

# Adhezivno cementiranje u fiksno protetskoj terapiji

---

Jajtić, Jasmina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:127:563671>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-12**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Jasmina Jajtić

# **ADHEZIVNO CEMENTIRANJE U FIKSNOPROTETSKOJ TERAPIJI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.

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

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Slađana Milardović, Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Ema Ivanković, mag. edukacije hrvatskog i latinskog jezika

Lektor engleskog jezika: Aleksandar Ignjatović, prof. engleskog jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

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

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

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

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

Rad sadrži: 37 stranica

2 tablice

0 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 izvorni su 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**

Zahvaljujem svojoj mentorici, profesorici Slađani Milardović, na strpljivosti i pomoći tijekom pisanja diplomskog rada.

Zahvaljujem svojoj najbližoj obitelji i dečku koji su me pratili i bodrili tijekom svih godina studiranja.

Hvala mojim prijateljima koji su studentske dane učinili nezaboravnima.

Ovu diplomu posvećujem baki Josipi, osobi koja joj se najviše veselila, a nažalost nije ju dočekala.

## **Adhezivno cementiranje u fiksno protetskoj terapiji**

### **SAŽETAK**

Jedna od ključnih kliničkih faza fiksno protetske terapije postupak je pričvršćivanja nadomjeska odgovarajućim materijalom za pričvršćivanje, odnosno cementom. Uloga je cementa ispunjavanje prostora između indirektnog nadomjeska i izbrušenog zuba nosača te osiguravanje stabilne retencije nadomjeska u zadanom položaju tijekom vremena.

Klinička istraživanja pokazala su da su nedostatak retencije i nastanak karijesa glavni uzroci neuspjeha krunica i mostova. Na tržištu postoji mnoštvo različitih cemenata s različitim svojstvima prilagođenim određenim kliničkim zahtjevima. Međutim, to kliničaru ujedno i otežava odabir odgovarajućeg materijala. Uspjeh cjelokupne terapije može se ugroziti nepravilnim izborom materijala za pričvršćivanje i/ili nepridržavanjem propisanih kliničkih protokola. Stoga su poznavanje dostupnih cemenata, njihovih svojstava, tehnika cementiranja i karakteristika građivnih materijala za izradu nadomjestaka neophodni kako bi se osigurao uspjeh fiksno protetske terapije. Adhezivni su cementi u suvremenoj fiksno protetskoj terapiji doživjeli svoj vrhunac primjene zahvaljujući sve većem zagovaranju minimalno invazivne stomatologije. Tako je poštedna preparacija zuba trend koji je sve zastupljeniji u restaurativnoj stomatologiji i fiksnoj protetici. Mogućnost poštedne preparacije zuba, u skladu s oblikom i veličinom defekta, najveća je prednost adhezivne u uspoređivanju s konvencionalnom tehnikom cementiranja.

Svrha je ovog rada prikazati teorijske osnove adhezivnog cementiranja, mogućnosti koje nudi u fiksno protetskoj terapiji, njegove prednosti i nedostatke te opisati materijale i vrste nadomjestaka koji se adhezivno cementiraju.

**Ključne riječi:** adhezivno cementiranje, minimalno invazivni nadomjesci, kompozitni cementi

## **Adhesive Luting in Fixed Prosthodontic Therapy**

### **SUMMARY**

One of the most important clinical phases of fixed prosthodontic therapy is the procedure of fixing the restoration with a suitable material, i.e. cement. The role of cement is to fill the space between the indirect restoration and the abutment tooth, and to ensure stable retention of the restoration in a given position over time.

Clinical studies have shown that lack of retention and tooth decay are the main causes of crown and bridge failure. There are many different cements on the market with different properties for specific clinical requirements to choose from. However, this also makes it difficult for the clinician to select the appropriate material. The success of the overall therapy may be compromised by improper choice of the cement and/or non-adherence to prescribed clinical protocols. Therefore, having knowledge of the available cements, their properties, cementing techniques and characteristics of restorative materials is necessary to ensure the success of fixed prosthodontic therapy. As a result of ever-increasing advocacy of minimally invasive dentistry, adhesive cements are growing in popularity in modern fixed prosthodontics. Thus, minimally invasive tooth preparation is a trend that is increasingly present in restorative dentistry and fixed prosthodontics. The possibility of sparing the tooth structure, and a defect-oriented tooth preparation are the biggest advantage of adhesive compared to conventional cementation technique.

The purpose of this paper is to present the theoretical foundations of adhesive cementation, the possibilities it offers in fixed prosthodontic therapy, its advantages and disadvantages, and to describe the materials and types of restorations that are indicated for adhesive cementation.

**Key words:** adhesive cementation, minimally invasive restorations, resin cements

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ADHEZIVNO CEMENTIRANJE .....</b>	<b>4</b>
2.3. Sastav kompozitnih cemenata .....	7
2.4. Podjela kompozitnih cemenata.....	8
2.5. Tehnika adhezivnog cementiranja.....	13
2.5.1. Podjela adhezivnih sustava.....	13
2.5.2. Priprema zuba za adhezivno cementiranje .....	15
2.5.3. Cementiranje metalnih i metal-keramičkih nadomjestaka .....	16
2.5.4. Cementiranje keramičkih nadomjestaka .....	17
2.5.5. Cementiranje kompozitnih nadomjestaka .....	23
2.5.6. Utjecaj kisika na inhibiciju polimerizacije .....	23
2.5.7. Završna obrada nakon cementiranja.....	24
2.5.8. Komplikacije adhezivnog cementiranja .....	24
<b>3. RASPRAVA .....</b>	<b>26</b>
<b>4. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>29</b>
<b>5. LITERATURA .....</b>	<b>31</b>
<b>6. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>36</b>

## Popis skraćenica

4-META – 4-metakriloksietil trimelitična kiselina

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

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

EDMA – etilenglikol dimetakrilat

HEMA – 2-hidroksietilmetakrilat

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

MDP – 10-metakriloloksidecil dihidrogen fosfat

μm – mikrometar

mm – milimetar

MPa – megapaskal

s - sekunda

TEGDMA – trietilenglikol dimetakrilat

UDMA – uretan dimetakrilat

UV – ultraljubičasto (engl. *ultraviolet*)



## 1. UVOD

Jedna od ključnih kliničkih faza fiksno protetske terapije postupak je pričvršćivanja nadomjeska odgovarajućim materijalom za pričvršćivanje, odnosno cementom. Uloga je cementa ispunjavanje prostora između indirektnog nadomjeska i izbrušenog zuba nosača te osiguravanje stabilne retencije nadomjeska u zadanom položaju tijekom vremena.

Popis zahtjeva koje bi trebao ispunjavati idealan cement relativno je dug, a uključuje dobro prijanjanje na zub i nadomjestak, sprečavanje prodora bakterija i tekućina u prostor između zuba i nadomjeska, netoksičnost, termičku izolaciju, netopljivost, odgovarajuću čvrstoću, dovoljno dugačko vrijeme rada, malu viskoznost radi jednostavnijeg miješanja i rukovanja, mogućnost formiranja tankog sloja kako bi se osigurao potpun dosjed nadomjeska, jednostavnost primjene i uklanjanje viška. Osim toga, danas je, s obzirom na sve češću uporabu potpuno keramičkih sustava, važan i estetski aspekt pa cement ne smije negativno utjecati na konačni izgled nadomjeska (1).

Budući da ne postoji materijal koji bi objedinio sva navedena svojstva, na tržištu postoji mnoštvo različitih cemenata s različitim svojstvima prilagođenim određenim kliničkim zahtjevima. Međutim, to kliničaru ujedno i otežava odabir odgovarajućeg materijala. Uspjeh cjelokupne terapije može se ugroziti nepravilnim izborom materijala za pričvršćivanje i/ili nepridržavanjem propisanih kliničkih protokola. Stoga su poznavanje dostupnih cemenata, njihovih svojstava, tehnika cementiranja i karakteristika građivnih materijala za izradu nadomjestaka neophodni kako bi se osigurao uspjeh fiksno protetske terapije.

Nadomjestak se na brušenom zubu može zadržavati mehaničkom retencijom, mikromehaničkim vezanjem ili molekularnom adhezijom.

Kod mehaničke retencije uloga cementa primarno je fizičko ispunjavanje prostora između fiksno protetskog nadomjeska i zuba nosača te sprečavanje prodora tekućina i bakterija. Zadržavanje nadomjeska na bataljku kod ovih cemenata ovisi o retencijskom i rezistencijskom obliku preparacije (1).

Mikromehanička veza osigurava se nepravilnostima površine u koje prodire cement stvarajući zupce. Nepravilnost površine zuba postiže se jetkanjem ortofosfornom kiselinom, keramike jetkanjem fluorovodičnom kiselinom, metala elektrolizom, kemijskim nagrivanjem ili pjeskarenjem, a cirkonijeva dioksida pjeskarenjem (1).

Molekularna adhezija uključuje fizičke sile (bipolarne, van der Waalsove ili kemijske) između dviju molekula. Uz snažnu vezu, molekularna adhezija osigurava smanjeno mikropropuštanje i s time povezane negativne pojave. Zubno tkivo samo po sebi nema dovoljnu sklonost vezanju

s molekulama cementa ili materijala od kojih su izrađeni nadomjesci pa je potrebno koristiti posrednike veze. Ostvarena veza obično je kombinacija molekularne adhezije i mikromehaničke veze.

Danas se često susreće podjela cemenata na konvencionalne, koji retenciju uglavnom osiguravaju mehanički, a stvrđavaju se acidobaznom reakcijom, i adhezivne koji ostvaruju kemijsku vezu, a stvrđavaju se polimerizacijom.

Adhezivni su cementi u suvremenoj fiksno protetskoj terapiji doživjeli svoj vrhunac primjene zahvaljujući sve većem zagovaranju minimalno invazivne stomatologije. Tako je poštedna preparacija zuba trend koji je sve zastupljeniji u restaurativnoj stomatologiji i fiksnoj protetici. Mogućnost poštedne preparacije zuba, u skladu s oblikom i veličinom defekta, najveća je prednost adhezivne u uspoređivanju s konvencionalnom tehnikom cementiranja (2).

