

# Adhezivno cementirani nadomjesci u fiksnoj protetici

---

**Stipić, Rudolf**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:127:899655>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-24**



*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu  
Stomatološki fakultet

Rudolf Stipić

**ADHEZIVNO CEMENTIRANI  
NADOMJESCI U FIKSNOJ PROTETICI**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

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

Mentor rada: doc. dr. sc. Lana Bergman, Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika:

Lektor engleskog jezika:

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_

—

2. \_\_\_\_\_

—

3. \_\_\_\_\_

—

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

Rad sadrži:        32 stranica  
                      3 tablice  
                      6 slika  
                      1 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**

Neizmjereno sam zahvalan svojoj mentorici, doc. dr. sc. Lani Bergman, na nesebičnom dijeljenju znanja i strpljenju za svako moje pitanje kojih je bilo mnogo. Hvala joj što je pristala biti dijelom mog posljednjeg rada na ovom studiju.

Hvala prof.dr.sc. Ketij Mehulić što mi je na korištenje ustupila fotografije iz svoje knjige.

Zahvaljujem svojoj najbližoj obitelji koja me pratila i bodrila tijekom svih godina studiranja, koja je sve moje uspone i padove proživljavala sa mnom. Mojim prijateljima veliko hvala, uvijek ste bili tu kad je bilo najpotrebnije.

Najveće hvala majci Barbari, ocu Anti i bratu Tomislavu za sve žrtve koje su podnijeli za vrijeme ovih 6 godina, a bilo ih je mnogo.

Ovu diplomu posvećujem osobi koja joj se najviše veselila, nažalost nije ju dočekala, ali svejedno, bako Zora – ovo je za tebe!

Jedno veliko hvala svima!

## **ADHEZIVNO CEMENTIRANI NADOMJESCI U FIKSNOJ PROTETICI**

### **Sažetak**

U modernoj dentalnoj protetici estetika igra veliku ulogu. Standardi u modernoj stomatološkoj ordinaciji rastu iz dana u dan potaknuti sve višim estetskim kriterijima kako pacijenta tako i doktora dentalne medicine. Fiknosprotetska terapija, u eri estetske stomatologije, nezamisliva je bez potpunih keramičkih nadomjestaka. Otkrićem jetkanja i adhezije omogućeni su drugačiji principi rada i planiranja protetske sanacije koji se temelje na poštudnim tehnikama preparacije tvrdih zubnih tkiva te je samim time došlo do potrebe za razvojem novih vrsta keramičkih nadomjestaka. Ovaj rad govori o implementaciji novih materijala i tehnika rada koje definiraju nove protokole u minimalno invazivnoj dentalnoj protetici.

Ključne riječi: dentalna protetika, keramika, estetika, terapija, jetkanje, adhezija, nadomjestak

## **ADHESIVE LUTING OF INDIRECT RESTORATIONS IN FIXED PROSTHODONTICS**

Aesthetic plays a great role in dentistry as the standards and patients aesthetic demands in modern dental practice rise every day. Today, fixed prosthodontic therapy is unimaginable without all ceramic restorations. Etching and adhesion have enabled progress in both therapy planning and the execution of it, based on the minimally invasive tooth preparation principles which further created the need for the development of new types of ceramic materials and restorations. This paper presents new materials and techniques whose implementation changes the established procedures of minimal invasive prosthodontics.

Key words: dentistry, ceramics, aesthetic, therapy, etching, adhesion, restorations

## SADRŽAJ

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD.....                                             | 1  |
| 2. ADHEZIVNI CEMENTI.....                                | 3  |
| 2.1. Svojstva kompozitnih cemenata.....                  | 5  |
| 2.2. Sastav kompozitnih cemenata .....                   | 6  |
| 2.3. Podjela kompozitnih cemenata.....                   | 7  |
| 3. SVOJSTVA MATERIJALA I MOGUĆNOSTI ADHEZIVNE VEZE ..... | 9  |
| 3.1. Laboratorijski postupci izrade nadomjestaka .....   | 12 |
| 3.2. Priprema keramike za adhezivno cementiranje .....   | 14 |
| 4. TEHNIKA ADHEZIVNOG CEMENTIRANJA.....                  | 16 |
| 4.1. Podjela adhezivnih sustava.....                     | 17 |
| 4.2. Priprema zuba za adhezivno cementiranje .....       | 19 |
| 4.3. Prikaz tehnike adhezivnog cementiranja .....        | 20 |
| 5. RASPRAVA.....                                         | 24 |
| 6. ZAKLJUČAK.....                                        | 26 |
| 7. LITERATURA .....                                      | 28 |
| 8. ŽIVOTOPIS.....                                        | 31 |

## **Popis skraćenica**

UV – ultraljubičasto (engl. *ultraviolet*)

tzv. – takozvano

Bis GMA – bisfenol A-glicidil metakrilat (engl. *bisphenol A-glycidyl methacrylate*)

-OH – hidroksilna skupina

LED – svjetleća dioda (engl. *light emitting diode*)

mm – milimetar

Mpa – megapaskal

CAD/CAM – kompjutorski potpomognuto oblikovanje / kompjuterski potpomognuta izrada  
(engl. *Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing*)



## 1. UVOD

Fiksna protetika dio je stomatološke protetike koja se u užem terapijskom smislu bavi izradom fiksnoprotetskih nadomjestaka (1). Cementiranje tih radova, bilo ono privremeno u svrhu probe estetike i funkcije, dugotrajno privremeno prilikom cementiranja implantoprotetskih susta i trajno, neizostavan je dio fiksne protetike. Pravilan odabir cementa, od vitalne je važnosti za uspjeh fiksnoprotetske rehabilitacije. Iskusi kliničar mora poznavati različite tehnike cementiranja, kao i sve korake u procesu, postupke rada na prepariranim zubima i nadomjestcima. Minimalno invazivna stomatologija, uz poštenu preparaciju zuba, trend je koji je u posljednjih desetak godina sve zastupljeniji u svim granama stomatologije, a posebice u fiksnoj protetici. Mogućnost poštedne preparacije zuba, u skladu s oblikom i veličinom defekta ili nepravilnosti, najveća je prednost adhezivne u uspoređi s konvencionalnom tehnikom cementiranja (2). Razvoj adhezivne tehnike omogućio je brojne napretke u području fiksne protetike. Adhezivno keramičko prekrivanje opisano je tek ranih 1980-ih godina integrirajući ranije razvijene adhezivne postupke koje su opisali Buoncore i Bowen. Rochette je 1975. u Francuskoj prvi predložio uporabu lijepljenih keramičkih nadomjestaka za saniranje prednjih zubi. On opisuje postupak izrade keramičkih nadomjestaka za saniranje frakturiranih sjekutića izbjegavajući zahvat u tvrdom zubnom tkivu. Nanesena smola adhezivno je svezala silanizirani keramički nadomjestak i jetkanu caklinu. Iz njegove metode razvile su se keramičke ljuške adhezivno cementirane na jetkanu caklinu te su postale veoma popularne u Europi (3). Revolucionarna otkrića u povijesti adhezivnih cementa su postupak jetkanja cakline koji je opisao dr. Michael Buoncore (1955.), razvoj dentinskih adheziva u kasnim 1950-im godinama, razvoj kompozitnih materijala (Bowen 1962.) i njihova svjetlosna polimerizacija (1973. : UV polimerizacija, 1978. : polimerizacija vidljivim svjetlom). Iznimno važan preduvjet za adhezivno cementiranje je apsolutno suho radno polje koje je omogućeno još 1864. kada je Sanford Barnum osmislio koferdam (2). Također, za važno otkriće u kasnijem radu i istraživanju te jačanju adhezijske veze zaslužan je Nobuo Nakabayashi koji je predložio hibridizaciju dentinskog supstrata i tako ostvario promociju adhezije pomoću infiltracije monomera u zubnu strukturu (4).

