

Samo-adhezivno cementiranje - prednosti i nedostaci

Krebelj, Ena

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:127:884375>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Ena Krebelj

SAMO-ADHEZIVNO CEMENTIRANJE – PREDNOSTI I NEDOSTACI

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.

Rad ostvaren u: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za fiksnu protetiku

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Andreja Carek, Zavod za fiksnu protetiku, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Iva Jagačić, magistar edukacije hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Sandra Pupovac, profesor engleskog jezika i književnosti

Rad sadrži: 44 stranica

2 tablice

12 slika

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

Zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Andreji Carek na ljubaznosti, trudu i pomoći u izradi ovog diplomskog rada i svemu izvan njega.

Hvala mojoj obitelji, užoj i široj, što su mi omogućili studiranje i olakšali ga s neizmjernom podrškom u svim oblicima.

Hvala mojim Pameticama na zajedničkim učenjima, druženjima, podršci i pomoći kad znaju da je bilo najteže. Bez vas studiranje ne bi bilo isto.

Hvala mom Jurici na ljubavi, strpljenju i podršci u svim situacijama i raspoloženjima.

Ovaj rad posvećujem mojoj mami, za koju bih sve dala da je tu.

SAMO-ADHEZIVNO CEMENTIRANJE – PREDNOSTI I NEDOSTACI

Sažetak

Uloga cementa u fiksnoj protetici jest popuniti prostor između nadomjeska i zuba te stvoriti vezu kako bi se osigurala retencija nadomjeska na zubu tijekom vremena. Cementiranje je jedan od najbitnijih koraka za funkcijsku trajnost nadomjeska zbog čega je bitan pravilan izbor vrste cementa i provođenje postupka. Cementi se najčešće dijele na konvencionalne i adhezivne. Adhezivnim cementima smatraju se kompozitni cementi te se s obzirom na tehniku cementiranja dijele na adhezivne, samo-adhezivne i univerzalne cimente. Zbog uspostavljanja veze kompozitnih materijala sa zubnim tkivom, uključuju se adhezijski sustavi. Adhezivni cementi uključuju više koraka koji dovode do veće vjerojatnosti za greškom i komplikacijama. Razvojem samo-adhezivnih cemenata, cementiranje je svedeno na jedan korak te se postupak pojednostavljuje, smanjuje se vrijeme cementiranja i vjerojatnost za komplikacije. Međutim, samo-adhezivni cementi imaju slabiju mogućnost vezanja za caklinu. Zbog toga, u slučajevima preparacija s velikim površinama u caklini i manjom retencijom, prednost se daje adhezivnom cementiranju. Bez obzira na to radi li se o adhezivnom ili samo-adhezivnom cementiranju, potreban je predtretman nadomjeska s obzirom na materijal od kojeg je izrađen. Nova generacija samo-adhezivnih cemenata univerzalni su cementi koji se mogu koristiti kao samo-adhezivni i kao adhezivni cementi što ih čini univerzalnima za sve indikacije prema vrsti nadomjeska i materijala. Uz cement se koristi i univerzalni adhezijski sustav koji se koristi za pripremu zuba i svih vrsta nadomjestaka. Budući da se radi o novim vrstama cemenata, usprkos zasad dobrim kliničkim rezultatima, dugoročni rezultati još nisu dostupni te ih je potrebno dodatno istražiti. Osim pravilnim izborom cemenata, ojačanje veze može se provesti imedijatnim dentinskim brtvljenjem čime se dobiva veza s nekontaminiranim dentinom.

Ključne riječi: cementiranje, adhezijski sustavi, adhezivni cementi, samo-adhezivni cementi, univerzalni cementi

DOS AND DON'TS OF SELF-ADHESIVE CEMENTATION

Summary

In fixed prosthetics, the role of dental cements is to fill the space between the tooth and restoration and to ensure retention over time. Cementation is one of the most important steps for the longevity and success of the restoration. Therefore, it is crucial to choose the right type of cement and follow the proper procedure. Dental cements are commonly divided into two groups: conventional and adhesive cements. Adhesive cements are resin-based and are further classified into adhesive and self-adhesive cements. Due to resin cements' inability to directly bond to the tooth, pretreatment and the application of adhesive systems are necessary. Adhesive cementation involves a multi-step procedure, which can lead to a higher rate of mistakes and complications. The development of self-adhesive cements has simplified the cementation process to a single-step procedure, making it less time-consuming and reducing the rate of complications. However, the bond strength to enamel is weaker compared to adhesive cementation. Consequently, in cases of preparations with large enamel surfaces or reduced retention, adhesive cements are recommended. Regardless of the type of adhesive cementation, pretreatment of the restoration is necessary based on its material. The new generation of self-adhesive cements is considered universal. Universal cements can be used as either adhesive (multi-step) or self-adhesive cements (single-step), depending on the indication. They are suitable for all types of restorations and materials. Universal cements are used with a corresponding universal adhesive system for priming the restoration and pretreating the tooth. Although these dental cements are relatively new and have shown good clinical results so far, long-term results are not yet available. Besides choosing the right type of cement, bond strength can be improved by the immediate dentin sealing technique, which prevents bonding to contaminated dentin.

Keywords: cementation; adhesive systems; adhesive cements; self-adhesive cements; universal cements

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CEMENTI	4
2.1. Povijest i razvoj cemenata	5
2.2. Podjele cemenata	5
3. ADHEZIJSKI SUSTAVI	10
3.1. Povijest i razvoj adhezijskih sustava	11
3.2. Podjele adhezijskih sustava	11
3.3. Klinička primjena	13
4. SAMO-ADHEZIVNI CEMENTI	14
4.1. Kemijski sastav i mehanizam vezivanja	15
4.2. Svojstva	16
4.3. Indikacije i kontraindikacije	16
5. TEHNIKA SAMO-ADHEZIVNOG CEMENTIRANJA	20
5.1. Proba nadomjeska	21
5.2. Predtretiranje nadomjeska	21
5.3. Priprema zuba	23
5.4. Cementiranje	24
5.5. Provjera	24
6. UNIVERZALNI CEMENTI	25
6.1. Kemijski sastav i svojstva	27
6.2. Način vezanja i snaga veze	28
6.3. Tehnika cementiranja	30
7. UTJECAJ IMEDIJATNOG DENTINSKOG BRTVLJENJA NA ADHEZIVNO CEMENTIRANJE	31
8. RASPRAVA	33
9. ZAKLJUČAK	37
10. LITERATURA	39
11. ŽIVOTOPIS	40

Popis skraćenica

Bis-GMA – bisfenol A-glicidil metakrilat

DC - *engl. dual-cure*

DDS - *engl. delayed dentin sealing*

HF kiselina – fluorovodična kiselina

IDS - *engl. immediate dentin sealing*

JI – jetkajuće-ispirujući

LC - *engl. light-cure*

LDS – litij-disilikatna staklokeramika

MDP – metakriloiloksidecil dihidrogen tiofosfat

PMMA – polimetilmetakrilat

PICN - *engl. polimer infiltrated ceramic network*

RBC - *engl. resin based composite*

SA cement – samo-adhezivni cement

SJ – samojetkajući

ZLS – cirkonijem ojačana litij-disilikatna staklokeramika

Fiksna protetika grana je dentalne medicine koja se bavi nadomještanjem izgubljene zubne strukture pomoću fiksnoprotetskih nadomjestaka u obliku ljsaka, krunica, mostova i parcijalnih nadomjestaka. Glavni cilj protetskih nadomjestaka postizanje je izgubljene funkcije i estetike stomatognatog sustava. Jedan od koraka, ujedno i posljednji, u izradi jest cementiranje fiksnoprotetskih nadomjestaka na prethodno izbrušene zube nosače. Cementiranje se smatra jednim od najbitnijih koraka za funkcijsku trajnost nadomjeska zbog čega je bitan pravilan izbor vrste cementa i provođenje postupka. Uloga cementa u fiksnoj protetici jest popuniti prostor između nadomjeska i zuba te stvoriti vezu kako bi se osigurala retencija nadomjeska na zubu tijekom vremena. Vrsta veze između nadomjeska i zuba može biti mehanička, mikromehanička i kemijska. Poželjnim svojstvima cementa smatraju se: biokompatibilnost, zaštita pulpe, bakteriostatičko djelovanje, mogućnost aplikacije u tankom sloju, jakost veze, odgovarajuća čvrstoća, dobra adhezija, zadovoljavajuća estetika, netopljivost, dovoljno dugo vrijeme rada te jednostavnost primjene (1, 2). Za svaki je proizvod potrebno pratiti uputu proizvođača, no postoje opća pravila pojedinih vrsta. Cemente se najčešće dijeli na konvencionalne i adhezivne. Konvencionalni cementi su polikarboksilatni, cink-oksifosfatni i staklenoionomerni cementi. Adhezivnim cementima smatraju se kompozitni cementi. Dugi niz godina u upotrebi su konvencionalni cementi, a uvođenjem adhezije u dentalnu medicinu, razvili su se i adhezivni cementi. Problem konvencionalnih cemenata njihova je topljivost i mikropropuštanje koje vodi do naseljavanja bakterija i zadržavanja hrane. Takvi uvjeti vode do stvaranja karijesa ispod nadomjeska koji je teško vidljiv i dostupan. Zbog toga se takvi nadomjesci trebaju mijenjati češće (svakih pet godina) da ne bi došlo do propadanja i posljedično gubitka zuba nosača/bataljka (3). Osim toga, retencija konvencionalnih cemenata svodi se na mehaničku svezu, odnosno oblik preparacije (nagibi i visina), dok adhezivni cementi omogućuju kemijsku vezu nadomjeska i zuba stvarajući monoblok. Time se povećavaju mehanička svojstva materijala, dok kod konvencionalnog cementiranja mehanička svojstva ovise isključivo o mehaničkim svojstvima materijala (4). Adhezivni cementi stvaraju jaču vezu sa zubom, no imaju i osjetljiviju tehniku s više koraka koji iziskuju više vremena i veća je vjerojatnost za pogreške. Kako bi se povezala jednostavnost postupka konvencionalnih cemenata i jaka sveza adhezivnih, razvili su se samo-adhezivni cementi gdje su koraci svedeni na minimum, odnosno na jedan korak (1,2).

