

# Razlike u kliničkoj primjeni jetkajuće-ispirućih i samojetkajućih adheziva

---

Šugić, Ljiljana

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:127:470930>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-29**



Repository / Repozitorij:

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





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Ljiljana Šugić

**RAZLIKE U KLINIČKOJ PRIMJENI  
JETKAJUĆE-ISPIRUĆIH I  
SAMOJETKAJUĆIH ADHEZIVA**

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj rada: izv. prof. dr. sc. Vlatko Pandurić, Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Lektor hrvatskog jezika: Morena Mandić Čolić, dipl. učitelj razredne nastave i hrvatskoga jezika

Lektor engleskog jezika: Majda Salarić, prof. engleskog i talijanskog jezika

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

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

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

Rad sadrži: 34 stranice

3 slike

CD

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

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Vlatku Panduriću na susretljivosti, nezamjenjivoj pomoći te korisnim savjetima tijekom izrade ovoga rada.

Hvala mojim roditeljima na bezuvjetnoj ljubavi i podršci. Hvala vam što ste mi omogućili da posljednjih šest godina živim svoje snove.

Najveće hvala mojoj sestri Biljani, najvećem „vjetru u leđima“, čijom podrškom i pomoći sam došla do kraja, a kojoj posvećujem ovaj rad. Hvala za sve!

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Svrha rada .....	3
2. EVALUACIJA DENTALNIH ADHEZIVA .....	4
3. HISTOMORFOLOŠKA SVOJSTVA CAKLINE I DENTINA .....	6
3.1. Histomorfološka svojstva cakline .....	6
3.2. Histomorfološka svojstva dentina .....	7
4. ADHEZIJA U CAKLINI I DENTINU .....	8
4.1. Hibridizacija u dentinu .....	9
5. SASTAV CAKLINSKO-DENTINSKIH ADHEZIJSKIH SUSTAVA .....	11
5.1. Kemijski sastav adhezijskih sustava.....	12
6. PODJELE CAKLINSKO-DENTINSKIH ADHEZIJSKIH SUSTAVA .....	13
6.1. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava prema generacijama .....	13
6.2. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava prema otapalu .....	15
6.3. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava prema interakciji sa zubnim tkivom	17
7. KLINIČKA PRIMJENA CAKLINSKO – DENTINSKIH ADHEZIVA .....	21
7.1. Razlika u kliničkoj primjeni caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava .....	21
8. RASPRAVA .....	24
9. ZAKLJUČAK .....	27
10. LITERATURA .....	29
11. ŽIVOTOPIS .....	32

## **POPIS KRATICA I OZNAKA**

Bis-GMA – bisfenol-glicidil-metakrilatna

CDS – caklinsko-dentinsko spojište

EDTA – etilen-diamin-tetraoctena kiselina

Fenil-P – 2-(metakriloiloksietil)-fenil-hidrogenfosfat

HEMA – 2-hidroksi-etil-metakrilat

JIAS – jetkajuće-ispirujući adhezijski sustavi

PENTA – dipentaeritrol-penta-akrilat-monofosfat

PMMA – polimetil-metakrilna smola

SAS – samojetkajući adhezijski sustavi

SIAS – stakleno-ionomerni adhezijski sustavi

TEGDMA – trieten-glikol-dimetakrilat

UDMA – uretan-dimetakrilat

10-MDP – 10-metakriloksidecil-dihidrogen-fosfat

4-MET – 4-metakriloksietil-trimelitička kiselina

## **Razlike u kliničkoj primjeni jetkajuće-ispirućih i samojetkajućih adheziva**

### **SAŽETAK**

Razvoj dentalnih materijala za nadoknadu tvrdog zubnog tkiva s fizičko kemijskim svojstvima sličnim zubnom tkivu, doživio je iznimno veliki napredak u posljednjih dvadesetak godina.

Cilj kojem oduvijek teži restaurativna stomatologija je osigurati čvrstu i trajnu vezu između tvrdog zubnog tkiva i restoracija. Taj cilj nije lako ostvariti s obzirom da je proces adhezivnog povezivanja različit u caklini i dentinu s obzirom na njihovu strukturnu različitost.

Caklinsko-dentinski adhezijski sustavi se vežu mikromehanički i kemijski za zub. Osnova mikromehaničke retencije jest potpuno prožimanje eksponirane kolagene mreže adhezijskom smolom te prodiranje i uklještenje smolastih zubaca unutar dentinskih tubulusa s posljedičnim stvaranjem jednolikog hibridnog sloja i hermetički zatvorenih tubulusa.

Posljedica tehnološkog razvoja jesu razvoj i stalne promjene adhezijskih sustava. Postoje različite podjele adhezijskih sustava koje su s vremenom usavršavane, a najčešće upotrebljavana u kliničkom radu je podjela caklinsko-dentinskih sustava prema interakciji sa zubnim tkivom.

Riječ je o standardnom jetkajuće-ispirućem adhezijskom sustavu te najnovijoj generaciji samojetkajućih adhezijskih sustava, koja ne zahtjeva prilikom primjene postupke jetkanja i ispiranja površine supstrata te samim time donosi i prednosti nad standardnim jetkajuće-ispirućim adhezijskim sustavima.

Objedinjenjem dviju početnih faza, jetkanja i ispiranja supstrata, tijekom rada smanjuju se pogreške koje nastaju pri aplikaciji i rukovanju kiselinom.

Pojavom samojetkajućih adhezijskih postupaka na tržištu klinički rad je olakšan, jednostavniji i vremenski skraćen te postaje imperativ u mnogim stomatološkim postupcima.

Ključne riječi: caklinsko-dentinski adhezijski sustavi, jetkajuće-ispirujući adhezijski sustavi, samojetkajući adhezijski sustavi.



## **Differences in clinical application etch and rinse and self-etch adhesives**

### **SUMMARY**

Dental materials for hard-tooth tissue replacement with tooth tissue compatible chemical and physical characteristics have come a long way in the last twenty years.

Providing a firm and lasting connection between hard tooth tissue and the restoration materials always been restorative dentistry's goal. This is not always easy to accomplish, considering that the adhesive bonding process is different in the enamel and in the dentine, due to their structural diversity.

Enamel and dentine adhesive systems bind micro-mechanically and chemically to the tooth. The basis of micromechanical retention is complete embracement of the collagen network with adhesive resin and penetration and incarceration of the resinous spikes within the dentin tubules. Consequently, a hybrid layer is formed with hermetically sealed tubules.

Technological development has enabled constant upgrading of the adhesive systems. There are several adhesive system classifications that are constantly updated. The most commonly used system in clinical practice is the enamel-dentine classification based on the interaction with the tooth tissue.

The latest generation of the self-etching adhesive systems do not require the separate etching and rinsing procedures, and therefore have an advantage over the standard etching-rinsing systems.

By combining the two initial steps, etching and rinsing, mistakes that are prone to happen are minimized in the latest generation of self-etching adhesive systems.

The self-etching adhesive systems have simplified the clinical practice, reduced the procedure duration and have become an imperative in a number of dental procedures.

Keywords: enamel and dentine adhesive systems, etching-rinsing systems, self-etching adhesive systems.

## **1. UVOD**

Cilj kojem oduvijek teži restaurativna stomatologija je osigurati čvrstu i trajnu vezu između tvrdog zubnog tkiva i restoracija. Taj cilj nije lako ostvariti s obzirom na to da je proces adhezivnog povezivanja različit u caklini i dentinu s obzirom na njihovu strukturnu različitost – dentin je vlažniji i sadrži više organske tvari od cakline. Upravo organska priroda i vlažnost čine tvrdo zubno tkivo složenim za ostvarenje adhezivne veze.

Ulogu posrednika u svezivanju i retenciji kompozitnog ispuna imaju caklinsko-dentinski adhezijski sustavi s obzirom da kompozitni materijali nemaju mogućnost vezanja za tvrda zubna tkiva. Adhezija je povezivanje dvaju različitih materijala privlačenjem atoma i molekula (1). Osnovni princip adhezije temelji se na izmjeni anorganskog materijala uklonjenog iz zuba sa smolastim monomerom koji se mikromehanički uklješti u demineraliziranoj površini tvrdog zubnog tkiva (2).

Uz tvrda zubna tkiva adhezivi prijanjaju:

- mikromehanički (prodorom jednog materijala u drugi),
- kemijski (ionskim i kovalentnim vezama),
- fizički (van der Waalsovim i vodikovim vezama).

Za postizanje adhezije nužno je pripremiti površinu zuba kako bi omogućili što bolji kontakt adheziva i adherenta te vlaženje dentina adhezivom niske viskoznosti. Kao posljedica mehaničko-toplinske obrade kaviteta nastaje zaostatni sloj (smear layer), a sastoji se od 1-2  $\mu\text{m}$  debelih nakupina čestica anorganskog tkiva, organskih sastojaka, krvnih stanica, sline, vode i mjehurića zraka. Primjenom različitih adhezijskih postupaka potrebno ga je ukloniti ili modificiranog ujediniti u budući hibridni sloj.

Uklanjanje zaostatnog sloja postizemo primjenom jetkajuće-ispirućih adheziva. Razvojem adhezijskih sustava postigla se mogućnost ujedinenja zaostatnog sloja u budući hibridni sloj, a to je rezultat samojetkajućih adheziva.

## **1.1. Svrha rada**

Svrha ovoga rada je da se temeljem karakterističnih svojstava, načinu primjene, razlika u kliničkoj primjeni te kroz pregled djelovanja definira i uspoređi klinička učinkovitost jetkajuće-ispirućih adheziva koji su standard u svakodnevnoj stomatološkoj praksi s novijim generacijama caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava temeljenih na ujedinenom postupku jetkanja i ispiranja, a koje nazivamo samojetkajućim adhezijskim sustavima.

Samojetkajući adhezijski sustavi su sve učestaliji u stomatološkoj praksi s obzirom na to da skraćuju vrijeme procesa, a danas je vrijeme definicija za profesionalnost te omogućuje što ugodniji boravak pacijenata u stomatološkoj ordinaciji kojem svaki stomatolog teži.

## 2. EVALUACIJA DENTALNIH ADHEZIVA

Najraniji dentalni adhezivi bili su hidrofobni i nanosili se izravno na zaostatni sloj dentina i cakline. Iako je prisutnost tih slojeva tada bila nepoznata, niska čvrstoća vezanja (5 – 10 MPa) posljedica je slabijeg prodora adhezivnog materijala u zaostati sloj te nemogućnosti mikromehaničke retencije.

Princip svezivanja kompozitnom smolom započinje 1955. godine uvođenjem postupka 30 sekundnog jetkanja cakline fosfornom kiselinom kada je Bounocore otkrio mikromehaničku retenciju polimetil – metakrilne smole (PMMA) u caklini te je s vremenom bilo potrebno usavršiti i postići adheziju u dentinu jer adhezivna veza ovisi o supstratu koji se tretira (3).

1982. godine Nakabayashi i suradnici otkrivaju da jetkanjem dentina i nanošenjem smole površina dentina potpuno se mijenja, iz kristalinične i hidrofobne u organsku i hidrofilnu. Nakon jetkanja dentina uklonjena je mineralna dentinska tvar, a preostaje kolageni matriks te infiltracijom smole nastaje struktura koja nije u potpunosti niti dentinska niti smolasta. Nakabayashi i suradnici tu strukturu nazivaju hibridnim slojem koji omogućuje mikromehaničku retenciju kompozitnom ispunu. Već spomenuti znanstvenici daju novi pogled i osnovu za razumijevanje povezivanja tvrdih zubnih struktura i kompozitnog ispuna.

Važno otkriće 1990.-ih godina bila je „wet-bonding“ tehnika. Jetkana kolagena mreža treba zadržati ekspanzirani oblik kako bi se omogućila infiltracija smolastim monomerom, stoga je potrebna izvjesna količina vode na površini kako bi se spriječio kolaps kolagene mreže. To je princip navedene tehnike (4).

Zatim, proizvođači caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava počinju uvoditi etanol i aceton kao otapalo koje ima ulogu transportnog sredstva za monomere primera te poboljšava vlaženje i penetraciju.

Koncept samojetkajućih dentalnih adheziva počeo se upotrebljavati prije 20-ak godina. Prve generacije adhezijskih sustava koje ne zahtijevaju u kliničkom radu postupke jetkanja i kondicioniranja, u svome sastavu imaju dimetakrilat glicerofosfornu kiselinu, halofosforne

estere bazirane na bisfenol-glicidil-metakrilatu (Bis-GMA) ili 2-hidroksi-etil-metakrilata HEMA (5, 6). Kao glavni kiseli monomer upotrijebljen je 2-(metakriloiloksietil)-fenilhidrogenfosfat (Fenil-P), a odgovoran je za pripremu supstrata, dentina i cakline (7, 8). Samojetkajući adhezivi su vodene otopine kiselih funkcionalnih monomera.

Budući da samojetkajući adhezivi ne zahtijevaju zasebni korak kondicioniranja ili jetkanja oni se smatraju pojednostavljenim adhezijskim sustavima. Potražnja za smanjenjem tehnološke osjetljivosti, kraće kliničko vrijeme primjene i manja učestalost postoperativne osjetljivosti učinile su samojetkajuće adhezive obećavajućim pristupom u odnosu na sustave s koracima poput jetkanja i ispiranja.

### 3. HISTOMORFOLOŠKA SVOJSTVA CAKLINE I DENTINA

#### 3.1. Histomorfološka svojstva cakline

Zubna caklina vanjski je dio zuba, a kao izrazito tvrdo zubno tkivo sadrži puno mineralnog sadržaja. Njezina debljina je najveća na incizalnim bridovima i vrhovima kvržica, a postupno se smanjuje prema vratu zuba. Sastoji se od 95-96% kristala hidroksilapatita (kalcijevog fosfata), 1-2% organske tvari i 3% vode.

Građena je od prizmi promjera 5  $\mu\text{m}$ , a prosječno ih sadržava 20000-30000/mm<sup>2</sup>. Kristali svojim karakterističnim rasporedom tvore caklinske prizme. Unutar prizmi paralelni su sa smjerom same prizme, dok su u interprizmatskom prostoru orijentirani u drugom smjeru. Osnovni oblik prizme je ključanica na kojoj razlikujemo „glavu“ i „rep“. Između dvije glave nalazi se rep prizme, odnosno između dva repa se nalazi glava prizme.

Prostore između prizama ispunjava međuprizmatska tvar koja uz nešto veći postotak proteina i vode ima mnogo manje kristala od prizmi (1). Prizme počinju okomito na caklinsko-dentinsko spojište, a s obzirom na površinu zuba zatvaraju kut od 55-100°. Prizme su okomite na površinu zuba samo na vrhovima kvržica te na kutu interproksimalnih grebena.

Više od 50% organske tvari cakline čine topljivi i netopljivi proteini (9). Voda u zreloj caklini nalazi se u hidratacijskoj ovojnici u kojoj se uz vodu mogu pronaći i ioni kalcija i fosfata, soli karbonata, bikarbonati, fluoridi, ioni magnezija (10).



### 3.2. Histomorfološka svojstva dentina

Dentin okružuje pulpno tkivo te gradi najveći dio zuba. Manje je mineralizirano tkivo od cakline, a sadrži 67% anorganske tvari, 21% organske tvari i 12% vode. Dentin je po tvrdoći između cakline i kosti te je vrlo heterogene strukture.

Temeljna jedinica građe anorganskog dijela dentina jesu kristali hidoksiapatita koji su višestruko manji nego isti kristali u caklini sa smanjenom količinom kalcija (1, 9, 10). Organski dio čine kolagena vlakna, većinom kolagena vlakna tipa I, te vrlo malo kolagena tipa V (3%) (11, 12, 13). Građen je od gusto složenih dentinskih kanalića (tubula), koji sadrže citoplazmatske produljke formativnih stanica dentina - odontoblaste i periodontoblastični prostor ispunjen: proteinskom intratubulusnom tekućinom, intratubulusnim depozitom kolagenih vlakana, mineralima, organskim tvarima odontoblastičnog nastavka i mehanoreceptorima živčanog završetka. Odontoblasti su visokodiferencirane stanice, odgovorne za stvaranje dentina i njegovu prehranu.

Prosječan broj tubula varira od 65000/mm<sup>2</sup> neposredno uz pulpu do 15000/mm<sup>2</sup> uz caklinsko-dentinsko spojište (CDS), a sam promjer tubula je od 2.5 μm uz pulpu do 0.9 μm uz CDS (1). Dentinski tubuli sadrže i ogranke koji se odvajaju svakih 1-2 μm pod kutom od 45°, a promjera su 300-1000 nm (1). Unutrašnjost tubula prekrivena je intratubulusnim dentinom koji tvori visoko mineraliziran zid debljine 45nm uz pulpu i 750 nm uz CDS (1).

#### 4. ADHEZIJA U CAKLINI I DENTINU

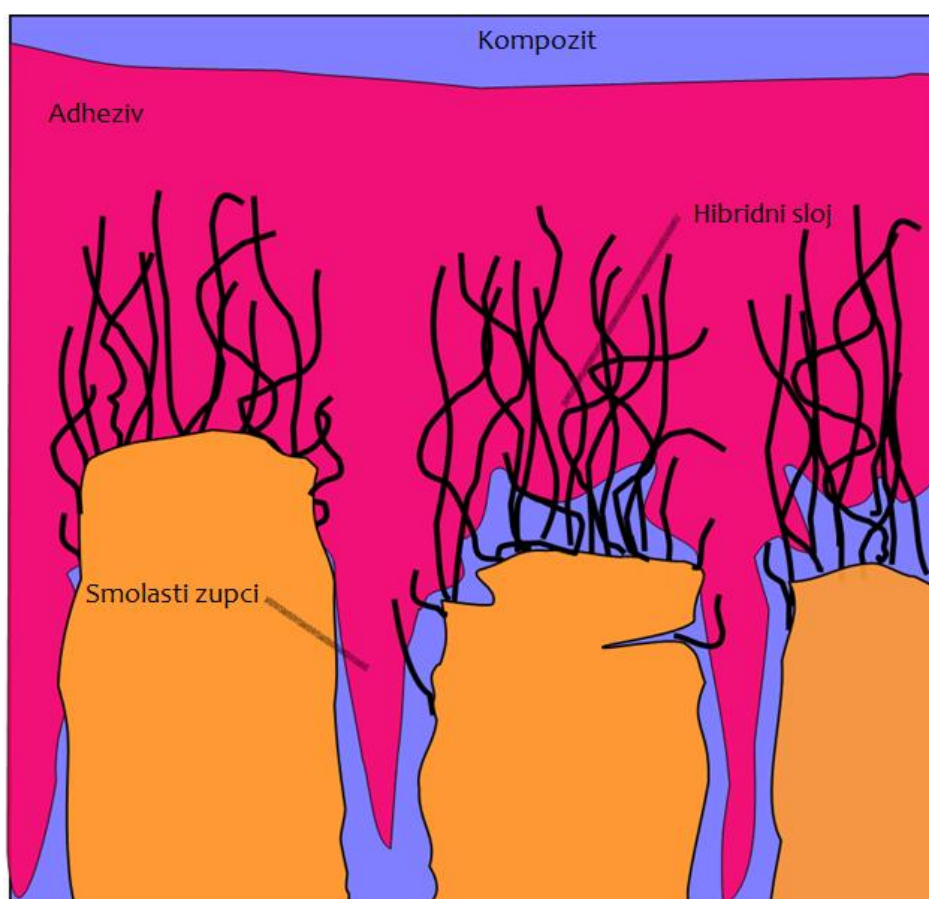
Jetkanje cakline izvodi se 30-40 % ortofosfornom kiselinom u trajanju od 30 sekundi. Tim postupkom dolazi do razaranja kristala hidroksilapatita, odstranjuje se stara i kemijski zasićena površina cakline, uklanja glikoproteinska ovojnica i zaostatni sloj, te se povećava reaktivna površina. Selektivno rastapanje kristala hidroksilapatita praćeno je polimerizacijom smole koja se apsorbira kapilarnim privlačenjem unutar stvorenih pora. Nastaju dva tipa uklještenja: "makro-zupci" (macro-tags) na periferiji prizama i brojni "mikro-zupci" (micro-tags) kao rezultat polimerizacije smole unutar sitnih jetkanih pora u srži svake prizme (3).

Jetkanjem dentina ortofosfornom kiselinom u trajanju od 30 sekundi dolazi do izlaganja kolagene mreže ogoljene od hidroksilapatita. Površinskom demineralizacijom kolagen gubi potporu i preostaje "čupava površina" kolagenih niti koje vire iz intertubulusnog dentina. Dentinski tubuli su otvoreni, a njihovi zidovi također su demineralizirani.

Osnovni princip svezivanja temelji se na difuziji smole u tubule i infiltraciji eksponirane kolagene mreže smolom (13). Kakvoća sveze ovisi o vlažnosti površine dentina, koncentraciji i aplikaciji kiseline i načinu polimerizacije (14, 15). Kemijska se sveza ostvaruje između intertubulusnog dentina i bifunkcijskih molekula primera. Karboksilne kiseline mogu adherirati i za hidroksilapatit ionskim svezivanjem, što dovodi do stvaranja kalcijevih soli. Međutim, pravo kemijsko svezivanje je nesigurno, zbog slabog afiniteta funkcijskih monomernih skupina spram ogoljenog kolagena.

#### 4. 1. Hibridizacija dentina

Hibridni sloj (Slika 1) definirao je Nakabayashi 1982. godine kao interdifuzijsko područje smole, kolagenih niti i djelomično demineraliziranog intertubulusnog i intratubulusnog dentina (15, 16).



Slika 1. Skica hibridnog sloja

Jetkanjem ili kondicioniranjem pripremamo dentinsku površinu za stvaranje hibridnog sloja uklaňanjem ili otapanjem zaostatnog sloja što rezultira demineraliziranim dentinom. Slijedi infiltracija ekspanđirane kolagene mreže polimerizirajućim hidrofilnim monomerima (priming-temeljni premaz; promotor adhezije) i konačni, hidrofobni adhezijski premaz (bonding) koji ostvaruje potpunu infiltraciju nenapunjenih međukolagenih pora smolom (17, 18, 19). Rezultat ovakvog pristupa u tri odvojena koraka karakterizira hibridizacija, odnosno stvaranje smolom infiltriranog dentina sa smolastim zupcima (resin tags) u otvorenim dentinskim tubulima i mikro-zupcima u lateralnim tubulusnim ograncima.

Rezultat hibridizacije monomerom dovodi do nekoliko morfoloških karakteristika: ogoljena kolagena vlakna poput "čupavog tepiha", hibridizacija tubulusnog zida i smolasti zupci koji hermetički zatvaraju pulpo-dentinski kompleks, te mikro-smolasti zupci, odnosno lateralna tubulusna hibridizacija. Ovaj postupak postiže povezivanje hidrofilnog dentina i hidrofobnog kompozitnog materijala.

## 5. SASTAV CAKLINSKO-DENTINSKIH ADHEZIJSKIH SUSTAVA

Čaklinsko - dentinski adhezijski sustavi sastoje se od tri zasebne ili dijelom spojene komponente karakterističnog djelovanja.

Čine ih: jetkajuća ili kondicionirajuća otopina - zadužena je za demineralizaciju adherenta i ekspaniranje ogoljele kolagene mreže.

Jetkanje rezultira uklanjanje zaostatnog sloja i čepova te dovodi do površinske demineralizacije dentina do dubine 2-5  $\mu\text{m}$ . Postupkom kondicioniranja postiže se proširenje tubula širenjem njihovog unutarnjeg volumena, ali dio anorganske tvari zuba je sačuvan, za razliku od postupka jetkanja čime postizemo uklanjanje anorganske komponente zuba kiselinom.

Primer kao temeljni namaz, odnosno promotor adhezije - odgovoran je za infiltraciju, prožimanje supstrata (3).

Adheziv ili bond kao završni premaz, odgovoran je za konačno oblikovanje hibridnog sloja, smolastih zubaca i lateralnih mikrozubaca konačnom polimerizacijom (3).

S ciljem postizanja kvalitetne kovalentne veze između adheziva i kompozita, dentalni adhezivi sadrže smolaste monomere koji su istovjetni onima koji se nalaze u kompozitnim materijalima. Polimerizirajuća smola u adhezivima pruža strukturne te fizičko-mehaničke kvalitete te se iz toga razloga monomeri smatraju najvažnijim dijelovima adheziva.

## 5. 1. Kemijski sastav adhezijskih sustava

Kiselinski agensi: fosforna kiselina, maleična kiselina, dušična kiselina, mliječna kiselina i EDTA. Kiseline na tržište dolaze u obliku gela ili tekućine u različitim postotcima (19, 20).

Primer kao smjesa monomera koji pokazuju hidrofilna i hidrofobna svojstva u otapalu se sastoji od:

- nefunkcijskih monomera (HEMA, TEGDMA),
- funkcijskih monomera (otapaju hidroksilapatit, metakrilat fosfati),
- maleične kiseline (otapa zaostatni sloj),
- glutraldehida (stabilizacija kolagene mreže, antibakterijski učinak, indukcija polimerizacije HEME),
- otapala (aceton, alkohol, voda) (17).

Adheziv, kao niskoviskozna smola koja osigurava svezu predtretmanom obrađenog dentina i restorativnog materijala, se sastoji od:

- Bis-GMA, uretan-dimetakrilat (UDMA),
- TEGDMA (smanjuje viskozitet smole),
- HEMA (poboljšava svezivanje),
- anorganskog punila (povećava debljinu hibridnog sloja),
- inicijatora, stabilizatora.

## **6. PODJELE CAKLINSKO-DENTINSKIH ADHEZIJSKIH SUSTAVA**

Adhezijske sustave možemo klasificirati prema pojavljivanju proizvoda na tržištu (prema generacijama), zatim prema broju komponenti te prema broju faza rada. Ovakva podjela je znanstveno neutemeljena te ju ne koristimo. Oslanjamo se na podjelu caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava s obzirom na vrstu otapala i interakciju sa zubnim tkivom.

### **6. 1. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava prema generacijama**

Najčešće rabljen sustav klasifikacije je adhezijskih sustava karakteriziran njihovom kronološkom pojavom na tržištu. Prema takvom kriteriju adhezijski sustavi čine sedam generacija.

#### **1. GENERACIJA**

Adhezijski sustavi prve generacije omogućuju povezanost kalcijevih iona dentinske površine s kompozitnim materijalom. Budući da su pokazali slabu adhezijsku čvrstoću sveze i visoki stupanj rubnog propuštanja, danas se više ne koriste (6).

#### **2. GENERACIJA**

Ovi adhezivi ne zahtijevaju prethodni tretman dentina te tako kemijski adheriraju na postojeći i neodstranjeni zaostatni sloj. Snaga adhezije ne prelazi snagu svezivanja zaostatnog sloja za dentin i nije dostatna za održavanje trajne sveze, zbog toga razloga su i oni napušteni (10).

### 3. GENERACIJA

Adhezijska sredstva treće generacije zahtijevaju uklanjanje ili bar pretvorbu zaostatnog sloja (10). Sadrže hidrofilni agens (primer) radi postizanja bolje sveze, a gluteraldehid kao jedan od sastojaka koji djeluje antibakterijski na *S. mutans*, *L. salivarius* i *A. viscosus*.

Odstranjenje ili pretvorba zaostatnog sloja ostvaruje se upotrebom kondicionera. Primeri ostavljaju zaostatni monomer koji vlaženjem osigurava potporu i umreženje smole u splet kolagenih vlakana i bolje prodiranje unutar dentinskih tubulusa (1, 10).

### 4. GENERACIJA

Četvrta generacija posjeduje kisele kondicionere kojima se potpuno uklanja zaostatni sloj i demineralizira dentinska površina tzv. tehnika potpunog jetkanja (6). U tu svrhu koriste se kiseline (fosforna, limunska, hidroklorna) i kelatori kao etilendiamintetraoctena kiselina (EDTA).

Primer prodire u demineralizirano područje pružajući potporu kolagenim vlaknima i omogućujući bolju organizaciju interfibrilarnog prostora koje onda lako prožima adheziv, stvarajući mikrouklještenja (10).

### 5. GENERACIJA

Suvremeni adhezijski sustavi imaju zadatak sačuvati sva dobra svojstva svojih prethodnika, ali i omogućiti stomatologu bržu, lakšu i jednostavniju primjenu.

Ovaj sustav se također sastoji od hidrofilnog primera i adheziva. Razlika je u tome da se primer i adheziv nalaze u jedinstvenoj otopini koja se nanosi na vlažan dentin i caklinu (6). Primer se sastoji od smolastog monomera (HEMA, 4-MET) i poliakrilne kiseline u vodenoj otopini ili organskom otapalu (acetone ili alkohol).



## 6. GENERACIJA

Noviji adhezijski sustavi, tzv. samojekajući sustavi imaju primere ili kondicionirajuće primere. Oni istovremeno demineraliziraju površinu i infiltriraju u mrežu kolagenih vlakana (10). Ne ispiru se nego se njihov višak uklanja mlazom zraka. Svi zadrže HEMA i vodu.

## 7. GENERACIJA

Suvremena koncepcija adhezije na dentin zasniva se na hibridnom sloju kao vezi između dentina i smole, zapravo tvrdih zubnih tkiva i restaurativnog materijala. Sveza nastala primjenom 7. generacije sadrži kolagene niti prekrivene molekulama hidroksilapatita. Pretpostavlja se da hidroksilapatitom prekrivena kolagena vlakna ostvaruju kemijsku svezu. Tako ostvarena sveza zubnog tkiva i adheziva nazvana je „nano–interakcijskom zonom“ (4).

„Nano–interakcijska zona“ kombinacija je djelovanja esterskog monomera fosforne kiseline, 4 MET monomera, čestica nano punila, acetona ili vode kao otapala, minimalno dekalificirane zubne površine koja unaprijed omogućava vlaženje površine, difuziju monomera u zubnu strukturu, a kada je svjetlosnopolimerizirana stvara se ionska veza s hidroksilapatitnim kristalima u zubnom tkivu. Rukovanje se zasniva na nanošenju adheziva i laganom ispuhivanju.

### **6. 2. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava prema otapalu**

Najbitniji čimbenik koji određuje i način rukovanja caklinsko-dentinskog adhezijskog sustava je otapalo kao transportno sredstvo za monomere primera. Otapalo poboljšava vlaženje i penetraciju. Nakon infiltracije ogoljele kolagene mreže primerom, otapalo se mora ukloniti ispuhivanjem (3).

Otapala koja se rabe su:

- 1) alkohol,
- 2) aceton,
- 3) voda.

Ono određuje svezivanje na vlažni ili suhi dentin. Dentin je vlažan nakon jetkanja, a laganim ispuhivanjem zrakom sjajne je površine bez vidljive vode. Ispuhivanje dentina do površine koja nije sjajna, isključujući presušivanje, je cilj kojem težimo. Međutim, presušivanje ili ostavljanje pretjerano vlažne površine dentina rezultira nanopropuštanjem, mikropropuštanjem i preosjetljivošću te posljedičnom kompromitacijom adhezijskog ispuna (3).

Svezivanje za demineralizirani dentin temelji se na infiltraciji vodom popunjenih prostora između kolagenih fibrila hidrofilnim monomerom i zamjenom vode polimerizirajućom organskom matricom, nakon evaporacije otapala (3).

Mogućnost reekspandiranja kolabirane kolagene mreže aceton kao otapalo nema sposobnost. Zbog toga se acetonski adhezivi nanose na vlažan dentin gdje kolagena mreža nije u kolabiranom, presušenom stanju. Aceton prožima kolagenu mrežu istiskujući vodu, a pritom oslobađa bifunkcijske monomere u međukolagenim prostorima.

Voda kao otapalo u adhezijskim sustavima ima izvanrednu mogućnost prožimanja kolagenog kolabiranog supstrata te se zato nanosi na suhi dentin. Bitno je istaknuti da se na vlažni dentin adheziv nanosi u više slojeva, a na suhi s produženim kontaktnim vremenom (3). Alkohol kao otapalo s jednakim rezultatom moguće je primijeniti i na suhi i na vlažni dentin.

### **6. 3. Podjela caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava prema načinu interakcije za zubnim tkivom**

- 1.) Adhezijski sustavi koji uklanjaju zaostatni sloj – jetkajuće-ispirujući adhezijski sustavi (JIAS)
- 2.) Adhezijski sustavi koji rastapaju zaostatni sloj - samojetkajući adhezijski sustavi (SAS)
- 3.) Stakleno-ionomerni adhezijski sustavi (SIAS)

**1.) Adhezijski sustavi koji uklanjaju zaostatni sloj** karakterizira koncept potpunog jetkanja, što podrazumijeva zasebne faze jetkanja i ispiranja (Slika 2). Aplikiraju se u tri koraka:

- a) jetkanje uključuje aplikaciju kiseline koja demineralizira površinu dentina te rezultira ogoljelom mrežom kolagenih vlakana;
- b) aplikacija primera – promotora adhezije, koji sadržava hidrofilne monomere otopljene u alkoholu, acetonu ili vodi, a rezultira stvaranjem omotača oko svakog kolagenog vlakna; otapalo se uklanja nježnim ispuhivanjem zrakom te nastaje sjajna površina netom premazana primerom;
- c) aplikacija adheziva – hidrofobne smole za konačno ispunjavanje pora između kolagene mreže;

Nastaje hibridni sloj s nekoliko morfoloških karakteristika: ogoljena kolagena vlakna poput "čupavog tepiha", hibridizacija tubulusnog zida i smolasti zupci koji hermetički zatvaraju pulpo-dentinski kompleks, te mikro-smolasti zupci, odnosno lateralna tubulusna hibridizacija. Ovaj postupak postiže povezivanje hidrofilnog dentina i hidrofobnog kompozitnog materijala.

Zadovoljavajuće svezivanje za površinu cakline i dentina te dostatna debljina hibridnog sloja prednosti su ovoga adhezijskog sustava, dok su rizik od predugog jetkanja, nepotpunog ispiranja, presušivanje ili nedostatno sušenje dentina te preosjetljivost postupka njegovi nedostaci.



Slika 2. Primjer adhezijskog sustava koji uklanja zaostatni sloj

**2.) Samojetkajući adhezijski sustavi** (Slika 3) sadržavaju kisele primere koji otapaju ili djelomice demineraliziraju zaostatni sloj (16). Ne koriste postupak ispiranja, već se ispuhuju mlazom zraka, a postiže se infiltracija demineralizirane caklinske i dentinske površine (Slika 3). Objedinjenje dvije početne faze u adhezijskom tretmanu moguće je zbog primjene tzv. samojetkajućih primera temeljenih na fosfatnim (PENTA, 10-MDP, HEMA-fosfat, di-HEMA-fosfat) ili polikarboksilnim monomerima i kiselinama (4-MET, metakrilatna polialkenoična kiselina, maleična i itakonična kiselina) (3).

Tako stvoreni hibridni sloj sadrži otopljeni zaostatni sloj koji je tanji, ali jednolično infiltriran smolom (16). Većina samojetkajućih adheziva sadrži HEMA i vodu. HEMA snižava viskoznost smole, penetrira u zaostatni sloj te omogućuje mikromehaničku i kemijsku svezu s dentinom. Zbog hidrofilnosti lako difundira u vlažna kolagena vlakna, a nakon polimerizacije HEMA je čvrsto svezana sa zubnim tkivom (20).

Postoje tri tipa samojetkajućih adhezijskih sustava s obzirom na kiselost:

”jaki”, ”blagi” i ”umjereni” SAS.

a) "jaki" samojetkajući adhezivi obično imaju pH 1 ili niže što dovodi do jačeg demineralizacijskog učinka.

Debljina hibridnog sloja iznosi 2-3  $\mu\text{m}$  i pokazuje sva svojstva dubinske interakcije s dentinom, što predmnijeva izgled kolagena poput čupavog saga na vrhu hibridnog sloja, hibridizaciju tubulusnog zida i lateralnu tubulusnu hibridizaciju (3). Zbog zaostale vode unutar adhezijske površine svezujuća sposobnost je smanjena što je i nedostatak jakih SAS.

b) "blagi" adhezijski sustavi imaju pH oko 2 i samo djelomično (1 $\mu\text{m}$ ) demineraliziraju dentin što rezultira mikromehaničkom retencijom, ali i osigurava kemijsko svezivanje za kalcij preostalog hidroksilapatita. Rezidualni hidroksilapatit omogućava kemijsku intetrakciju na molekulskom nivou stvaranjem stabilnih kalcij-karboksilatnih i kalcij-fosfatnih sveza otpornih na hidrolizu i degradaciju (21).

c) "umjereno" jaki adhezijski sustavi imaju pH oko 1.5 i dovode do potpuno demineraliziranog vrha hibridnog sloja i djelomice demineralizirane baze (3). Prijelaz demineraliziranog do intaktnog dentina je postupan i uključuje nazočnost hidroksilapatita u dubini od 1 $\mu\text{m}$ , što omogućuje kemijsku međumolekulsku interakciju, dok im pojačana kiselost u odnosu na "blage" SAS omogućuje bolje uklještenje u caklini i dentinu (3).



Slika 3. Primjer samojetkajućeg dvokomponentnog adhezijskog sustava

**3.) Stakleno-ionomerni adhezijski sustavi** kombinacija su smole i staklenog ionomera. SIAS i kemijski se svezuju putem ionske veze između karboksilne skupine poliakrilne kiseline i kalcij hidroksilapatita koji zaostaje oko eksponirane kolagene mreže. Bez obzira na mogućnost direktnog svezivanja uz tvrda zubna tkiva, tretman zuba slabom poliakrilnom kiselinom (kondicioniranje) u trajanju od 10-20 sekundi, bitno pojačava učinak svezivanja (3). Ispiranjem i nježnim sušenjem površine, dolazi do uklanjanja zaostatnog sloja, djelomičnom demineralizacijom i stvaranjem mikroporoznosti do dubine 0.5 $\mu$ m, mikromehaničkog uklještenja plitkom hibridizacijom. Snaga adheriranja uz zub je slična "blagim" SAS .

## **7. KLINIČKA PRIMJENA CAKLINSKO – DENTINSKIH ADHEZIVA**

Adhezijski sustavi se koriste prilikom izrade kompozitnih ispuna, ali i drugih restorativnih materijala, kao što su keramika te kompozitni ili keramički inleji. Česta indikacija jesu i reparature već postojećih ispuna, sanacija frakturiranih zuba, fiksiranje keramičkih kruna i ljuskica, izrada staklenih kolčića u svrhu intraradikularne nadogradnje zuba, ali i kao sredstvo za desenzibilizaciju, direktno prekrivanje pulpe te u prevenciji postoperativne boli.

### **7.1. Razlika u kliničkoj primjeni jetkajuće-ispirućih i samojetkajućih adhezijskih sustava**

Današnji standard u restorativnim postupcima, ali i mnogim drugim indikacijama jest primjena jetkajuće-ispirućih adhezivnih sustava koji se temelje na trima kliničkim postupcima: jetkanjem površine supstrata, ispiranjem i sušenjem te aplikacije bonda-promotora adhezije i adheziva-konačnog premaza, nježnim ispuhivanjem i njihovom konačnom polimerizacijom.

Pojavom samojetkajućih adhezijskih postupaka na tržištu klinički rad je olakšan i vremenski skraćen budući da ne zahtjeva postupak jetkanja i ispiranja, što eliminira, odnosno smanjuje i mogućnost pogreške. Objedinjenje dviju početnih faza adhezijskog tretmana, koje nisu osjetljive na uvjete vlažnosti tretirane površine zubnog tkiva, reducira postoperativnu osjetljivost (4).

Upotreba adhezivnog sustava dovodi do visoke čvrstoće sveze između kompozitnih materijala i dentina (do 32 MPa), ali nova istraživanja su pokazala da postoje čimbenici koji mogu umanjiti snagu sveze (4).

Ukoliko je vrijeme jetkanja prekratko ili je upotrijebljena premala koncentracija kiseline, ne dolazi do demineralizacije intertubulusnog dentina i ekspaniranja kolagenih vlakana, što rezultira i slabijim prodorom monomera adheziva. Ukoliko je vrijeme jetkanja bilo

produženo ili je bila upotrijebljena prejaka koncentracija kiseline, dolazi do prekomjerne demineralizacije. Monomeri primera ne mogu prodrijeti tako duboko te će ispod hibridnog sloja ostati područje demineraliziranoga dentina, tj. eksponirana kolagena vlakna koja nisu infiltrirana monomerom (hibridoidni sloj) (4).

Upravo iz razloga eliminacije takvih posljedica, predloženo je korištenje samojetkajućih adhezijskih sustava. Jetkanje i nanošenje primera događa se istodobno s infiltracijom dentina kiselinskim smolama. Rezultat takvog postupka, ali i prednost, je eliminiranje jetkanja kao zasebne faze rada, te postupka ispiranja i sušenja kaviteta.

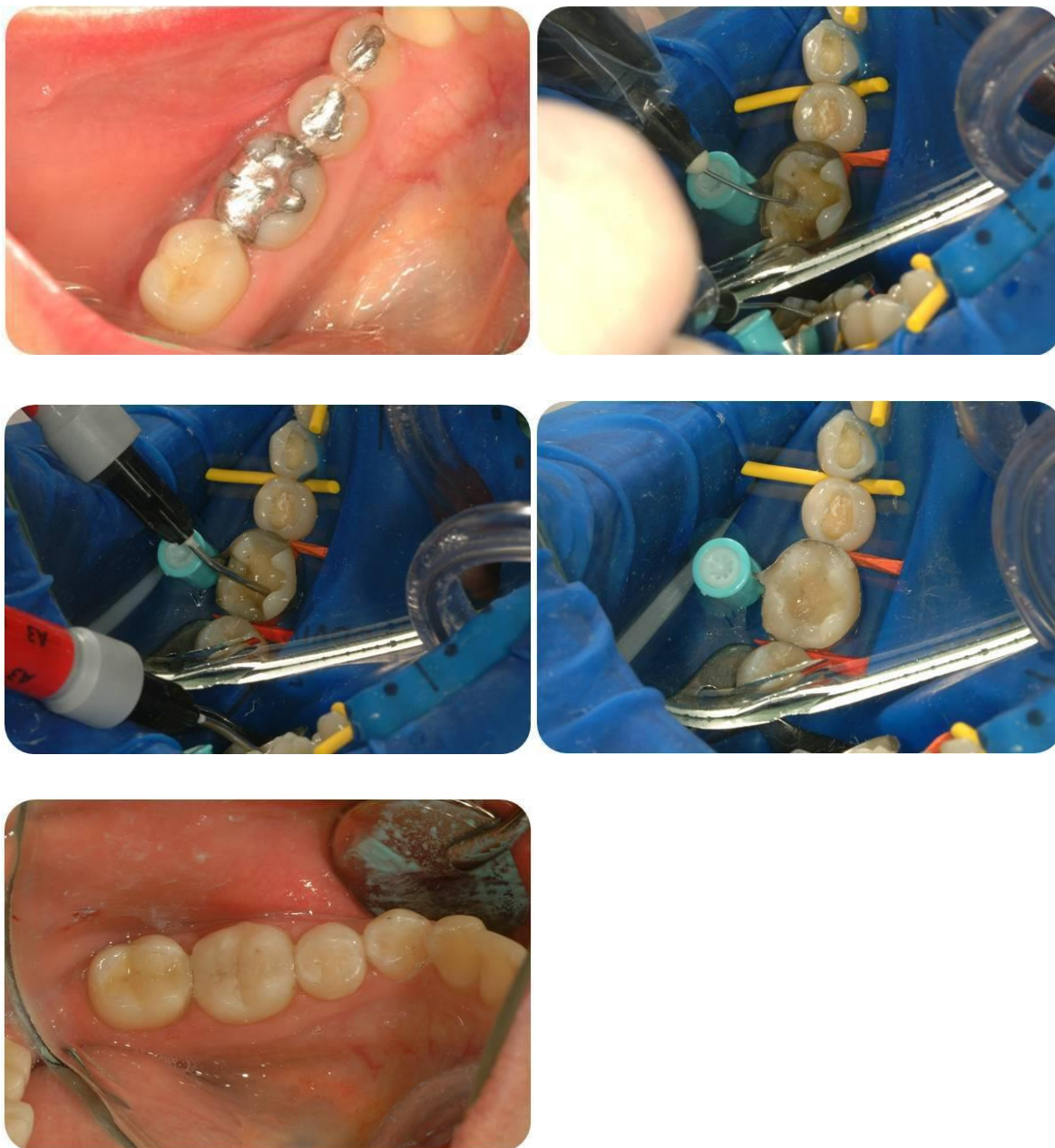
Primer se može pakirati u posebnoj bočici od adheziva ili se obje komponente pakiraju u jednoj bočici, u oba slučaja primjenom ovakve vrste adheziva izbacuje se faza jetkanja. Time se sprječava mogućnost nepotpunog vlaženja kolagene mreže, ali brojnim ispitivanjima je dokazano da je snaga svezivanja za caklinu takvih dentalnih adheziva puno manja zbog slabijeg jetkanja cakline (22).

Primjenom tehnike dvostrukog nanošenja samojetkajućih adhezijskih sustava moguće je postići bolje svezivanje na površinu supstrata (23).

Jetkajuće-ispirućim pristupom značajan je utjecaj tretiranja zubne površine vodom. U idealnim uvjetima jetkana kolagena mreža treba sačuvati ekspanzirani oblik kako bi se osigurala infiltracija smolastim monomerom. U stvarnosti, mala količina vode potrebna je na površini kako bi se spriječio kolaps kolagene mreže. Prevlažna površina će zadržavati vodu u unutrašnjosti i time loše utjecati na vezu.

Preostala voda uzrokuje odvajanje hidrofilne i hidrofobne faze adheziva stvaranjem mjehurića vode na spoju adheziv-dentin te naposljetku slabi svezu. Osim toga, višak vlage smanjuje konverzaciju smole u polimer, time reducira mehanička svojstva adhezivnoga sloja. Ovime se pokazuje jetkajuće-ispirujući pristup u većem stupnju klinički osjetljiva tehnika (4).





Slika 4. Klinički postupak aplikacije adheziva do konačnog ispuna

## **8. RASPRAVA**

Današnji standard u restorativnim postupcima, ali i u mnogim drugim indikacijama, jest primjena jetkajuće-ispirućih adhezivnih sustava, koji se temelje na trima kliničkim postupcima: jetkanjem površine supstrata, ispiranjem i sušenjem te aplikacije bonda-promotora adhezije i adheziva-konačnog premaza, nježnim ispuhivanjem i njihovom konačnom polimerizacijom.

Pojavom na tržištu samojetkajućih adhezijskih postupaka klinički rad je olakšan i vremenski skraćen, budući da ne zahtjeva postupak jetkanja i ispiranja, što eliminira, odnosno smanjuje i mogućnost pogreške.

Objedinjenjem dviju početnih faza adhezijskog tretmana, koje nisu osjetljive na uvjete vlažnosti tretirane površine zubnog tkiva, reducira se pojava postoperativne preosjetljivosti, rubnog propuštanja, sekundarnog karijesa i iritacija pulpe.

Dakle, upotrebom samojetkajućih caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava u svakodnevnoj stomatološkoj praksi prevladavaju se nedostaci standardnih jetkajuće-ispirućih adhezijskih sustava.

Mnoge indikacije za primjenu adhezijskih sustava, kao što su izrada kompozitnih ispuna, cemetiranje estetskih ljuskica i protetskih radova, izrada staklenih kolčića u svrhu intraradikularne nadogradnje zuba osjećaju prednosti suvremenih adhezijskih sustava.

Naime, kako u kliničkom radu samojetkajućih adhezijskih postupaka zaobilazimo postupke jetkanja i ispiranja, tako i eliminiramo pogreške tijekom rada kao što su zaostajanje kiseline na površini cakline i dentina, ali i predugo ili prekratko jetkanje te presušivanje površine supstrata.

To je osobito značajno prilikom pripreme zuba u izradi staklenih kolčića kao intraradikularne nadogradnje zuba gdje također ne dolazi do zaostajanja kiseline u korijenskom kanalu zuba niti preostalih navedenih pogrešaka u kliničkom radu.

Priprema zuba za cementiranje estetskih protetskih radova koristi prednosti koje nude suvremeni adhezijski sustavi. Riječ je također o redukciji pogrešaka prilikom postupaka jetkanja, ispiranja i sušenja površine zuba, uštedi vremena te jednostavnosti postupka, ali i o smanjenoj mogućnosti da oštetimo marginalnu gingivu te izazovemo njezino krvarenje.

Zaključno možemo reći da pojavom na tržištu nove generacije caklinsko-dentinskih adhezijskih sustava, samojetkajućih adhezijskih sustava dobivamo mnoge prednosti. Štedimo vrijeme i sebi i pacijentu u stomatološkoj ordinaciji, reduciramo pogreške u kliničkom radu, a dobivamo optimalno svezivanje restoracija na tvrdo zubno tkivo.

## **9. ZAKLJUČAK**

Caklinsko-dentinski adhezijski sustavi imaju ulogu svezivanja umjetnih hidrofobnih materijala sa zubnim tkivom te su nezaobilazan čimbenik uspješnosti suvremene dentalne medicine.

S caklinom se to svezivanje ostvaruje ulaženjem zubaca smole u demineralizirane pore u središtu prizmi ili u interprizmatskoj caklini.

Dentin je puno kompleksniji supstrat za ostvarivanje sveze jer je puno vlažniji, a sadrži i puno više organske tvari od cakline. Stoga nam kod sveze s dentinom nisu ključni jedino zupci smole, već i hibridni sloj nastao prožimanjem demineralizirane kolagene mreže dentina smolom. Upravo suvremeni adhezijski sustavi se temelje na interakciji sa zubnim tkivom.

Ovako kompleksan sustav nudi nam puno mogućnosti u terapiji zubnog tkiva, ali i zahtjeva dosljedno pridržavanje uputa u radu ovim materijalima.

Caklinski-adhezijski sustavi stalno se usavršavaju te ostvaruju sve čvršću i trajniju vezu sa zubnim tkivom. Danas se sve češće upotrebljavaju samojetkajući adhezijski sustavi koji donose nekoliko prednosti u kliničkom radu u usporedbi sa standardnim jetkajuće-ispirućim caklinsko-dentinskim adhezijskim sustavima.

Samojetkajući adhezijski sustavi pokazuju dobar klinički uspjeh jer ne zahtijevaju zaseban postupak jetkanja supstrata i ispiranja, čime se smanjuju pogreške koje nastaju pri aplikaciji i rukovanju kiselinom, nisu osjetljivi na uvjete vlažnosti supstrata, što uvelike reducira postoperacijsku preosjetljivost i štede vrijeme pa se danas sve više upotrebljavaju.

## **10. LITERATURA**

1. Šutalo J. Kompozitni materijali u stomatologiji. Zagreb:Grafički zavod Hrvatske; 1988:302.
2. Van Meerbeeck B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, et al. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent.* 2001;3:119-24.
3. Tarle Z, Knežević A. Podjela caklinsko dentinskih adhezijskih sustava. *Sonda.* 2005;7(2):31-4.
4. Pandurić V, Pavić S, Soldo M. Osvrt na dostignuća u dentalnoj adheziji – sedma generacija dentalnih adheziva. *Sonda.* 2009;10(2):90-4.
5. Brudevold F, Buonocore M, Wileman W. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. *J Dent Res.* 1956;35:846-51.
6. Kramer JRH, McLan JW. Alterations in the staining reactions of dentine resulting from a constituent of a new self-polymerizing resin. *Brit Dent J.* 1952;93:150-3.
7. Chigira H, Yukitani W, Hasegawa T, Manabe A, Itoh K, Hayakawa T, et al. Self-etching dentin primers containing Phenyl-P. *J Dent Res.* 1994;73:1088-95.
8. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res.* 1994;73:1212-20.
9. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PN, Kanemura N, Morigami M, Tagami J et al. Long- term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res.* 1999;78(4):906-11.
10. Ledić B. Određivanje stupnja rubnog propuštanja kompozitnih ispuna pri različitom predtretmanu kaviteta [magistarski rad]. Zagreb. Stomatološki fakultet u Zagrebu; 1994. 95p.
11. Paris S, Eksperimentalna prosudba rubnog propuštanja cervikalnih ispuna [magistarski rad]. Zagreb. Stomatološki fakultet u Zagrebu; 1998.
12. Marshall GW, Marshall S, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate, structure and properties related to bonding. *J Dent.* 1997; 6:441-58.



13. Butler WT. Dentin extracellular matrix and dentinogenesis. *Oper Dent.* 1992;17:18-23.
14. Inoue S, Van Meerbeek B, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesion mechanism of selfetching adhesives. 3rd Int. Kuraray Symposium; Advanced Adhesive Dentistry; 1999 December 3-4; Granada. Cirimido: Grafiche Erredue, Copyright-Kuraray Co.Ltd.:2000; 131-48.
15. Tarle Z, Meniga A, Knežević A, Šutalo J, Ristić M, Pichler G. Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc and an experimental blue LED curing unit. *J Oral Rehabil.* 2002;29(7):662-7
16. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:265-73.
17. Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentinal complex. Critical review in *Oral Biology and Medicine.* 1996;7:104-33.
18. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
19. Nakaoki Y, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J. Effect of residual water on dentin bond strength and hybridization of a one-bottle adhesive system. *Oper Dent.* 2002;27:563-8.
20. Knežević A, Tarle Z, Šutalo J, Pandurić V, Galić N, Ciglar I. Površinske interakcije dentina i adheziva. *Act Stomatol Croat.* 1998;3:459-66.
21. Pandurić V. Prosudba adhezijskih i kohezijskih fraktura stereomikroskopom i holografskom interferometrijom [disertacija]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2003. 135p.
22. Albers HF. Tooth-colored restoratives. Principles and techniques. London:BC Decker Inc Hamilton;2002;111
23. Taschner M, Kümmerling M, Lohbauer U, Breschi L, Petschelt A, Frankenberger R. Effect of double-layer application on dentin bond durability of one-step self-etch adhesives. *Oper Dent.* 2014;39(4):416-26.

## **11. ŽIVOTOPIS**

Šugić Ljiljana rođena je 4. siječnja 1990. godine u Trbovlju u Sloveniji. Nakon završene osnovne škole upisuje Opću gimnaziju u Pakracu. 2009. godine upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu. Tijekom akademskog obrazovanja od 2014. do 2017. godine ima ulogu koordinatora dvaju studentskih projekata: „Preventivni projekt za djecu - Zubić“ te „Geronto projekt – evaluacija i unaprjeđenje oralnog zdravlja u osoba starije dobi“.