

# Otisni materijali i postupci u fiksnoj protetici

---

Milovec, Erika

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:127:515846>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-03**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu  
Stomatološki fakultet

Erika Milovec

# **OTISNI MATERIJALI I POSTUPCI U FIKSNOJ PROTETICI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Rad je ostvaren na Zavodu za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Mentor rada: doc.dr.sc. Josip Krančić, Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Darja Divjak, mag. educ. philol. croat.

Lektor engleskog jezika: Sandra Ljubljanić, mag. philol. Angl.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

Datum obrane rada: \_\_\_\_\_

Rad sadrži: 33 stranice

8 slika

CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

## **Zahvala**

Iskreno zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Josipu Kranjčiču na povjerenju, strpljenju, savjetima i pomoći prilikom pisanja diplomskog rada. Također, zahvaljujem i svim zaposlenicima Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su se tijekom proteklih šest godina trudili prenijeti svoje znanje na buduće doktore dentalne medicine.

Najviše zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je omogućila život i studiranje u drugom gradu i koja je bila uz mene tijekom svih uspona i padova.

Velika hvala mojem dečku i svim mojim prijateljima koji su me neprestano motivirali, veselili se svakom mojem uspjehu i koji su studiranje učinili jednim nezaboravnim iskustvom.

## **OTISNI MATERIJALI I POSTUPCI U FIKSNOJ PROTETICI**

### **Sažetak**

Protetski nadomjesci terapijsko su sredstvo čija je svrha uspostavljanje i održavanje pravilne oralne funkcije i estetskog izgleda. Vrlo je važno da protetski nadomjesci savršeno priliježu na pripremljene zube pa se stoga stanje iz usta pacijenta mora savršeno prenijeti na model na kojem će se izrađivati sam nadomjestak. U tu se svrhu koriste otisni materijali, a danas je u sve široj primjeni i digitalna metoda otiskivanja, odnosno skeniranja.

Otisni materijali prije svega moraju biti precizni, elastični, dimenzijski stabilni, netoksični i kompatibilni sa sadrom te moraju pružati mogućnost dezinfekcije. Dijele se na elastične i neelastične, no danas se kao otisni materijali koriste samo elastični u koje se ubrajaju sintetički elastomeri i hidrokoloide.

Otisni postupci dijele se na jednovremene i dvovremene, a prvi je korak u izradi otiska odabir adekvatne žlice kojom se materijal unosi u usta pacijenta. Ako se jednovremeni otisni postupak provodi individualnom žlicom, koristi se jedan materijal, a ako se provodi konfekcijskom žlicom, koriste se dva materijala različite konzistencije. Dvovremeni otisni postupci uvijek se provode s dvama materijalima različite konzistencije u dvama navratima, a razlikuju se po tome što se prvi otisak kod otiska dopunjavanja uzima prije brušenja zuba, a kod korekturnog otiska nakon njihova brušenja.

Digitalna metoda otiskivanja provodi se intraoralnim skenerom koji podatke iz usta pacijenta pretvara u digitalni trodimenzionalni oblik koji se zatim obrađuje u računalnom programu. Glavna je prednost ove metode brzina skeniranja i izrade nadomjeska, dok je glavni nedostatak visoka cijena opreme.

**Ključne riječi:** otisni materijal; otisni postupak; CAD/CAM; protetski nadomjestak

# **IMPRESSION MATERIALS AND TECHNIQUES IN FIXED PROSTHODONTICS**

## **Summary**

Prosthetic restorations are therapeutic agents whose purpose is to establish and maintain proper oral function and aesthetic appearance. Prosthetic restorations must fit perfectly on the prepared teeth. Therefore, the situation in the patient's mouth must be transferred perfectly to the model on which the prosthesis will be made. Impression materials are used for this purpose and today the digital impression technique, i.e. scanning, is being used more and more.

First of all, impression materials must be precise, elastic, dimensionally stable, non-toxic, compatible with plaster and they must provide the possibility of disinfection. They are divided into elastic and inelastic, but today only elastic materials, which include synthetic elastomers and hydrocolloids, are used as impression materials.

Impression techniques are divided into one-stage and two-stage methods. The first step is to select an adequate stock tray with which the material is introduced into the patient's mouth. If the one-stage impression method is carried out with an individual stock tray, one material is used, and if it is carried out with a metal stock tray, two materials of different consistency are used. Two-stage impression procedures are always performed with two materials of different consistency on two occasions, and they differ in that the first impression in the case of the refill impression method is taken before preparing the teeth, and in the case of the correction impression after preparing.

The digital impression method is performed by an intraoral scanner, which converts the data from the patient's mouth into a digital three-dimensional form which is then processed by computer software. The main advantage of this method is the speed of scanning and making a prosthetic restoration, whereas the main disadvantage is the high cost of the equipment.

**Keywords:** impression material; impression technique; CAD/CAM; prosthetic restoration

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OTISNI MATERIJALI .....	3
2.1. Svojstva otisnih materijala.....	4
2.2. Podjela otisnih materijala .....	5
2.3. Karakteristike pojedinih otisnih materijala.....	6
2.3.1. Sintetički elastomeri .....	6
2.3.1.1. Polisulfidi .....	6
2.3.1.2. Silikoni .....	7
2.3.1.3. Polieteri .....	9
2.3.1.4. Hibridi silikona i polietera .....	10
2.3.2. Hidrokoloide .....	10
2.3.2.1. Reverzibilni hidrokoloide .....	11
2.3.2.2. Ireverzibilni hidrokoloide .....	11
2.4. Dezinfekcija otisaka .....	12
3. OTISNI POSTUPCI.....	14
3.1. Jednovremeni otisni postupci .....	19
3.1.1. Otisak u individualnoj žlici .....	19
3.1.2. Otisak u konfekcijskoj žlici.....	19
3.2. Dvovremeni otisni postupci.....	19
3.2.1. Otisak dopunjavanja .....	19
3.2.2. Korekturni otisak.....	20
3.3. Digitalne metode.....	21
4. RASPRAVA.....	24
5. ZAKLJUČAK .....	27
6. LITERATURA.....	29
7. ŽIVOTOPIS .....	33

## **Popis skraćenica**

CAD – *computer aided design*

CAM – *computer aided manufacturing*

CEREC – *chairside economical restoration of esthetic ceramics*

ISO – Međunarodna organizacija za standardizaciju

PVS – polivinil siloksan

SH – sulfhidril

VPES – vinil-polieterski silikon



## **1. UVOD**

Dentalna protetika grana je dentalne medicine koja se bavi uspostavljanjem i održavanjem pravilne oralne funkcije i estetskog izgleda nadomještanjem izgubljenih zuba, tvrdih zubnih tkiva i mekih tkiva usne šupljine. Ovisno o terapijskom sredstvu koje se koristi, dentalna protetika može se podijeliti na fiksnu i mobilnu. U područje mobilne protetike svrstavaju se djelomične i potpune proteze koje nisu fiksirane na zubima te ih pacijent može samostalno skinuti, a u područje fiksne protetike svrstavaju se krunice i mostovi koji se određenim materijalima fiksiraju na pripremljenim zubima. Protetski nadomjesci moraju biti savršeno usklađeni sa stanjem u ustima pacijenta. S obzirom na to da nije moguće izraditi nadomjestak direktno u ustima, od iznimne je važnosti što preciznije prenijeti stanje iz usta pacijenta na model izvan usta.

U 18. je stoljeću njemački stomatolog Philipp Pfaff prvi put opisao tehniku uzimanja otiska voskom za pečaćenje koji je prethodno razmekšan u vrućoj vodi, a ulijevanjem sadre u takav otisak dobiven je kruti model (1). Dakle, otisak u dentalnoj protetici predstavlja negativ zuba i okolnih struktura, a ulijevanjem sadre u otisak dobiva se kruti model koji je njegov pozitiv i prikazuje stanje u ustima pacijenta.

Razvojem tehnologije otisni materijali postaju sve precizniji i dimenzijski stabilniji, a danas se sve više usavršava i digitalna metoda otiskivanja, tj. skeniranja. Kako je svaki pacijent jedinstven, tako i izbor otisnog materijala i tehnike otiskivanja ovisi o stanju u ustima pojedinog pacijenta.

Svrha je ovog rada detaljno opisati otisne materijale i postupke koji se koriste u fiksnoj protetici, usporediti ih te prikazati sve prednosti i nedostatke digitalnog otisnog postupka u odnosu na klasični.

## **2. OTISNI MATERIJALI**

## 2.1. Svojstva otisnih materijala

Otisni materijali u dentalnoj medicini moraju imati određena svojstva, a to su:

- preciznost
- elastičnost
- dimenzijska stabilnost
- hidrofilnost
- tiksotropnost
- jednostavna primjena
- netoksičnost
- ugodnost za pacijenta
- otpornost na trganje
- kompatibilnost s materijalima za izlivanje otiska
- mogućnost dezinfekcije
- ekonomičnost.