Svrha ovog rada je prikazati prednosti, mane i mogućnosti adhezivnog cementiranja u fiksnoj protetici te opisati materijale i vrste nadomjestaka koji se adhezivno cementiraju

## **2. ADHEZIVNI CEMENTI**

Cementi se u fiksnoj protetici rabe za fiksaciju nadomjestka na brušeni zub radi zaštite zuba nosača i pridržavanja nadomjestka (5). Njihova primarna uloga u domeni fiksne protetike jest ispunjavanje prostora između indirektnog nadomjestka i izbrušenog zuba nosača te osiguravanje stabilne retencije nadomjestka u zadanom položaju. Svojstva koja se traže kod idealnog cementa su dobro prijanjanje na zub i nadomjestak, sprječavanje prodora bakterija i tekućina u prostor između zuba i nadomjestka, osiguravanje termičke izolacije, netopljivost, čvrstoća za odupiranje silama u funkciji, mala viskoznost, formiranje tankog sloja radi osiguravanja potpunog doseg nadomjestka, jednostavnost prilikom rada uz dovoljno dugo vrijeme rada i netoksičnost za pulpu (6). Kompozitni cementi, na koje se primarno misli kada se govori o adhezivnim cementima i adhezivnim postupcima, danas postaju sve zastupljeniji. Njihove prednosti su mogućnost adhezije na tvrda zubna tkiva preko adhezivnog sustava, netopljivost u vlažnom mediju i izuzetna mehanička i estetska svojstva. Izgled cementiranog nadomjestka ne bi smio biti narušen zbog odabira cementa. Upravo su dobra estetska svojstva kompozitnih cemenata, kao što su boja i translucencija, potaknula razvoj translucenčnih keramičkih materijala. Adhezivnim cementiranjem kompozitnim cementima unapređuju se mehanička svojstva nadomjestka povezujući ga u jednu cjelinu sa zubom, stvara se tzv. monoblok zub – kompozit – keramika (7). Može se reći kako je adhezija u potpunosti promijenila današnju stomatologiju iz dvaju razloga: 1. adhezijski postupak pridonosi potpunom brtvljenju dentina, sprečavajući prodor mikroorganizama u pulpu (8) i 2. koristeći adhezijski postupak, stomatolog se u svrhu postizanja makroretencije pri izradi indirektnih nadomjestaka više ne koristi podminiranjem ili oblikovanjem velikih paralelnih ploha. Upravo je taj prijelaz s makroretencije na mikroretenciju promovirao estetsku i minimalno invazivnu stomatologiju (9). Mogućnost poštediti preparaciju zuba, u skladu s oblikom i veličinom defekta ili nepravilnosti, najveća je prednost adhezivne u uspoređivanju s konvencionalnom tehnikom cementiranja, tzv. minimalno invazivna terapija gdje ne se ne pazi nužno na retenciju (2). Upotreba keramike kao materijala koji je moguće koristiti u tankom sloju sa zadržavanjem svojstva velike tvrdoće i male abrazivnosti još je jedna od odlika tehnike adhezivnog cementiranja. Adhezija je spajanje različitih materijala privlačenjem atoma i molekula. Osnovni princip adhezije temelji se na izmjeni anorganskog materijala uklonjenog iz zuba sa smolastim monomerom koji se mikromehanički uklješćuje u stvorenim porama. Adhezijsko svezivanje moguće je uslijed razlike u površinskoj energiji između dviju tvari koje su u tijesnom međusobnom kontaktu. Adhezija je skup triju različitih mehanizama: kemijske adhezije (kovalentne, ionske ili metalne veze), fizikalne adhezije (sekundarne sile svezivanja)

te mehaničke adhezije (prodiranje jednog materijala u drugi) (10). Adhezijski sustavi i adhezijsko cementiranje materijali su izbora za suvremene direktne i indirektne estetske ispune te fiksno protetske radove od estetskih materijala osobito u fronti. Neke od indikacija za adhezijsko cementiranje su: 1. minimalna preparacija zuba (*inlay, onlay, overlay*, *ljuska, chips*, supragingivne preparacije) - adhezijski sustav omogućuje veliku veznu čvrstoću pa nije potrebna primarna retencija, 2. mogućnost vezivanja za tvrda tkiva, 3. mogućnost vezivanja za nadomjestak – pomoću primera. Kontraindikacije uključuju nemogućnost postizanja suhog radnog polja, a u otežavajuće okolnosti ubraja se polimerizacijska kontrakcija, složen postupak cementiranja uz veliku osjetljivost na proceduralne pogreške i troškove samog materijala (11). Uspješnost tehnike adhezivnog cementiranja temelji se na činjenici da se u njoj koriste samo dobre značajke pojedinačnih komponenti. Pojedinačna loša svojstva kompozita izbjegnuta su korištenjem tankih slojeva kompozita, a nedostaci keramike ispravljaju se koristeći dovoljnu debljinu. Dakle, kombinacijom prednosti obaju materijala, nakon postupka adhezivnog cementiranja, keramika u potpunosti gubi svoje loše svojstvo – krhkost (3).

Tablica 1. Preuzeto iz (3).

| Kliničke karakteristike kompozitnih materijala i keramike |                                                                                                                                             |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | prednosti                                                                                                                                   | Nedostaci                                                                                                       |
| kompozitni materijali                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- adhezivno svezivanje</li> <li>- očuvanje zubnog tkiva</li> <li>- krutost slična dentinu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- polimerizacijska kontrakcija</li> <li>- termička ekspanzija</li> </ul> |
| Keramika                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- estetika</li> <li>- trajnost</li> <li>- krutost slična caklini</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- krhkost</li> <li>- svojstva trošenja</li> </ul>                        |

### 2.1. . Svojstva kompozitnih cemenata

Cement mora ponajprije biti biokompatibilan jer izbrušeni bataljak predstavlja dentinsku ranu, ne smije biti toksičan niti podražavati pulpu i druga tkiva. Djelovanje na pulpu mora biti umirujuće, cement mora zaštititi pulpu od vanjskih štetnih utjecaja, kao što su kemijski agensi

iz materijala nadomjestka, termoizolacija i elektroizolacija. Trebao bi djelovati bakteriostatski. Topljivost je loša karakteristika, stoga mora biti netopljiv u slini i drugim tekućinama u usnoj šupljini. Deblji slojevi koji su manje topljivi iziskuju više brušenja, stoga cement mora zadržati svojstvo netopljivosti i u tankom sloju. U kratkom vremenu treba postići dovoljnu čvrstoću. Boja cementa mora odgovarati boji tvrdih zubnih tkiva i mora postojati mogućnost odabira boje prema ključu boja što je posebno važno prilikom cementiranja nadomjestaka u fronti gdje postoji mogućnost prosijavanja boje cementa kroz stijenku. Idealni cement bi trebao adherirati na tvrde zubne supstance (caklinu i dentin) jednako kao i na metalne legure, keramičke mase i akrilate. Na kraju bi trebao imati i dovoljno niski viskozitet što omogućuje manju debljinu sloja i dovoljno dugo vrijeme za obradu na temperaturi usne šupljine (4). Kompozitni cementi su minimalno topljivi u vlažnom mediju, stoga su idealan materijal za zatvaranje rubnih pukotina između prepariranog zuba i protetičkih radova. Posjeduju veliku tlačnu i vlačnu čvrstoću, mogućnost postizanja mikromehaničke veze s caklinom, dentinom, dentalnim legurama i keramikama uz uporabu adhezijskog sustava. Estetska svojstva jednaka su estetskim svojstvima kompozitnih materijala za ispune, uz to dolaze u velikom rasponu boja pa potpuno prikrivaju granicu preparacije (11). Modeliraju se u vrlo tankom sloju, boje su im prirodne i otporni su na trošenje. Manje su biokompatibilni u odnosu na neke konvencionalne cemente (staklenoionomerne), osobito u slučaju kada nisu u potpunosti polimerizirani. Problem koji vrijedi naglasiti je polimerizacijska kontrakcija koja stvara mikropukotinu (5). Kontakt površine cementa s kisikom inhibira njegovu polimerizaciju čime se stvara oksidacijski sloj koji degradira površinsku čvrstoću cementa. Posljedično može doći do erozije u kasnijoj fazi te do gubitka rubnog integriteta i obojenosti što se sprječava postavljanjem barijere prilikom polimerizacije, obično u obliku glicerinskog gela (11).