Važna otkrića u povijesti koja su doprinjela razvoju adhezivne tehnike jesu postupak jetkanja cakline koji je opisao dr. Michael Buonocore (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 je važan preduvjet za adhezivno cementiranje apsolutno suho radno polje koje je omogućeno još 1864. godine, kada je Sanford Barnum osmislio koferdam. 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 infiltracijom monomera u zubnu strukturu (3).

Svrha je ovog rada prikazati teorijske osnove adhezivnog cementiranja, mogućnosti koje nudi u fiksno protetskoj terapiji, njegove prednosti i nedostatke te opisati materijale i vrste nadomjestaka koji se adhezivno cementiraju.

## **2. ADHEZIVNO CEMENTIRANJE**

Adhezivno cementiranje postupak je pričvršćivanja nadomjeska na zub s pomoću kompozitnog cementa. Veza koja se ostvaruje adhezivnim cementiranjem jest kombinacija mehaničke, mikromehaničke i kemijske na molekularnoj razini (1). Kod konvencionalnog cementiranja, gdje se ostvaruje mehanička veza, nužno je osigurati retencijski oblik preparacije (4, 5). Kod minimalno invazivnih oblika preparacija, npr. za ljske, gdje je primarna retencija nadomjestka smanjena ili ne postoji, ne može se postići zadovoljavajuća mehanička veza. Uvođenjem adhezivne tehnike cementiranja omogućena je poštenija preparacija zuba, a unatoč tome postiže se snažna veza između nadomjeska i zuba (5).

Adhezivno cementiranje temelji se na molekularnoj sili, adheziji, koja predstavlja privlačenje dvaju različitih tijela u bliskom dodiru. Adhezija se razvija između zuba, kompozitnog cementa i nadomjeska zbog razlike u njihovoj površinskoj energiji. Kemijska se adhezija razvija na molekularnoj razini ostvarivanjem kovalentnih i ionskih veza. Mehanička adhezija odvija se na fizikalnoj razini, nastaje prodiranjem površine jednog materijala u drugi.

Specifičnost adhezivnog cementiranja u načinu je pripreme zuba za vezanje s kompozitnim cementom i neophodnim uspostavljanjem suhog radnog polja. Da bi se ostvarila veza, na bitaljak se nanosi adhezivni sustav koji djeluje poput promotora adhezije između cakline, dentina i kompozitnog cementa. Tako nastaje mikromehanička retencija na molekularnoj razini između kompozitnog cementa i zuba. S druge strane, kemijska veza između kompozitnog cementa i keramičkog nadomjeska nastaje nanošenjem silana na površinu keramike, čime se ostvaruje adhezijsko svezivanje nadomjeska i kompozitnog cementa (6, 7).

## **2.1. Cementi za adhezivnu tehniku cementiranja**

U adhezivnom postupku upotrebljavaju se kompozitni cementi. Njihova retencija odvija se na molekularnoj razini djelovanjem van der Waalsovih sila i kemijskih veza, kao što su ionske i kovalentne (8). Prednosti kompozitnih cemenata su mogućnost adhezije na tvrda zubna tkiva preko adhezivnog sustava, netopljivost u vlažnom mediju i izuzetna mehanička i estetska svojstva. Budući da odabir cementa ne bi smio utjecati na izgled cementiranog nadomjeska, dobra estetska svojstva kompozitnih cemenata čine ih prikladnima za cementiranje nadomjestaka od translucenčnih keramičkih materijala. Osim toga, adhezijom se poboljšavaju konačna mehanička svojstva stvaranjem tzv. monobloka koji tvore zub-kompozit-keramika, pa nakon cementiranja keramike s manjom savojnom čvrstoćom postižu veću konačnu čvrstoću i posljedično postaju otpornije na lomove (9).

Neki oblici preparacije, primjerice za ljuste, koji sami po sebi ne osiguravaju odgovarajuću retenciju nadomjeska, također se moraju cementirati adhezivno. U slučaju smanjene visine bataljka ili prevelike konvergencije aksijalnih stijenki zbog neadekvatnog brušenja, primjenom kompozitnih cemenata mogu se povećati retencija i rezistencija nadomjeska (10).

S obzirom na vrstu nadomjeska, kompozitnim se cementima u pravilu mogu pričvrstiti sve vrste fiksnoprotetskih radova. Najčešće se upotrebljavaju za cementiranje potpuno keramičkih nadomjestaka, keramičkih i kompozitnih ljusti, adhezivnih mostova i kompozitnih nadogradnji ojačanih staklenim vlaknima. Kontraindikacije uključuju nemogućnost postizanja suhog radnog polja i nedovoljno cakline na zubu nosaču (11, 12).

Nedostaci adhezivne tehnike uključuju polimerizacijsku kontrakciju, složen postupak cementiranja uz veliku osjetljivost na proceduralne pogreške i skupoću samog materijala.

## **2.2. Svojstva kompozitnih cemenata**

Kompozitni cementi netopljivi su u vlažnom mediju, posjeduju veliku tlačnu i vlačnu čvrstoću, stvaraju mikromehaničku vezu s caklinom, dentinom, dentalnim legurama i keramikama uz uporabu adhezijskog sustava. Modeliraju se u vrlo tankom sloju, boje su im prirodne i otporni su na trošenje. Estetska svojstva jednaka su estetskim svojstvima kompozitnih materijala za ispunje. Većina vodećih proizvođača kompozitne cemente nudi u različitim bojama (Tablica 1.) navodeći kako se pravilnim odabirom može modificirati boja nadomjeska i postići bolja usklađenost boje nadomjeska s prirodnim zubima (13). Međutim, sloj cementa u kliničkim je uvjetima vrlo tanak te u idealnim uvjetima nije deblji od 120  $\mu\text{m}$ , pa u većini kliničkih situacija tako tanak sloj nema veći utjecaj na boju keramike (14, 15).

Ograničenja upotrebe kompozitnih cemenata jesu osjetljivost tehnike cementiranja na pogreške, visoka cijena i otežano uklanjanje viška cementa (16, 17). Manje su biokompatibilni u odnosu na neke konvencionalne cemente (staklenoionomerne), osobito u slučaju njihove nepotpune polimerizacije. Problem koji valja istaknuti polimerizacijska je kontrakcija koja stvara mikropukotinu između nadomjeska i zuba. Posljedično u nastali prostor mogu prodirati tekućine i bakterije čime se potiče topljenje cementa, stvaranje rubnog obojenja i povećava rizik od razvoja karijesa.

Doticaj 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 (1).

Tablica 1. Primjeri raspoloživih boja kompozitnih cemenata različitih proizvođača. Preuzeto iz (15).

Naziv cementa	Proizvođač	Raspoložive boje
Calibra	Dentsply, Konstanz, Njemačka	svijetla, srednja, tamna, opakna i transparentna
Nexus Universal Luting system	Kerr Dental, Rastatt, Njemačka	svijetla, tamna i neutralna
RelyX-Unicem Veneer	3M Espe, Seefeld, Njemačka	transluentna, opakna/žutoopakna, bijelopakna, A5 opakna/tamna, A1/svijetložuta i B0.5/bijela
Varionlink II	Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn	transparentna, bijela, žuta, smeđa, bijelopakna, bleach

### 2.3. Sastav kompozitnih cemenata

Kompozit je definiran kao kombinacija dvaju ili više kemijski različitih materijala s jasnim graničnim spojem između komponenti i svojstvima boljim od pojedinačnih komponenti. Sastoji 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, aromatski je metakrilat koji je otkrio Rafael Bowen u ranim 1960-im godinama. Upitna stabilnost boje i visoka viskoznost nedostaci su Bis-GMA. Za smanjenje viskoznosti dodaju se niskomolekulski monomeri, kao što je trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA) i etilenglikol dimetakrilat (EDMA). 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 ograničenjima, 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. Kompozitne smole koje se primjenjuju za cementiranje u fiksnoj protetici gotovo su identične kompozitnim materijalima u restaurativnoj dentalnoj medicini. Glavna je razlika ta što kompozitni cementi sadrže manje punila (50 – 70 % manje stakla i silicijeva oksida), zbog čega su manje viskozni (13). Povezivanje organske smolaste matrice i anorganskog punila omogućeno je djelovanjem svezujućeg međusloja – organosilana. To je bifunkcijska molekula koja se jednim krajem vezuje za hidroksilne skupine anorganskog punila, a drugim krajem za metakrilatne skupine organske matrice (18). 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 (19).

#### **2.4. Podjela kompozitnih cemenata**

Prema kliničkoj namjeni, kompozitni cementi dijele se na privremene i trajne. Privremeni cementi upotrebljavaju se za privremene nadomjestke koje pacijent nosi do izrade trajnog ili za probu izgleda i funkcije trajnog nadomjeska. Privremeno cementirani nadomjestak u ustima trebao bi ostati najviše šest tjedana jer se u protivnom povećava rizik od nastanka karijesa na bataljku. Neki od zahtjeva koje dobar privremeni cement treba ispunjavati sljedeći su: optimalna retencija uz osiguravanje pouzdane veze između zuba i nadomjeska, ali i lagano uklanjanje, dobro rubno brtvljenje zbog sprečavanja mikropropuštanja i razvoja karijesa, postojanost i netopljivost te jednostavno čišćenje viška i uklanjanje ostataka prije trajnog cementiranja. Privremeni su cementi često jako viskozni i teško je osigurati potpuni dosjed nadomjeska 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 nadomjeska. Zasebna skupina cemenata koja se pojavila kao odgovor na zahtjeve implantoprotetike privremeni su 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 (10).