Ena Krebelj, diplomski rad

Svrha ovog rada pregled je literature na temu najnovijih samo-adhezivnih cementa, njihovih svojstava, indikacija i načina upotrebe.

2. CEMENTI

2.1. Povijest i razvoj cemenata

Prvi dentalni cement razvijen pred kraj 19. stoljeća bio je cink-fosfatni cement te je od onda u kontinuiranoj kliničkoj upotrebi. Poznat je pod imenom *Harvard cement* te se i dalje koristi za cementiranje fiksno protetskih radova s metalnom osnovom. Godine 1968. razvijen je cink-polikarboksilatni cement, 1970-ih godina izumljen je i staklenoionomerni cement. Daljnjim razvojem poboljšavala su se njegova svojstva. U 1980-im godinama pojavili su se i prvi cementi na bazi smola. Razvojem adhezije došlo je do prijelaza iz retencijske u adhezivnu eru kod koje je uklanjanje zdravih zubnih tkiva u svrhu retencije svedeno na minimum čime se dentalna medicina sve više okreće adhezivnom cementiranju (5, 6).

2.2. Podjele cemenata

Cementi korišteni u dentalnoj medicini mogu se podijeliti na više načina, a to su prema:

- a) mehanizmu vezivanja
- b) načinu stvrdnjavanja
- c) kliničkoj primjeni
- d) tehnici cementiranja.

Prema mehanizmu vezivanja cementi se mogu podijeliti s obzirom na način kojim se ostvaruje retencija nadomjeska na zub. Tako postoji zadržavanje pomoću mehaničke retencije, mikromehaničko vezanje ili molekularne adhezije. U slučaju mehaničke retencije fiksno protetski nadomjestak se zadržava na bataljku na temelju njegove preparacije u obliku koji omogućuje retenciju i rezistenciju. U tom je slučaju uloga cementa samo popuniti prostor između nadomjeska i bataljka te spriječiti prodor bakterija i tekućine. Mikromehanička veza omogućuje se stvaranjem većih nepravilnosti na površini zuba i nadomjeska. U te nepravilnosti prodire smolasti cement te stvara zupce. Da bi se dobio željeni oblik površine, potrebno je napraviti predtretman zuba i nadomjeska određenim sredstvima i postupcima namijenjenima za materijal od kojeg je izrađen. Pod molekularnom adhezijom smatraju se fizikalna i kemijska međudjelovanja između dviju molekula. To su obično bipolarne i van der Waalsove fizikalne sile ili ionske

i kovalentne kemijske veze. Kako bi se ostvarila adhezija zubnog tkiva i materijala, potrebno je dodati posredna sredstva u sklopu adhezijskih sustava (1).

Podjela cemenata prema načinu stvrdnjavanja može se podijeliti na one koji se stvrdnjavaju pomoću acidobazne reakcije i one koji se stvrdnjavaju polimerizacijom monomera. Acidobazna reakcija temelji se na reakciji metalnih oksida i kiseline kojom nastaju sol i voda. Metalni oksidi nalaze se u prašku, a kiseline u tekućini. Oni se miješaju i pokreću acidobaznu reakciju. Cementi koji se vežu polimerizacijom monomera (povezivanje monomera u polimer), najčešće se razlikuju po vrsti inicijacije polimerizacije (1). Ovisno o vrsti cementa, inicijator polimerizacije može biti svjetlosni ili kemijski. S obzirom na inicijator/e koje cementi posjeduju, podijeljeni su na: kemijsko polimerizirajuće (*self-cure*), svjetlosno polimerizirajuće (LC) (Slika 1.) i dvostruko polimerizirajuće (DC) (Slika 2.). Kemijski inicijatori koji se koriste su aromatični amini i benzoil peroksidi. Svjetlosni su kamforkinom i alifatski amini. LC cementi dolaze u jednokomponentnom sustavu, dok autopolimerizirajući i dvostruko polimerizirajući moraju imati odvojene dvije komponente (7). Pri odabiru cementa po načinu polimerizacije bitno je uzeti u obzir vrstu materijala nadomjeska i njegovu debljinu. Kod cementiranja nadomjestaka kroz koje ne prolazi svjetlo, LC cementi su kontraindicirani. To su nadomjesci od metal-keramike, cirkonij-oksidne keramike, kao i staklokeramike deblje od 1.5 mm (8). Zbog nemogućnosti prolaska svjetla, polimerizacija se neće odviti uopće ili će biti nepotpuna (9). U tim slučajevima indicirani su kemijski ili dvostruko-polimerizirajući cementi (1).



Slika 1. Svjetlosno polimerizirajući kompozitni cement – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.



Slika 2. Dvostruko polimerizirajući kompozitni cement – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

Prema kliničkoj primjeni, cementi se dijele na: privremene, privremene za dugotrajnija cementiranja i trajne cemente. Privremeni cementi najviše se koriste za cementiranje provizorija (privremenih radova) između posjeta do potpune izrade trajnog nadomjeska. Također, privremeno se mogu cementirati i trajni radovi na određeno vrijeme prije konačne odluke za trajno cementiranje. Najčešće korišteni privremeni cementi su na bazi cinkova oksida s ili bez eugenola te kompozitni privremeni cementi (Slika 3.). Privremeni cementi za dugotrajnija cementiranja odnosi se na cemente koji se koriste za cementiranje protetičke suprastrukture na implantatima kod kojih se želi zadržati mogućnost naknadnog skidanja. Mogu biti na bazi polimera (Slika 4.) ili cink-oksidni cementi s dodatkom metakrilata.

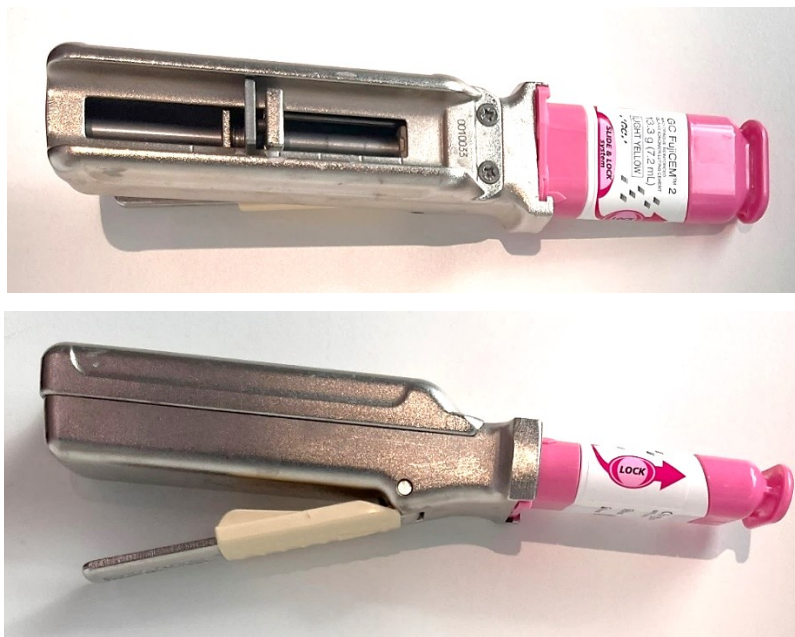


Slika 3. Kompozitni privremeni cement, dvostrukopolimerizirajući – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.



Slika 4. Privremeni cement za dugotrajnija cementiranja na bazi akrilat-uretanskog polimera – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

Najčešće korištena podjela cemenata je prema tehnici cementiranja koja ih dijeli na: konvencionalne (klasične) i adhezivne cemente. Konvencionalni cementi dijele se na: cink-oksifosfatni cement, polikarboksilatni cement i staklenoionomerni cement (Slika 5.), dok se adhezivnim cementima smatraju kompozitni cementi. Adhezivni cementi dijele se još na tri podvrste: adhezivne (slika 6.), samo-adhezivne i univerzalne cemente. Glavna razlika između njih je broj koraka. Adhezivno cementiranje uključuje posebno jetkanje, nanošenje *primera* i adheziva koji, ovisno o sustavu, mogu biti zasebni koraci ili svedeni na dva koraka. Kod samo-adhezivnog sve navedeno svedeno je na jedan korak – nanošenje cementa koji u sebi ima sve potrebne komponente (7, 10). Adhezivni cementi prema vrsti polimerizacije mogu biti: svjetlosni (LC), kemijski ili dvostruko polimerizirajući (DC), dok su samo-adhezivni cementi dvostruko polimerizirajući. Univerzalnim cementima primjena može biti, ovisno o indikaciji i potrebi, i u obliku adhezivnog i u obliku samo-adhezivnog cementiranja (7).