## **2.2. . Sastav kompozitnih cemenata**

Kemijski sastav kompozitnih smola za lijepljenje fiksno protetskih nadomjestaka čini oligomerna matrica (Bis-GMA ili uretan dimetakrilat), fino zrnato anorgansko punilo i spojni međusloj. Sastavom su gotovo identični kompozitnim materijalima koji se koriste u restaurativnoj stomatologiji za ispune. Razlikuju se po manjoj količini punila i u skladu s tim niže su viskozni (12). Kompozit se definira kao kombinacija dvaju ili više kemijski različitih materijala s jasnim graničnim spojem između komponenti i svojstvima boljim od pojedinačnih

komponenti. Sastoje se od triju dijelova: organske smolaste matrice, anorganskih čestica punila i svezujućeg sredstva. U sastav kompozita ulaze i stabilizatori boje, inhibitori, pigment i aktivatorski sustav. Organska smolasta matrica, Bis-GMA, je aromatski metakrilat koji je prvi put otkrio Rafael Bowen u ranim 60-im godinama. Dva su nedostatka Bis-GMA: upitna stabilnost boje i visoka viskoznost. Visoka viskoznost rezultat je -OH grupa i vodikove sveze. Za smanjenje viskoznosti dodaju se niskomolekulski monomeri kao što je trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA) i etilenglikol dimetakrilat (EDMA). Osim što smanjuju viskoznost Bis-GMA, povećavaju unakrsno povezivanje monomera te konačnu čvrstoću. Veličina čestica anorganskog punila varira od materijala do materijala, a po sastavu su: koloidna silica, barijev silikat, stroncij/borosilikatno staklo, kvarc, cinkov silikat, litij aluminijev silikat, itrijev i irbijev trifluoride od kojih svaki ima zasebne karakteristike. Fizička svojstva kompozitnog materijala određena su količinom anorganskog punila. S određenim limitom, što je viši udio punila, to su bolja fizička svojstva kompozitnog materijala (jer je manji udio smole). Koeficijent toplinske istezljivosti, apsorpcije vode i polimerizacijskog skupljanja opada, dok modul elastičnosti, tlačna i vlačna snaga raste (odnosno čvrstoća i tvrdoća) jer čestice punila raspoređuju opterećenje aplicirano na zub. Primarno svojstvo svezujućeg sredstva je osigurati trajnu svezu punila s organskom smolom. Silanizirajuće spojno sredstvo to omogućuje sprečavajući hidrolitičku degradaciju spoja punilo/smola koja bi mogla rezultirati frakturama u smoli te omogućavajući raspodjelu stresa između smole i punila. Silanizirajući agens je bifunkcijska molekula. Od ostalih komponenti kod kemijsko stvrdnjavajućih kompozita, benzoil peroksid i tercijarni amini služe kao izvor slobodnih radikala. Za svjetlosno stvrdnjavajuće, koristi se diketon fotoaktivator, kao što je kamforkinon u svezi s tercijarnim alifatskim aminom. Inhibitori polimerizacije, kao što su monometil eter ili hidrokinon, dodaju se kako bi se spriječila spontana polimerizacija. Zbog stabilnosti boje dodaju se UV stabilizatori (13).

### **2.3. Podjela kompozitnih cemenata**

Prema kliničkoj namjeni, kompozitni cementi mogu se podijeliti na privremene i trajne. Privremeni cementi koriste se za privremene nadomjestke koje pacijent nosi do izrade trajnog ili za probu izgleda i funkcije trajnog nadomjestka. Privremeno cementirani nadomjestak u ustima bi trebao ostati najviše šest tjedana jer se u protivnom povećava rizik od nastanka karijesa na zubnom bataljku. Neki od zahtjeva koje dobar privremeni cement treba ispunjavati

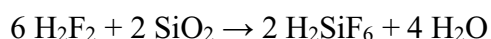
su: optimalna retencija uz osiguravanje pouzdane veze između zuba i nadomjestka, ali i lagano uklanjanje, dobro rubno brtvljenje zbog sprečavanja mikropropuštanja i razvoja karijesa, postojanost i netopljivost i jednostavno čišćenje viška i uklanjanje ostataka prije trajnog cementiranja. Privremeni su cementi često jako viskozni i teško je osigurati potpuni dosjed nadomjestka te ga je najbolje nanijeti samo na unutarnje cervikalne rubove uz izbjegavanje okluzalne plohe. Kompozitni privremeni cementi imaju neutralnu boju što ih čini pogodnima za cementiranje nadomjestaka u vidljivom segmentu, jednostavni su za rukovanje jer se isporučuju u “automix” štrcaljkama te se jednostavno čiste i uklanjaju nakon završetka nošenja privremenog nadomjestka. Zasebna skupina cemenata koja se pojavila kao odgovor na zahtjeve implantoprotetike su privremeni cementi za dulje razdoblje primjene. Zaostajanje netopljivog cementa u periimplantatnom sulkusu može uzrokovati kroničnu upalu koja može dovesti do gubitka implantata. Najčešće korišteni cementi u implantoprotetici temeljeni su na kompozitnim smolama. Odlikuju se povoljnim estetskim svojstvima, jednostavnim čišćenjem i jednostavnom primjenom iz štrcaljke (6). Prema mehanizmu polimerizacije, kompozitne smole mogu se podijeliti u tri skupine. Dije se na kemijsko polimerizirajuće, svjetlosno polimerizirajuće i kemijsko-svjetlosno polimerizirajuće sustave. Prvu skupinu čine cementi koji se danas rjeđe primjenjuju. Aktivacija započinje kontaktom molekula. Kontakt jedne komponente koja sadrži tercijarni amin kao aktivator i druge komponente koja sadrži inicijator benzoil peroksid. Najčešće se nalazi na tržištu u obliku sustava pasta-pasta (11). To su svjetlosno polimerizirajući kompoziti kod kojih pod utjecajem svjetlosti dolazi do pokretanja fotoinicijatora. Najčešće je to kamforkinon s maksimumom apsorpcije na 470 nanometara. Za osvjetljenje se koriste konvencionalni uređaji s halogenim žaruljama koji proizvode prvotno bijelo svjetlo. Filtracijom bijelog svjetla dobije se plavo svjetlo, valne duljine 400 - 540 nanometara. Razvojem tehnologije proizvedeno je nekoliko *soft-start* sustava polimerizacije, halogene žarulje visokog intenziteta, argonski laseri, pulsni laseri. Najnovija dostignuća su uređaji temeljeni na plavim diodama, LED (*light emitting diode*). Uporaba ovih cemenata ograničena je na cementiranje nadomjestaka od keramike koji su tanji od 3 mm i translucetni (13). Dvostruka polimerizacija, odnosno kombinacija kemijske i svjetlosne treći je način polimerizacije kompozitnih cemenata. Prvotna reakcija potaknuta je svjetlošću. Kamforkinon započinje proes stvrdnjavanja, a kada prestane faza osvjetljenja, kemijski inicijator (benzoil peroksid) nastavlja polimerizaciju u tamnoj fazi. Indicirani su kod nadomjestaka koji ne propuštaju dovoljno svjetlosti jer nisu prozirni ili su deblji od 3 mm (11).