S obzirom na mehanizam polimerizacije organske matrice kompozitne smole mogu se podijeliti na: autopolimerizirajuće (engl. *self-cured*), svjetlosno polimerizirajuće (engl. *light-cured*) i dvostruko polimerizirajuće (engl. *dual-cured*) (8). Autopolimerizirajuće kompozitne smole nazivaju se još i kemijski vezujući kompozitni cementi, a pripadaju dvokomponentnim sustavima. Glavna prednost ovih cemenata jest mogućnost polimerizacije na mjestima nadomjeska koja su nedostupna izvoru svjetlosti. Kako bi polimerizacija nastupila kod ove vrste cemenata, potrebno je zamiješati bazu i katalizator, koji dolaze u obliku dviju pasta. Također, proces polimerizacije zahtijeva prisutnost kemijskog aktivatora i inicijatora polimerizacije. Kao aktivator, najčešće se koristi tercijarni amin dok se benzoilov peroksid koristi kao inicijator. Kemijska polimerizacija odvija se u 4 faze: faza aktivacije, faza inicijacije, faza propagacije i faza terminacije. Budući da se dvije paste miješaju ručno, glavni je nedostatak ovih cemenata inkorporacija mjehurića zraka koja uzrokuje poroznost materijala. Također, kao nedostatak navodi se smanjeno radno vrijeme cementa i produženo vrijeme stvrdnjavanja te pojava žutog obojenja kao posljedica prisutnosti visoke koncentracije tercijarnih amina. Autopolimerizirajuće smole indicirane su za cementiranje nadomjestaka veće debljine i izrazito opaknih nadomjestaka poput lijevanih nadogradnji, potpuno kovinskih nadomjestaka, kovina esteskom presvlakom i visokoopaknih keramičkih nadomjestaka izrađenih od oksidne keramike poput inleja/onleja i mostova (20). Neki od primjenjivanih cemenata ove vrste su: Multilink Automix (Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein), Panavia 21 (Kuraray Dental, Okayama, Japan) i C&B Cement (Bisco, Schaumburg, Illinois). Svjetlosno polimerizirajuće kompozitne smole pripadaju jednokomponentnim sustavima, što znači da dolaze u obliku jedne paste. Proces polimerizacije ovih cemenata potaknut je ultraljubičastim svjetlom, LED (light emitting diode) lampama s plavim diodama. U pasti su, osim cemenata, prisutni fotoincijator – kamforkinon i tercijarni amin. Osvjetljavanjem cementa svjetlom valne duljine 480 nm (plavi dio vidljivog spektra svjetlosti) aktivira se kamforkinon, koji se veže za tercijarni amin i otpušta slobodne radikale koji omogućuju vezanje monomera u polimer. Cementi aktivirani svjetlom imaju produljeno radno vrijeme, a polimerizacija započinje nakon izlaganja cementa svjetlosti. Prednosti ove vrste cemenata sljedeće su: bolja kontrola početka polimerizacije, bolja formacija polimera, stabilnost boje i odsutnost potrebe za ručnim miješanjem. S druge strane, nisu preporučljivi za cementiranje nadomjestaka kod kojih nije moguće ostvariti pristup svjetla do cementa. S obzirom na to, indikacije za njihovu primjenu uske su: cementiranje translucenčnih ljuski i plitkih inleja. Najčešće korištene tvorničke vrste svjetlosno

---

polimerizirajućih cemenata su: Variolink Veener (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Choice 2 (Bisco, Schamburg, Illinois), NX3 Light-Cure (Kerrhawe, Detroit, Michigan) (20).

Dvostruko polimerizirajuće kompozitne smole nastale su idejom da se u jednom cementu ujedine dobra svojstva svjetlosno i kemijski polimerizirajućih cemenata. Prednost ove vrste cementa optimiziran je stupanj konverzije monomera u polimer. U najdubljim mjestima ispod protetskog nadomjeska, nakon svjetlosne faze inicijacije, proces stvrdnjavanja nastavlja se kemijskim putem. Stoga se kod ove vrste cemenata uočava manja degradacija cementa nakon izloženosti oralnom biofilmu, zbog čega rjeđe dolazi do odcementiranja nadomjeska (21). Također, zaostali monomer nije prisutan nakon stvrdnjavanja, zbog čega je manja lokalna iritacija pulpe. Dvostruko polimerizirajući cementi sastoje se od baze i katalizatora. Baza dolazi u obliku paste koja sadrži svjetlosno aktivirajuću kompozitnu smolu i kamforkinon koji pokreće njezinu polimerizaciju. Katalizator dolazi u obliku paste koja sadrži kemijski inicijator – benzoil peroksid. Miješanjem baze, katalizatora i osvjetljavanjem LED svjetlom nastaju svjetlosna i kemijska reakcija koje u konačnici dovode do stvrdnjavanja cementa. Ručno miješanje može dovesti do inkorporacije mjehurića zraka zbog čega se danas ovi cementi na tržištu nude u obliku štrcaljki koje automatski miješaju dvije komponente. Primjeri dvostruko stvrdnjavajućih cemenata koji se korsite u dentalnoj praksi su: Variolink II (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Clearfil Esthetic Cement (Kuraray Dental, Okayama, Japan), Panavia F (Kuraray Dental, Okayama, Japan), BifixQM (Voco, Cuxhaven, Germany), Duo-Link (Bisco, Schamburg, Illinois) i NX3 Intro (Kerrhawe, Detroit, Michigan), RelyX ARC (3M ESPE, St. Paul, Minnesota) (20).

Samoadhezivni kompozitni cementi predstavljaju novu generaciju kompozitnih cemenata. Za sve vrste kompozitnih cemenata, osim samoadhezivnih cemenata, potrebna je upotreba adhezivnog sustava prije nanošenja cementa (22). Ova činjenica govori u prilog manjoj mogućnosti tehničke pogreške pri cementiranju. Prvi ovakav proizvod na tržištu bio je cement RelyX Unicem kojeg je 2002. godine predstavio proizvođač 3M ESPE (St. Paul, Minnesota) (13). Danas su komercijalno dostupne brojne verzije ovih cemenata različitih proizvođača (Tablica 2.). Razvoj ove vrste cementa omogućio je pojednostavljenu proceduru apliciranja cementa. Svojstva samoadhezivnih cemenata objedinjuju prednosti stakloionomernih i konvencionalnih kompozitnih cemenata. Kako bi se eliminirala potreba za kondicioniranjem, nanošenjem primera i adheziva, ovaj materijal sadrži funkcionalne kisele monomere (4-META, MDP), koji omogućavaju cementu samoprijanjanje na površinu zuba. Uz to, sastav cementa čine još konvencionalni dimetakrilatni monomeri (Bis-GMA), anorgansko punilo, aktivatori i

inicijatori polimerizacije. Metakrilatni monomeri formiraju unakrsne veze u matriksu cementa tijekom polimerizacije, što pridonosi boljoj mehaničkoj i dimenzionalnoj stabilnosti cementa. Glavno svojstvo ovih cemenata promjena je pH razine za vrijeme i nakon cementiranja. Većina samoadhezivnih cemenata nakon miješanja ima pH 2, što je nužno za osiguravanje adhezije na zub. U ovoj fazi, cement se karakterizira kao hidrofilan. Nakon 24 sata od cementiranja, pH raste na neutralnu razinu i iznosi 7 zbog reakcije s hidroksil apatitom iz zubnih tkiva. Tada cement postaje hidrofoban. Ovo svojstvo čini cement otpornim na navlačenje vode, sprečava stvaranje rubnih pukotina i mrlja te omogućava dužu trajnost cementiranog nadomjeska (13, 23). Princip djelovanja na caklinu može se objasniti na principu djelovanja samojetkajućih adhezivnih sustava. Kiseli monomeri samo površinski demineraliziraju caklinske prizme. Kod ove vrste cemenata, prilikom nanošenja ne dolazi do uklanjanja zaostatnog sloja, kao kod jetkajuće-ispiruće tehnike, nego on ostaje ugrađen u vezni sloj. Važno je napomenuti da je općenito vezna čvrstoća samoadhezivnih cemenata manja u usporedbi s klasičnim kompozitnim cementima koji zahtijevaju jetkanje i primjenu adheziva, iako se podaci razlikuju od sustava do sustava. Stoga se ljuste ili kruti ispuni koji nemaju zadovoljavajuću retenciju te nadomjesci od keramike čvrstoće manje od 350 MPa cementiraju klasičnim kompozitnim cementima. Obično je kod samoadhezivnih cemenata problematična vezna čvrstoća na caklini, dok je na dentinu ona zadovoljavajuća. Stoga se može dodatno jetkati caklinski rub i na njega nanijeti adheziv kako bi se unaprijedila veza, međutim, time se gubi glavna prednost samoadhezivnih cemenata – brzina i jednostavnost primjene. Samoadhezivni cementi mogu biti autopolimerizirajući, svjetlosno polimerizirajući i dvostruko polimerizirajući. Većina samoadhezivnih cemenata danas su dvostruko polimerizirajući sustavi koji se isporučuju u „automix“ štrcaljkama (10).

Tablica 2. Podjela kompozitnih cemenata

	<b>Kemijski polimerizirajući</b>	<b>Svjetlosno polimerizirajući</b>	<b>Dualno polimerizirajući</b>	<b>Samoadhezivni</b>
Način polimerizacije	Kemijski, kontaktom baze i katalizatora	Osvjetljavanjem polimerizacijskom lampom	Inicijacija svjetlosnim impulsom, nakon toga kemijski	Većinom dualno-svjetlosna inicijacija, dalje kemijski

Prednosti	Polimerizacija na svjetlu nedostupnim mjestima	Kontrola početka polimerizacije; bolje umreženje u odnosu na kemijski polimerizirajuće Stabilnost boje	Uvjetno moguće kontrolirati početak polimerizacije; nakon inicijacije, stvrdnjavanje bez pristupa svjetla	Jednostavno rukovanje (sve komponente sadržane u cementu)
Nedostaci	Nemogućnost kontrole početka stvrdnjavanja; promjena boje u žućkasto	Nemogućnost korištenja na svjetlu nedostupnim mjestima	Promjena boje	Slabija veza u usporedbi s ostalim cementima
Indikacije	Intraradikalarni kolčići, inleji, onleji, krunice, mostovi (i na implantatima)	Keramički nadomjesci tanji od 3 mm i transludentni (luskice, inleji)	Neprozirni nadomjesci deblji od 3 mm (intraradikalarni kolčići, inleji, onleji, krunice, mostovi (i na implantatima)	Radovi od cirkonij-oksida (i na implantatima); ne za keramike manje čvrstoće
Primjeri tvorničkih naziva	Multilink Automix (Ivoclar Vivadent), Panavia 21 (Kuraray Dental), C&B Cement (Bisco)	Variolink Veener (Ivoclar Vivadent), Choice 2 (Bisco), NX3 Light-Cure (Kerrhawe)	Variolink II (Ivoclar Vivadent), Clearfil Esthetic Cement (Kuraray Dental), Panavia F (Kuraray Dental), BifixQM (Voco), Duo-Link (Bisco) NX3 Intro (Kerrhawe), RelyX ARC (3M ESPE)	BeautiCem (SA Shofu Inc), Bifix SE (Voco), BisCem (Bisco Inc), Breeze (Pentron), Calibra Universal (Dentasply), G-Cem (GC Corporation), Icem (Heraeus-Kutzler), Maxcem Elite (Kerr),

				<p>Monocem (Shofu),</p> <p>Panavia SA (Kuraray Noritake Dental),</p> <p>RelyX Unicem (3M/ESPE),</p> <p>RelyX Unicem 2 (3M/ESPE),</p> <p>SpeedCEM plus (Ivoclar Vivadent)</p>
--	--	--	--	--

## 2.5. Tehnika adhezivnog cementiranja

Za postizanje adekvatne adhezivne veze iznimno je važno pripremiti vezne površine prepariranog zuba i nadomjeska na propisani način. Osnovni preduvjet kvalitetne adhezivne veze jest osiguranje suhoga radnog polja. Adhezija je mehanička, kad jedna faza prodire u drugu, ili kemijska, s pomoću atoma i molekula. Ovisi o površinskoj energiji i ovlaživanju. Adheziv (metakrilat niske viskoznosti bez punila) olakšava površinsko prianjanje i omogućuje vlaženje. Površina na koju se nanosi adheziv adherent je (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 preko metakrilatnih skupina iz jedne i druge tvari (8).

### 2.5.1. Podjela adhezivnih sustava

Upotreba kompozitnog cementa zahtijeva predtretman zuba s odgovarajućim adhezivnim sustavom. Ovo pravilo vrijedi za sve vrste kompozitnih cemenata, osim samoadhezivnih cemenata. U sklopu svakog adhezivnog sustava nalaze se tri komponente: jetkajuća otopina, *primer* i 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. Treća je komponenta adhezivnog sustava adheziv u užem smislu ili bond. Ta niskoviskozna smola infiltrira

intratubularni i intertubularni dentin i omogućuje mikromehaničko svezivanje za dentin i caklinu, odnosno formiranje kemijske veze (24). Adhezivni sustavi dijele se 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-ispiruće sustave (engl. *Total etch*), samojetkajuće sustave (engl. *Self etch*) i stakleonoionomerni adhezijski sustav. Jetkajuće-ispirućom tehnikom jetkaju se i caklina i dentin, samo dentin mnogo kraće. Mogu se aplicirati u tri koraka: jetkanje kiselinom, temeljni premaz – *primer* i konačan premaz-adheziv/bond 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 nanošenje je adheziva u svrhu popunjavanja međukolagenih pora i stvaranja hibridnog sloja te zubaca smole u tubulima. Rezultat hibridizacije izgled je kolagena poput čupavog soga.

Samojetkajući adhezijski sustavi (šesta i sedma generacija) adhezivi su koji ne zahtijevaju zasebno jetkanje jer sadrže kisele monomere koji kondicioniraju i ujedno 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 (9). Glavna razlika samojetkajućih adhezijskih sustava, u odnosu na jetkajuće-ispiruće sustave, različit je odnos prema zaostatnom sloju. Jetkajuće-ispirućí sustav uklanja ga, dok ga samojetkajući adhezijski sustav modificira: zaostatni sloj uklopit će se u budući hibridni sloj koji predstavlja interdifuzijsko područje smole, kolagenih niti i djelomično demineraliziranog dentina (24). Adhezijski se sustavi intenzivno razvijaju od pedesetih godina prošlog stoljeća i do danas se nisu prestali razvijati. Potrebno ih je konstantno unapređivati u smislu poboljšanja fizičko-mehaničkih svojstava i olakšavanja kliničkog postupka primjene. Primjena jetkajuće-ispirućih predstavlja nešto duži klinički postupak s povećanim rizikom od pogrešaka. Ipak, njime se postižu visoke vrijednosti adhezijske veze, posebice na caklini. Veliki napredak u razvoju adheziva predstavljaju samojetkajući adhezijski sustavi, osobito oni jednokomponentni, jer su brzi i učinkoviti za korištenje. Također, imaju sposobnost ostvarivanja kemijske veze između smole i dentina. Međutim, mana samojetkajućih sustava u nedostatnoj je vezi uz površinu cakline, što zahtijeva njihov daljnji napredak.

### 2.5.2. Priprema zuba za adhezivno cementiranje

Osnovni je uvjet za adhezivno cementiranje 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 jer su kompozitni 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 veznu čvrstoću. Uporaba vodikova peroksida ili natrijeva hipoklorita je kontraindicirana. Preporučuje se uporaba posebnih klorheksidinskih preparata ili alkohola. Upotreba alkohola za dezinfekciju ograničena je samo na avitalne zube jer na vitalnim zubima može dovesti do isušivanja i postoperativne preosjetljivosti.

Postoji nekoliko načina pripreme površine zuba pri cementiranju kompozitnim cementima: samojetkajućim, selektivno jetkajućim i jetkajuće-ispirućim adhezivnim sustavom. Priprema zuba s *total-etch* sustavom provodi se ovisno o broju faza koje sadrži sustav. U trofaznim sustavima, i caklina i dentin najprije se jetkaju 37 % ortofosfornom kiselinom. Caklina se jetka 30 s, a dentin 15 s. Nakon isteklog vremena, zub se obilno ispiru mlazom vode i suši mlazom zraka 30 s. Nakon toga slijedi nanošenje *primera* i bonda. U trofaznim sustavima *primer* i bond nalaze se u zasebnim bočicama, dok u dvofaznim dolaze u jednoj bočici. Danas se u kliničkom radu češće upotrebljavaju dvofazni sustavi. Nakon faze jetkanja, ispiranja i sušenja na zub se nanose *primer* i bond koji se utrljavaju u demineraliziranu površinu cakline i dentina.

Kod adhezivnih sustava, koji kao otapalo sadrže aceton, zub prije nanošenja nije potrebno u potpunosti osušiti, na taj način provodi se postupak *wet bondinga*. S druge strane, sustavi koji kao otapalo sadrže etanol zahtijevaju potpuno suhi bataljak za provođenje postupka *dry bonding*. Nakon toga slijedi ispuhivanje zrakom kako bi otapalo u potpunosti ishlapilo. Površina je adekvatno pripremljena kada nakon puhanja zrakom materijal postigne sjaj i izgubi svojstvo tečenja po površini (25). Priprema zuba samojetkajućim sustavom provodi se primjermom *two-step* ili *all-in-one* samojetkajućih sustava. Danas su u primjeni češći *all-in-one* sustavi. Na caklinu i dentin nanosi se kiseli monomer s adhezivom koji je u jednoj bočici te se ostavi da odstoji 5 – 10 s. Slijedi ispuhivanje zrakom bez ispiranja vodom. Primjer ovakvog sustava su: All-Bond SE (Bisco, Schamburg, Illinois), OptiBond XTR (Kerr, Orange, CA, USA) i GC G-Bond (GC Corporation, Tokyo, Japan) (26). Literatura preporučuje selektivno jetkanje (engl. *Selective etch*) samo cakline, a dentin se jetka kiselinom sadržanom u adhezivu. Preporučuje se korištenje odgovarajućeg adhezivnog sustava s odgovarajućim kompozitnim

cementom istog proizvođača. Adhezivi se ne bi trebali osvjetljivati prije nanošenja cementa i nadomjeska na zub jer se time stvara dodatni sloj materijala koji može utjecati na dosjed nadomjeska. Bez osvjetljavanja sloj adheziva mnogo se bolje integrira s cementom (27).

### 2.5.3. Cementiranje metalnih i metal-keramičkih nadomjestaka

Nadomjesci korišteni u fiksnoj protetici mogu biti izrađeni od visoko plemenitih, plemenitih i neplemenitih legura. U visoko plemenite legure ubrajaju se kombinacije zlata, platine, paladija i srebra. U neplemenite legure ubrajaju se nikal-krom ili kobalt-krom legure (7). Kovinski nadomjesci danas se češće izrađuju s keramičkom presvlakom radi bolje estetike nadomjeska – metal-keramički nadomjesci. Nadomjesci od neplemenitih legura (kobalt-krom, nikal-krom) danas su popularniji zbog niže cijene. Unutarnja površina ove vrste nadomjestaka koja dolazi u kontakt s cementom priprema se procesom kemijskog nagrivanja, elektrokemijskog nagrivanja i pjeskarenjem. Postupak pjeskarenja česticama aluminij-trioksid praha veličine 115 µm provodi se pri tlaku od 0,2 MPa tijekom 13 – 20 s. Slijedi ispiranje nadomjeska vodom, čišćenje ortofosfornom kiselinom, alkoholom ili univerzalnom pastom. Nakon pjeskarenja na unutrašnju površinu kovine može se nanijeti kovinski *primer* (Alloy primer, Kurary Dental, Okayama, Japan) koji poboljšava adheziju između kompozitne smole i legure (28, 29).