Slika 5. Staklenoionomerni cement u dispenzeru– ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.



Slika 6. Cement za adhezivno cementiranje Panavia V5 s pripadajućim *primerom* i adhezivom – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

Posebna klasifikacija cemenata prema ADA (*American Dental Association*) i ISO (*International Standards Organization*) dijeli ih na cemente za:

- a) cementiranje fiksno protetskih radova
- b) ispune
- c) podloge (2).

3. ADHEZIJSKI SUSTAVI

Definicijom adhezije smatra se međusobno povezivanje površina dvaju tijela koja su načinjena od različitih tvari, odnosno materijala. Cilj dentalnog cementa jest povezivanje tvrdih zubnih tkiva s fiksnoprotetskim nadomjeskom. S obzirom na to da se kompozitni materijal ne može direktno povezivati sa zubnim tkivima (caklina i dentin), potrebno je uključiti posredne materijale, tzv. adhezijske sustave. Adhezijski sustavi imaju tri osnovne komponente: kiselina, *primer* i vezujuće sredstvo (*bond*) koji su se tijekom razvoja različito pripremali i koristili (11).

3.1. Povijest i razvoj adhezijskih sustava

Švicarski kemičar Oskar Hagggar 1951. godine pokrenuo je razvoj vezanja smola uz tvrda zubna tkiva pomoću jetkanja kiselinom, dok je 1955. Michael G. Buonocore uočio mikromehaničku retenciju polimetilmetakrilatne smole (PMMA) u caklini uz prethodno jetkanje fosfornom kiselinom. Zbog toga se Buonocore smatra tvorcem adhezijskog koncepta. Postupak jetkanja provodio je pomoću 85 %-tne fosforne kiseline tijekom 30 sekundi te mu je rezultat bio čišćenje površine, povećanje reaktivne površine za vezanje i same veze između smole i cakline. Uočilo se i prodiranje adhezijske smole u jetkane caklinske prizme. Osam godina kasnije primijetio je razlike u vezivanju između cakline i dentina te je smatrao da je u dentinu znatno zahtjevnije postići adheziju zbog sastava, sadržaja vode i zaostatnog sloja. Nakabayashi je 1982. godine začeo suvremeni koncept adhezije u caklini i dentinu prikazivanjem prve prave hibridizacije jetkanog dentina te definiranjem hibridnog sloja. Fusayama je uveo tehniku simultanog jetkanja cakline i dentina (tzv. potpuno jetkanje). Od 1960-ih do danas razvoj adhezijskih sustava provodi se tijekom osam generacija (2, 11).

3.2. Podjele adhezijskih sustava

Adhezijski sustavi mogu se podijeliti prema:

- a) generacijama
- b) interakciji sa zubnim tkivom
- c) broju komponenata / faza rada
- d) otapalu.

Podjela prema generacijama odnosi se na kronološki tijek razvoja različitih oblika adhezijskih sustava. Sastoji se od sveukupno osam generacija od 1960-ih godina pa sve do danas. Prva generacija adheziva sastojala se uglavnom od preparata glicerofosfatne kiseline, dimetakrilata i cijanometakrilata. Drugu generaciju adheziva predstavljaju preparati fosfornih i halofosfornih estera bisfenol A-glicidil metakrilata (Bis-GMA) te poliuretana. Prva i druga generacija adheziva danas se ne rabe zbog nedostatne snage veze za održavanje trajne stabilnosti. U trećoj se generaciji po prvi put modificira zaostatni sloj pomoću predtretmana dentina. Također, u trećoj se generaciji radi o tzv. višekomponentnom sustavu koji se sastoji od kiseline, *primera* i vezujućeg sredstva. Svaka od navedenih komponenti nanosi se zasebno. Četvrta generacija adheziva temelji se na tehnici potpunog jetkanja i uklanjanju zaostatnog sloja. Kompatibilni su sa svim vrstama kompozitnih materijala, keramikom i kovinama. Peta generacija adheziva koristi se i danas zbog visokih vrijednosti snage veze. Sustav se sastoji od dvije bočice u kojima je ortofosforna kiselina (za postupak jetkanja) u jednoj, a *primer* i *bond* zajedno su u drugoj bočici. Šesta se generacija smatra prvom generacijom tzv. samojetkajućih adheziva kod kojih nema zasebnog postupka jetkanja, već se pomoću kiselog *primera* kondicioniraju caklina i dentin, nakon čega slijedi nanošenje *bonda* iz zasebne bočice. Opisano se može izvesti kao dva zasebna koraka ili se kiselu *primer* i *bond* mogu pomiješati ekstraoralno i zajedno nanositi na zub. Sedmom generacijom adhezijskih sustava smatraju se jednokomponentni samojetkajući adhezivi, što znači da se sve tri komponente nalaze u istoj bočici. Osmo generacija adhezijskih sustava sadržava nanočestice punila koje povećavaju debljinu hibridnog sloja zbog veće prodornosti smolastih monomera u prostore kolagenih vlakana (11).

Prema interakciji sa zubnim tkivom (predtretman zuba) adhezijske sustave dijelimo na: jetkajuće-ispiruće (JI), samojetkajuće (SJ) i univerzalne. JI adhezijski sustavi podrazumijevaju tzv. potpuno jetkanje u kojem se 35 – 37 % ortofosforna kiselina nanosi i na caklinu i na dentin nakon čega slijedi ispiranje. Navedenim postupkom otapa se i uklanja zaostatni sloj. Sljedeći koraci (nanošenje *primera* i *bonda*) mogu biti odvojeni ili spojeni u jedan (prethodno spomenuta peta generacija). Kod SJ adhezijskih sustava isključena je faza jetkanja i ispiranja. Kisela komponenta nalazi se u bočici s *primerom*, dok je *bond* zaseban (šesta generacija) ili su sve tri komponente u istoj bočici (sedma generacija). Univerzalni adhezijski sustavi najnoviji su te se smatraju višenamjenskim

jer se mogu upotrebljavati kao samojetkajući, selektivnojetkajući i jetkajuće ispirući. Pojam selektivno jetkajući znači različito postupanje s caklinom i dentinom. U tom slučaju, caklinu se tretira jetkajuće-ispirućim postupkom, a dentin samojetkajućim (11).

Podjele prema broju komponenti te prema broju kliničkih faza rada isprepliću se te se mogu opisati zajedno. Prema broju komponenti adhezijski sustavi dijele se na četvero-, tro-, dvo- te jednokomponentne sustave, a predstavljaju raspored komponenti na broj bočica, odnosno broj koraka. Četverokomponentni sustavi danas se rijetko koriste, dok se tro-, dvo- i jednokomponentni sustavi smatraju suvremenim adhezivima. Trokomponentni sustavi podrazumijevaju tri bočice te zasebno jetkanje, *priming* i *bonding*. Dvokomponentni sustavi mogu biti jetkajuće-ispirući ili samojetkajući adhezivi, dok su kod jednokomponentnih sustava sve tri komponente u jednoj bočici (11).

Prema otapalu adhezijski sustavi mogu se podijeliti na one koji sadrže aceton, alkohol ili vodu. Uloga otapala jest transport monomera *primera* te vlaženje i penetracija. Ovisno o vrsti otapala, adheziv se postavlja na suh ili vlažan dentin. Adhezijski sustavi s acetonom kao otapalom postavljaju se na vlažan dentin, dok se na suh dentin postavljaju kad je otapalo voda. Ako je otapalo alkohol, dentin može biti i vlažan i suh (2).

3.3. Klinička primjena

Dentalna medicina bez adhezijskih sustava danas je gotovo nezamisliva. Njihova široka primjena uključuje restaurativnu dentalnu medicinu, fiksnu protetiku, kao i ortodontiju i parodontologiju. Temeljni je dio svakog kompozitnog ili kompomernog ispuna. U fiksnoj protetici koriste se pri adhezivnom cementiranju svih oblika indirektnih restauracija kao i pri cementiranju intrakanalnih kolčića pri izradi nadogradnje (11). U ortodontiji koriste se u svrhu lijepljenja bravica te izrade fiksne retencije, dok se u parodontologiji mogu koristiti za izradu *splintova*.

4. SAMO-ADHEZIVNI CEMENTI

Adhezivni cementi razvili su se zbog sve veće potrebe za estetikom potpuno keramičkih restauracija s jakom i dugoročnom vezom za zubna tkiva. Da bi se postigla visoka mehanička svojstva potrebno je provesti postupak s više osjetljivih koraka što lako dovodi do neuspjeha i postoperativne osjetljivosti. Kako bi se sam postupak pojednostavio, a mehanička svojstva zadržala, razvili su se samo-adhezivni cementi (7).

