed prosthodontics and periodontal health. *Dent Clin North Am.* 1980;24:317-29.
103. Tootgood GD, Archibald JF. Technique for establishing porcelain margins. *J Prosthet Dent.* 1978;40:464-6.
104. Vryonis P. A simplified approach to the complete porcelain margin. *J Prosthet Dent.* 1979; 42:529-93.
105. Vryonis P. *A Manual for the fabrication of the Complete Porcelain Margin.* Adelaide: Stock J PubPty; 1982.
106. Kessler JC, Brooks TD, Keenan MP. The direct lift technique for constructing porcelain margins. *Quint Dent Technol.* 1986;10:145-50.
107. Ratledge DK, Smith BG, Wilson RF. The effect of restorative materials on the wear of human dental enamel. *J Prosthet Dent.* 1994;72:194-203.

108. Mahalik JA, Knap FJ, Weiter EJ. Occlusal wear in prosthodontics. J Am Dent Assoc. 1971; 82:154-9.

109. Wiley MG. Effects of porcelain on occluding surface of restored teeth. J Prosthet Dent. 1968;61:133-7.

110. Jacobi R, Shillingburg HT, Duncanson MG. A comparison of the abrasiveness of six ceramic surfaces and gold. J Prosthet Dent. 1991;6:303-9.

111. Mehulić K, Svetličić V, Šegota S, Vojvodić D, Kovačić I, Katanec D, Petričević N, Glavina D, Čelebić A. A study of the surface topography and roughness of glazed and unglazed feldspathic ceramics. Coll Antropol. 2010;34:235-8.

112. Klausner LH, Cartwright CB, Charbeneau GT. Polished versus auto-glazed porcelain surfaces. J Prosthet Dent. 1982;47:157-62.

113. Goldstein GR, Barnhard BR, Penugonda B. Profilometer, SEM, and visual assessment of porcelain polishing methods. J Prosthet Dent. 1991;65:627-34.

114. Jung YS, Lee JW, Choi YJ, Ahn JS, Shin SW, Huh JB. A study on the in-vitro wear of the natural tooth structure by opposing zirconia or dental porcelain. J Adv Prosthodont. 2010; 2:111-5.

115. Preis V, Behr M, Kolbeck C, Hahnel S, Handel G, Rosentritt M. Wear performance of substructure ceramics and veneer in porcelain. Dent Mater. 2011;27:796-804.

116. Rosentritt M, Preis V, Behr M, Hanel S, Handel G, Kolbeck C. Two-body wear of dental porcelain and substructure oxide ceramics. Clin Oral Investig. 2012;16:935-43.

117. Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. Clin Oral Investig. 2012, Svez. Mar7(Epub ahead of print).

118. Schmitt J, Wichmann M, Karl M, Gollner M, Lohbauer U, Holst S. Surface characteristics of zirconia-based posterior restorations: clinical and scanning electron microscopic analysis. J Assoc Can Dent A. 2011;77:b31.

119. Beuer F, Stimmelmelmayr M, Gueth JF, Edelhoff D, Naumann M. In vitro performance of full-contour zirconia single-crowns. Dent Mater. 2012;28:449-56.

120. Reuling N, Siebert GK. Keramische Werkstoffe, Entwicklungsstand und Bedeutung. Dent Labor. 1998;37:67-71.

121. Breustedt A, Lenz E. Stomatologische Werkstoffkunde. 2nd ed. Leipzig: JA Barth; 1985.

122. Krumbholz K. Stand und Entwicklung von Dentalkeramiken. ZWR. 1992;101:193-9.
123. Manicone P, Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. J Dent. 2007;5:819-26.
124. Osborne JW, Swartz ML, Goodacre CJ, Philips RW, Gale EN. A method for assessing the clinical solubility and disintegration of luting cements. J Prosthet Dent. 1978;40:413-17.
125. Swartz ML, Sears C, Philips RW. Solubility of cement as related to time of exposure in water. J Prosthet Dent. 1971;26:501-5.
126. Abduo J, Lyons K, Swain M. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. J Oral Rehabil. 2010;37:866-76.
127. Koyano E, Iwaku M, Fusayama T. Pressuring techniques and cement thickness for cast restorations. J Prosthet Dent. 1987;40:544-8.
128. White SN, Yu Z, Kipnis V. Effect of seating force on film thickness of new adhesive luting agents. J Prosthodont. 1992;68:476-81.
129. Oliviera JF, Ishikiriama A, Vieira DF, Mondelli J. Influence of pressure and vibration during cementation. J Prosthet Dent. 1979;41:173-7.

130. Smith DC. Dental cements. Current status and future prospects. Dent Clin North Am. 1983;27:763-92.

131. Ludwig K, Joseph K. Untersuchungen zur Bruchfestigkeit von IPS\_Empress-Kronen in Abhängigkeit von den Zementiermodalitäten. Quintessenz Zahntech. 1994;20:247-56.

132. Ludwig K, Joseph K. Untersuchungen zur Bruchfestigkeit von IPS-Empress-Kronen in Abhängigkeit von den Zementiermodalitäten. Quintessenz Zahntech. 1994;20:247-56.

133. Derand T. Stress analysis of cemented or resin-bonded loaded porcelain inlays. Dent Mater. 1991;7:21-4.

134. Wolfart S, Linnemann J, Kern M. Crown retention with use of different sealing systems on prepared dentin. J Oral Rehabil. 2003;30:1053-61.