### **3. SVOJSTVA MATERIJALA I MOGUĆNOSTI ADHEZIVNE VEZE**

Dentalna keramika jedan je od glavnih gradivnih materijala u modernoj fiksnoj protetici. Upravo su povećani estetski zahtjevi potaknuli razvoj novih keramičkih materijala kako bi se izbjegla upotreba metalnog skeleta te dobio potpuno keramički rad s mehaničkim svojstvima koja dovoljno dobro podnose jače okluzalne sile. Većina dentalnih keramika sastoji se od amorfne faze i kristala čija količina i veličina određuju njihova mehanička svojstva. Amorfni dio sastoji se uglavnom od  $\text{SiO}_2$  (staklo) i daje keramici prirodan izgled (translucenciju) te osigurava kemijsku vezu s kompozitnim cementom. Glinična keramika, koja se još i danas vrlo često koristi, većim se dijelom sastoji od stakla i sadrži malu količinu kristala pa ne može osigurati dobra mehanička svojstva i funkcijsku dugovječnost krunica i mostova u stražnjoj regiji. Zato se ta keramika najčešće peče na metalni skelet koji osigurava mehaničku stabilnost, a istodobno je zadržana estetska komponenta. Zahtjevi da protetski radovi izgledaju estetski i prirodnije izbjegavanjem metalne osnovne konstrukcije rezultirali su razvojem novih keramika s povećanom količinom kristala. Takve keramike mogu podnijeti veće žvačne sile te se upotrebljavaju za izradu osnovne konstrukcije te kao samostalni materijal. To su staklom infiltrirane keramike koje su uglavnom kristalni sustavi (najčešće aluminijev oksid –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) s dodanim staklom te staklokeramike koje su većinom staklo s dodanim kristalima. Međutim, zbog njihovih i dalje ograničenih mehaničkih svojstava mogu se upotrebljavati maksimalno za tročlane mostove u premolarnoj regiji. Zato su proizvedene i polikristalne keramike kao što su aluminij-oksidsna i cirkonij-oksidsna. Obje se sastoje samo od kristala i nemaju amorfni dio (14). U pričvršćivanju estetskih nadomjestaka prvi je izbor adhezivno cementiranje. Tu spadaju radovi izrađeni od kompozita i keramike. *Inlay*, *onlay* i *overlay* osim od keramike također mogu biti indirektni ispuni građeni od kompozita. Fiksnoprotetski radovi načinjeni potpuno od keramike mogu biti pojedinačne krunice, indirektni ispuni, tročlani mostovi, privjesni mostovi, ljuskice. Široko polje indikacije rezultat je višegodišnjeg tehnološkog razvoja keramike. Način cementiranja te keramike osobito ovisi o vrsti keramike, kemijskom sastavu i njezinoj savojnoj čvrstoći. Prema sastavu razlikuju se glinične keramike, keramike s udjelom stakla i polikristalinične (oksidne) keramike (5). Savojna čvrstoća mjeri se u megapaskalima (MPa). Keramike koje imaju manje vrijednosti od 350 MPa zahtijevaju adhezivno cementiranje. Glinična keramika savojne čvrstoće do 120 MPa zahtijeva isključivo adhezivno cementiranje, a služi za izradu inleja, onleja, ljuskica i kao obložna keramika. Staklokeramika, leucitima ojačana 250 - 300 MPa, litij-disilikatna 350 MPa koja se također koristi za izradu ljuskica, krunica, mostova do tri člana u prednjem segmentu, inleja i onleja, bez obzira na razmjerno visoku savojnu čvrstoću zahtijeva isključivo adhezivno cementiranje. Infiltracijska keramika,

kao što su Al-Mg spinel, aluminij oksidna i aluminij oksidna ojačana cirkonijem pruža mogućnosti adhezivnog, ali i konvencionalnog cementiranja, sukladno svojoj velikoj savojnoj čvrstoći. Nadomjestke od cirkonijevog oksida, s obzirom na veliku savojnu čvrstoću, nije potrebno cementirati adhezivno. On nema staklenu fazu, ne može se jetkati, stoga je ostvarenje kemijske veze vrlo teško moguće. Najčešće se koristi kao materijal jezgre pri izradi krunica ili kao osnovna konstrukcija za izradu mostova (15). Pouzdana sveza kompozitnog i keramičkog materijala također se postiže mikromehaničkom retencijom. Glinična keramika i litij-disilikatna staklokeramika u svom sastavu imaju staklenu fazu koju je moguće jetkati fluorovodičnom kiselinom ili nekim sličnim kemijskim sastojkom, izlažući kristalite keramičkog materijala koji stvaraju mikroretencije. Iz kemije je poznato kako se jetkanje fluorovodičnom kiselinom može provoditi jedino na silicij oksidnoj keramici ili staklu prema sljedećoj kemijskoj jednadžbi:



Jetkana površina može se vlažiti i prožeti materijalom koji osigurava čvrstu mikromehaničku svezu s keramičkim materijalom. Dovoljna vezna čvrstoća postiže se samo ako materijal koji se koristi prodre dovoljno duboko u mikroretencije stvorene postupkom jetkanja. Keramički materijali posjeduju svojstvo prekrivanja svoje površine monomolekularnim slojem vode (iz vlažnog okruženja), te stoga silanizacija površine povisuje sposobnost ovlaživanja i veznu čvrstoću. Silane je potrebno hidrolizirati kako bi postali aktivni. S obzirom na to da je površinski zahvat na keramičkom materijalu ključan u kliničkome postupku, stomatolozima se preporučuje tretiranje unutarnje keramičke površine neposredno prije postavljanja nadomjestka na zub. Samo se na ovaj način može izbjeći kontaminacija površine, koja bi mogla ugroziti svezivanje keramičkog nadomjestka na zub (9). Prethodno spomenuta kemijska reakcija ne može se razviti na keramičkim materijalima koji sadrže izrazito čvrstu glinicu ili cirkonijeve okside s obzirom na to da ne posjeduju silicij oksidnu fazu. Stoga oni ne mogu biti ishrapavljeni jetkanjem fluorovodičnom kiselinom. Kod ovih vrsta keramičkih materijala potrebno je koristiti posebne zahvate. Hrapava se površina postiže postupkom pjeskarenja, najčešće česticama aluminij oksida. Nadalje, hrapava površina treba se premazati silicijevim oksidima u svrhu postizanja veće vlažnosti za prihvat adhezijskog materijala postupkom silanizacije. To se može postići tribokemijskim postupkom (Rocatec, Coe Jet, 3M/Espe, Njemačka), u kojem se kremeni dijelovi velikom snagom upuhuju u keramičku površinu. Nepostojanje silicij oksidne faze glavni je razlog zbog kojeg se kod keramičkih nadomjestaka izrađenih od cirkonij

oksidne keramike ne postiže adekvatna adhezivna veza. Tradicionalne tehnike adhezivnog cementiranja, koje se koriste za nadomjestke izrađene od staklo-keramike, ne funkcioniraju kod cirkonij-oksidne keramike. Trenutačno se u svijetu provodi mnogo istraživanja kojima je glavni cilj postizanje adhezivne veze za nadomjestke izrađene od cirkonij-oksidne keramike. Većina istraživanja fokusirana je na pokušaj modifikacije inertnih površina keramika velikih savojnih čvrstoća, a konačni im je cilj mogućnost kemijske modifikacije cirkonij-oksidne keramike kako bi se postigla adhezivna veza (16).

### **3.1. Laboratorijski postupci izrade nadomjestaka**

Dentalne keramike su anorganski materijali sastavljeni od metalnih i nemetalnih elemenata povezanih ionskom i/ili kovalentnom vezom. Zbog dobrih mehaničkih i optičkih svojstava glavni su gradivni materijal u fiksnoj protetici. Konvencionalna zubna keramika je u osnovi keramizirano staklo na osnovi kvarca i mreže kalijeve i/ili natrijeve glinice. Moderne keramike su strukturirane polikristalinične građe. Keramike se u dentalnoj medicini rabe za izradu krunica, *inlay-a*, *onlay-a*, ljuski, tročlanih i višečlanih mostova. Priprava keramika odvija se kroz nekoliko faza: oblikovanje, sušenje, sinteriranje i glaziranje. Vrsta keramičkog materijala određuje način proizvodnje nadomjestka. Glinične keramike najčešće se rabe kao obložne keramike u svim dvoslojnim sustavima bilo metal-keramičkim ili potpunokeramičkim. Ojačane se rabe i kao jezgreni material. Rabe se kod ručne i strojne izrade nadomjestaka. Sastoje se od velikog udjela staklene matrice i male količine homogeno dispergiranih kristala, stoga se ubrajaju u translucetne materijale i gradivni su materijal s najboljim optičkim svojstvima. Staklo-keramika je materijal koji nastaje kontroliranom kristalizacijom stakla. Očvršćenje staklo-keramike koje je potrebno u dentalnoj medicini postiže se dodatkom određene kristalne faze. U dentalnoj medicini rabe se razne vrste staklo-keramika (fluorapatitna, litij-disilikatna, hidroksiapatitna i druge). U staklo-keramici IPS Empress (Ivoclar Vivadent) dodani su kristali leucita koji čine 40 – 50 % volumena. Kod litij- disilikatne staklo-keramike (IPS Empress 2, e-max, Ivoclar Vivadent) glavnu kristalnu komponentu čine igličasti kristali litijevog disilikata. U slučaju IPS Empress 2 keramike veličina čestica litijeva disilikata kreće se između 0,5 i 4,0 mikrometara i oni čine oko 60 % volumena, a kod poboljšane verzije IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent) dužina je između 3 i 6 mikrometara te čine oko 70 % volumena. S obzirom na postupak izrade nadomjestka, staklo-keramika se dijeli na onu za:

1. laboratorijsku izradu: lijevana (*Dicor*, *Dentsply International*, York, SAD) i tlačena (*IPS Empress*, *IPS Empress 2* i *IPS e.max*, *Ivoclar Schaan*, Lihtenštajn). Tlačena zapravo podrazumijeva toplo-tlačni postupak izrade i za taj materijal na raspolaganju su dvije tehnike rada; tehnika slojevanja i bojenja.
2. strojnu izradu- *Dicor* (*MGC*, *Dentsply International*, York, SAD), *ProCad* (*Ivoclar Vivadent*, Amherst, NY, SAD), *IPS e.max CAD* (*Ivoclar AG Schaan*, Lihtenštajn) (7).

Tehnika slojevanja primjenjuje se za izradu pojedinačnih krunica na prednjim zubima, tehnika bojenja za izradu pojedinačnih krunica na bočnim zubima, *onlay-a*, *inlay-a* i ljuski. *IPS Empress* keramika 2, mnogo je čvršća od ranije generacije te je strogo indicirana i za tročlane mostove do završno drugog pretkunjaka (tehnika slojevanja) i za pojedinačne krunice u prednjem i stražnjem području zubnog niza, ljuske, *inlay/onlay* (tehnika bojenja). Ako se nadomjestak radi tehnikom slojevanja, voštani objekt je potrebno izmodelirati u reduciranom obliku jer će se tek nanošenjem obložne keramike dobiti potpuna morfologija. Objekti dobiveni tehnikom bojenja modeliraju se u konačnoj veličini i obliku (monolitni nadomjesci) jer se nakon prešanja oni samo boje do željenog estetskog dojma. Modelacija objekta (navoštavanje) radi se u vosku nakon postavljanja odljevnih kanalića određenog promjera i dužina prema veličini. Objekt se postavlja na gumeno postolje i ulaže u silikonsku kivetu. Kiveta se puni vakuumski miješanim odgovarajućim uložnim materijalom. Nakon što se uložni materijal stvrdne, vadi se iz kivete i postavlja u peć za predgrijavanje. Tijekom predgrijavanja porast temperature je postupan, na temperaturi od 250 Celzijevih stupnjeva drži se 30 minuta te na konačnoj temperaturi od 850 Celzijevih stupnjeva do 60 minuta. U tom procesu vosak izgara bez ostatka i u uložnom materijalu ostaje šupljina u obliku budućeg nadomjeska. Nakon završenog termičkog procesa sve se posebno oblikovanim škarama premješta u peć za tlačenje i odabire određeni program ovisno o vrsti nadomjestka. Na otvor se stavlja keramički ingot te se uz pomoć alox potiskivača pri određenoj temperaturi i tlaku tlači rastaljena keramika u otvor kivete. Kiveta se otvori i objekt se pjeskari česticama veličine 80 mikrometara, tlakom 0,28 milipaskala. Ostatak uložnog materijala čisti se 1 %-tnom hidrofluornom kiselinom 30 sekundi. Zatim se ponovo pjeskari česticama aluminijevog oksida veličine 100 mikrometara, pod tlakom od 0,1 milipaskala 30 sekundi te se odstranjuju odljevni kanalići. Jezgra se postavlja na model i slijedi proba u ustima. Keramički prah obložne keramike miješa se s originalnom tekućinom te nanosi na jezgru u nešto većoj količini (tehnika slojevanja). Obložna keramika se sastoji,

klasično, od triju slojeva. Višak se toga materijala nakon sinteriranja i hlađenja odstranjuje ručno dijamantnim brusnim sredstvom, a površina glazira. Pozornost se mora obratiti na debljinu slojeva, jezgra ne smije biti tanja od 0,5 (*e.max*) do 0,8 mm (*Empress i Empress 2*), a obložna keramika od 0,7 do 2 mm. Ako se krunica izrađuje tehnikom bojenja, nakon prešanja boji se do konačnog izgleda i glazira. Leucitna staklo-keramika (*IPS Empress CAD*) strojna je keramika, indicirana za izradu *inlay*-a, *onlay*-a, ljuskica, tročlanih mostova u fronti i pojedinačnih krunica. Materijali za izradu estetskih ljusaka jesu keramika ili kompozit. Kompozitne su ljuske dobre kao prijelazna varijanta prije izrade keramičkih ljusaka. Današnji nano-kompoziti imaju mogućnost izrazito dobrog poliranja i dužu estetsku trajnost. Keramičke se ljuske danas najčešće izrađuju od glinične ili staklo-keramike. Glinična keramika svakako ima najbolja estetska svojstva i pruža mogućnost veće individualizacije. Ljuske od glinične keramike izrađuju se na vatrostalnom bataljku ili platinskoj foliji. Danas se ljuske najčešće izrađuju od staklo-keramike zbog jednostavnije tehnike izrade. Izrađuju se tlačnom ili CAD/CAM tehnologijom. Nakon tlačne tehnike obično se dodatno nanose slojevi keramike što omogućuje bolju estetiku. Keramički i kompozitni *inlay*-i ubrajaju se u estetske *inlay*-e. direktan način izrade *inlay*-a podrazumijeva izradu u vosku u ustima, izlijevanje u keramici (prešanjem, lijevanjem ili strojno). Kod indirektnog načina izrade nakon otiska, izrađuje se glavni i radni model od posebno tvrde sadre. Kod indirektno izrade keramičkog *inlay*-a postoji nekoliko načina izrade. Prvi podrazumijeva rad na vatrostalnom bataljku ili foliji s gliničnom keramikom. Drugi način, nakon modelacije u vosku i ulaganja, *inlay* se preša ili lijeva od staklo-keramike. Nakon prešanja ili lijevanja obrađuje se i dodatno individualizira tehnikom slojevanja ili bojenja. Treći način, i danas sve popularniji, jest izrada tehnologijom CAD/CAM. Kompozitni *inlay* se isto najčešće izrađuje indirektnom tehnikom na modelu. Kompozit se unosi na radni model u slojevima i polimerizira po uputi proizvođača. Nakon polimerizacije i modelacije vadi se iz radnog modela, dodatno polimerizira sa svih strana i isprobava na glavnom modelu (5).

### **3.2. Priprema keramike za adhezivno cementiranje**

Za kvalitetu adhezivne veze iznimno je važno pripremiti vezne površine na odgovarajući način. Postupak pripreme keramike ovisi o njezinom kemijskom sastavu i čvrstoći. Mogućnosti uključuju jetkanje, pjeskarenje ili nanošenje silikatnoga sloja. Svrha jetanja je povećati