Preciznost otisnog materijala iznimno je važna jer protetski nadomjestak nikako ne može biti precizniji od otiska iz kojeg je izliven model (2). Prema Američkoj udruzi stomatologa, otisni materijali u fiksnoj protetici moraju reproducirati detalje veličine 20  $\mu\text{m}$ , odnosno 75  $\mu\text{m}$  ako su u pitanju materijali kitaste konzistencije (3). Osim o vrsti materijala, preciznost ovisi i o njegovoj viskoznosti – što je viskoznost manja to je reprodukcija detalja bolja (4).

Elastičnost je svojstvo materijala da pod utjecajem vanjskih opterećenja on mijenja svoj oblik, a prestankom opterećenja vraća se u prvobitan oblik. To svojstvo kod otisnih materijala dolazi do izražaja prilikom vađenja otiska iz usta. Idealno elastičan materijal ostvaruje elastični povrat od 100 % što znači da se takav materijal nakon prestanka djelovanja opterećenja u potpunosti vraća u prvobitan oblik. Kod otisnih materijala to nije slučaj iako neki današnji materijali, uz pravilnu primjenu, postižu vrijednosti elastičnog povrata koje su više od 99 %. Što je veće opterećenje, veća je i distorzija materijala. Kako bi se smanjilo opterećenje, a samim time i distorzija, potrebno je eliminirati podminirana mjesta na prepariranom zubu i osigurati da debljina otisnog materijala bude tri do četiri puta veća od najveće dubine podminiranog mjesta koje nije moguće eliminirati (4).

Nakon vađenja iz usta i stabilizacije otisak mora ostati nepromijenjen sve do izlivanja modela u sadri, tj. otisni materijal nakon polimerizacije mora biti dimenzijski stabilan. Kako bi se to postiglo, materijal mora biti otporan na utjecaj okoline (vlaženje ili isušivanje), ne smije imati

nusprodukte polimerizacije ni reakciju s dezinficijensom te mora biti otporan na pritisak i deformaciju prilikom transporta (5).

Hidrofilnost otisnog materijala izuzetno je važna jer prilikom otiskivanja otisni materijal dolazi u kontakt s vlažnim mekim i tvrdim tkivima usne šupljine (4). Hidrokoloide su skupina otisnih materijala koji u svojem sastavu imaju vodu te je mogu dodatno nakupljati u svoju strukturu, što je poželjno prije stvrdnjivanja kada su materijali u kontaktu sa sulkusnom tekućinom ili seroznom slinom. Ipak, nakon stvrdnjivanja takvi su materijali nestabilni ako nisu zaštićeni od utjecaja okoliša jer navlače vodu i bubre ili se isušuju i skvrčavaju. S druge strane, hidrofilnost se kod elastomera koji u svojem sastavu nemaju vodu odnosi na vlaženje površine i kontaktni kut. Za otisne materijale čiji je kontaktni kut veći od  $90^\circ$  smatra se da su izuzetno hidrofobni. S obzirom na to da sadra u svojem sastavu ima vodu, hidrofobni materijali onemogućuju preciznu reprodukciju detalja prilikom izlivanja modela. Idealan otisni materijal stoga bi trebao biti izrazito hidrofilan prilikom otiskivanja, hidrofoban nakon vađenja iz usta i ponovno hidrofilan pri izlivanju modela. Takav materijal ne postoji, no polieteri i adicijski silikoni vrlo su blizu idealnom materijalu ako se usta i zubi osuše prije otiskivanja (5).

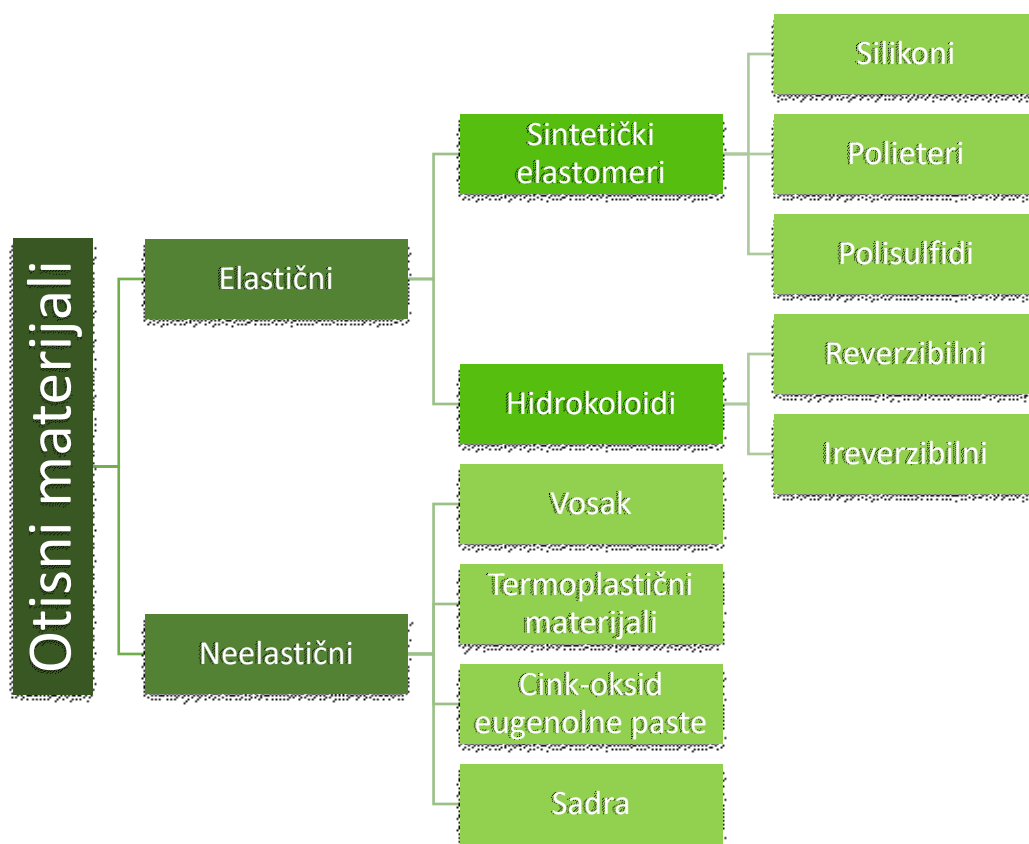
Tiksotropnost je još jedna važna karakteristika otisnog materijala. Materijal je tiksotropan ako pod pritiskom lakše teče, a u statičkim uvjetima postaje viskozni. Kada je takav materijal u žlici za otisak, on se neće izljevati. Smanjuje mu se viskoznost zbog pritiska prilikom adaptacije žlice i materijala u ustima pacijenta i tada lakše ulazi u uske prostore čime se postiže veća preciznost. Nakon adaptacije i prestanka djelovanja sile materijal se ponovno stabilizira i postaje viskozni što osigurava stabilnost detalja reproduciranih prilikom adaptacije žlice.

## **2.2. Podjela otisnih materijala**

Otisni materijali mogu se podijeliti prema svom sastavu, reakciji stvrdnjivanja, vremenu stvrdnjivanja i sl., a najčešće se koristi podjela prema svojstvima materijala nakon stvrdnjivanja (slika 1.) (6). U klasične materijale, one koji su neelastični nakon stvrdnjivanja, svrstavaju se sadra, termoplastični materijali, paste cinkova oksida s eugenolom i razni voskovi. Ti neelastični materijali danas se rijetko koriste ili se više uopće ne koriste kao otisni materijali, već samo kao pomoćni materijali pri otiskivanju i registraciji međučeljusnih odnosa (2). Materijali koji su elastični nakon stvrdnjivanja dijele se na sintetičke elastomere i hidrokoloide. U skupini sintetičkih elastomera nalaze se silikoni, polieteri i polisulfidi, a danas na tržištu postoje i kombinacije silikona i polietera. Hidrokoloide pak mogu biti reverzibilni i ireverzibilni,

ovisno o tome mogu li se nakon prelaska iz sol-stanja u gel-stanje ponovno vratiti u sol-stanje (5). S obzirom na to da je viskoznost materijala usko povezana s njegovom preciznošću, Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) elastične otisne materijale prema konzistenciji dijeli na:

- tip 0 (kitasti) – koriste se kod jednovremenih i dvovremenih tehnika
- tip 1 (vrlo gusti) – koriste se kod jednovremenih i dvovremenih tehnika
- tip 2 (srednje gusti) – koriste se kod jednovremenih tehnika
- tip 3 (rijetki) – nanose se pomoću šprice (4).



Slika 1. Podjela otisnih materijala

## 2.3. Karakteristike pojedinih otisnih materijala

### 2.3.1. Sintetički elastomeri

Sintetički elastomeri danas se najčešće primjenjuju za otiskivanje za radne modele (5). Američka ih stomatološka udruga prema kemijskom sastavu dijeli na polisulfide, silikone i polietere, a prema viskoznosti na vrlo guste (konzistencije staklarskog kita), guste, srednje guste i rijetke (2). Danas na tržištu postoje i vrlo rijetki materijali te hibridi silikona i polietera. Osim

navedene klasifikacije, ovi se materijali mogu podijeliti i prema mnogim drugim kriterijima kao što su vrijeme miješanja, radno vrijeme, otpornost na deformaciju, preciznost, viskoznost i slično (5).