135. Smith DC, Ruse ND. Acidity of glass ionomer cements during setting and its relation to pulp sensitivity. J Am Dent Assoc. 1986;112:654-7.

136. Simmons JJ. Post cementation sensitivity commonly associated with the "anhydrous" forms of glass ionomer luting cements: A theory. Tex Dent J. 1988;10:7-8.



137. JW, McLean. Clinical applications of glass-ionomer cements. Oper Dent. 1992;17:184-90.

138. Mount GJ, Makinson OF. Clinical characteristics of a glass ionomer cement. Br Dent J. 1987;14:67.

139. Council on Dental Materials, Instruments and Equipment. Using glass ionomers. J Am Dent Assoc. 1990;121:181-6.

140. Tamura N, Lim HD, Carroll TD, Woody RD, Nakajima H, Okabe T. Retentive strength of crown by different cleaning procedures (abstract 537). J Dent Res. 1990;69:176.

141. Hewlett ER, Caputo AA, Wrobel DC. Concentration of smear removal agents vs. glass ionomer bond strength (abstract 558). J Dent Res. 1989;68:251.

142. Button GL, Moon PC, Barnes RF, Gunsolley JC. Effect of preparation cleaning procedures on crown retention. J Prosthet Dent. 1988;59:145-8.

143. Billington R, Williams J, Pearson G. Glass ionomers: Practice variation in powder/liquid ratio (abstract 629). J Dent Res. 1989;68:945

144. Federlin M, Thonemann B, Schmalz G. Indirektne tehnike ispuna-adhezijski pričvršćeni inleji i djelomične keramičke krunice. Quint Int. 2010;1:15-24.

145. Abdalla AI, El Eraki M, Fellzer AJ. The effect of direct and indirect Water storage on the microtensile dentin bond strenght of a total etch and two self-etching adhezives. Am J Dent. 2007;20:370-4.

146. De Munck J, Shirai K, Yoshida Y, et al. Effect of water storage on the bonding effectivenessof 6 adhesives to Class I cavity dentin.Oper Dent. 2006;31:456-65.

147.Mousavinasab SM, Farhadi A, Shabaniyan M. Effect of storage time, thermocycling and resin coating on durability of dentin bonding systems.J Dent Res. 2009;36:309-15.

148. Rathkller BA, Hokenmaier G, Muche RH.Effectiveness of the bond established between ceramic inlays and dentin usin different luting protocols. J Adhes Dent. 2012;14:147-54.

149. IPS e.max: Clinical guide. Ivoclar Vivadent; 2004.

150. DeLong R, Pintado MR, Douglas WH. The wear of enamel opposing shaded ceramic restorative materials: as in vitro study.J Prosthet Dent, 1992;68:42-8.

151. Weir D, Stoffer W, Irvin D, Navarro R, Cwynar R, Schlimmer S, Morris H. The stability of crown margin placement vs. time (abstract). J Dent Res. 1986;65:297.

152. Ozcan M. Review Fracture reasons in ceramic-fused-to metal restorations. J Oral Rehab. 2013;30;265-9.

153. Mehulić K. Failures in fabrication and treatment using ceramic crowns. Minerva Stomatol. 2008;(57): 47-51.

154. Denry I. How and when does fabrication damage adversely affect the clinical performance of ceramic restorations? Dent Mater. 2013;29:85-96.

155. Swan MW. Unstable Cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crown and fixed partial dentures. Acta Biomater. 2009. 5;(5):1668-77.

156. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. Dent Mater. 2011;27:83-96.

157. Ozcan M, Niedermeier W. Clinical Study on the Reasons for and Location of Failures of Metal-Ceramic Restorations and Survival of Repairs. Int J Prosthodont. 2002;15:299-302.

158. Abduo J, Lyons K, Swain M. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. J Oral Rehabil. 2010;37:866-76.



## Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad

Milica Stilinović rođena je 18. listopada 1981. godine u Rijeci, Republika Hrvatska. U Rijeci je pohađala osnovnu školu te Prvu Riječku Hrvatsku Gimnaziju jezičnog smjera. Maturirala je 2000.g.

Iste je godine upisala dodiplomski studij stomatologije na Medicinskom fakultetu u Rijeci, studij stomatologije. Tijekom fakultetskog obrazovanja volontirala je u Centru za odgoj i obrazovanje u Rijeci čiji je cilj unaprjeđenje oralnog zdravlja djece s posebnim potrebama.

Diplomirala je 2006-te godine te nakon stažiranja i polaganja Državnog ispita 2007.godine stječe odobrenje za samostalan rad kao doktor stomatologije.

Iste se godine zapošljava u Stomatološkoj poliklinici Dr. Jelušić, gdje kao dio interdisciplinarnog tima doktora i specijalista radi na svim područjima dentalne medicine i stječe iskustvo u struci. Tijekom svog rada kontinuirano obnavlja i unapređuje svoje znanje praćenjem stručne literature i seminara u Hrvatskoj i inozemstvu te najnovije svjetske trendove primjenjuje u svakodnevnoj praksi.

U školskoj godini 2013/14. upisala je postdiplomski specijalistički studij na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Članica je Hrvatske komore dentalne medicine te aktivno govori engleski i talijanski jezik.

Milica Stilinović, Poslijediplomski specijalistički rad