mikroretencijsku površinu. Učinkovito je samo za materijale koji sadrže silicij-oksidge skupine (glina, leucitima ojačana i litij disilikatna keramika). Uporabljava se fluorovodična kiselina. Važno je postupak jetkanja provesti poštujući propisano vrijeme trajanja jer i prekratko i predugo jetkanje mogu negativno utjecati na veznu čvrstoću. Trajanje jetkanja kreće se između 20 sekundi i dvije minute, ovisno o keramici i koncentraciji kiseline. Pjeskarenje ili nanošenje silikatnog sloja primjenjuju se kod keramike velike čvrstoće, prije svega cirkonij-oksidge keramike. Pjeskarenjem se povećava mikroretencijska površina nadomjestka. Za to se rabe čestice aluminijeva oksida manje od 50 mikrometara tijekom 5 sekundi. Pjeskarenje se ne preporučuje za keramike manje čvrstoće jer ih može dodatno oslabjeti. *Rocatec Soft* ili *Cojet sustav* (3M ESPE) prekriva veznu površinu nadomjestka česticama silicijeva oksida, nakon čega se nanosi silan. Time se potiče vezanje aluminij-oksidge ili cirkonij-oksidge keramike za kompozitni cement. Među novije cemente ubrajaju se samoadhezivni cementi koji ne zahtijevaju pripremu površine zuba ili nadomjestka. Samoadhezivni cementi sadrže posebne monomere koji su dovoljno kiseli da nagrizu strukturu s kojom su u kontaktu. Vezna čvrstoća samoadhezivnih cemenata manja je u usporedbi s klasičnim kompozitnim cementima koji zahtijevaju jetkanje i primjenu adheziva. Stoga se ova vrsta cemenata preporučuje kod nadomjestaka koji iziskuju pravilan oblik preparacije s odgovarajućom retencijom i rezistencijom (6). Danas na tržištu postoje i preparati koji pripremu keramičkog nadomjestka skraćuju tako da se fluorovodična kiselina i silan nalaze u istoj bočici. "Monobond Etch & Prime" (*Monobond Etch & Prime*, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) keramički je primer koji omogućuje jetkanje i silaniziranje površine staklokeramike u jednom koraku. Doprinosi jačanju adhezivne sveze, smanjuje broj koraka u fazi rada i time vremenski skraćuje postupak. Nanosi se na unutrašnjost površine nadomjestka s mikročetkicom u trajanju od 20 sekundi, nakon čega se 40 sekundi primer ostavlja da djeluje na površini. Nadomjestak se nakon tog vremena ispiru vodom i ispuhuje u trajanju od 10 sekundi (17).

#### **4. TEHNIKA ADHEZIVNOG CEMENTIRANJA**



Za kvalitetu adhezivne veze iznimno je važno pripremiti vezne površine (nadomjestka i preparirani zub) na odgovarajući način. Postupak pripreme keramike ovisi o njezinu kemijskom sastavu i čvrstoći. Prema vrsti keramike adhezivno cementiranje može se podijeliti na: adhezijsko cementiranje nadomjestaka izrađenih od keramike sa staklenom fazom (silikatna keramika, staklo keramika, infiltrirana keramika), adhezijsko cementiranje nadomjestaka izrađenih od polikristalinične keramike (cirkonijoksidna keramika, aluminijoksidna keramika) (11). Osnovni preduvjet kvalitetne adhezivne veze jest osiguranje suhoga radnog polja. Adhezija je mehanička kad jedna faza prodire u drugu ili kemijska pomoću atoma i molekula. Ovisi o površinskoj energiji i ovlaživanju. Adheziv (metakrilat niske viskoznosti bez punila) olakšava površinsko prijanjanje i omogućuje vlaženje. Površina na koju se nanosi adheziv je adherent (caklina i dentin). Primer poboljšava prionjivost adheziva i adherenta. Prodire u dentinske kanaliće i u slobodnu kolagensku mrežu. Između adheziva i kompozitnog cementa uspostavlja se kemijska veza putem metakrilatnih skupina iz jedne i druge tvari (5).

#### **4.1. Podjela adhezivnih sustava**

U sklopu svakog adhezivnog sustava nalaze se tri komponente: jetkajuća otopina, primer te adheziv ili bond. Ortofosforna kiselina najčešći je odabir jetkajućeg sredstva. Primer je smjesa monomera u određenom otapalu. Osigurava prodor u demineralizirani dentin i kvalitetnije svezivanje adheziva na pripremljenu površinu dentina. Ovisno o vrsti otapala (voda, alkohol ili aceton), adhezivni sustavi nanose se na suhu površinu dentina (voda) ili vlažnu (aceton). Etanol, kao otapalo u sastavu primera, može se nanositi i na vlažan i suh dentin. Treća komponenta adhezivnog sustava je pravi adheziv, bond. Ta niskoviskozna smola infiltrira intratubularni i intertubularni dentin i omogućava mikromehaničko svezivanje za dentin i caklinu, odnosno formiranje kemijske veze (18). Adhezivni sustavi mogu se podijeliti prema nekoliko kriterija: prema generacijama, broju komponenti u sastavu, broju faza rada, vrsti otapala, načinu jetkanja i preobrazbi zaostatnog sloja. Suvremene tehnike ostvarivanja adhezije prema interakciji sa zubnim tkivom mogu se podijeliti na: jetkajuće-ispirajući sustav, samojetkajući sustav i stakleonoionomerni adhezijski sustav. Jetkajuće- ispirajući predmnijevaju faze jetkanja i ispiranja. Mogu se aplicirati u tri koraka: jetkanje kiselinom, temeljni premaz -

primer i konačan premaz - adheziv ili neke od ovih faza mogu biti spojene. Jetkanje uključuje aplikaciju kiseline koja demineralizira intertubularni dentinski matriks kako bi stvorila nanometarske poroznosti unutar kolagenog fibrilarnog matriksa. Primer kao drugi korak reekspandira kolabiranu kolagenu mrežu i oblaže kolagena vlakna hidrofilnim monomerom. Završni korak je nanošenje adheziva u svrhu popunjavanja međukolagenih pora i stvaranja hibridnog sloja te zubaca smole u tubulima. Rezultat hibridizacije je izgled kolagena poput čupavog saka. Samojetkajući adhezijski sustavi (šesta i sedma generacija) su adhezivi koji ne zahtijevaju zasebno jetkanje jer sadrže kisele monomere koji simultano kondicioniraju i infiltriraju dentalni supstrat. Klinički ne zahtijevaju postupak jetkanja i ispiranja čime se smanjuju pogreške koje nastaju pri aplikaciji i rukovanju kiselinom, nisu osjetljivi na uvjete vlažnosti supstrata što znatno smanjuje poslijeoperacijsku preosjetljivost (7). Glavna razlika samojetkajućih adhezijskih sustava u odnosu na jetkajuće-ispiruće adhezijske sustave je različit odnos prema zaostatnom sloju. Jetkajuće-ispirući sustav ga uklanja, dok ga samojetkajući adhezijski sustav modificira: zaostadni sloj će se uklopiti u budući hibridni sloj koji predstavlja interdifuzijsko područje smole, kolagenih niti i djelomično demineraliziranog dentina (18).

Tablica 2. Danas postojeći adhezivni sustavi. Preuzeto iz (19).

| kategorija              | tehnika/generacija       | jetkanje                          | nanošenje<br>primera                   | spajanje   |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|------------|
| jetkanje i<br>ispiranje | 3-fazno<br>4. generacija | 1) sredstvo za<br>jetkanje        | 2) primer                              | 3) adheziv |
|                         | 2-fazno<br>5. generacija | 1) sredstvo za<br>jetkanje        | 2) primer i adheziv u jednoj<br>bočici |            |
| samojetkanje            | 2-fazno<br>6. generacija | 1) samojetkajući primer           |                                        | 2) adheziv |
|                         | 1-fazno<br>7. generacija | 1) samojetkajući primer / adheziv |                                        |            |

Tehnika koju stomatolog odabire često se temelji na vlastitom iskustvu i kliničkoj situaciji. Za preparacije s rubovima koji se većim dijelom nalaze u caklini (npr. preparacije klase IV s velikim stepenicama) preporuča se tehnika jetkanja i ispiranja. Za površinska područja koja se

većim dijelom sastoje od dentina (npr. preparacije klase I) potreba za pouzdanijom adhezijom za dentin često dovodi do odabira tehnike samojetkanja (19).