#### **2.3.1.1. Polisulfidi**

Osnovu polisulfida čine niskomolekularni disulfidi sa sulfhidrilnom (SH) grupom, a takvi se disulfidi nazivaju merkaptani. Djelovanjem reaktora omogućena je polimerizacija merkaptana koji prelaze iz tekućeg stanja u čvrstu elastičnu masu. Polisulfidi se na tržištu mogu naći u dvjema tubama od kojih jedna sadrži 80 % polisulfid polimera i 20 % punila, a druga reaktor i omekšivače. Glavni je sastojak reaktora olovni dioksid koji je smeđe boje i koji može štetno djelovati na živo tkivo pa se u novije vrijeme zamjenjuje cinkovim ili magnezijevim dioksidom (7). Ovi materijali bili su prvi gumasti materijali koji su se koristili u otisnim postupcima još 1953. godine. Loše karakteristike polisulfida su: neugodan miris po sumporu, smeđa boja koja može trajno zaprljati odjeću, ljepljivost dok je polisulfid još nepolimeriziran, dugo vezanje materijala (10 – 12 min), dimenzijska nestabilnost itd. Iako su relativno jeftini i otporni na trganje, ovi materijali sve se manje rabe, a u nekim se literaturama više ni ne spominju (2).

#### **2.3.1.2. Silikoni**

Silikoni se prema reakciji koja se zbiva prilikom polimerizacije dijele na adicijske i kondenzacijske.

Adicijski silikoni dolaze u obliku dviju pasta od kojih je jedna baza, a druga katalizator. Baza se sastoji od dimetilsiloksanskog polimera u kojem je dio terminalnih metilnih skupina zamijenjen silanskim skupinama, bojama i punilima. Katalizator je monomer koji u sastavu ima vinilne skupine, boje, punila i druge dodatke. Kada se baza i katalizator pomiješaju, dolazi do adicijske reakcije između silanskih i vinilnih skupina kojom nastaje umrežena silikonska guma. Zbog takvog se konačnog sastava ovi silikoni nazivaju i polivinil siloksanima (PVS, engl. *polyvinylsiloxane*) (5). Iako su adicijski silikoni među najskupljim otisnim materijalima, zbog izuzetno dobrih fizičkih svojstava, preciznosti i lakoće rukovanja u širokoj su primjeni. Prilikom polimerizacije ne dolazi do otpuštanja nusprodukata zbog čega su ovi materijali izrazito dimenzijski stabilni pa omogućuju izlivanje više modela iz jednog otiska tijekom nekoliko tjedana. Na tržištu se pojavljuju u raznim konzistencijama pa tako oni gusti dolaze u dvjema posudama ili tubama iz kojih se miješaju ručno, a oni srednje i rijetke konzistencije dolaze u kartušama koje se stavljaju u uređaj za automatsko miješanje otisnih materijala (slika 2.) (5, 8). Valja imati na umu da su adicijski silikoni skloni kontaminaciji koja onda uzrokuje nepravilnosti na otisku. Kontaminacija je najčešće uzrokovana sumporom koji se nalazi u

rukavicama od prirodnog lateksa i plahticama za koferdam s posljedičnom inhibicijom polimerizacije. Do inhibicije polimerizacije materijala ne dolazi samo prilikom direktnog kontakta s lateksom već i indirektno prilikom kontakta materijala s površinom koja je prethodno bila u kontaktu s lateksom. Osim u lateksu, sumpor se nalazi i u nekim nitrilnim rukavicama i kemikalijama koje se koriste za retrakciju gingive. Još je jedan izvor kontaminacije površinski sloj kompozitnog ispuna kojem je polimerizacija inhibirana kisikom (odmah nakon polimerizacije kompozita). Kako bi se uklonili kontaminanti, preporučuje se ispiranje preparacije i okolnih mekih tkiva 2-postotnim klorheksidinom. Iako je inhibicija polimerizacije diskretna i ograničena samo na površinu, nepolimerizirani bi materijal sigurno uzrokovao distorziju na sadrenom modelu. Adicijski su silikoni manje kruti od polietera pa se u usporedbi s njima lakše vade iz usta pacijenta. Sa stajališta pacijenta, ovaj je materijal idealan jer nema miris ni okus i brzo polimerizira (4, 8, 9).



Slika 2. Različita pakiranja otisnih materijala gore, dolje lijevo, dolje desno; uređaj za automatsko miješanje materijala u sredini dolje



Glavna je mana adicijskih silikona njihova hidrofobnost zbog koje zahtijevaju suho područje koje se otiskuje. U novije se vrijeme na tržištu pojavljuje sve više adicijskih silikona koji su predstavljeni kao hidrofilni. Takvi materijali sadrže intrinzične surfaktante koji poboljšavaju njihovo vlaženje površine i olakšavaju izlijevanje sadrenog modela. Usprkos tome, u tekućem su stanju ovi materijali i dalje hidrofobni pa je suhoća polja koje se otiskuje ključna za precizan otisak (6).

Kondenzacijski silikoni sastoje se od baze koja je silikonski polimer s terminalnim hidroksilnim skupinama i inertnim punilima te reaktora koji sadrži sredstvo za umreženje (etil-silikat) i aktivator reakcije (5). Prilikom povezivanja tih dviju komponenti dolazi do reakcije kondenzacije tijekom koje kao nusprodukt nastaje etilni ili metilni alkohol, vodik ili voda. Kada se oslobađaju alkohol ili voda, dolazi do skvrčavanja materijala. Vodik tijekom svog oslobađanja uzrokuje nagrizanje površinskog sloja sadre kojom se izlijeva otisak. Osim što kondenzacijski silikoni imaju lošu dimenzijsku stabilnost, izrazito su hidrofobni pa je za uzimanje preciznog otiska potrebna apsolutna suhoća (2). Još je jedna njihova mana ručno doziranje zbog kojeg se teško postiže idealan omjer komponenti što može indirektno utjecati na preciznost takva otiska (4). Zbog svega navedenog, kondenzacijski se silikoni u fiksnoj protetici koriste samo kao pomoćno sredstvo u obliku stopera, za izradu silikonskih indeksa u svrhu kontrole brušenja i eventualno za situacijske modele (5).

### **2.3.1.3. Polieteri**

Polieteri su se na tržištu pojavili u kasnim šezdesetim godinama prošlog stoljeća. Sastoje se od dviju pasta od kojih je jedna baza, a druga katalizator. Polieteri u bazi sastoje se od dugih lanaca polieterskog kopolimera koji na krajevima imaju naizmjenično kisikove atome, metilenske i reaktivne grupe. Krajevi tih makromolekularnih lanaca pod utjecajem kationskih inicijatora iz katalizatora prelaze u reaktivne prstenove koji se zatim transformiraju u umrežen konačni produkt. Osim navedenog, u sastavu materijala još su i boje, punila i drugi dodaci. Polieteri su umjereno hidrofilni pa su stoga precizni u prisustvu sline i krvi, no, za dobivanje je idealnog otiska potrebno posušiti područje koje se otiskuje. Polimerizacija polietera ne započinje odmah nakon miješanja baze i katalizatora što jamči sigurno vrijeme manipulacije i eliminira mogućnost deformacije. Vrijeme polimerizacije polietera kratko je i ovisno o tipu materijala. Polieteri su nakon polimerizacije krući od adicijskih silikona pa se teže vade iz usta, a to je dovelo do razvoja mekih inačica kojima se riješio taj problem uz zadržavanje krutosti. Dimenzijski su stabilni i vrlo su otporni na trganje pa se iz jednog otiska može izliti više modela tijekom čak dvaju tjedan. Ipak, prilikom odvajanja otiska od izlivenog sadrenog modela može

doći do pucanja sadre (4, 5). Zahvaljujući tiksotropnosti, polieteri su jedini materijali srednje gustoće koji se mogu koristiti za otiskivanje konfekcijskom žlicom (5).

#### 2.3.1.4. Hibridi silikona i polietera

Na tržištu se 2009. godine pojavio novi otisni materijal koji objedinjuje svojstva polietera i PVS-a, odakle dolazi i njegov naziv – vinil-polieterski silikon (VPES). Svojstva preuzeta od adicijskih silikona su: okus, miris i lakoća vađenja otiska iz usta nakon polimerizacije, a od polietera su to: hidrofilnost, preciznost, otpornost na trganje i dimenzijska stabilnost. Prema svemu sudeći, ovaj je materijal idealan u situacijama u kojima nije moguće postići apsolutnu suhoću područja koje se otiskuje, no potrebna su dodatna istraživanja kako bi se to potvrdilo (5, 6). Kao što je slučaj i s drugim materijalima, VPES se na tržištu pojavljuje u raznim konzistencijama (slika 3.).