4.1. Kemijski sastav i mehanizam vezivanja

Samo-adhezivni cementi sastoje se od metakrilatnih monomera, punila, kemijskih inicijatora i svjetlosnih inicijatora. Metakrilatni monomeri sastoje se od funkcijske skupine fosforne i/ili karboksilne kiseline i reaktivnih ugljičnih dvostrukih veza. Punilo se sastoji od kalcijevih, aluminijskih, stroncijevih i fluoridnih iona. Jedan dio punila otpušta spomenute ione, drugi dio je silaniziran. Početkom miješanja, cement ima vrlo nizak pH i hidrofilan (12). U kontaktu s površinom zuba, kisele skupine metakrilatnog monomera demineraliziraju dentin i caklinu, infiltriraju zaostatni sloj i stvaraju tračke smole u tubulusima stvarajući tako hibridni sloj i mikromehaničku vezu (10). Također, negativno nabijena skupina fosforne kiseline (na metakrilatni monomeru) veže se za pozitivne kalcijeve ione (Ca^{2+}) u strukturi zuba. To vezanje uzrokuje neutralizaciju fosforne skupine i kemijsku vezu za strukturu zuba. Opisano stvaranje mikromehaničke i kemijske veze događa se simultano. Ostatak nevezane fosforne skupine neutralizira se ionima otpuštenima iz punila za vrijeme polimerizacije. Otpušteni fluoridni ioni apsorbirani su u strukturu zuba. Neutralizacija kiselih skupina bitna je za potpunu polimerizaciju i stvrdnjavanje cementa, kao i za smanjenje upijanja vode i topljivosti cementa (13). Stvrdnjavanje cementa počinje polimerizacijskom reakcijom povezivanja monomera pomoću radikala iz metakrilatnih monomera. Početni radikali pokrenuti su kroz inicijatore koji mogu biti aktivirani kemijski ili svjetlosno. Oni pokreću pucanje dvostrukih ugljičnih veza monomera i njihovo međusobno povezivanje jednostrukim vezama. Cementni matriks sastavljen od trodimenzionalno povezanih metakrilatnih molekula i punila, polimerizacijom mijenja svoja svojstva iz početno hidrofilnih u hidrofobna (12).

4.2. Svojstva

Glavno svojstvo SA cemenata jest jednostavnost primjene uz zadržavanje svojstava adhezivnog cementiranja. Smanjenjem broja koraka dobiva se spomenuta jednostavnost, a ujedno se i smanjuje vjerojatnost za postoperativnom osjetljivošću koja se može javiti u slučaju prekomjernog jetkanja površine zuba postupkom adhezivnog cementiranja. Također, karakterizira ih niska razina iritacije pulpe i niska topljivost (14). Cement je u početku miješanja hidrofilan, no progresijom kemijskih reakcija vezivanja, postaje hidrofoban. Time se minimizira apsorpcija vode, topljivost i higroskopska ekspanzija cementa. Višak cementa lako se uklanja nakon kratkoročnog osvjetljavanja pomoću polimerizacijske lampe. SA cementi sastoje se od dvokomponentnog sustava koji mora biti pakiran odvojeno da bi se tek nakon miješanja pokrenule reakcije stvrdnjavanja i neutralizacije (13). Pakiranja su najčešće u obliku *automix* štrcaljka, no postoje i pakiranja u kapsulama ili autodispenzerima (15). Osim toga, mogućnost postavljanja cementa u tankom sloju i visoka estetika također je jedna od prednosti SA cemenata (3). Dvostruko su polimerizirajući što znači da imaju mogućnost i autopolimerizacije i svjetlosnog pokretanja polimerizacije. Ako se polimerizacija aktivira svjetlosno, zadržavaju se bolja mehanička svojstva, odnosno savojna i vezna čvrstoća (15, 16). Vezna čvrstoća samo-adhezivnih cemenata zadovoljavajuća je, no ipak nešto slabija nego nakon adhezivnog cementiranja što kod nekih oblika restauracija i materijala ne utječe na funkcijsku trajnost, no razlog je obraćanja pozornosti na indikaciju (1, 7, 14, 15, 17). Također, u slučaju potrebe za vezanjem s caklinom, adhezivni cementi ostvaruju bolju adheziju i rubno zatvaranje kao i estetiku u odnosu na samoadhezivne cimente (10).

4.3. Indikacije i kontraindikacije

Kod odabira cementa u obzir se uzimaju vrsta nadomjeska i materijal od kojeg je napravljen. U fiksnoj protetici nadomjesci se izrađuju od legura, keramike i polimera u obliku metal-keramičkih, potpuno keramičkih i hibridnih nadomjestaka. SA cementi imaju najšire indikacijsko područje te su indicirani kod potpuno keramičkih krunica i mostova od cirkonij-dioksidne ili litij-disilikatne keramike kao i kod metalkeramičkih krunica i mostova. Mogu se koristiti za cementiranje konfekcijskih kompozitnih kolčića ojačanih staklenim vlaknima pri izradi nadogradnje kao i za cementiranje parcijalnih

indirektnih restauracija kao što su *inlayi*, *onlayi* i *overlayi* (7, 14). Svaki od materijala ima svoja svojstva i indikacijsko područje kao i zahtjeve preparacije i neophodan predtretman prije cementiranja.

Metal-keramički sustavi sastoje se od dentalnih legura na kojim je slojevana glinična keramika ili staklokeramika. Dentalne legure koje se najčešće koriste za osnovnu konstrukciju, legure su kobalt kroma s ili bez nikla. Vrste nadomjestaka indiciranih za metal-keramiku su krunice te mostovi kratkog i dugog raspona. Retencija metal-keramičkih nadomjestaka na zubu najviše ovisi o izradi preparacije (visina bataljka, nagib, oblik) koja se temelji na optimizaciji retencije i rezistencije. Cementi indicirani za nadomjeske s metalnom osnovom su konvencionalni (cink-oksifosfatni i staklenoionomerni) kao i samo-adhezivni cementi uz prethodni predtretman (4).

Potpuno keramički sustavi mogu se podijeliti na jednoslojne i dvoslojne sustave. U slučaju monolitnih, nadomjestak se izrađuje u jednom komadu, a dvoslojni podrazumijevaju izradu keramičkih jezgrenih konstrukcija na koji se nanosi obložna keramika (2). Vrste keramika mogu se podijeliti u tri osnovne skupine: polikristalične oksidne keramike (cirkon-oksidne keramike), staklom infiltrirane oksidne keramike (*In Ceram Spinell*, *In Ceram Alumina*, *In Ceram Zirconia*), silikatne keramike (glinične keramike, leucitima ojačane staklokeramike, litij-disilikatne keramike) (10).

Cirkonijev dioksid polikristalična je oksidna keramika bez stakla čiji razvoj najbrže raste. Iznimnih je mehaničkih svojstava i koristi se za izradu krunica i mostova kraćih i dužih raspona. Mogu biti monolitni ili slojevani, no prednost se daje monolitnim oblicima. Smatra se boljim izborom od metal-keramike (izuzevši duge mostove s više od dva međučlana) zbog manjeg opsega preparacije (oko 1 mm), bolje estetike i marginalne preciznosti (4). Nadomjesci od cirkonijeva dioksida indicirani su za cementiranje stakloionomernim cementom, adhezivnim cementom i samo-adhezivnim cementom. Adhezivne tehnike pružaju bolju retenciju i rubno zatvaranje. Samo-adhezivnim cementom mogu se cementirati pod određenim uvjetima: ako je preparacija bataljka viša od 3 mm i ako konvergacijski kut iznosi 2 – 5 stupnjeva. Ako preparacija ne zadovoljava ove uvjete, adhezivno cementiranje bolji je izbor. Bitno je naglasiti da u tom slučaju korišteni cementi moraju biti autopolimerizirajući ili dvostrukopolimerizirajući.

Svjetlosno polimerizirajući cementi kontraindicirani su zbog nemogućnosti prolaska svjetla kroz nadomjestak (15).

Staklom infiltrirane oksidne keramike razvile su se radi zadržavanja mehaničkih svojstava kristala uz dobivanja bolje estetike i mogućnost adhezije dodavanjem stakla. Postoje tri vrste s obzirom na vrstu kristala: *In Ceram Spinel* (kristali od spinela – $MgAl_2O_4$), *In Ceram Alumina* (kristali od aluminijskoga oksida) i *In Ceram Zirconia* (kristali od cirkonijskoga dioksida). Indicirani su kao zamjena za metal-keramičke krunice i mostove do tri člana u prednjoj regiji (*In Ceram Zirconia* i u molarnoj regiji) (4).

Litij-disilikatna keramika (LDS) pripada staklokeramici s visokim estetskim svojstvima, zadovoljavajućim mehaničkim i mogućnošću adhezije. Upravo zbog toga ima široki spektar indikacije što uključuje izradu ljusaka, *inlaya*, *onlaya* i *overlaya* te krunica i mostova do tri člana u prednjoj regiji (4). LDS krunice mogu se cementirati adhezivno i samo-adhezivno. S obzirom na jednostavnost, dobru estetiku i snagu svezivanja, preporučuje se korištenje samo-adhezivnih cementa zbog dovoljne količine dentina na bataljku. Za razliku od radova kao što su ljuske kod kojih je prisutna veća površina cakline. U tom slučaju, prednost se daje adhezivnom cementiranju (10).

Kako bi se proširila indikacija i omogućilo korištenje LDS keramike u molarnoj regiji, razvila se litij-disilikatna keramika ojačana cirkonijskim dioksidom (ZLS). ZLS keramika spojila je visoku estetiku LDS keramike i izrazita mehanička svojstva cirkonijskoga dioksida. Cementiranje samo-adhezivnim cementima također je indicirano uz prethodni predtretman nadomjeska (18, 19). Osim samo-adhezivnim, ZLS se može cementirati i staklonoionomernim cementom (konvencionalni) te adhezivnim cementima (20).