Talica 3. Prikaz nekoliko adhezivnih sustava različitih proizvođača. Preuzeto iz (19).

| naziv proizvoda  | proizvođač | kategorija                   | jetkanje i ispiranje | bočica 1          | sušenje zrakom                    | bočica 2  | sušenje zrakom | polimerizacija svjetlom |
|------------------|------------|------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|-------------------------|
| G-aenial Bond    | GC         | 1-fazno samojetkanje         | /                    | nanošenje<br>10 s | snažno 5s                         | /         | /              | 10 s                    |
| Bond Force       | Tokuyama   | 1-fazno samojetkanje         | /                    | nanošenje<br>20 s | slabo 5 s<br>i<br>umjereno<br>5 s | /         | /              | 10 s                    |
| Clearfil SE Bond | Kuraray    | 2-fazno samojetkanje         | /                    | 20 s              | slabo                             | nanošenje | blago          | 10 s                    |
| Optibond FL      | Kerr       | 3-fazno jetkanje i ispiranje | 15 s + 15 s          | 15 s              | 5 s                               | 15 s      | 3 s            | 20 s                    |

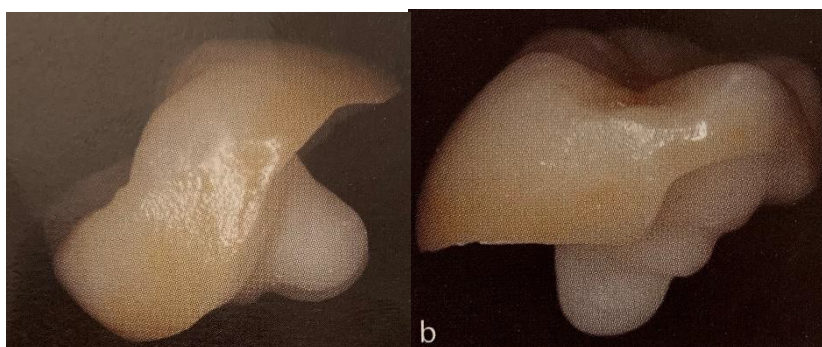
#### 4.2. Priprema zuba za adhezivno cementiranje

Osnovni uvjet za bilo koje adhezivno cementiranje je suho radno polje. U tu svrhu najbolje je koristiti koferdam koji se postavlja prije početka rada. Budući da se višak adhezivnog cementa vrlo teško uklanja, važno je izolirati susjedne strukture. U gingivni sulkus umeće se konac kako se višak cementa ne bi zavukao u to područje gdje djeluje kao dugoročni iritans s obzirom na to da su adhezivni cementi nisko topljivi. Za izolaciju susjednih zubi najbolje je koristiti teflonsku vrpču koja će spriječiti neželjeno vezanje cementa za njih. Zatim se pristupa čišćenju bataljka. Odabir sredstva za dezinfekciju bataljka može utjecati na snagu veze cementiranja. Uporaba vodikovog peroksida ili natrij-hipoklorita je kontraindicirana. Preporučuje se uporaba posebnih klorheksidinskih preparata ili alkohola. S alkoholom treba biti pažljiv u slučaju da su zubi vitalni. Zatim slijedi jetkanje cakline i dentina prema uputama proizvođača i ovisno o izboru sredstva. Neki se sustavi koriste bez prethodnog jetkanja ako je u pripadajućem primeru već sadržana kiselina. Kod ostalih se caklina i dentin jetkaju 37 % -tnom ortofosfornom kiselinom pri čemu dentin ne bi trebalo jetkati dulje od 15 sekundi, dok se caklina jetka oko 30 sekundi. Slijedi ispiranje vodenim mlazom te sušenje bataljka. Kod adheziva su moguće razne

kombinacije i treba se strogo pridržavati uputa proizvođača. Primer i bond se mogu nanositi zasebno nakon prethodnog jetkanja ili kiselina može biti sadržana u primeru. Postoje i samojetkajući adhezivi kod kojih su sve komponente sadržane u istoj bočici. Adhezivi se ne bi trebali osvjetljivati prije insercije jer se time stvara dodatni sloj materijala koji može utjecati na dosjed nadomjestka. Bez osvjetljavanja sloj adheziva se mnogo bolje integrira s cementom (20).

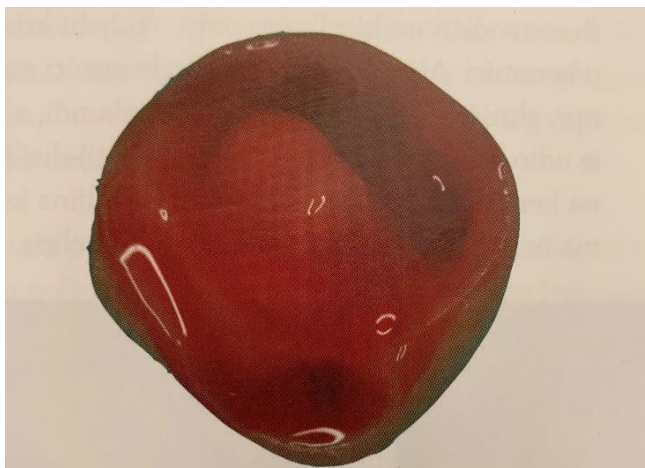
#### 4.3. Prikaz tehnike adhezivnog cementiranja

Postupak pripreme keramike i odabir adekvatnih sredstava za adhezivno cementiranje ovisi o njezinom kemijskom sastavu i čvrstoći. Također, postoji i nekoliko načina pripreme površine zuba pri cementiranju (samojetkajući, selektivno jetkajući i potpuno jetkajući). Samojetkajući adhezivni sustav u adhezivu sadrži kiseli primer, dakle nema dodatnog jetkanja zuba. Selektivno jetkajući - kiselinu se nanosi samo na caklinu, a dentin se jetka kiselinom iz adheziva. Na kraju, potpuno jetkajući sustav karakterizira nanošenje kiseline na caklinu i na dentin.



Slika 1. Endokrunica izrađena od litij-disilikatne keramike. Preuzeto iz (11) uz dopuštenje urednice udžbenika prof. dr. sc. Ketij Mehulić.

Slijedi opis postupka cementiranja litij disilikatne endokrunice samojetkajuće adhezivnim sustavom. Nakon čišćenja nadomjestka alkoholom ili odgovarajućim sredstvom, nadomjestak se osuši zrakom iz pusteru i jetka dvije minute 5 % -tnom fluorovodičnom kiselinom. Nakon jetkanja nadomjestak se uranja u smjesu vode i keramičkog praha radi neutralizacije djelovanja fluorovodične kiseline, ispire i suši.

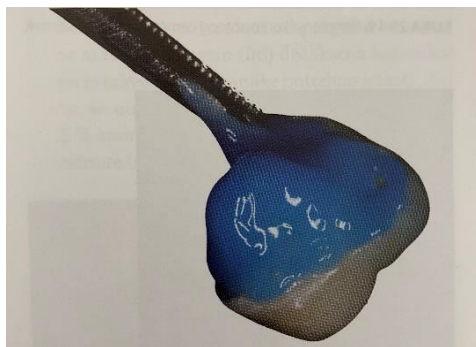


Slika 2. Jetkanje nadomjestka 5 % -tnom fluorovodičnom kiselinom. Preuzeto iz (11) uz dopuštenje urednice udžbenika prof. dr. sc. Ketij Mehulić.

Soli izlučene iz keramike jetkanjem uklanjaju se dodatnim jetkanjem 37 % -tnom ortofosfornom kiselinom tijekom jedne minute, ispiru se pod tekućom vodom i suši te se pristupa nanošenju multiprimera. Multiprimer je primer za keramiku, cirkonijoksidnu oksidnu keramiku, aluminijoksidnu keramiku, kompozit i metal, ostavlja se da djeluje na zraku 60 sekundi. Suho radno polje na prepariranom zubu osigura se upotrebom koferdama.



Slika 3. Soli keramike nastale djelovanjem fluorovodične kiseline. Preuzeto iz (11) uz dopuštenje urednice udžbenika prof. dr. sc. Ketij Mehulić.



Slika 4. Jetkanje 37 % -tnom ortofosfornom kiselinom. Preuzeto iz (11) uz dopuštenje urednice udžbenika prof. dr. sc. Ketij Mehulić.

Zub se čisti odgovarajućim sredstvom. Vitalan preparirani zub treba odmastiti natrijevim hipokloritom, uz posljedično dobro ispiranje kako bi se neutraliziralo djelovanje kisika iz natrijeva hipoklorita koji inhibira polimerizaciju kompozita. Slijedi nanošenje kompozitnog samoadhezivnog cementa iz *automix* sustava na nadomjestak i postavljanje na bataljak. Cement je kemijsko-svjetlosno polimerizirajući. Nakon umetanja rada cement se osvjetljava dvije sekunde radi poticanja kemijske polimerizacije, višak geliranog cementa se potom uklanja i slijedi osvjetljavanje rubova nadomjestka sa svih strana tijekom 40 sekundi.