Slika 3. Primjeri vinil-polieterskog silikona

#### 2.3.2. Hidrokoloidi

Hidrokoloidi su manje precizni i imaju manju dimenzijsku stabilnost od ostalih elastičnih materijala, no zbog hidrofilnosti i prihvatljive cijene gotovo se uvijek koriste prilikom otiskivanja anatomskih modela koji služe u dijagnostičke svrhe. Osim kod izrade anatomskih modela, ovi se materijali često koriste i kod izrade modela zuba antagonista te privremenih protetskih radova.

Hidrofilnost hidrokoloida proizlazi iz njihova sastava – sastoje se od disperznog sredstva i vode. Ovi materijali u vlažnoj okolini upijaju vodu (imbibicija) i bubre, a u suhoj okolini gube vodu isparavanjem (evaporacija) i skvrčavaju se. Do stvrdnjavanja hidrokoloida dolazi nakon kemijske reakcije ili nakon promjene temperature, ovisno o vrsti materijala. Tako se reverzibilni hidrokoloidi stvrdnjuju zbog promjene temperature, a ireverzibilni zbog kemijske reakcije.

Nakon stvrdnjivanja materijala na površini se pojavljuje eksudat koji se sastoji od vode i sastojaka materijala, a taj se fenomen naziva sinereza (2, 5).

### **2.3.2.1. Reverzibilni hidrokoloidi**

Osnovni je sastojak reverzibilnih hidrokoloida agar dobiven iz morskih algi. Radi očvršćivanja gela dodaje se boraks, no, s obzirom na to da on produljuje vrijeme stvrdnjivanja sadre, prilikom izlivanja modela dodaje se još i kalijev sulfat koji neutralizira to negativno djelovanje boraksa. Najveći volumenski udio ovog materijala čini voda, a on iznosi oko 80 %. Kako bi se izbjegle dimenzijske promjene uzrokovane evaporacijom ili imbibicijom, otisci uzeti reverzibilnim hidrokoloidom moraju se izliti odmah nakon vađenja iz usta ili eventualno pohraniti na maksimalno 45 min u humidor (otisak omotan vlažnom staničevinom u hermetički zatvorenoj plastičnoj kutiji). Na tržište dolaze u gelatiniziranom obliku pa je prije otiskivanja potrebno provesti postupak likvefakcije koji se provodi u posebnom uređaju s trima kupeljima. U prvoj se kupelji na temperaturi od 100° C materijal grije oko 15 min te se cijeli prevodi u sol-stanje. Zatim se materijal stavlja u drugu kupelj na 65° C gdje se održava sol-stanje i tu može biti pohranjen do 48 h. Nekoliko minuta prije otiskivanja žlica s odebljalim rubom i dvostrukim dnom puni se materijalom iz druge kupelji i stavlja u treću kupelj na temperaturu od oko 45° C. Nakon namještanja žlice s reverzibilnim hidrokoloidom u ustima pacijenta započinje postupak gelatinizacije materijala hlađenjem tijekom 10 min, a to se postiže cirkuliranjem hladne vode unutar dvostrukog dna žlice. Uz nužnost strogog pridržavanja pravila, neki autori ovaj materijal smatraju najpreciznijim upravo zbog niske viskoznosti i stvrdnjivanja koje se širi od dna žlice prema tkivima. Na taj način kompenziraju dimenzijske promjene nastale zbog gelatinizacije (2).

### **2.3.2.2. Ireverzibilni hidrokoloidi**

Ireverzibilni hidrokoloidi koji se primjenjuju u dentalnoj medicini soli su alginske kiseline, odnosno alginati. Na tržištu se pojavljuju u obliku praha koji se sastoji od topivih soli alginske kiseline te sporotopivih kalcijevih soli (slika 4.). Kada se prah pomiješa s vodom, kalcijeve soli otpuštaju kalcijeve ione koji reagiraju sa solima alginske kiseline tvoreći netopljiv gel kalcijeva alginata. Prah sadržava i natrijev fosfat koji usporava reakciju stvaranja gela pa se njegovim udjelom regulira brzina vezanja alginata. Temperatura vode s kojom se miješa prah također utječe na brzinu vezanja alginata pa tako hladna voda usporava, a topla voda ubrzava reakciju vezanja. Osim navedenog, u sastavu praha nalaze se još i: dijatomejska zemlja kao punilo, fluoridi za poboljšanje kvalitete površine izlivenog sadrenog modela, korigensi za bolji okus i ponekad kemijski indikatori tjeka reakcije. Potonji mijenjaju boju alginata ovisno o promjeni

pH-vrijednosti tijekom reakcije vezanja čime je omogućeno razlikovanje boje tijekom miješanja, stavljanja materijala u žlicu i manipulacije otisnog materijala. Ireverzibilni hidrokoloide pokazuju slabu adheziju za metal pa se moraju koristiti u žlicama s retencijama i zadebljanim rubom. Zbog dimenzijske bi se nestabilnosti trebali izliti unutar 15 min od otiskivanja, a, ako to nije moguće, pohranjuju se u humidoru na maksimalno 45 min. Reakcija vezanja započinje na mjestima više temperature, odnosno uz tkiva koja se otiskuju. To je suprotno od reverzibilnih hidrokoloida i jedan je od uzroka slabije preciznosti ovog materijala. Unatoč razvoju tehnologije i poboljšanju svojstava materijala, ireverzibilni hidrokoloide još nisu dovoljno precizni i dimenzijski stabilni da bi se koristili za izradu radnih modela za fiksno-protetske nadomjeske (2).



Slika 4. Pribor za miješanje ireverzibilnih hidrokoloida (špatula, posuda za miješanje i mjerica za vodu) i vreća s prahom ireverzibilnog hidrokoloida lijevo, otisak uzet ireverzibilnim hidrokoloidom desno

#### 2.4. Dezinfekcija otisaka

Nakon što je otisak izvađen iz usta pacijenta gdje je bio u doticaju sa slinom, a ponekad i s krvlju, obrađuje se kao potencijalan izvor zaraze. Kako bi dezinfekcija bila što učinkovitija, potrebno ju je provesti odmah nakon vađenja otiska iz usta. Otisak se prvo ispiru pod mlazom vode tijekom 30 sekundi čime se uklanjaju slina i krv, a potom se suši zrakom iz pustera. Sljedeći je korak dezinfekcija koja se provodi špricanjem ili uranjanjem u otopinu dezinficijensa. Naravno, uvijek se potrebno pridržavati uputa proizvođača. Kod dezinfekcije otisaka uzetih hidrokoloidom ili polietrom treba imati na umu da uranjanje u vodenu otopinu na duže vrijeme može negativno utjecati na kvalitetu otiska. Istraživanjima se došlo do zaključka kako dezinfekcijski postupci nemaju klinički značajan utjecaj na kvalitetu i preciznost otiska, no

produžena bi se dezinfekcija trebala izbjegavati zbog utjecaja na vlaženje površine s posljedično lošijom kvalitetom izlivenih modela (2, 6).

### **3. OTISNI POSTUPCI**

Otisni se materijal u usta pacijenta unosi pomoću žlica. One mogu biti konfekcijske i individualne. Individualna je žlica bolji izbor jer je prilagođena svakom pacijentu čime se smanjuje potrebna količina materijala i osigurava jednaka debljina materijala u svim dijelovima otiska što u konačnici dovodi do poboljšanja fizikalnih svojstava materijala, ponajprije dimenzijske stabilnosti. Izuzetak su reverzibilni hidrokoloide kod kojih je poželjna veća količina materijala. Žlica može biti perforirana ili pak imati naglašene rubove (Rimlock-rub), a važno je da nije savitljiva (slika 5.) (5).



Slika 5. Konfekcijske žlice za gornju čeljust (lijevo perforirana, desno neperforirana s Rimlock rubom)

U svakom slučaju, prvo se otiskivanje izvodi konfekcijskom žlicom jer je za izradu individualne žlice potreban anatomski model. Osim za izradu individualne žlice, takvi modeli služe i u dijagnostičke svrhe. Materijali koji se najčešće koriste za otiskivanje za anatomski model su ireverzibilni hidrokoloide i kondenzacijski silikoni. Individualnom se žlicom zatim uzima precizniji otisak čijim se izlivanjem dobiva i precizniji radni model na kojem se izrađuju fiksnoprotetski nadomjesci.

Konfekcijske žlice dolaze u različitim veličinama pa je potrebno odabrati adekvatnu žlicu za svakog pacijenta. Važno je da razmak između žlice i struktura koje se otiskuju bude oko 3 mm i da žlica obuhvati cijelo područje koje se otiskuje, a da pritom ne žulja pacijenta. Ako je žlica prekratka, može se produžiti određenim materijalima kao što su npr. kemijski polimerizirajući akrilati (5).

Individualne žlice izrađuju se od svjetlosno ili kemijski polimerizirajućeg akrilata na anatomskom modelu. Prvo se na model postavlja nekoliko slojeva voska kako bi se osiguralo dovoljno prostora za otisni materijal, no na trima se mjestima vosak skida do sadre kako bi se osigurala stabilnost žlice u ustima pacijenta. Na tako pripremljen model stavlja se ploča akrilata

čiji se rubovi režu tako da buduća žlica svugdje prelazi zube 3 – 5 mm, a nepce za gornju žlicu u fiksnoj protetici može biti reducirano. U području prednjih zuba na žlicu se stavlja dodatni akrilat koji će poslužiti kao držač žlice. Nakon polimerizacije žlice, rubovi se zaglađuju i žlica se polira, a prije otiskivanja nanosi se adheziv za silikon ili polieter. Važno je da adheziv prelazi i preko rubova žlice kako ne bi došlo do odvajanja prilikom vađenja iz usta (5).

Otisak za radni model može se uzeti odmah nakon brušenja zuba, a može se uzeti i u idućem posjetu kako bi se dopustilo gingivi da se oporavi od eventualnih mehaničkih ozljeda prouzrokovanih brušenjem. Ako se otisak odgađa za idući posjet, izbrušeni se zubi moraju zaštititi privremenom krunicom.

Istraživanjem se došlo do zaključka da materijal koji se koristi za izradu privremenih krunica uzrokuje inhibiciju polimerizacije većine testiranih marki PVS-a te minimalnu inhibiciju polimerizacije samo jedne od testiranih marki polietera. Također, ta se inhibicija može prevenirati ako se izbrušeni zub nakon skidanja privremene krunice ispere 3-postotnim vodikovim peroksidom (10).

Prilikom otiskivanja u fiksnoj se protetici često koriste i pomoćna sredstva koja služe za retrakciju gingive kako bi se rub preparacije mogao besprijekorno otisnuti. To su najčešće konci i paste za retrakciju gingive, no sulkus se može otvoriti i elektrokirurški ili laserom. Metode prikazivanja granice preparacije mogu se podijeliti na sljedeće:

- mehaničke
- mehaničko-kemijske
- elektrokirurške
- kirurške (7).

Mehanička metoda prikazivanja granice preparacije provodi se pomoću retrakcijskog konca. Retrakcijski konci mogu biti namotani, pleteni ili tkani, a razlikuju se i u debljini koja je najčešće 0,2 – 1,0 mm. Retrakcijski konac postavlja se u sulkus pomoću instrumenta za umetanje konca ili se u tu svrhu može koristiti Heidemannova špatula (slika 6.). Debljina konca ovisi o dubini pacijentova sulkusa, a odabire se najtanji konac koji će osigurati dovoljnu preglednost. Razlikuju se dvije osnovne tehnike postavljanja retrakcijskog konca, a to su tehnika jednog konca i tehnika dvostrukog konca. Kod tehnike jednog konca uzima se konac dužine promjera zuba u sulkusu, postavlja se u sulkus na način da su krajevi konca smješteni oralno i ostaje u sulkusu za vrijeme otisnog postupka, osim u slučaju izuzetno plitkog sulkusa kada i najtanji konac prekriva granicu preparacije. Ako gingiva na nekim mjestima prekriva



konac, na to se mjesto stavlja dodatni konac ili se prvi konac prikazuje elektrokirurški odnosno laserom. Taj se dodatni konac mora izvaditi prije završnog otisnog postupka. Kod pacijenata s dubljim sulkusom pogodnija je tehnika dvostrukog konca. Ova tehnika provodi se na način da se prvi konac postavi u sulkus kao i kod tehnike jednog konca, a zatim se preko njega postavi drugi konac koji osigurava horizontalno otvaranje sulkusa i bolje prikazivanje prvog konca. Drugi se konac ne gura u potpunosti u sulkus i mora biti jednake debljine kao i prvi konac ili deblji od njega. Budući da se vadi iz sulkusa prije završnog otisnog postupka, ostavlja se duži kako bi se olakšalo vađenje iz usta (5).



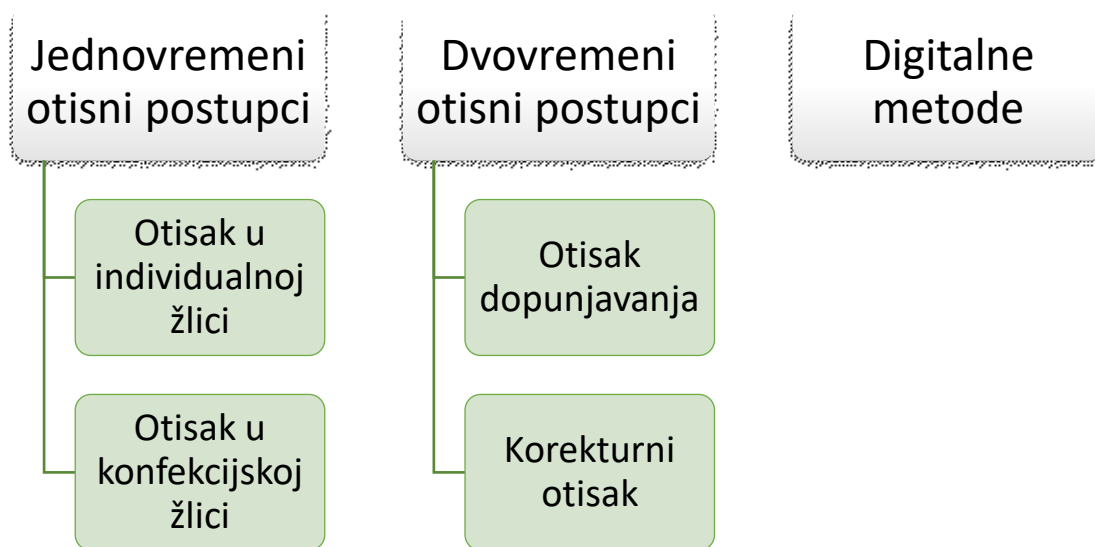
Slika 6. Instrument za umetanje retrakcijskog konca lijevo i Heidemannova špatula desno

Retrakcijski konci mogu biti impregnirani, odnosno namočeni sredstvom koje izaziva retrakciju i kao takvi se koriste u mehaničko-kemijskim metodama prikazivanja granice preparacije. Za impregnaciju retrakcijskog konca mogu se koristiti vazokonstriktori ili adstringensi (7). Uporaba vazokonstriktora kao sredstva za retrakciju gingive temelji se na njihovom djelovanju na  $\alpha$ -1 adrenergičke receptore putem kojih uzrokuju konstrikciju krvnih žila s posljedičnim smanjenjem volumena inače dobro prokrvljene gingive (11). Najčešće korišteni vazokonstriktor za impregnaciju retrakcijskog konca je adrenalin. Ovisno o debljini i dužini, impregnirani konac može sadržavati 0,2 – 1,0 mg adrenalina. S obzirom na to da je apsorpcija adrenalina iz retrakcijskog konca između 64 i 94 %, njegova je primjena kontraindicirana kod kardiovaskularnih bolesnika, pacijenata s hipertenzijom, hipertireozom, dijabetesom, depresijom te kod pacijenata koji su na terapiji  $\beta$ -blokatorima, antihipertenzivima ili inhibitorima monoaminoooksidaze (12). Adstringensi su tvari koje vežu i precipitiraju proteine u površinskom sloju sluznice te na taj način smanjuju eksudaciju i skvrčavaju tkivo. Za impregnaciju retrakcijskog konca kao adstringensi se najčešće koriste aluminijev klorid, željezov

sulfat i cinkov klorid. Problem koji se javlja kod primjene andstrigensa je njihova pH-vrijednost koja se kreće 0,7 – 3,0 što može uzrokovati oštećenje ne samo mekih tkiva već i tvrdih zubnih tkiva s utjecajem na zaostatni sloj, odnosno na formiranje hibridnog sloja. Također, istraživanja su pokazala kako impregnirani retrakcijski konci narušavaju polimerizaciju PVS-a i polietera s time da su vazokonstriktori u usporedbi s adstrigensima dali bolje konačne rezultate (11). U svrhu mehaničko-kemijske retrakcije gingive mogu se koristiti i paste za retrakciju gingive koje se nanose oko zuba u rijetkome stanju te su pogodne kod pacijenata s plitkim sulkusima i kao zamjena za drugi konac ako je potrebno samo manje horizontalno otvaranje sulkusa (5). Paste za retrakciju gingive u svojem sastavu najčešće imaju adstrigens, a neke su paste sastavljene od PVS-a koji povećava svoj volumen. One se ostavljaju u sulkusu 2 – 4 min nakon čega se ispiru vodom i zrakom, a retrakcijski efekt zadržavaju 4 min nakon ispiranja (12).