Budući da polimerizacija LED lampom nije učinkovita jer nadomjesci od kovina ne propuštaju svjetlo, za njihovo cementiranje preporuča se upotreba autopolimerizirajućih, samoadhezivnih ili dvostruko polimerizirajućih kompozitnih cementa. Cementiranje metalnih i metal-keramičkih nadomjestaka započinje uspostavom suhog radnog polja, izolacijom zuba i čišćenjem plovućem i vodom. Ako je cement samoadhezivan, nije potrebna upotreba adhezivnog sustava. Ako se koristi autopolimerizirajući ili dvostuko polimerizirajući cement, na zub se nanosi jetkajuće-ispirajući adhezivni sustav. Zub se jetka 37 % ortofosfornom kiselinom 30 s, potom se ispiru mlazom vode i suši zrakom 30 s. Slijedi nanošenje *primera* i bonda koji se ispuhuju zrakom. Potom se u pripremljeni ispjeskareni nadomjestak postavlja cement. Za pripremu cementa potrebno je zamiješati jednak omjer baze i katalizatora u homogenu smjesu, primjenom špatule ili automatske mješalice, prema uputi proizvođača. Zamiješani cement unosi se u krunicu ili most koji se potom postavlja na zub/e nosač/e uz lagani jednakomjerni pritisak prsta. Pritisak na nadomjestku potrebno je zadržati dok se cement u potpunosti ne stvrdne (30). Višak cementa uklanja se skalpelom ili kiretom. Slijedi završna obrada nadomjeska (31).



#### 2.5.4. Cementiranje keramičkih nadomjestaka

Unazad nekoliko desetljeća, u estetskoj dentalnoj medicini, keramički materijali doživjeli su vrhunac primjene. Odlike kompozitnih cemenata poput adhezije, boje i translucencije promovirale su razvoj translucentnih keramičkih materijala. Nijedan drugi cement nije bio zadovoljavajući u tom segmentu jer potpuno keramičkom protetskom radu s translucentnom keramikom opakni i bojom neodgovarajući cement može narušiti konačni izgled nadomjeska u ustima (9).

Keramike manje čvrstoće bezuvjetno je potrebno cementirati adhezivno jer se time postiže kemijska veza između zuba i nadomjeska koji tada tvore jednu cjelinu te dolazi do dodatnog ojačanja keramike i stabilizacije cijelog sustava tako da se veći dio mehaničkog opterećenja prenosi na zub, dok je keramika rasterećena (36).

Prema vrsti keramike, adhezivno se cementiranje može podijeliti na: adhezivno cementiranje nadomjestaka izrađenih od keramike sa staklenom fazom (silikatna keramika, staklokeramika, infiltrirana keramika) i adhezivno cementiranje nadomjestaka izrađenih od polikristalinične keramike (cirkonij-oksida keramika, aluminij-oksida keramika) (1). Svaka od ovih vrsta keramika razlikuje se prema mogućnosti cementiranja, pripremi nadomjeska za cementiranje i indikacijama. Glinična keramika odlikuje se visokom estetikom i svojom čvrstoćom od 120 MPa, zbog čega zahtijeva isključivo adhezivno cementiranje. Koristi se kao obložna keramika i za izradu ljuski, inleja, onleja i pojedinačnih krunica u prednjem segmentu. Primjeri ove vrste keramike su: Vitablocs, Empress Cad, Procera Veneers, CEREC Blocs (32). Nadomjesci izrađeni od ove vrste keramike pripremaju se pjeskarenjem i jetkanjem površine. Jetkanje keramike provodi se fluorovodičnom kiselinom. Duljina jetkanja nadomjeska ovisi o postotku fluorovodične kiseline i udijelu kristala u keramici, stoga je nužno postupak provoditi po uputama proizvođača. Uloga fluorovodične kiseline je da stvori mikroretenciju i eksponira kristale na keramičkoj površini. Nakon jetkanja, kiselina se ispiri obilnim mlazom vode. Ispiranje samo vodom ne uklanja u potpunosti čestice keramike i netopivi kristalni talog s površine, stoga se dodatno nadomjestak uranja u destiliranu vodu, 95 postotni alkohol ili aceton u ultrazvučnoj kupelji tijekom 5 minuta. Površinu je nakon ovog postupka potrebno osušiti.

Povezivanje anorganske keramike i organske kompozitne smole omogućeno je primjenom spoja  $\gamma$ -metakrilopropiltrimetaksilana-organosilana. Silanizacija omogućuje kemijsko svezivanje keramike s kompozitnim cementom. Silan, kao bifunkcijska molekula, jednim krajem veže anorganske hidroksilne skupine keramike, a drugim metakrilatne skupine kompozitne smole. Keramika tretirana silanom ima veće vlaženje površine, što poboljšava vezu

s kompozitnim cementom (33). Danas se preferiraju dvokomponentni silani kao, primjerice, Silicoup (Heraeus Kultzer). Dvokomponentni silani u jednoj bočici sadržavaju acetatnu kiselinu, a u drugoj nehidrolizirane silane koji se aktiviraju kiselinom iz prve bočice. Pripremaju se miješanjem tekućine iz obje bočice neposredno prije nanošenja. Na keramiku se nanosi nekoliko slojeva silana koji se između svakog sloja moraju ispuhati, što omogućuje isparavanje otapala. Nakon silanizacije, na nadomjestak se postavlja adhezivna smola i ispuhuje zrakom (34, 35, 36).

#### 2.5.4.1. Cementiranje nadomjestaka od staklokeramike

Protokol cementiranja nadomjestaka od glinične keramike obuhvaća nekoliko faza. Prva faza ovjera je dosjeda nadomjeska na zubu i okluzije. S pomoću *try-in* pasta, može se lakše odabrati odgovarajuća boja cementa. Slijedi postava konca u gingivni sulkus ili koferdama za izolaciju. Nadomjestak se potom priprema jetkanjem fluorovodičnom kiselinom, silanizacijom i nanošenjem bonda kako je prethodno objašnjeno. Zub se priprema nanošenjem adhezivnog sustava. *All-in-one* sustavi nisu preporučljivi za cementiranje gliničnokeramičkih nadomjestaka zbog loše veze s caklinom (37). Najbolje je primijeniti dvokomponentni *total-etch* sustav; jetkanje cakline i dentina s 37 % ortofosfornom kiselinom. Potom slijedi nanošenje *primera* i bonda i ispuhivanje zrakom. Cement se priprema prema uputi proizvođača i unosi u nadomjestak. Za cementiranje keramičkih ljuski preporuča se upotreba svjetlosno polimerizirajućeg cementa, dok upotreba dvostruko polimerizirajućih cemenata nije indicirana zbog mogućnosti obojenja ljuske. Ako se cementira keramički inlejš, cement se postavlja na inlejš i u kavitet (31). Slijedi polimerizacija prema uputama i odstranjivanje viška cementa.

Staklokeramika je materijal koji nastaje kontroliranom kristalizacijom stakla. Očvršćenje staklokeramike koje je potrebno u dentalnoj medicini postiže se dodatkom određene kristalne faze. U dentalnoj medicini rabe se razne vrste staklokeramika (fluorapatitna, litij-disilikatna, hidroksiapatitna i druge). U staklokeramici IPS Empress (Ivoclar Vivadent) dodani su kristali leucita koji čine 40 – 50 % volumena. Kod litij-disilikatne staklokeramike (IPS Empress 2, e.max, Ivoclar Vivadent) glavnu kristalnu komponentu čine igličasti kristali litijeva disilikata. U slučaju IPS Empress 2 keramike veličina čestica litijeva disilkata 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) veličina je između 3 i 6 mikrometara te čine oko 70 % volumena. S obzirom na postupak izrade nadomjeska, staklokeramika 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 su materijal na raspolaganju 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).

Tehnika slojevanja primjenjuje se za izradu pojedinačnih krunica na prednjim zubima, tehnika bojenja za izradu pojedinačnih krunica na bočnim zubima, inleja, onleja i ljsuki. IPS Empress keramika 2 mnogo je čvršća od prijašnje generacije te je indicirana i za tročlane mostove do završno drugog pretkunjaka (tehnika slojevanja) i za pojedinačne krunice u prednjem i stražnjem području zubnog niza, ljsuke, inlej/onlej (tehnika bojenja). Ako se nadomjestak izrađuje tehnikom slojevanja, voštani objekt potrebno je 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 bojom karakteriziraju. Leucitna staklo-keramika (IPS Empress CAD) strojna je keramika, indicirana za izradu inleja, onleja, ljsuki, tročlanih mostova u fronti i pojedinačnih krunica. Danas se ljsuke najčešće izrađuju od staklokeramike zbog jednostavnije tehnike izrade. Izrađuju se tlačnom ili CAD/CAM tehnologijom. Nakon tlačne tehnike obično se dodatno nanose slojevi keramike što omogućuje bolju estetiku.

Predtretman staklokeramičkih nadomjestaka izravno je povezan s osiguravanjem dobre kemijske veze s cementom. Staklokeramika zbog velikog udjela staklene matrice zahtijeva jetkanje kiselinama koje ju otapaju. Stoga se, za leucitima ojačanu staklokeramiku, provodi tretman jetkanja fluorovodičnom kiselinom. Nakon djelovanja kiseline, na površini nastaju mikrortentivne promjene. Kiselina se ispiri 1 minutu nakon čega se nadomjestak suši. Za razliku od glinične keramike, postupak pjeskarenja staklokeramike nije favoriziran. Čestice koje se raspršuju po keramici prilikom pjeskarenja mogu dovesti do oštećenja površine keramike i smanjenja njezinih svojstava.

U daljnjoj pripremi nadomjeska na jetkanu površinu nanosi se sredstvo za silanizaciju. Danas su na tržištu dostupni keramički *primeri* koji omogućavaju provođenje postupka jetkanja i silanizacije u jednom koraku, poput Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn). Nanosi se prije nanošenja kompozitnog cementa u nadomjestak, tako se skraćuje broj faza i mogućnost pogrešaka u procesu cementiranja. Primjena se provodi tako da se četkicom utrljava primer na unutrašnju površinu keramike tijekom 20 s, a potom ostavlja još

40 s da djeluje. Slijedi čišćenje i dezinfekcija zuba. Potrebno je uspostaviti suho radno polje, na zub se potom nanosi adhezivni sustav: jetkanje 37 postotonom ortofosfornom kiselinom, ispiranje i sušenje te nanošenje primera i bonda. Ovisno o vrsti nadomjeska, važno je odabrati odgovarajuću boju cementa, pogotovo kod cementiranja translucenčnih keramičkih ljuski. Nakon postavljanja cementa u nadomjestak i na zub, višak cementa uklanja se nakon kratke polimerizacije 1 – 2 s. Zatim slijedi potpuna polimerizacija cementa u vremenu koje je preporučio proizvođač.

#### 2.5.4.2. Cementiranje nadomjestaka od oksidnih keramika

Skupini oksidnih keramika pripadaju aluminijska i cirkonij-oksidska keramika. Oksidne keramike nastaju sinteriranjem gusto zbijenih čestica aluminijske i cirkonijske oksida. Karakterizira ih odsutnost čestica stakla u građi, zbog čega su izrazito čvrste i otporne na stvaranje pukotina. Upotrebljavaju se za izradu osnove konstrukcije mostova i tvrde jezgre za izradu krunica. Također, mogu se obrađivati primjenom CAD/CAM tehnologije (8). Glavna svojstva ove vrste keramika očituju se u njihovoj visokoj otpornosti na trošenje, otpornosti na koroziju i visokoj savojnoj čvrstoći iznad 350 MPa. Stoga je cementiranje ove vrste nadomjestaka moguće provesti konvencionalnim i adhezivnim postupkom. Ako se odabere adhezivni postupak, priprema ove vrste keramike značajno je različita od pripreme keramike s visokim udjelom stakla. Budući da oksidna keramika u sastavu ne posjeduje staklo, tehnika jetkanja fluorovodičnom kiselinom i silanizacija ne omogućuju adekvatnu pripremu njihove površine za vezu s kompozitnim cementom. Zbog svoje guste strukture oksidna keramika otporna je na djelovanje kiseline koja ne uspijeva nagristi čestice na površini keramike. Upotreba silana na površini ne pokazuje uspjeh jer silan ne uspijeva ostvariti kemijsku vezu s površinom keramike zbog nedostatka stakla u njenom sastavu. Stoga se tretman površine aluminijske oksidne keramike provodi pjeskarenjem. Pjeskarenje se provodi česticama aluminijskog oksida ( $Al_2O_3$ ) veličine 30 – 50  $\mu m$  pod tlakom ili pjeskarenjem sa sintetičkim dijamantnim česticama. Također, površina nadomjeska može se tretirati nanošenjem keramičkih/metalnih *primera* koji sadrže fosfatne monomere (MDP) koji se kemijski vežu sa metalnim oksidima u keramici, primjerice Clearfil Ceramic Primer ili Alloy primer (Kuraray Dental, Okayama, Japan). Nakon primjene ove vrste *primera*, preporuča se nanošenje dvostruko polimerizirajućih ili kemijski polimerizirajućih kompozitnih cemenata s istim sastavom monomera, kao i *primer* (npr. Panavia F 2.0 (Kuraray Dental, Okayama, Japan)).

Alternativne metode adhezivnog cementiranja aluminijske oksidne keramike uključuju

nanošenjem tribokemijskog sloja silike (eng. *silica coating*), primjerice, primjenom Rocatec sustava (3M ESPE, St. Paul, Minnesota). Tribokemijski postupak vezivanja uključuje formiranje kemijske veze primjenom mehaničke energije. Ovim postupkom nastaje kemijska veza silike s metalnim oksidima iz keramike. Nakon toga, keramika je spremna za nanošenje silanizacijskog sredstva koje se sada može vezati na silikom modificiranu površinu. Slijed koraka nanošenja cementa u nadomjestak i priprema zuba za cementiranje identičan je postupku cementiranja ostalih vrsta keramike (38, 39).

Cirkonij-oksida ( $ZrO_2$ ) keramika pripada polikristaliničnoj vrsti keramike, karakteristična je po svom strukturnom polimorfizmu koji varira od monoklinske, tetragonalne do kubične forme. Forma cirkonijeva oksida ovisna je o promjeni temperature i tlaka, stoga se čistom cirkoniju dodaju stabilizirajući oksidi. Takav oblik cirkonijeva oksida naziva se stabilizirani, on ima kubičnu formu i izrazitu tvrdoću. Unatoč tome, za upotrebu u dentanoj medicini stvorena je više mehanički poželjna forma – djelomično stabilizirani cirkonij (eng. *partially stabilized zircon* – PSZ). Ovaj oblik cirkonija ima tetragonalnu formu koja se lakše mehanički obrađuje, naziva se tetragonalni cirkonijev polikristal (engl. *tetragonal zirconia polycrystals*, TZP). Često se TZP-u dodatno dodaju oksidi itrijeva oksida (3 – 5 %) radi postizanja boljih svjostava (eng. *yttrium-tetragonal zirconia polycrystals*, Y-TZP). Osnovna razlika cirkonij-oksidne keramike u odnosu na ostale vrste keramika u tome je što cirkonijev oksid nakon primjene sile prolazi kroz niz mikrostrukturalnih promjena koje mu omogućavaju aktivno odupiranje razvoju pukotina, takozvano transformacijsko očvršnuće (40). S druge strane, ostale vrste keramika nakon primjene jake sile pucaju jer su krte. Ovo svojstvo je naizraženije kod Y-TZP oblika cirkonijeva oksida koji ima veliku savojnu čvrstoću od 900 – 1200 MPa, što je do tri puta više u odnosu na aluminij-oksidnu i litij-disilikatnu staklokeramiku.

Superiornost cirkonij-oksidne keramike očituje se visokom otpornošću na koroziju te biološkom i kemijskom inertnošću. Zbog svoje visoke čvrstoće, nadomjestci od cirkonij-oksidne keramike izrađuju se primjenom CAD/CAM tehnologije. Cementiranje cirkonij-oksidnih nadomjestaka još uvijek je kontroverzna tema u dentalnoj medicini. Rasprave između mogućnosti cementiranja vode se i danas, s obzirom na to da pojedine literature preporučuju konveccionano cementiranje, a druge adhezivno. Nedostatak konvencionalnog cementiranja  $ZrO_2$  je u tome što onemogućuje uspješnu kemijsku vezu sa zubom, što dovodi do razvoja rubnih pukotina i smanjenja retencije nadomjeska. Stoga se danas naglasak stavlja na adhezivno cementiranje. Kako bi se ostvarila kemijska veza s cementom površina  $ZrO_2$  mora biti nahrapavljena ili kemijski tretirana. Zbog svoje kemijske inertnosti i otpornosti na djelovanje

agresivnih kiselina, veza cirkonijeva oksida s tvrdim zubnim tkivom značajno se razlikuje u odnosu na ostale vrste keramike. Tradicionalna primjena fluorovodične kiseline nije učinkovita u pripremi nadomjestaka od cirkonij-oksidge keramike jer ta kiselina ne može nagristi površinu ove keramike koja ne sadrži staklo. Zbog toga upotreba silana također nema učinka. Stoga se površina  $ZrO_2$  pokušava mehaničkim putem obraditi kako bi se omogućila bolja veza s kompozitnim cementom (40). Jedan od postupaka pripreme površine  $ZrO_2$  zračna je abrazija ili hrapavljenje površine pjeskarenjem. Za pjeskarenje se primjenjuju čestice aluminijskog oksida veličine 50 – 110  $\mu m$  pri 0,25 MPa. Unatoč tome, ovaj postupak još je uvijek diskutabilan jer se smatra da pjeskarenjem površine nastaju oštre pukotine i strukturalni defekti u keramici koji oslabljuju njezinu otpornost na lom. Nadalje, jedna od tehnika pripreme nadomjestaka je tribokemijsko nanošenje silike, primjenjivano kod aluminijskog oksidge keramike. Ovom tehnikom se čestice aluminijskog oksida modificiraju s česticama silike upotrebom zračne abrazije na 0,28 MPa. Rezultat je ugradnja čestica silike u keramičku površinu, nakon čega se nanosi silan. Ipak ova metoda nije dugoročno potvrđena jer neki autori smatraju da je zbog velike čvrstoće  $ZrO_2$  smanjeno vezanje silike za njegovu površinu.

Nadalje, neki od još primjenjivanih postupaka su: tretman kloro-silanom, tehnika selektivnog infiltracijskog jetkanja (eng. *selective infiltration etching*, SIE) kojim se na nano razini mijenja oblik  $ZrO_2$  iz tetragonalnog u monoklinski kao odgovor na termički stres. U ovom postupku površina keramike oblaže se staklojetkajućim sredstvom sa silikom, aluminijem, natrijevim, kalijevim i titanovim oksidom, nakon čega slijedi zagrijavanje i otapanje staklojetkajućeg sredstva u kiseloj kupki. Predloženi su još brojni tretmani površine cirkonij-oksidge keramike: jetkanje toplom otopinom kiseline, upotreba lasera (Er:YAG) i oblaganje cirkon keramičkim prahom. Danas jedna od obećavajućih metoda koja omogućuje stvaranje relativno stabilne veze cirkonija sa zubom aplikacija je esterskih fosfatnih primera i fosfatima modificiranih kompozitnih smola. Smatra se da kiseli monomeri iz ovih primera imaju sposobnost formirati vodikove veze s metalnim oksidima na spoju cirkonij-oksidge keramike i cementa, što poboljšava vlaženje površine. Najčešći fosfatni monomeri primjenjivani u kompozitnim smolama i metalnim primerima sljedeći su: MDP (Panavia F2.0, Clearfil ceramic primer, Kuraray, Okayama, Japan), metakrilatni fosforni ester (RelyX Unicem, 3MSPE, St.Paul, Minnesota) i fosforni akrilat (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Također, najnovija formula univerzalnog primera koji sadrži silan i fosfatni monomer (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn) omogućuje stvaranje jake veze s cirkonij-oksidge nakon zračnog pjeskarenja ili oblaganja slojem silike, što se danas smatra

najboljim načinom pripreme nadomjeska prije adhezivnog cementiranja (41). Tehnika cementiranja provodi se uspostavom suhog radnog polja, izolacijom i dezinfekcijom bataljka. Priprema nadomjeska provodi se nekim od prethodno objašnjenih postupaka, najbolje pjeskarenjem i nanošenjem keramičkog *primera* s fosfatnim monomerima. Zub se priprema nanošenjem adhezivnog sustava. Cement se priprema prema uputama proizvođača. Najbolje je koristiti adhezivni sustav i cement istog proizvođača. Slijedi postavljanje cementa u nadomjestak i fiksiranje na pripremljeni uporišni zub.

#### 2.5.5. Cementiranje kompozitnih nadomjestaka

Suvremeni kompozitni nadomjesci povoljnih su mehaničkih svojstava i širokih indikacija za primjenu. Kompozitni nadomjesci izrađeni laboratorijski CAD/CAM tehnologijom također se mogu adhezivno cementirati. Površinski tretman laboratorijski izrađenih kompozitnih nadomjestaka s fluorovodičnom kiselinom bio je prvi pokušaj pripreme ove vrste nadomjeska i nije rezultirao uspjehom. Fluorovodična kiselina dovela je do stvaranja mikrostrukturnih alteracija u kompozitu. Stoga se kao odgovarajući tretman provodi mehanička obrada površine nadomjeska česticama aluminij-oksida veličine 50 µm tijekom 10 s. Ovaj postupak osigurava jaku energiju površine nadomjeska jer uzrokuje neselektivnu degradaciju kompozita te omogućuje bolju vezu s kompozitnim cementom. U samom procesu cementiranja nakon uspostave suhog radnog polja i pripreme zuba s adhezivnim sustavom, na ispjeskareni nadomjestak nanosi se silanizirajuće sredstvo, a potom kompozitni cement. Nadomjestak se zatim postavlja na zub i polimerizira prema uputama proizvođača (42).

#### 2.5.6. Utjecaj kisika na inhibiciju polimerizacije

Nedostatak svih kompozitnih cemenata koji je izražen tijekom procesa polimerizacije stvaranje je nepolimeriziranog površinskog sloja, debljine od 100 do 270 µm. Ovaj nepolimerizirani površinski sloj nastaje zbog utjecaja kisika na površinu kompozitnog cementa. Nepolimerizirani materijal erodira s vremenom te zaostaje rubna pukotina koja pogoduje prodoru plaka i tekućina iz usne šupljine, kao i diskoloraciji.

Inhibicija polimerizacije kisikom može se spriječiti primjenom glicerina ili vazelina na rubu vanjske površine nadomjeska nakon uklanjanja viška kompozitnog cementa koji je iscurio uz rub pri njegovom postavljanju na zub. Također mogu se primjenjivati i gotovi tvornički glicerinski gelovi poput Oxyguarda (Kuraray Dental, Okayama, Japan) ili Liquid Stripa

---

(Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn), koji se ispiru mlazom vode nakon završene polimerizacije (5, 26).

#### 2.5.7. Završna obrada nakon cementiranja

Nakon postupka cementiranja slijedi završna obrada, koja obuhvaća obradu nadomjeska u svrhu postizanja zaglađenih rubova i prijelaza nadomjeska prema zubu. Glatki prijelazi i rubovi nadomjeska postižu se finiranjem i poliranjem. Za finiranje upotrebljavaju se dijamantni polireri i karbidna svrdla. Također, pri finiranju mogu se koristiti i diskovi za obradu kompozita. Aproksimalna područja potrebno je proći zubnim koncem i finim polirajućim trakama. Keramički nadomjesci poliraju se pastom koja sadrži dijamante u svrhu postizanja sjajne površine. Pasta se na nadomjestak nanosi pomoću gumenih kapica (8, 31, 34).

#### 2.5.8. Komplikacije adhezivnog cementiranja

U postupku adhezivnog cementiranja nerijetko nastaju komplikacije koje mogu rezultirati odcementiranjem fiksnoprotetskog nadomjeska. Stoga je neophodno prije postupka cementiranja proučiti upute za korištenje pojedinog materijala. Već na prvom koraku – uspostavi suhog radnog polja kliničar može kompromitirati uspjeh adhezije ako koferdam ili retrakcijski konac nisu pravilno postavljeni. Nadalje, nepravilno nanošenje adhezivnog sustava na zub rezultirat će slabom vezom s cementom, pogotovo ako adheziv nije dovoljno ispuhan zrakom ili kiselina u potpunosti isprana. Ako se ortofosforna kiselina predugo ostavi na zubu, doći će do opsežne demineralizacije cakline i dentinskih tubula s kolapsom kolagenih vlakana. Kasnijim nanošenjem adheziva stvorit će se hibridoidni sloj koji će kompromitirati stvaranje dobre kemijske veze s cementom. Nadalje, ako je zub premalo jetkan, caklinske prizme neće biti dovoljno eksponirane, što će opet rezultirati slabom kemijskom vezom. Također, nakon nanošenja adhezivnog sustava, ne preporuča se provesti polimerizaciju, budući da time nastaje površinski nepolimerizirani sloj koji može kompromitirati dosjedanje nadomjeska na zub nakon nanošenja cementa. U procesu pripreme nadomjeska također mogu nastati kardinalne greške, poput izostnaka silanizacije ili nedovoljno dugog jetkanja keramike fluorovodičnom kiselinom. Ako dođe do kontaminacije nadomjeska slinom nakon jetkanja, potrebno je ponovno provesti jetkanje ortofosfornom kiselinom kroz 15 s. Kod translucenih estetskih ljuski najveće pogreške nastaju odabirom krive boje kompozitnog cementa. Stoga je preporučeno koristiti *try-in* paste koje su iste boje kao i cement ali ne vežu nadomjestak za zub. Svaki kompozitni cement, ovisno



o vrsti polimerizacije, dolazi s uputama proizvođača u kojima je definirano vrijeme stvrdnjavanja i dužina polimerizacije. Nerijetko se kliničari, kod upotrebe dvostruko stvrdnjavajućih cemenata, oslanjaju samo na kemijsku komponentu stvrdnjavanja, što rezultira nepotpunim procesom stvrdnjavanja cementa, te može uzrokovati pojavu marginalne pukotine (21). Stoga je potrebno dodatno provesti polimerizaciju upotrebom LED lampi u vremenu koje je proizvođač preporučio. Nakon postupka nanošenja nadomjeska s cementom na zub, važno je ukloniti višak cementa izvan nadomjeska. Ako se višak cementa ne ukloni u potpunosti, dolazi do upale i trajnih iritacija u području marginalne gingive. Kako komplikacije mogu nastati na svakom koraku, prilikom adhezivnog cementiranja nadomjeska najvažnije je pravilno slijediti upute proizvođača materijala koji se upotrebljava (44).



---

Koncept minimalno invazivnih preparacija, zajedno s adhezivnim cementiranjem, učinio je revoluciju u fiksnoj protetici omogućujući izradu minimalno invazivnih, visokoestetskih nadomjestaka. Razvoj novih materijala osigurao je postizanje ne samo estetike već i dugotrajnu funkcijsku trajnost i stabilnost nadomjestaka, što je ključ uspjeha cjelokupne terapije.

Svaki doktor dentalne medicine u fiksnoprotetskoj terapiji trebao bi težiti nadomještanju izgubljene funkcije te zadovoljavanju želje pacijenta za estetskim rezultatima što manje invazivnim pristupom. Individualan pristup s preciznom dijagnostikom i izradom plana terapije ključni su u postavljanju pravilne indikacije. Uz to, prije terapije važno je uzeti u obzir sve prednosti i nedostatke odabranog fiksnoprotetskog nadomjeska, kako bi se rizik od eventualnih komplikacija sveo na minimum.

Danas na tržištu postoji veći izbor materijala nego ikad prije koji su proširili terapijske mogućnosti u fiksnoj protetici. Budući da je pacijentima estetika sve bitnija, ljuške su najrašireniji minimalno invazivan protetski nadomjestak. Inleji, onleji i overleji, kao intrakoronarne restauracije, imaju jednake indikacije, kao i klasični kompozitni ispuni, ali superiorniji su u odnosu na njih u pogledu funkcijske trajnosti te mehaničkih svojstava (8, 44). Adhezivni mostovi najbolju funkcijsku trajnost pokazuju kad se sastoje od jednog privjesnog člana i jednog retencijskog krilca. U ograničenim indikacijama, pružaju mogućnost nadomještanja jednog zuba kod odraslih ljudi kojim je ugradnja implantata kontraindicirana ili se ne žele odlučiti na nju. Često se koriste kao kompromisna rješenja kod mladih ljudi kojima je zbog dobi kontraindicirana ugradnja implantata ili izrada klasičnog mosta. Mogu služiti kao trajno, ali i privremeno fiksnoprotetsko rješenje, osobito tijekom implantoprotetske terapije u estetskoj zoni. Upravo to su nadomjesci koji zahtijevaju adhezivno cementiranje jer nema retencijskog oblika preparacije (45).

Razvojem adhezijskih sustava, zajedno s razvojem kompozitnih materijala i svjetlosne polimerizacije, dolazi do mogućnosti minimalno invazivnih preparacija i napuštanja načela uklanjanja zdravog zubnog tkiva u svrhu mehaničke retencije. Prvi, u primjenu uvedeni konvencionalni cementi, pokazali su lošija svojstva zbog velikog udjela vode u svom sastavu, stoga se danas naglasak stavlja na upotrebu kompozitnih cemenata koji pokazuju nisku topljivost, visoku estetiku i omogućavaju mikromehaničku vezu sa zubom. Ograničenja koja se nameću pri upotrebi kompozitnih cemenata jesu osjetljivost tehnike cementiranja na pogreške, visoka cijena, otežano uklanjanje viška cementa, nastanak mikropukotine zbog polimerizacijske kontrakcije, pojava kisikom inhibiranog sloja koji degradira površinsku čvrstoću cementa (26).