Hibridni materijali noviji su materijali izrađeni od keramike i kompozita, razvijeni s ciljem spajanja njihovih pozitivnih svojstava. Neki autori podijelili su ih u dvije podskupine s obzirom na većinski udio: CAD/CAM kompozitne smole (većinski se sastoje od smolastog matriksa) i hibridne keramike (većinski se sastoje od keramike) (21). *Fathy et al.* smatra da naziv hibridne keramike nije precizan te ih dijeli na: smolaste kompozite (RBC) s disperziranom keramičkom punilima i keramičku mrežu infiltriranu polimerima (PICN) (22). Imaju dobru rubnu stabilnost, veću otpornost na lom, fleksibilniji su i ekonomičniji u usporedbi s klasičnim keramičkim materijalima.

Indicirani su za izradu *inlaya*, *onlaya* i krunica. Cementirati se mogu adhezivno i samo-adhezivno uz prethodni predtretman nadomjeska (21, 22).

Nadogradnje se mogu podijeliti prema materijalu na metalne i nemetalne. Metalne se odnose na dentalne legure, dok nemetalne mogu biti kompozitne, kompozitne ojačane staklenim vlaknima, od cirkonijeva dioksida i karbonske. Nadogradnje se mogu podijeliti i na individualne i konfekcijske. Za izradu nadogradnje najčešće se koriste konfekcijski kompoziti kolčići ojačani staklenim vlaknima. Karakteriziraju ih dobra adhezivna svojstva, boja, jednostavnost primjene i elastična svojstva slična dentinu. (1, 4) Ako postoji velika površina cakline, zbog lošije veze s istom, smatra se da samo-adhezivni cementi nisu najbolje rješenje. Tad se prednost daje adhezivnom cementiranju. To je u većini slučajeva kod ljusaka, *inlaya* ili *onlaya*. (10)

5. TEHNIKA SAMO-ADHEZIVNOG CEMENTIRANJA

Tehnika samo-adhezivnog cementiranja može se u jednu ruku generalizirati, no kao i uvijek potrebno je pratiti upute proizvođača. S obzirom na to da su kemijski sastavi proizvođača različiti, postoje različiti načini rukovanja pa i uvjeti koje okolina mora zadovoljiti.

5.1. Proba nadomjeska

Cementi imaju svoje nijanse koje mogu utjecati na finalni izgled boje tankih keramičkih nadomjestaka što je izrazito bitno u estetskoj zoni. Kako bi se izabrala odgovarajuća nijansa, koriste se glicerinske paste, tzv. *try-in* paste (slika 7.) u istim nijansama kao cementi. Na zadnjoj probi, neposredno prije cementiranja, postavljaju se u nadomjestak te na zub i procjenjuje se utjecaj. Nakon *try-in* pasta, nadomjestak se očisti alkoholom, acetonom ili sredstvima za tu primjenu od istog proizvođača (4). Može se koristiti i natrijev hipoklorit, no nikako se ne smiju koristiti peroksid i fosforna kiselina ili prah karbonata koji bi neutralizirali kisele monomere u cementu.



Slika 7. *Try-in* pasta, nijansa neutral – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

5.2. Predtretiranje nadomjeska

Tretiranje površine nadomjeska prije cementiranja radi se zbog njezina čišćenja, povećavanja hrapavosti površine i vezne čvrstoće (18, 19). Različite materijale potrebno je i tretirati različitim postupcima za postizanje maksimalnih rezultata.

Kompozitni kolčići ojačani vlaknima: Nakon probe u kanalu, kolčići se premažu alkoholom i osuše zrakom iz pusteru. Mogu se premazati *primerom* 20 sekundi i ponovno posušiti pet sekundi, no ovaj korak nije neophodan. U svakom slučaju provjeriti s uputama proizvođača samih kolčića.

Cirkonijev dioksid: Površina se pjeskari zrcima aluminijeva oksida (Al_2O_3) veličine 30 – 50 μm pod tlakom od dva bara. Ovim se postupkom površina ZrO_2 čisti od nečistoća i povećava se hrapavost. Pjeskarenjem se može ubrzati starenje materijala zbog transformacije zrna kristala iz tetragonske u monoklinsku fazu, zbog čega je preporučljivo koristiti manja zrnca i slabiji tlak. Nakon pjeskarenja, površina se premazuje alkoholom i suši zrakom iz pustera. Također, površina se treba premazati i MDP *primerom* 20 sekundi i ponovno posušiti pet sekundi (4, 10).

Metal-keramika: Površina metala pjeskari se zrcima aluminijeva oksida (Al_2O_3) veličine 30 – 50 μm pod tlakom od dva bara. Ovim postupkom površina metala čisti se od nečistoća, povećava se hrapavost, površinska energija i poboljšava veza s cementom. Nakon pjeskarenja, površina se čisti parom. Zatim se premazuje alkoholom i suši zrakom iz pustera. Nakon toga radovi se premažu *primerom* 20 sekundi. Za primer se može koristiti MDP *primer* kao i za cirkonijev dioksid. S obzirom na različite oblike preparata, uvijek treba pratiti upute proizvođača. Zatim ponovno posušiti pet sekundi, no ovaj korak nije neophodan (4).

Hibridni materijali: Ovisno o vrsti podskupine, različito se predtretiraju. Smolasti kompoziti (RBC) s disperziranim keramičkim punilima stvaraju najbolju vezu nakon pjeskarenja. Nakon toga, površina se premazuje alkoholom i suši zrakom iz pustera. Također, može se premazati *primerom* 20 sekundi i ponovno posušiti pet sekundi, no ovaj korak nije neophodan. Drugu podskupinu, baziranu na keramičkoj mreži infiltriranoj polimerima, jetka se fluorovodičnom kiselinom (HF). Nakon toga ispire 20 sekundi i ispuhuje. Nakon toga potrebno je utrljati *primer* (20 sekundi) i ispuhati (pet sekundi) (22).

Staklo-keramika: Unutrašnja površina jetka se pomoću fluorovodične kiseline (HF). Ovisno o koncentraciji HF kiseline, mijenja se duljina jetkanja. Ako se koristi 9.5 %-tna kiselina, jetkanje LDS keramike traje 60 sekundi. Jetkanje 5 %-tnom kiselinom traje dvije minute (23). Nakon toga, nadomjestak se ispire 20 sekundi i ispuhuje. Nakon toga potrebno je utrljati *primer* silan (20 sekundi) i ispuhati (pet sekundi) (13). Na isti način tretira se i ZLS.

Važno je naglasiti razlike u *primerima* s obzirom na materijal za koji se koriste. *Primer* za staklokeramiku je silan koji se nanosi nakon jetkanja HF kiselinom. On služi za kemijsku vezu silicijeva dioksida iz staklokeramike i kompozitnog cementa. Neki

proizvođači proizvode preparate u kojima su HF kiselina i *primer* silan u jednoj bočici čime se smanjuje broj koraka (slika 8.). Preko silicijevog dioksida stvara se najveća adhezija. S obzirom na to da metal i polikristalične keramike (npr. cirkonijev dioksid) nemaju silicijev dioksid, njihova veza primarno je mikromehanička dobivena predtretiranjem površine. Da bi se ta veza ojačala dodaju se drugi *primeri* na površinu. Najučinkovitiji *primer* za cirkonijev dioksid je 10-metakriloiloksidecil dihidrogen fosfat (10-MDP) koji može biti zaseban ili unutar adheziva ili cementa. MDP *primer* može se upotrebljavati i za metal, no postoje i drugi metal *primeri* kao npr. tiouracil (4).



Slika 8. Silan *primer* i HF kiselina u istoj bočici – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

5.3. Priprema zuba

Površina zuba kod samo-adhezivnog cementiranja ne treba se predtretirati nikako osim čišćenjem pastom, ispiranjem vodom i laganim sušenjem, nikako se ne smije presušiti (10, 13).

5.4. Cementiranje

Cement dolazi u obliku automiks šprica, dispenzera za ručno miješanje ili kapsula. Kod automiks šprica cement se miješa u nastavku koji može biti za nadomjeske ili za nadogradnju s endotipom koji ulazi u kanal. Dispenzerom se stavlja cement u odgovarajućem omjeru na papirnatu podlogu te se cement ručno miješa špatulom. Kapsule se miješaju u strojnim miješalicama, a na sebi imaju aplikator kojim se direktno aplicira cement u restauraciju ili kavitet.

Cement se postavlja na stijenke nadomjeska nakon čega se nadomjestak postavlja na preparirani zub. Zatim se rad posvijetli na 1 – 2 sekunde sa svih strana. Potom se sondom uklanja višak cementa. Aproximalno se višak uklanja zubnim koncem povlačeći ga vestibularno i pridržavajući nadomjestak na mjestu kako se ne bi pomaknuo.

Nakon inicijalnog uklanjanja viška, postavlja se glicerina da bi se zaustavila inhibicija polimerizacije kompozita kisikom iz zraka. Slijedi osvjetljavanje svih površina nadomjeska po 10 sekundi (izuzev radova od metal-keramike ili cirkonijeva dioksida, kod njih svjetlo ne prodire) (4).

5.5. Provjera

Na kraju cementiranja slijedi provjera okluzije i svih kretnji kako bi se utvrdilo je li došlo do pomaka prilikom cementiranja. Ako ima razlika s obzirom na prvu probu, potrebno ih je korigirati finim dijamantnim svrdlima i zagladiti gubicama za keramiku (4).

6. UNIVERZALNI CEMENTI

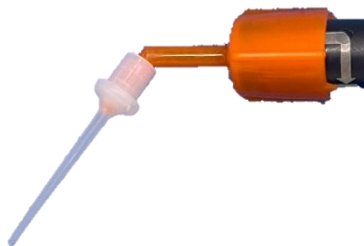
Univerzalni cementi mogu se smatrati novom generacijom samo-adhezivnih cemenata. Oni su adhezivni cementi koji mogu biti korišteni samostalno kao u prethodno opisanoj samo-adhezivnoj tehnici, a uz korištenje pripadajućeg adhezijskog sustava imaju mogućnost i adhezivne tehnike cementiranja (slika 9.). Epitet univerzalan osim na tehniku cementiranja može se odnositi i na indikaciju što znači da pokriva sve vrste nadomjestaka i materijala što uključuje *inlaye*, *onlaye*, krunice, mostove, kolčiće za nadogradnju, ljuske i suprastrukture na implantatima napravljene od cirkonij dioksidne i druge oksidne keramike, metal-keramike, staklokeramike, kao i hibridne i kompozitne materijale. Uz cement, koristi se i univerzalni adhezijski sustav koji se koristi za pripremu zuba i svih vrsta nadomjestaka, kao i u obliku svih tehnika. Trenutno se na tržištu nalaze tri vrste univerzalnih cemenata sa svojim pripadajućim adhezijskim sustavima: RelyX Universal (3M Oral Care, Sr Paul, MN, SAD), Panavia SA Universal (Kuraray Noritake Dental Inc, Okoyama, Japan) i SoloCem (SOC, Coltene/Whaledent, Altstatten, Švicarska) (7).



Slika 9. Univerzalni adhezivni cement 3M RelyX Universal s pripadajućim adhezijskim sustavom Scotchbond Universal Plus – ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

6.1. Kemijski sastav i svojstva

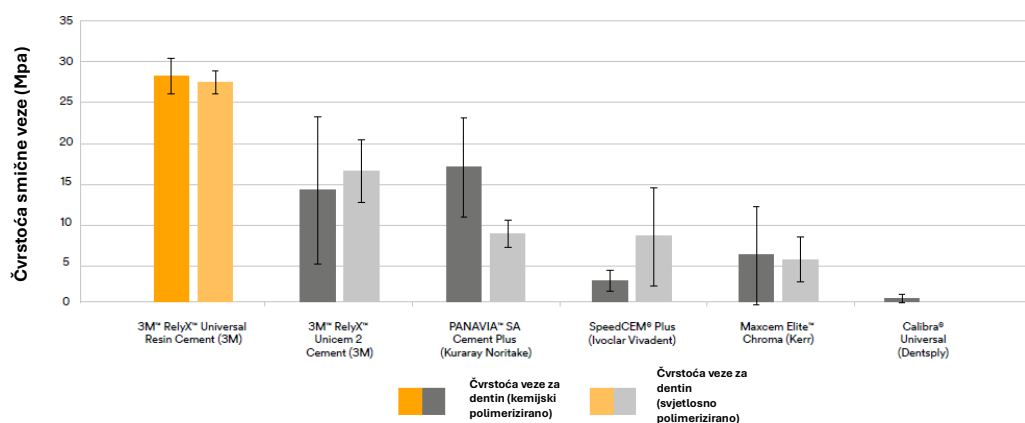
Novost u kemijskom sastavu univerzalnih cemenata su amfifilna svojstva dimetakrilatnih adhezijskih monomera i redoks inicijatorskog sustava, kao i nova arhitektura čestica punila. Amfifilno svojstvo molekule omogućava funkciju u vlažnim i suhim uvjetima zbog toga što ta molekula ima svoj hidrofilan dio koji privlači vodu i hidrofoban dio koju ju odbija. Osim toga, uvedena je nova arhitektura punila koja omogućava reološko svojstvo cementa i poboljšani radioopacitet. Pozitivna svojstva koja prate univerzalne cimente su dobra mehanička svojstva (vezna čvrstoća), estetska svojstva, jednostavnost primjene, lako uklanjanje viška cementa i radioopaknost. Vezna čvrstoća univerzalnih cementa za dentin i caklinu usporediva je s adhezivnim i samoadhezivnim cementima kao i za sve vrste nadomjestaka. Dobra estetska svojstva proizlaze od fluorescencije slične zubu, više nijansa boja i stabilnosti boje. S obzirom na to da kroz tanke i translucetne keramike, cement može prosijavati i utjecati na konačni izgled boje. Cementi dolaze u različitim nijansama (npr. translucetna, A1, A3 *Opaque* i *White opaque*) koje se mogu isprobati pomoću glicerinskih gelova u istim nijansama (tzv. *try-in* paste). Osim toga, postojana boja koja ne podliježe diskoloraciji doprinosi zadovoljavajućim estetskim svojstvima. Osim jednostavnosti primjene, uključeno je i lako uklanjanje viška cementa kojem pridonosi njegovo povoljno reološko svojstvo. Ono uvjetuje ponašanje cementa koji pri pritisku bude tekuće odnosno niske viskoznosti. Tako pri potiskivanju cementa iz štrcaljke i pritiska nadomjestka na zub cement lako iscure. Nakon prestanka djelovanja pritiska, viskoznost cementa se povećava, čime cement ostaje na rubovima nadomjestka umjesto curenja u sulkus. Kao i ostali samo-adhezivni cementi, dvostrukopolimerizirajući su (24). Nedostatak im je manja tvrdoća i veća sklonost upijanju vode od adhezivnih i samo-adhezivnih (7). Uz cement dolazi i pripadajući univerzalni adhezijski sustav. Osim samojetkajućeg, selektivno jetkajućeg i potpuno jetkajućeg adheziva, sadrži MDP *primer* za cirkonij dioksid i metal kao i silanski *primer* za staklokeramiku, kompozite i kolčiće ojačane staklenim vlaknima. Za cementiranje kolčića za nadogradnju, postavlja se endodontski nastavak za olakšani ulazak u kanal (slika 10.) (4).



Slika 10. Endodontski nastavak za ulazak u kanal pri cementiranju kolčića. –
ljubaznošću izv. prof. dr. sc. Andreje Carek.

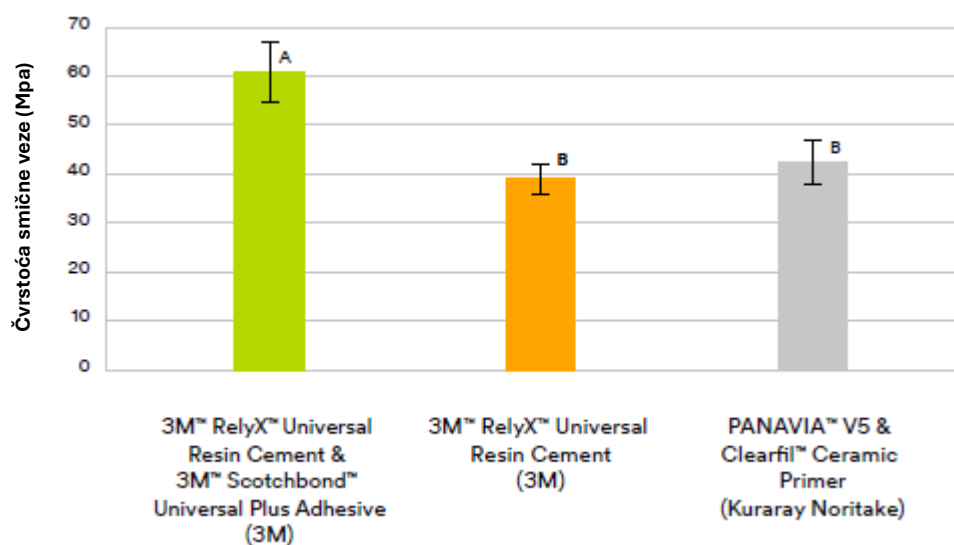
6.2. Način vezanja i snaga veze

Univerzalni adhezivni cementi sadrže amfifilne adhezijske monomere koji se sa svojom hidrofilnom stranom difundiraju u dentin dok se na suprotni hidrofobni kraj vežu dimetakrilatni monomeri cementa (hidrofobni). Osim adhezijskih monomera, redoks inicijatorski sistem koji je također amfifilan može difundirati u dentin i pokretati polimerizaciju unutar zaostatnog sloja dentina i kroz cijelu površinu cementa. Time uzrokuje trodimenzionalnu mrežu polimera i stupanj konverzije do 90 % što povećava veznu čvrstoću cementa za dentin i omogućava dugoročnu stabilnost (24). Zbog spomenutog novog inicijatorskog sustava, vezna čvrstoća je pouzdana bez obzira na pokretanje svjetlom ili ne (Slika 11.) (25).



Slika 11. Čvrstoća smične veze pojedinih cemenata za dentin. Preuzeto s: (25)

U pripadajućem adhezijskom sustavu dodani su MDP *primeri* kao i silan *primer* koji doprinose čvrstoći veze nadomjeska. MDP *primer* uz univerzalni cement značajno pojačava vezu s cirkonskim nadomjescima u usporedbi s korištenjem istog cementa bez korištenja *primera* ili adhezivnog cementa (slika 12.) (26)



Slika 12. Čvrstoća smične veze pojedinih cemenata za cirkonij dioksid. Preuzeto s: (26)

MDP *primer* također produljuje trajnost veze tako što inhibira endogenske dentinske matriks-metaloproteinaze koje uzrokuju degradaciju hibridnog sloja i kompromitiraju vezu između dentina kompozita (7).

6.3. Tehnika cementiranja

S obzirom na to da je samo-adhezivna tehnika cementiranja već opisana, ovdje će se opisati preostale dvije. To su selektivno jetkajuća (*selective-etch*) i potpuno jetkajuća (*total-etch*) tehnika cementiranja. Naziv se uglavnom odnosi na način pripreme zuba prije cementiranja, dok je predtretman nadomjeska isti kao i kod samo-adhezivnog cementiranja. Selektivno jetkajuće adhezivno cementiranje preporučuje se kod cementiranja *inlaya* i *onlaya*. Priprema zuba uključuje jetkanje samo cakline 15 sekundi nakon čega slijedi ispiranje vodom i sušenje. Zatim se postavlja adheziv 20 sekundi i propuše pusterom pet sekundi. Postavljanje cementa i nadomjeska istovjetno je prethodno opisanom samo-adhezivnom cementiranju. U slučaju potpuno jetkajućeg adhezivnog cementiranja jetka se cijela površina preparacije što uključuje i caklinu i dentin 15 sekundi, nakon čega se kiselina ispire i posuši pusterom. Slijedi nanošenje adheziva 20 sekundi i puhanje pusterom pet sekundi. Potpuno jetkajuća tehnika indicirana je kod ljuskica, *table top* i adhezivnih mostova. Predtretiranje nadomjeska i postupak cementiranja istovjetan je već opisanom (7).

**7. UTJECAJ IMEDIJATNOG DENTINSKOG BRTVLJENJA NA
ADHEZIVNO CEMENTIRANJE**

Postupak izrade fiksnoprotetskog nadomjeska radi se u nekoliko faza. Prva faza sastoji se od preparacije zuba, uzimanja otiska i cementiranja privremenog rada. Nakon izrade nadomjeska, uklanja se privremeni rad te ako su svi uvjeti zadovoljeni, trajni nadomjestak se cementira. Adhezivno cementiranje uključuje korištenje adhezijskih sustava prilikom kojih je cilj postići hibridni sloj između smola adhezijskih sustava i demineraliziranog dentina. On značajno utječe na retenciju nadomjeska. Općeprihvaćeni postupak postavljanja adhezijskog sustava predviđa tek predcementiranje te se to naziva odgođeno dentinsko brtvljenje (DDS). Pojam imedijatno dentinsko brtvljenje (IDS) označava postavljanje adhezijskog sustava neposredno nakon preparacije zuba, prije uzimanja otiska. Još se naziva predhibridizacijom ili dvostrukim vezanjem. U DDS postupku, hibridizacija dentina postignuta je nakon uklanjanja privremenog rada i prije cementiranja trajnog nadomjeska. Nedostaci DDS tehnike mogućnost su kontaminirane površine zuba zbog zaostajanja privremenog cementa na zubu. To vodi do neuspješne hibridizacije i slabije vezne čvrstoće nadomjeska za zub. Da bi se to spriječilo, moguće je provesti IDS postupak. Postavljanjem adhezijskog sustava neposredno nakon izrade preparacije, hibridizacija dentina odvija se na nekontaminiranoj površini. Jačina veze nadomjeska za dentin povećava se čime se i produljuje trajnost nadomjeska (27, 28). Postavljanjem kompozitnog cementa povećava se opterećenje prilikom polimerizacijskog stresa i kasnije okluzalnim silama. Imajući na umu da se veza s dentinom povećava s vremenom, IDS tehnika daje vezi vremena da ojača i savlada spomenuta opterećenja (28). Osim toga, IDS tehnikom sprečava se prodor bakterija i dentinska osjetljivost za vrijeme nošenja privremenog rada. Uzimajući otisak nakon postavljanja adhezijskog sustava, zabilježena je i debljina koju adhezijski sustav zauzima između zuba i nadomjeska (27, 28).

Za uspjeh fiksno protetske terapije bitna je funkcijska trajnost nadomjeska koja uvelike ovisi o izboru cementa i tehnici cementiranja. Svaki od cementa ima svoje karakteristike, prednosti, nedostatke i pravila kojih se treba pridržavati. Istraživanja su pokazala bolja mehanička svojstva SA cementa u usporedbi s konvencionalnim cementima, no lošija su s obzirom na adhezivne cemente (13). Osim toga, Eltoukhy i sur. su u petogodišnjoj studiji pokazali bolje rezultate marginalne adaptacije i promjene boje u korist adhezivnih cementa (29). Također, SA cementi imaju veću sklonost trošenju i veću hidrofilnost u usporedbi s adhezivnim cementima što ih čini podložnijima upijanju vode (7). Usprkos tome, u situacijama kad njihova jednostavnost procedure nadilazi mehaničke potrebe, SA cementi su cement izbora. To je u slučajevima cementiranja kompozitnih kolčića, monolitnih cirkonskih krunica ili kada je otežano postići suho radno polje potrebno za postavljanje adheziva. Samo-adhezivni cementi imaju ograničavajuću mogućnost vezanja za caklinu zbog slabije mogućnosti kiselih monomera za demineralizaciju i hibridizaciju cakline. Mogu se usporediti s mogućnostima samojetkajućih adhezivnih sustava (kod kojih je potrebno selektivno jetkanje cakline). Zato je za preparacije s velikom površinom u caklini moguće provesti selektivno jetkanje cakline fosfornom kiselinom. Selektivnim jetkanjem povećava se jačina veze, no to uključuje dodatni korak čime se uklanja najveća prednost SA cementa – jednostavnost korištenja (13). U trogodišnjem istraživanju ispitivale su se razlike konvencionalnih, adhezivnih i samo-adhezivnih cementa s obzirom na učestalost pojave preosjetljivosti i rubnih diskoloracija. Istraživanja su pokazala da samo-adhezivni i adhezivni imaju manju učestalost preosjetljivosti u usporedbi s konvencionalnim cementima, kao i da su i manje rubne diskoloracije. Učestalosti pojave osjetljivosti i rubne diskoloracije s obzirom na vrstu cementa prikazane su u tablicama 1. i 2. (15). S obzirom na dvostruku mogućnost polimerizacije, logično je smatrati da se cement može ostaviti da se sam polimerizira i stvrdne, no Carek i sur. zaključili su da je za maksimalna mehanička svojstva SA cementa (savojna čvrstoća i modul savijanja) potrebno svjetlosno pokrenuti polimerizaciju pri cementiranju. Za razliku od stupnja konverzije monomera gdje najveći utjecaj ima vrijeme koje je prošlo nakon stvrdnjavanja i vrsta materijala (16).

Tablica 1. Učestalost pojave osjetljivosti nakon primjene različitih cemenata.

Preuzeto s: (15)

	Adhezivni cement	Samo-adhezivni cement	Konvencionalni cement
Često	14%	10%	16%
Nikad	84%	84%	82%
Nije primjenjivo	2%	6%	2%

Farah JW, Powers JM, eds. Dent Advis 22 (8):5, 2005

Tablica 2. Učestalost pojave rubne diskoloracije nakon primjene različitih cemenata.

Preuzeto s: (15)

	Adhezivni cement	Samo-adhezivni cement	Konvencionalni cement
Često	8%	8%	14%
Nikad	84%	84%	80%
Nije primjenjivo	8%	8%	6%

Farah JW, Powers JM, eds. Dent Advis 22 (8):5, 2005

Potrebno je uzeti u obzir da je većina istraživanja provedena na vezanju za zubna tkiva (većinom dentin), dok se u stvarnosti bataljak može sastojati i od kompozita, amalgama ili drugih restaurativnih materijala (nadogradnje ili ispuni). S obzirom na to da se neutralizacija kiselog pH djelomično odvija vezanjem za tvrda zubna tkiva, u slučaju vezanja za materijale, neutralizacija može biti kompromitirana. Neuravnoteženom neutralizacijom (veći broj kiselih komponenti) može doći do kompromitiranja polimerizacije i stvrdnjavanja cementa kao i povećanog upijanja vode i topljivosti što dovodi do slabljenja veze i pucanja nadomjeska. Ponašanje SA i univerzalnih cemenata u ovim uvjetima potrebno je još istražiti (7, 13). Također, jedan od bitnih uvjeta kojih se treba držati je pohrana. Manso A. i Carvalho R. istaknuli su važnost temperature na kojoj je cement pohranjen s obzirom na to da duže stajanje cementa na visokim temperaturama ($> 30^{\circ}\text{C}$) može utjecati na radno vrijeme i vrijeme stvrdnjavanja (može ga i produžiti i skratiti). Razlog je utjecaj topline na kisele monomere u cementu kao i na komponente

odgovorne za autopolimerizaciju. Preporučeno je pohraniti cement u hladnjaku na temperaturi između 4 °C i 18 °C te prije korištenja dovesti na sobnu temperaturu (13). Za postizanje kvalitetne veze za osiguravanje trajnosti nadomjeska, potrebno je pravilno predtretirati nadomjestak ovisno o materijalu. Osim spomenutih konvencionalnih postupaka, postavlja se pitanje učinkovitosti lasera za predtretman keramika prije cementiranja SA cementima. Carek i sur. zaključili su da je najbolja vezna čvrstoća ZLS keramike i SA cementa nakon obrade Nd:YAG laserom uz silanizaciju površine, dok je hrapavost površine bila najveća nakon pjeskarenja uz silanizaciju (18, 19). Povijesno su kompozitni (adhezivni) cementi bili podijeljeni na adhezivne i samo-adhezivne cimente. Pojavom novih univerzalnih cemenata koji imaju mogućnost obje tehnike postavlja se pitanje kvalitete veze korištenjem jedne ili druge tehnike. Andrews i sur. zaključili su da univerzalni cementi korišteni adhezivnom tehnikom imaju sličnu veznu čvrstoću za dentin kao i adhezivni cement. Također, koristeći samo-adhezivnu tehniku univerzalnim cementima dobili su sličnu veznu čvrstoću pripadajućim samo-adhezivnim cementima (30).

Samo-adhezivni cementi smatraju se modernim cementima koji spajaju jednostavnost uporabe konvencionalnih cemenata i mehanička svojstva i estetiku adhezivnih cemenata. Kao i svi dentalni materijali, samo-adhezivni cementi imaju svoje prednosti i nedostatke, kao i svoje indikacije, ograničenja i pravila kojih se treba držati kako bi se ostvario njihov potencijal te osigurao uspjeh terapije. Najšireg su indikacijskog područja te se mogu koristiti za većinu vrsta nadomjestaka i materijala. Imaju smanjenu mogućnost vezanja za caklinu zbog čega se ne preporučuju samostalno kod preparacija pretežito u caklini (npr. estetske ljuske). Prije cementiranja neophodno je predtretirati unutarnju površinu nadomjeska te nanijeti *primer* primjeren za taj materijal, dok je bataljak/nosač potrebno samo očistiti. Zahvaljujući jednostavnosti postupka osim uštede vremena smanjuje se i mogućnost postoperativne osjetljivosti. S ciljem da se koristi jedan cement za sve indikacije, razvijeni su univerzalni cementi uz univerzalni *primer* i adheziv u istoj bočici i za sve materijale. Oni se mogu koristiti kao adhezivni i samo-adhezivni čime im se proširuju mogućnosti primjene. Manje su tvrdoće i podložniji upijanju vode u usporedbi s adhezivnim i samo-adhezivnim cementima. S obzirom na to da se radi o novim vrstama cemenata, usprkos zasad dobrim kliničkim rezultatima, dugoročni rezultati još nisu dostupni. Osim pravilnim izborom cemenata, ojačanje veze može se provesti imedijatnim dentinskim brtvljenjem čime se dobiva veza s nekontaminiranim dentinom, osigurava hibridni sloj i produljuje trajnost nadomjeska.

1. Jakovac M, Kranjčić J. i sur. Pretklinička i laboratorijska fiksna protetika. Zagreb: Stega-tisak: 2020.
2. Mehulić K. i sur. Dentalni materijali. Zagreb: Medicinska naklada: 2017.
3. Leung GKH, Wong AWY, Chu CH, Yu OY. Update on Dental Luting Materials. *Dentistry Journal*. 2022 Nov 3;10(11):208.
4. Jakovac M. Protokol. Zagreb: Stega-tisak; 2023.
5. Komar D. Istraživnje utjecaja laserskog zračenja na veznu čvrstoću litij-disilikatne staklokeramike ojačane cirkonij-dioksidom i kompozitnog cementa [Disertacija]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 2021 [pristupljeno 29.05.2024.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:788276>
6. Pameijer CH. Biocompatibility of luting cements for dental applications. In: *Biocompatibility of Dental Biomaterials* [Internet]. Elsevier; 2017 [cited 2024 Jun 7]. p. 77–94. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081008843000060>
7. Maravić T, Mazzitelli C, Mancuso E, Del Bianco F, Josić U, Cadenaro M, et al. Resin composite cements: Current status and a novel classification proposal. *J Esthet Restor Dent*. 2023 Oct;35(7):1085–97.
8. Heboyan A, Vardanyan A, Karobari MI, Marya A, Avagyan T, Tebyaniyan H, et al. Dental Luting Cements: An Updated Comprehensive Review. *Molecules*. 2023 Feb 8;28(4):1619.
9. Kilinc E, Antonson S, Hardigan P, Kesercioglu A. The Effect of Ceramic Restoration Shade and Thickness on the Polymerization of Light- and Dual-cure Resin Cements. *Operative Dentistry*. 2011 Nov 1;36(6):661–9.
10. Škorput I. Vodič za trajno cementiranje indirektnih keramičkih restauracija. *Vjesnik dentalne medicine*. 2017 Oct;25(3):70-4
11. Tarle Z. i sur. Restaurativna dentalna medicina. Zagreb: Medicinska naklada: 2019
12. Calheiros-Lobo MJ, Vieira T, Carbas R, Da Silva LFM, Pinho T. Effectiveness of Self-Adhesive Resin Luting Cement in CAD-CAM Blocks—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials*. 2023 Apr 10;16(8):2996.

13. Manso AP, Carvalho RM. Dental Cements for Luting and Bonding Restorations. *Dental Clinics of North America*. 2017 Oct;61(4):821–34.
14. Ghodsi S, Shekarian M, Aghamohseni MM, Rasaeipour S, Arzani S. Resin cement selection for different types of fixed partial coverage restorations: A narrative systematic review. *Clinical & Exp Dental Res*. 2023 Dec;9(6):1096–111.
15. Powers JM, O'Keefe KL. Guide to Zirconia Bonding Essentials. [Pristupljeno 23.05.2024.] Dostupno na: https://kuraraydental.com/wp-content/uploads/2018/05/zirconia_bond_guide-1.pdf
16. Carek A, Dukaric K, Miler H, Marovic D, Tarle Z, Par M. Post-Cure Development of the Degree of Conversion and Mechanical Properties of Dual-Curing Resin Cements. *Polymers*. 2022 Sep 2;14(17):3649.
17. Ling L, Ma Y, Chen Y, Malyala R. Physical, Mechanical, and Adhesive Properties of Novel Self-Adhesive Resin Cement. Ding SJ, editor. *International Journal of Dentistry*. 2022 Apr 8;2022:1–8.
18. Carek A, Slokar Benić L, Komar D, Krebelj E. Roughness of the Surface of Zirconia Reinforced Lithium Disilicate Ceramic Treated by Different Procedures. *Materials*. 2022 Dec 27;16(1):265.
19. Komar D, Bago I, Negovetić Vranić D, Kranjčić J, Brkić B, Carek A. Influence of Different Surface Pretreatments of Zirconium Dioxide Reinforced Lithium Disilicate Ceramics on the Shear Bond Strength of Self-Adhesive Resin Cement. *Acta Stomatol Croat*. 2021 Sep 15;55(3):264–79.
20. Preis V, Behr M, Hahnel S, Rosentritt M. Influence of cementation on in vitro performance, marginal adaptation and fracture resistance of CAD/CAM-fabricated ZLS molar crowns. *Dental Materials*. 2015 Nov;31(11):1363–9.
21. Spitznagel FA, Vuck A, Gierthmühlen PC, Blatz MB, Horvath SD. Adhesive Bonding to Hybrid Materials: An Overview of Materials and Recommendations. *Compend Contin Educ Dent*. 2016 Oct;37(9):630–7.
22. Fathy H, Hamama HH, El-Wassefy N, Mahmoud SH. Effect of different surface treatments on resin-matrix CAD/CAM ceramics bonding to dentin: in vitro study. *BMC Oral Health*. 2022 Dec 23;22(1):635.

23. Mehulić K. i sur. Dentalna Medicina – vodič za praktičare. Zagreb: Medicinska naklada: 2020.
24. 3M RelyX Universal Resin Cement Technical Product Profile. [pristupljeno 08.06.2024.] Dostupno na:
<https://multimedia.3m.com/mws/media/1869570O/3m-relyx-universal-resin-cement-technical-product-prole-int.pdf>
25. R. Afutu, M. Abreu, G. Kugel. Shear Bond Strength and Artificial Aging of Self-Adhesive Resin Cements. *J. Dent. Res.* 2019; Vol 98A, No 3629
26. C. E. Sabrosa, K. Geber, S. Vandeweghe. Shear Bond Strength of a Novel Resin Cement to Zirconia. *J. Dent. Res.* 2020; Vol 99A, No 1838
27. Hardan L, Devoto W, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Lukomska-Szymanska M, Fernández-Barrera MÁ, et al. Immediate Dentin Sealing for Adhesive Cementation of Indirect Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gels.* 2022 Mar 11;8(3):175.
28. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2005 Dec;94(6):511–9.
29. Eltoukhy RI, Elkaffas AA, Ali AI, Mahmoud SH. Indirect Resin Composite Inlays Cemented with a Self-adhesive, Self-etch or a Conventional Resin Cement Luting Agent: A 5 Years Prospective Clinical Evaluation. *Journal of Dentistry.* 2021 Sep;112:103740.
30. Andrews EK, Gedge JL, Vandewalle KS. Bond Strength of a Novel Universal Resin Cement to Dentin with or without an Adhesive Bonding Agent: An In Vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice.* 2023 Dec 5;24(10):725–8.

Ena Krebelj, diplomski rad

Ena Krebelj rođena je 29.7.1999. u Varaždinu u kojem je pohađala VI. osnovnu školu i Glazbenu osnovnu školu - smjer klavir. Uz brojne treninge i natjecanja u atletici, završila je Prirodoslovno-matematički smjer Prve gimnazije Varaždin s odličnim uspjehom. Nakon toga, 2018. godine upisala je Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija, asistirala je u jednoj privatnoj ordinaciji. Također, sudjelovala je u pisanju rada „Roughness of the Surface of Zirconia Reinforced Lithium Disilicate Ceramic Treated by Different Procedures” objavljen 2022. u časopisu Materials.