Elektrokirurška metoda prikazivanja granice preparacije provodi se posebnim elektrodama koje provode struju visoke frekvencije. Takve elektrode dobri su vodiči struje pa ostaju hladne, a do povišenja temperature dolazi unutar stanica s posljedičnom koagulacijom bez dubljih oštećenja tkiva. Taj se učinak naziva dijatermija. Nedostatak elektrokirurške metode je mogućnost nastanka ireverzibilnih oštećenja. Važno je naglasiti kako priprema sulkusa elektrokirurškom i kirurškom metodom mora završavati unutar samog sulkusa, a ne u epitelnom pričvrstku kako bi se izbjegla pojava recesije ili upale gingive. Stoga, ove je metode najbolje koristiti kada je retrakcijski konac u sulkusu te ga gingiva prekriva samo na nekim mjestima (5, 7).

Otisni postupci u fiksnoj protetici mogu se podijeliti na jednovremene, dvovremene i digitalne metode otiskivanja (slika 7.).



Slika 7. Podjela otisnih postupaka

### **3.1. Jednovremeni otisni postupci**

Jednovremeni otisni postupci oni su koji se uzimaju jednim otiskivanjem, pritom koristeći jedan ili dva materijala (istog kemijskog sastava, ali različite konzistencije) u individualnoj ili konfekcijskoj žlici (5).

#### **3.1.1. Otisak u individualnoj žlici**

Jednovremeni otisni postupak u individualnoj žlici smatra se najboljim i najpreciznijim otisnim postupkom u fiksnoj protetici. Materijali koji se biraju za ovaj postupak su polieter ili adicijski silikon, a polieter ima prednost zbog svoje hidrofilnosti. Kako bi se postigla što bolja preciznost, materijal se miješa strojno, dio materijala nanosi se u žlicu, a dio se ručnim aplikatorom nanosi na izbrušene zube koji se moraju u potpunosti prekriti. Radi izbjegavanja duplikatura ili mjehurića zraka, neki autori sugeriraju nanošenje materijala ručnim aplikatorom i na susjedne zube, a poželjno je i materijal nanesen na zubima ispuhati pusterom (5, 13).

#### **3.1.2. Otisak u konfekcijskoj žlici**

Kod jednovremenog otisnog postupka u konfekcijskoj žlici rabe se dva materijala različitih konzistencija. Materijali koji se biraju za ovu tehniku su adicijski silikon ili hibrid silikona i polietera. Postoje dvije moguće izvedbe ovog otisnog postupka. Klasičan jednovremeni otisak u konfekcijskoj žlici izvodi se tako da se u žlicu prvo stavlja gusti materijal i na njega sloj rjeđeg materijala. Danas se ipak češće koristi modifikacija u smislu da se gusti materijal stavlja u žlicu, a rijetki aplicira na izbrušene zube. Važno je da se rjeđi materijal nanese u suvišku kako se eventualne pogreške na spoju dvaju materijala ne bi nalazile na području brušenih zuba (5).

### **3.2. Dvovremeni otisni postupci**

Kod dvovremenih otisnih postupaka isto se područje otiskuje u dvama navratima konfekcijskom žlicom, a materijali koji se biraju su polieteri i adicijski silikoni. U dvovremene otisne postupke ubrajaju se otisak dopunjavanja i korekturni otisak.

#### **3.2.1. Otisak dopunjavanja**

Prvo otiskivanje kod otiska dopunjavanja izvodi se gustim materijalom prije brušenja zuba. Nakon stvrdnjavanja materijala slijedi vađenje otiska iz usta i ispiranje mlazom hladne vode. Zatim je na tom otisku u svrhu dobivanja prostora za rjeđi materijal i lakšeg pozicioniranja žlice u ustima pacijenta skalpelom potrebno odrezati vestibularne i lingvalne rubove otiska do 5 mm iznad gingivnog ruba zuba, odstraniti sva podminirana mjesta i interdentalne septume

nebrušenih zuba dok se interdentalni septumi zuba koji će se brusiti ostavljaju. Kada u prvom otisku ne bi bilo dovoljno mjesta za rjeđi materijal, tada bi taj rjeđi materijal uzrokovao deformaciju već stvrdnutog gustog materijala koji bi se nakon vađenja iz usta vratio u prvobitan oblik i na taj način deformirao konačan otisak. Ta se pojava naziva fenomen čepa (5, 7).

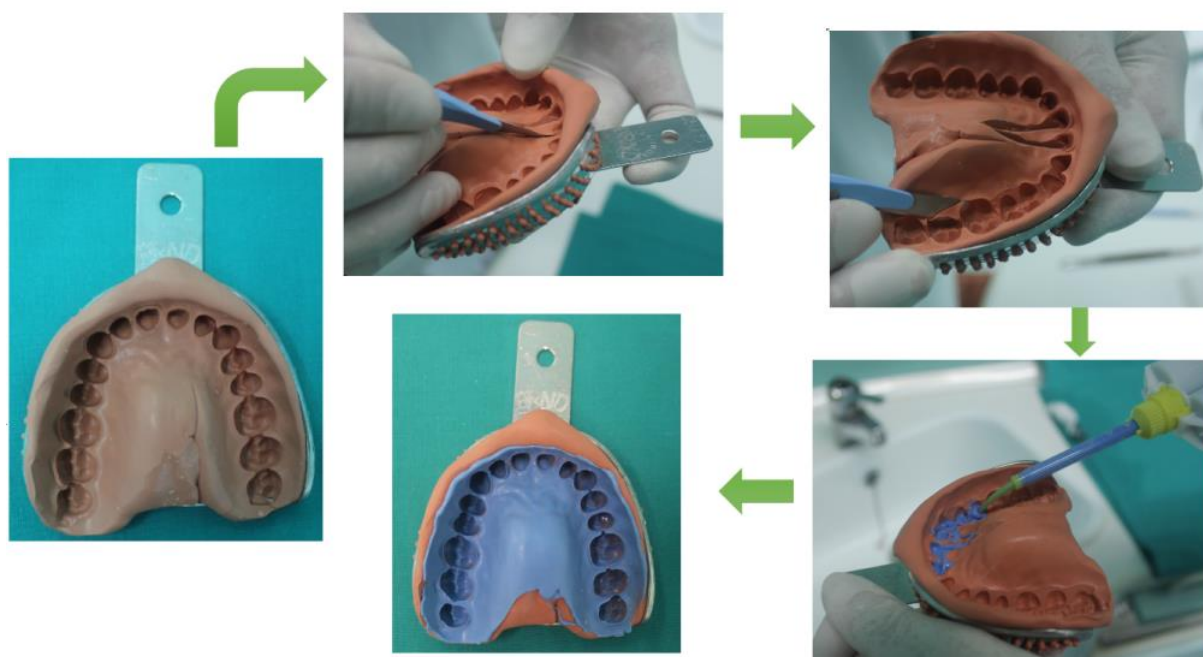
Nakon pripreme žlica se isprobava u ustima. Ako umetanje žlice nije otežano, potrebno je isprati i posušiti i žlicu i zube. Takva žlica spremna je za drugo otiskivanje te se puni rjeđim materijalom koji se, osim u žlicu, ručnim aplikatorom nanosi i na izbrušene zube. Žlica se zatim stavlja u usta pacijenta bez pritiska i vadi nakon stvrdnjivanja materijala u najkraćem mogućem roku (5).

Postoji modifikacija dvovremene tehnike otiskivanja pomoću polietilenske folije. Tijekom prvog otiskivanja ta se folija stavlja preko gustog materijala prije unošenja žlice u usta pacijenta (7). Nakon vađenja prvog otiska iz usta i uklanjanja folije impresije su u otisku nepravilne i proširene čime se dobiva prostor za rjeđi materijal. Takav otisak preuzima funkciju individualne žlice, a rjeđi materijal prilikom drugog otiskivanja postiže bolju preciznost i dimenzijsku stabilnost (7, 14, 15).

### **3.2.2. Korekturni otisak**

Korekturni otisak sličan je otisku dopunjavanja, no ovom metodom oba se otiska uzimaju nakon brušenja zuba (slika 8.). Dakle, nakon brušenja zuba uzima se prvi otisak gustim materijalom u konfekcijskoj žlici, zatim se nakon stvrdnjivanja materijala otisak vadi iz usta, ispire mlazom hladne vode i prilagođava izrezivanjem već spomenutih dijelova. Nakon toga slijedi ispiranje i sušenje otiska i zuba, aplikacija rjeđeg materijala u prvi otisak i na zube koji se otiskuju te se prvi otisak vraća u usta pacijenta do stvrdnjivanja rjeđeg materijala.

Nekad se u svrhu izbjegavanja nastanka fenomena čepa preporučivalo da se na prvom otisku posebnim instrumentom izrade izvodni kanalići za višak rjeđeg materijala od oralnog ruba svake impresije otisnutog zuba do sredine nepčanog dijela na gornjem otisku, odnosno preko ruba otiska na donjem. Danas zbog iznimne tvrdoće novijih materijala takvo što više nije potrebno ako se prilikom otiskivanja ne primjenjuje prejak pritisak (5).



Slika 8. Postupak izvođenja korekturnog otiska

### 3.3. Digitalne metode

Digitalizacija je već odavno zahvatila mnoge segmente naših života, pa tako i dentalnu medicinu. Danas se u gotovo svakoj ordinaciji može naći nekakav oblik digitalizacije kao što je elektronski zdravstveni karton, intraoralna kamera, digitalna radiografija, CAD (*computer aided design*)/CAM (*computer aided manufacturing*) tehnologija i sl.

Francuski doktor Francois Duret nazvan je ocem CAD/CAM tehnologije jer je upravo on napravio prvi digitalni otisak 1971. godine, a na kongresu u Francuskoj 1985. godine svojoj je ženi napravio krunicu za manje od sat vremena. Desetak godina nakon profesor Morman iz Švicarske dizajnirao je i patentirao ručni intraoralni skener čiji je engleski naziv *chairside economical restoration of esthetic ceramics* (CEREC) (6, 16, 17).

CAD/CAM sustavi sastoje se od triju osnovnih dijelova: skenera koji prikuplja geometrijske podatke o objektu i pretvara ih u digitalni trodimenzionalni oblik, CAD jedinice koja s pripadajućim računalnim programom služi za obradu podataka i virtualnu konstrukciju budućeg nadomjeska na zaslonu računala te CAM jedinice u kojoj se prema zadanom programu tehnikom glodanja izrađuje nadomjestak iz tvornički pripremljenog bloka materijala (17).

Na temelju metode izrade krunica, CAD/CAM sustavi dijele se na neposredne, indirektno i centralizirane. Sustav neposredne izrade u ordinaciji (*in office, chairside*), kao što i samo ime

govori, omogućuje izradu krunice u ordinaciji. Svi dijelovi tog sustava nalaze se u ordinaciji, a cijeli je postupak izrade gotov za svega nekoliko sati. Dakle, nema potrebe za ponovnim naručivanjem pacijenta, izradom provizorija kao ni za suradnjom sa zubotehničkim laboratorijem. Doktor dentalne medicine intraoralnom kamerom uzima otisak, odnosno skenira zubne lukove, a zatim se krunica dizajnira na računalu pomoću računalnog programa. Nakon unosa potrebnih podataka keramički blok u boji zuba glođe se do željenog izgleda. S druge strane, indirektni sustav izrade (*in lab system*) zahtijeva standardno uzimanje otiska koji se šalje u zubotehnički laboratorij. Izrada nadomjeska dalje se odvija u laboratoriju – izlijevanje radnog modela, skeniranje radnog modela i njegova digitalizacija, obrada podataka te njihovo slanje u CAM jedinicu gdje se iz odabranog bloka glođe budući nadomjestak. Ovim se načinom najčešće izrađuju potpuno keramičke jezgre na koje se tehnikom slojevanja individualizira i doraduje gotov rad. Centralizirani sustav izrade u proizvodnim centrima također iziskuje suradnju sa zubotehničkim laboratorijem gdje se sadreni model skenira, a podaci se internetom šalju u proizvodni centar gdje se na temelju podataka dobivenih skeniranjem izrađuje nadomjestak. Iz proizvodnog centra taj se nadomjestak šalje natrag u zubotehnički laboratorij na završnu doradu (5).

CAD/CAM sustavi mogu se podijeliti i na temelju načina dijeljenja podataka, odnosno datoteka, na zatvorene i otvorene sustave. Zatvoreni sustavi, za razliku od otvorenih, ne pružaju mogućnost razmjene podataka sa sustavima drugih proizvođača. Kod otvorenih je sustava omogućena suradnja između više dentalnih laboratorija (18).

CAD/CAM tehnologija u fiksnoj protetici rabi se uglavnom za izradu potpuno keramičkih nadomjestaka (5), a neki su od najčešće korištenih sustava CEREC (*Dentsply Sirona, New York, SAD*), Planscan (*Planmeca, Hoffman Estates, Illinois, SAD*), Trios (*3shape, Kopenhagen, Danska*) i iTero (*Align Technology, San Jose, Kalifornija, SAD*).

CEREC sustav bio je prvi koji je kombinirao intraoralni skener i jedinicu za glodanje, a sastoji se od skenera, monitora, tipkovnice, pokazivača, računalnih programskih ključeva te integrirane jedinice za rezanje. Skener, odnosno videokamera, prvo donosi sliku na zaslon monitora te se ona pohranjuje, zatim se određuju rubovi nadomjeska, a nakon računalne obrade informacija se šalje u stroj za rezanje (19). Kod CEREC 1 sustava potrebno je koristiti prah titanijeva dioksida koji izjednačava svjetlosnu disperziju različitih površina kako bi se poboljšala kvaliteta prikaza skeniranog područja, dok kod novih verzija sustava kao što je Omnicam više nema potrebe za tim. Najnovija je inačica CEREC sustava Primescan koji uz

nove tehnologije omogućuje iznimno brzo i kvalitetno skeniranje uz jednostavniju računalnu obradu podataka.

Planscan, Trios i iTero sustavi ne zahtijevaju uporabu praha za izjednačavanje svjetlosne disperzije. Dostupni su i kao USB-verzija koja se spaja s prijenosnim računalom, a pripadaju otvorenim sustavima (6). Danas gotovo sve novije verzije sustava pružaju mogućnost određivanja boje zuba.

Prednosti digitalnih metoda otiskivanja u usporedbi s klasičnim metodama su: ugodnost za pacijenta, mogućnost izrade fiksnih protetskih nadomjestaka u jednoj posjeti, izbjegavanje grešaka poput mjehurića zraka u otisku ili deformacije otiska te mogućnost ponavljanja samo dijela otiska koji nije adekvatno zabilježen. Glavni je nedostatak digitalnih metoda otiskivanja visoka cijena opreme i potreba za dodatnom edukacijom doktora dentalne medicine.

#### **4. RASPRAVA**



Preciznost otisnih materijala uvelike ovisi o vrsti materijala, odnosno njihovu sastavu, no i s najpreciznijim materijalom moguće je napraviti grešku koja će u konačnici rezultirati nepreciznim otiskom. Stoga, valja imati na umu da je za precizan otisak potrebno ispravno napraviti svaki korak prilikom otiskivanja.

Prvo je potrebno odabrati dobar materijal za otiskivanje. Smatra se da su polieteri najprecizniji materijali. Iako je za idealnu preciznost bolje osigurati apsolutno suho radno polje, polieteri su precizni i u prisustvu sline ili krvi te se mogu koristiti kod pacijenata kod kojih nije moguće postići apsolutno suho radno polje. Zbog iznimne krutosti polietera nakon polimerizacije, kod pacijenata s izraženim podminiranim mjestima bolje je koristiti adicijske silikone kako bi vađenje otiska iz usta bilo lakše i kako ne bi došlo do pucanja sadrenog modela prilikom odvajanja otiska od modela. Adicijski silikoni zahtijevaju apsolutnu suhoću radnog polja pa je, ako to nije moguće ostvariti, a pacijent ima izražena podminirana mjesta, za otiskivanje najbolje koristiti VPES. Za otiskivanje anatomskih modela i za zube antagoniste zbog povoljnije su cijene i prihvatljive preciznosti u širokoj primjeni ireverzibilni hidrokoloidi. Svaki od navedenih materijala ima različite varijacije. Odnosno, različiti proizvođači često nude širok asortiman pojedinih materijala koji se razlikuju u vremenu manipulacije, vremenu stvrdnjivanja, gustoći, boji, mirisu, fizikalnim svojstvima i sl. pa i te karakteristike igraju ulogu u odabiru materijala za otiskivanje.

Da bi stvrdnjivanje materijala bilo idealno, važno je miješanjem komponenti dobiti homogenu smjesu. Također, za idealno stvrdnjivanje materijala mora se poštivati i omjer komponenti koji je određen uputama proizvođača. Miješanje komponenti materijala uvijek je kvalitetnije ako se provodi uređajem za automatsko miješanje, no neki se materijali guste konzistencije moraju miješati ručno. Kako bi homogenost zamiješanog materijala bila vidljiva, komponente materijala često su različite boje.

Prilikom aplikacije materijala u žlicu za otiskivanje, kao i prilikom unošenja žlice s materijalom u usta pacijenta, potrebno je paziti da ne dođe do inkluzije mjehurića zraka koji bi uzrokovali nepravilnosti u otisku. Ako se materijal u žlicu unosi aplikatorom, on se stavlja na dno žlice i prilikom aplikacije se ne odiže. Ako se materijal nanosi ručno, potrebno ga je pažljivo prilagoditi kako bi u potpunosti ispunio žlicu.

Svaki materijal ima određeno vrijeme stvrdnjivanja te se iz usta pacijenta ne smije vaditi prije nego što je u potpunosti stvrdnut jer bi u suprotnom došlo do distorzije otiska.

Nakon vađenja otiska iz usta pacijenta i nakon dezinfekcije potrebno ga je pravilno pohraniti do izlivanja modela. Ireverzibilni hidrokoloidi zahtijevaju izlivanje modela unutar 15 min, odnosno 45 min ako su pohranjeni u humidoru. S druge strane, sintetički se elastomeri zbog svojstva elastičnog povrata ne smiju izljevati 30 min nakon vađenja iz usta pacijenta. Najduži period pohrane otiska do izlivanja modela moguć je kod adicijskih silikona i polietera i to u trajanju od oko 2 do 3 tjedna. Valja imati na umu da se otisci uzeti polieterom ne smiju pohranjivati u sredini s vlažnosti zraka iznad 50 % (20). Naravno, uvijek je važno dobro proučiti upute proizvođača i držati ih se.

Dok preciznost klasičnih metoda otiskivanja osim o svojstvima otisnog materijala ovisi i o spretnosti terapeuta, preciznost digitalnih metoda ponajprije ovisi o kvaliteti skenera i o uvjetima prilikom skeniranja. Svaka metoda otiskivanja ima svoje prednosti i nedostatke, a samim time i svoje indikacije odnosno kontraindikacije.

U usporedbi s klasičnim metodama otiskivanja, digitalne su metode u *in vitro* istraživanjima rezultirale boljom marginalnom adaptacijom nadomjeska, no klinička istraživanja nisu pokazala značajnu razliku. Istraživanja također pokazuju da se digitalnom metodom otiskivanja postiže bolja marginalna adaptacija ako se radi krunica, dok kod izrade mostova nema značajne razlike. Materijal koji se koristi za izradu nadomjestaka također igra ulogu pa se tako istraživanjima došlo do zaključka da je za maksimalnu preciznost nadomjeska od cirkonij-oksidge keramike bolje koristiti digitalnu metodu otiskivanja (21, 22). Iako je nekoliko *in vivo* istraživanja pokazalo kako su klasične metode otiskivanja iznimno preciznim materijalima (npr. VPES) dale neznatno bolje rezultate od digitalnih metoda kada je u pitanju semicirkularni most, smatra se da je zbog brzog napretka digitalnih sustava potrebno napraviti nova istraživanja (23, 24).

Uzevši u obzir vrijeme potrebno za otiskivanje, izradu nadomjeska i pacijentovu ugodnost, smatra se da je digitalna metoda otiskivanja s pravilnom indikacijom preferirana metoda otiskivanja (25). Istraživanja pokazuju da zbog utjecaja sline, krvi, ograničenog prostora, oblika preparacije i pozicije skenera indirektni CAD/CAM sustav izrade daje bolje i preciznije rezultate nego direktni sustav izrade (26).

## **5. ZAKLJUČAK**

Otisni materijal mora zadovoljiti određena svojstva: preciznost, elastičnost, dimenzijsku stabilnost, hidrofilnost, tiksotropnost, jednostavnost primjene, netoksičnost, ugodnost za pacijenta, otpornost na trganje, kompatibilnost s materijalima za izlivanje otiska te mogućnost dezinfekcije.

Otisni materijali dijele se na elastične i neelastične materijale. Elastični materijali dijele se na sintetičke elastomere i hidrokoloide. U skupini sintetičkih elastomera nalaze se silikoni, polieteri i polisulfidi, a danas na tržištu postoje i kombinacije silikona i polietera. Hidrokoloidi mogu biti ireverzibilni i reverzibilni. Neelastični materijali su sadra, termoplastični materijali, paste cinkova oksida s eugenolom i razni voskovi. Navedeni se neelastični materijali danas ne koriste kao otisni materijali.

Otisni postupci u fiksnoj protetici mogu se podijeliti na jednovremene i dvovremene te na digitalne metode otiskivanja.

Prednosti digitalnih metoda otiskivanja u usporedbi s klasičnim otisnim postupkom su: ugodnost za pacijenta, mogućnost izrade fiksnih protetskih nadomjestaka u jednoj posjeti (skraćeno vrijeme potrebno za terapiju), izbjegavanje grešaka poput mjehurića zraka u otisku ili deformacije otiska te mogućnost ponavljanja samo dijela otiska koji nije adekvatno zabilježen. Glavni je nedostatak digitalnih metoda otiskivanja visoka cijena opreme i potreba za dodatnom edukacijom doktora dentalne medicine.

## **6. LITERATURA**

1. Richard A. Glenner. How it evolved: dental impressions [Internet]. Glidewell. 2014 [cited 2020 Nov 11]. Available from: <https://glidewelldental.com/education/chairside-dental-magazine/volume-9-issue-1/how-it-evolved-dental-impressions/>
2. Mehulić K. i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.
3. Revised American dental association specification no. 19 for non-aqueous, elastomeric dental impression materials. J Am Dent Assoc. 1977;94(4):733–41.
4. Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ. Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure: Impression materials: A review. J Prosthodont. 2011;20(2):153–60.
5. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur. Klinička fiksna protetika - krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015.
6. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental impression materials and techniques. Dent Clin North Am. 2017;61(4):779–96.
7. Čatović A. Klinička fiksna protetika - ispitno štivo. Zagreb; 1999.
8. Chee WWL, Donovan TE. Polyvinyl siloxane impression materials: A review of properties and techniques. J Prosthet Dent. 1992;68(5):728–32.
9. Delgado AJ, Amaya-Pajares SP, Su Y, Behar-Horenstein L, Donovan TE. The influence of nitrile gloves on the setting behavior of polyvinyl siloxane putty impression materials. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2018;26(1):40–5.
10. Al-Sowaygh ZH. The effect of various interim fixed prosthodontic materials on the polymerization of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent. 2014;112(2):176–81.
11. Maischberger C, Stawarczyk B, von Hajmasy A, Liebermann A. Hemostatic gingival retraction agents and their impact on prosthodontic treatment steps: A narrative review. Quintessence Int. 2018;49(9):719–32.
12. S S, Ma VS, Mi VS, F HG, M H. Gingival retraction methods for fabrication of fixed partial denture: Literature review. J Dent Biomater. 2016;3(2):205–13.
13. Rudolph H, Graf MRS, Kuhn K, Rupf-Köhler S, Eirich A, Edelmann C, et al. Performance of dental impression materials: Benchmarking of materials and techniques by three-dimensional analysis. Dent Mater J. 2015;34(5):572–84.
14. Naumovski B, Kapushevska B. Dimensional stability and accuracy of silicone - based impression materials using different impression techniques - A literature review. Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki). 2017;38(2):131–8.

15. Mann K, Davids A, Range U, Richter G, Boening K, Reitemeier B. Experimental study on the use of spacer foils in two-step putty and wash impression procedures using silicone impression materials. *J Prosthet Dent.* 2015;113(4):316–22.
16. AEGIS Communications. An interview with Dr. Francois Duret. [cited 2021 Jan 24]; Available from: <https://www.aegisdentalnetwork.com/idt/2013/03/an-interview-with-dr-francois-duret>
17. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011;55(3):559–70, ix.
18. Fasbinder DJ. CAD-CAM. Inside Dentistry [Internet]. *Dentalaegis.com.* [cited 2021 Jan 24]. Available from: <https://www.dentalaegis.com/id/2011/08/2011-technology-update-computer-assisted-design-computer-assisted-machining>.
19. Glavina D, Škrinjarić I. Novi postupak za izradbu keramičkih ispuna: CAD/CAM sustav tehnologija 21. Stoljeća. *Acta Stomatologica Croatica.* 2001; 35(1): 43-50.
20. Gonçalves FS, Popoff DAV, Castro CDL, Silva GC, Magalhães CS, Moreira AN. Dimensional stability of elastomeric impression materials: a critical review of the literature. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2011;19(4):163–6.
21. Hasanzade M, Shirani M, Afrashtehfar KI, Naseri P, Alikhasi M. In vivo and in vitro comparison of internal and marginal fit of digital and conventional impressions for full-coverage fixed restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2019;19(3):236–54.
22. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen C-J, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2016;116(2):184-190.e12.
23. Giachetti L, Sarti C, Cinelli F, Russo DS. Accuracy of digital impressions in fixed prosthodontics: A systematic review of clinical studies. *Int J Prosthodont.* 2020;33(2):192–201.
24. Atieh MA, Ritter AV, Ko C-C, Duqum I. Accuracy evaluation of intraoral optical impressions: A clinical study using a reference appliance. *J Prosthet Dent.* 2017;118(3):400–5.
25. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: A review: Digital vs. Conventional impressions in fixed prosthodontics. *J Prosthodont.* 2018;27(1):35–41.

26. Takeuchi Y, Koizumi H, Furuchi M, Sato Y, Ohkubo C, Matsumura H. Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *J Oral Sci.* 2018;60(1):1–7.



## 7. ŽIVOTOPIS

Erika Milovec rodom je iz Varaždina gdje je završila osnovnu školu i Prvu gimnaziju Varaždin. Maturirala je 2015. godine odličnim uspjehom te je iste godine upisala studij dentalne medicine na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.