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 nadomjeska. Postupak pripreme samog nadomjeska ovisi o njezinu 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. Prekratko jetkanje uzrokuje nedostatnu demineralizaciju i posljedično smanjen prodor monomera adheziva. Predugo jetkanje dovodi do prejake demineralizacije sa stvaranjem hibridoidnog sloja koji vodi do povećanog propuštanja i smanjene snage veze. Dentin ne smije biti ni suh ni prevlažan jer je u oba slučaja spriječen prodor monomerima u dubinu (46). 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.

Kemijski polimerizirajući cementi najbolje su se pokazali za cementiranje Maryland mostova i nadogradnji, svjetlosno polimerizirajući u cementiranju ljuski, a dvostruko polimerizirajući za cementiranje inleja, onleja i krunica. Preporuka je nadomjeske iz glinične keramike pjeskariti aluminijskim oksidom i jetkati fluorovodičnom kiselinom, a nadomjeske od staklokeramike pripremiti samo jetkanjem fluorovodičnom kiselinom. Kod nadomjestaka iz aluminij i cirkonij-oksidge keramike poželjno je provesti postupak pjeskarenja, a pri cementiranju koristiti adhezive i cimente sa fosfatnim monomerima poput MDP-a. Dobrim manualnim vještinama i potkovanošću teorijskim znanjem, kliničar može iskoristiti maksimum iz suvremenih adhezivnih materijala, te tako ostvariti dobre dugoročne rezultate u terapiji fiksno protetskim nadomjescima.

Zbog konstantne težnje za idealnim cementom, u budućnosti se očekuje razvoj novih materijala i tehnika s fokusom na adhezivno cementiranje koji će omogućiti još jednostavniju i praktičniju uporabu u kliničkom radu.



---

Nijedan od postojećih cemenata, protokola cementiranja i načina pripreme nadomjeska ne može jamčiti dugoročni uspjeh za sve kliničke indikacije. Svaki cement i postupak ima svoje prednosti i nedostatke, pa kliničar u praksi mora svakom slučaju pristupiti individualno. Stoga je važno poznavati skupine materijala na tržištu i njihove indikacije te se strogo držati preporuka proizvođača prilikom rukovanja s njima. Budući da nema savršenog cementa, u budućnosti se očekuje razvoj novih materijala i tehnika koji će uz zadržavanje dobrih svojstava postojećih omogućiti još jednostavniju i praktičniju uporabu u kliničkom radu uz jamčenje dugoročnog uspjeha.

## **5. LITERATURA**

1. Mehulić K, i sur. Dentalna medicina – vodič za praktičare. Zagreb: Medicinska naklada; 2020.
2. Magne P, Besler U. Adhezivno cementirani keramički nadomjesci u prednjoj denticiji. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2010.
3. Jerolimov V. Osnove stomatoloških materijala. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2005.
4. Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Bonding of Restorative Materials to Dentin With Various Luting Agents. Operative dentistry. 2011; 36(3):266-73.
5. De la Macorra JC, Pradies G. Conventional and adhesive luting cements. Clin Oral Invest. 2002;6:198-204.
6. Ikemura K, Endo T. A review of our development of dental adhesives- Effects of radical polymerisation initiators and adhesive monomers on adhesion. Dent Mater J. 2010; 29: 109-21.
7. Zelić M. Konvencionalno vs. adhezivno cementiranje fiksno-protetskih nadomjestaka, diplomski rad. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2016.
8. Čatović A, Komar D, Čatić A i sur. Klinička fiksna protetika I – Krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015.
9. Mehulić K, i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.
10. Jakovac M, Kranjčić J, i sur. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: STEGA-TISAK; 2020.
11. Lad PP, Kamath M, Tarale K, Kusugal PB. Practical clinical considerations of luting cements: A review. J Int Oral Health. 2014;6(1):116-20.
12. Slavcheva S, Krejci I, Bortolotto T. Luting of ceramic crowns with self-adhesive cement: Effect of contamination on marginal adaptation and fracture strength. Med Oral Patolo Oral Cir Buccal. 2013;18(5):799-803.
13. Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. J Oral Rehabil. 2005;32:906-11.
14. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J. 1971;131:107-11.
15. Milardović Ortolan S. Utjecaj biološke osnove, optičkih svojstava i debljine gradivnih i



- 
- fiksacijskih materijala na boju nadomjeska od litij-disilikatne staklokeramike, doktorski rad. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2014.
16. Lad PP, Kamath M, Tarale K, Kusugal PB. Practical clinical considerations of luting cements: A review. *J Int Oral Health*. 2014; 6:116-20.
  17. Hill EE, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. *Aust Dent J*. 2011; 56:67-76.
  18. Štefanec I. Kompozitni materijali u stomatologiji. *Polimeri*. 2011;32:3-4.
  19. Knežević A, Tarle Z. Kompozitni materijali, skripta. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2005.
  20. De Souza G, Braga RR, Cesar PF, LopesGC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *J Appl Oral Sci*. 2015;23: 358-68.
  21. Bortolotto T, Guillarme D, Gutemberg D, Veuthey JL, Krejci I. Composite resin vs resin cement for luting of indirect restorations: Comparison of solubility and shrinkage behavior. *Dent Mater J*. 2013;32:834-8.
  22. Heboyan AG, Vardanyan AR, Avetisyan AA. Cement selection in dental practice. *World Science*. 2019; 3:4-9.
  23. Manso AP, Carvalho RM. Dental cements for luting and bonding restorations. *Dent Clin N Am*. 2017;61:821-34.
  24. Tarle Z, Marović D, Pandurić V. Suvremene spoznaje o kompozitnim materijalima. *Rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti: Medicinske znanosti*. 2012;(38):23-37.
  25. Haller B. Which self-etch bonding systems are suitable for which clinical situations?. *Quintessence Int*. 2013; 44:645-61.
  26. Milardović S, Mehulić K, Viskić J, Jakšić A. Cementiranje potpuno keramičkih protetskih radova. *Sonda*. 2010;1(20):52-5.
  27. Abad-Coronel C, Naranjo B, Valdiviezo P. Adhesive systems used in indirect restorations cementation: Review of the literature. *Dent. J*. 2019;7:71.
  28. Rigolin FJ, Miranda ME, Florio FM, Basting RT. Evaluation of bond strength between leucite-based and lithium disilicate based ceramics to dentin after cementation with conventional and self-adhesive resin agents. *Acta Odontol Latinoam*. 2014;27:16-24.

29. Kapoor S, Prabhu N, Balakrishnan D. Comparison of the effect of different surface treatments on the bond strength of different cements with nickel chromium metal alloy: An in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9:12-8.
30. King PA. Adhesive techniques. *BDJ*. 1999;186: 321-6.
31. Shillingburg HT i sur. *Osnove fiksne protetike*. 3.izd. Zagreb: Media ogled; 2008.
32. Platt JA. Resin Cements: into the 214 century. *Compend Contin Educ Dent* 1999;20:1180-2.
33. Taguchi S, Komine F, Kubochi K, Fushiki R, Kimura F, Matsumura H. Effect of silane and phosphate functional monomer on shear bond strenght of resin based luting agent to lithium disilicate ceramic and quartz materials. *Journal of Oral Science*. 2018;60(3):360-6.
34. Coleho Santos Jr. G, Coleho Santos MJM, Rizkalla AS. Adhesive cementation of etchable ceramic esthetic restorations. *JCDA*. 2009;5:379-84.
35. Matinlinna JP, Kei Lung C, Hon Tsoi JK. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater*. 2018;34:13-28.
36. Magne P, Belser U. *Adhezivno cementirani keramički nadomjestci u prednjoj denticiji*. Zagreb: Media ogled; 2010.
37. Mehulić K. *Keramički materijali u stomatološkoj protetici*. Zagreb: Školska knjiga; 2010.
38. Vargas Ma, Bergeron C, Dlaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations: Recommendations for succes. *JADA*. 2011;142:20-4.
39. Blatz BM, Swift Jr. EJ. Adhesive cementation of high-strength ceramics. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19:238-9.
40. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Whera are we now?. *Dent Mater*. 2011;27:71-82.
41. Obradović-Djuričić K, Medić V, Dodić S, Gavrilov D, Antonijević Dj, Zrilić M. Dilemmas in Zirconia Bonding: A Review. *Srp Arh Celok Lek*. 2013;141:395-401.
42. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Foneseca RB. Surface Treatment Protocols in the Cementation Process of Ceramic and Laboratory-Processed Composite Process of Ceramic and Laboratory-Processed Composite Restorations: A Literature Review. *J Esthet Restor Dent*. 2005;17:224-35.
43. Stilinović M. *Pogreške u primjeni i izradi keramičkog nadomjestka*. Poslijediplomski

specijalistički rad. Zagreb: Stomatološki fakultet; 2016.

44. Abduo J, Sambrook RJ. Longevity of ceramic onlays: A systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30:193-215.
45. Mourshed B, Samran A, Alfagih A, Samran A, Abdulrab S, Kern M. Anterior Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: A Review of the Literature. *J Prosthodont.* 2018;27:266-75.
46. 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>

## **6. ŽIVOTOPIS**

---

Jasmina Jajtić rođena je u Zaboku 18. listopada 1997. godine. Osnovnu i srednju školu pohađala je u Zlataru. Nakon završetka opće gimnazije 2016. godine, upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studiranja bila je demonstrator na Zavodu za restaurativnu dentalnu medicinu i endodonciju te je radila kao asistent u privatnoj stomatološkoj ordinaciji.