Slika 5. Nanošenje kompozitnog samoadhezivnog cementa na nadomjestak. Preuzeto iz (11) uz dopuštenje urednice udžbenika prof. dr. sc. Ketij Mehulić.

Nakon toga se pacijenta zamoli da ostane u habitualnoj okluziji narednih 5 minuta tijekom kojih se završava kemijska polimerizacija. Slijedi poliranje rubova i provjera okluzije.



Slika 6. Polimerizacija rubova nadomjestka sa svake strane 40 sekundi. Preuzeto iz (11) uz dopuštenje urednice udžbenika prof. dr. sc. Ketij Mehulić.





Estetska komponenta fiksno protetskog rada u značajnoj mjeri utječe na pacijentovu odluku. Lijep osmijeh i “puna usta bijelih zubi” najčešće su želje. Adhezija je u potpunosti promijenila stomatologiju. Pri izradi indirektnih nadomjestaka stomatolog se više ne koristi podminiranjem ili oblikovanjem velikih paralelnih ploha u svrhu zadovoljavanja retencije. Upravo je taj prijelaz s makroretencije na mikroretenciju promovirao estetsku i minimalno invazivnu stomatologiju (9). Tehnički gledano, adhezivno cementiranje zahtjevniji je način cementiranja od konvencionalnog. Za osiguranje kvalitetne veze potrebno je pripremiti sve dodirne površine s kojima cement dolazi u kontakt, bataljak i unutrašnjost nadomjestka. Postupak pripreme samog nadomjestka ovisi o njezinom kemijskom sastavu i čvrstoći, o čemu se pisalo u prethodnim poglavljima. Količina pojedinačnih koraka koje je potrebno napraviti prilikom svakog adhezivnog cementiranja ostavlja puno prostora za pogrešku. Od velike je važnosti uvijek se pridržavati uputa proizvođača. Nepridržavanje pravila koja nalaže proizvođač može rezultirati stvaranjem slabe veze što najčešće dovodi do odcementiranja ili gubitka nadomjestka. Puno faza rada znači i puno faza gdje može doći do pogreške. Prekratko jetkanje uzrokuje nedostatnu demineralizaciju i posljedično smanjen prodor monomera adheziva. Predugo jetkanje dovodi do ekscesivne demineralizacije, stvara se takozvani hibridoidni sloj. To je područje demineraliziranog dentina i eksponiranih kolagenih vlakana koja se nisu povezala s monomerom. Taj sloj vodi do povećanog propuštanja i smanjene snage veze. Dentin ne smije biti niti presuh niti prevlažan jer je u oba slučaja spriječen prodor monomerima u dubinu (21). Kompozitni cementi podliježu skupljanju prilikom polimerizacije što dovodi do rubne pukotine. Podliježu i inhibiciji polimerizacije kisikom što znači da površinski sloj (oko 100 mikrometara) koji je za vrijeme polimerizacije u kontaktu s kisikom iz zraka ostaje nepolimeriziran. Kako bi se to spriječilo, područje uz rub nadomjestka potrebno je neposredno nakon uklanjanja viška cementa premazati glicerinskim gelom koji blokira pristup kisika te se nakon potpunog stvrdnjavanja ispire vodom (20). U konačnici, kako bi se mogućnost komplikacija svela na minimum, potrebno je prije svega pridržavati se uputa proizvođača, upoznati materijale i djelovati u okviru postojećih kliničkih mogućnosti.

## **6. ZAKLJUČAK**

Adhezivno cementiranje doprinijelo je jačanju veze nadomjestka i zuba, omogućilo minimalno invazivnu preparaciju, unaprijedilo razvoj stomatoloških materijala i mogućnosti u estetskoj stomatologiji. Ipak, još uvijek postoje slučajevi gdje je indicirana primjena konvencionalnih cemenata. Idealan cement na tržištu ne postoji, a kliničko iskustvo i indikacije svakog određenog slučaja pomažu u odabiru idealnog materijala za cementiranje. Nepravilno odabran cement i neadekvatno rukovanje te nepoštivanje uputa proizvođača može negativno utjecati na ishod terapije. Prednosti kompozitnih cemenata, kao što su mogućnost adhezije na tvrde zubne strukture, netopljivost u vlažnom mediju i izuzetna mehanička i estetska svojstva, čine ih sve zastupljenijima u dentalnoj medicini. Estetska svojstva, boja i translucencija potaknula su razvoj translucentnih keramičkih materijala. Svojstva kompozitnih cemenata svakim danom su bolja i daljnji napredak u razvoju materijala zasigurno će fokus stavljati na adhezivno cementiranje. U budućnosti se očekuje razvoj novih materijala i tehnika, koji uz zadržavanje dobrih svojstava postojećih kompozitnih cemenata, omogućuju još jednostavniju i praktičniju uporabu u kliničkom radu.

## **7. LITERATURA**

1. Čatović A. Klinička fiksna protetika-ispitno štivo. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 1999. 299 p.
2. Jurić H, i sur. Dječja dentalna medicina. Zagreb: Naklada Slap; 2015. 512 p.
3. Magne P, Besler U. Adhezivno cementirani keramički nadomjesci u prednjoj denticiji. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2010. 406 p.
4. Jerolimov V. Osnove stomatoloških materijala. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2005. 288 p.
5. Čatović A, Komar D, Čatić A. Klinička fiksna protetika 1 – Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015; 198 p.
6. Jakovac M, Kranjčić J, i sur. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: STEGA-TISAK; 2020. 226 p.
7. Mehulić K, i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. 352 p.
8. Roulet J-F, Degrange M. Adhesion, The Silent Revoltion in Dentistry. Chicago: Quintessence; 1979. 369 p.
9. Gürel G. Znanje i vještina u izradi estetskih keramičkih ljuski. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009. 526 p.
10. Tarle Z, Knežević A. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava. Nastavni tekst. Sonda. 2005;31-4.
11. Mehulić K, i sur. DENTALNA MEDICINA- vodič za praktičare. Zagreb: Medicinska naklada; 2020. 493 p.
12. Lazić B, Komar D, Čatić A. Cementi i cementiranje u fiksnoprotetskoj terapiji. Sonda. 2004;6(11):62-6.
13. Knežević A, Tarle Z. Kompozitni materijali, skripta. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2005. 16 p.
14. Jakovac M, Špehar D. Nove spoznaje o cirkonij-oksidoj keramici kao gradivnom materijalu u fiksnoj portetici. Acta stomatol Croat. 2015;49(2):137-144.

15. Stjepandić I, Jakovac M. Cementiranje fiksno - protetskih radova. Vjesnik dentalne medicine. 2014;2(14):16-8.

16. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now?. Dent Mater. [Internet] 2010 Nov [cited 2012 Jan 1]; 27(1):71-82.

Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3046396/>

17. Dostupno na: <http://www.ivoclarvivadent.com.hr/hr/productcategories/fiksnaprotetika-laboratorij/postavi/monobond-etch-prime>

18. Tarle Z, Marović D, Pandurić V. Suvremene spoznaje o kompozitnim materijalima. Rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti: Medicinske znanosti. 2012;(38):23-37.

19. Dostupno na:

[https://europe.gc.dental/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/gaenialbond/manual/MAN\\_G-aenial\\_Bond\\_Technical\\_Manual\\_hr.pdf](https://europe.gc.dental/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/gaenialbond/manual/MAN_G-aenial_Bond_Technical_Manual_hr.pdf)

20. Milardović S, Mehulić K, Viskić J, Jakšić A. Cementiranje potpuno keramičkih protetskih radova. Sonda. 2010;1(20):52-5.

21. Singhal S. Cementation Navigation: A guide to proper cementation protocols for different restoration types and clinical situations.

Dostupno na: <https://www.dentalproductsreport.com/view/cementation-navigation-guide-proper-cementation-protocols-different-restoration-types-an>



Rudolf Stipić rođen je u Zagrebu 11. srpnja 1994. Živi u Zagrebu gdje je pohađao osnovnu školu i gimnaziju. Nakon završetka I. gimnazije, 2013. godine upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu.