Utjecaj predtretmana infiltrirajućim smolama na veznu čvrstoću ortodontskih tuba na demineraliziranu caklinu čovjeka

Šimunović Aničić, Marina

Doctoral thesis / Disertacija

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:988761

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

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

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Marina Šimunović Aničić

UTJECAJ PREDTRETMANA INFILTRIRAJUĆIM SMOLAMA NA VEZNU ČVRSTOĆU ORTODONTSKIH TUBA NA DEMINERALIZIRANU CAKLINU ČOVJEKA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Marina Šimunović Aničić

UTJECAJ PREDTRETMANA INFILTRIRAJUĆIM SMOLAMA NA VEZNU ČVRSTOĆU ORTODONTSKIH TUBA NA DEMINERALIZIRANU CAKLINU ČOVJEKA

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr.sc. Senka Meštrović

Zagreb, 2021.

University of Zagreb

School of Dental Medicine

Marina Šimunović Aničić

THE INFLUENCE OF RESIN INFILTRATION PRETREATMENT ON THE ORTHODONTIC BONDING TO DEMINERALIZED HUMAN ENAMEL

DOCTORAL DISSERTATION

Zagreb, 2021.

Rad je izrađen na Zavodu za ortodonciju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Zavodu za medicinsku biotehnologiju Sveučilišta u Sieni (Department of Medical Biotechnologies, University of Siena, Policlinico Le Scotte Viale Bracci, Siena, Italy)

Naziv, oznaka i voditelj projekta u okviru kojeg je istraživanje obavljeno:

istraživanje je provedeno u sklopu projekta Istraživanje i razvoj novih mikro i nanostrukturnih bioaktivnih materijala u dentalnoj medicini, IP 2018-01-1791, prof.dr.sc.Ivana Miletić.

Lektor hrvatskoga jezika: (ime i prezime, titula): Anamarija Pandža, magistra hrvatskoga jezika i književnosti i engleskoga jezika i književnosti

Lektor engleskoga jezika: (ime i prezime, titula): Anamarija Pandža, magistra hrvatskoga jezika i književnosti i engleskoga jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za ocjenu doktorskog rada:

(za svakog člana Povjerenstva naknadno se rukom na za to predviđeno mjesto upisuju ime i prezime, akademsko zvanje i ustanova)

_____

_____

_____

_____

_____

Sastav Povjerenstva za obranu doktorskog rada:

(za svakog člana Povjerenstva naknadno se rukom na za to predviđeno mjesto upisuju ime i prezime, akademsko zvanje i ustanova)

_____

_____

_____

_____

Datum obrane rada: _____ (upisuje se naknadno rukom)

Rad sadrži: 51 stranica (upisati broj)

6 tablica (upisati broj)

18 slika (upisati broj)

CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora poslijediplomskog doktorskog 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 svojim roditeljima na ljubavi, podršci i strpljenju tijekom cijelog obrazovanja te posebno na ovoj zadnjoj stepenici. Hvala im što su me naučili da se trud i rad isplate te da nikada ne treba odustajati.

Posebno zahvaljujem svojoj mentorici bez koje sve ovo ne bi bilo moguće. Hvala za svaki savjet, pomoć i motivaciju da sve ovo privedem kraju.

Zahvaljujem Jošku i Andri na ljubavi i strpljenju.

Rad posvećujem svojoj baki koja je uvijek vjerovala u mene.

.

Sažetak

UTJECAJ PREDTRETMANA INFILTRIRAJUĆIM SMOLAMA NA VEZNU ČVRSTOĆU ORTODONTSKIH TUBA NA DEMINERALIZIRANU CAKLINU ČOVJEKA

Dosadašnja istraživanja dokazala su da infiltrirajuća smola može izvrsno penetrirati inicijalnu karijesnu leziju te je tako stabilizirati. Svrha ovog istraživanja bila je procijeniti veznu čvrstoću ortodontskih tuba lijepljenih s različitim adhezivima na demineraliziranu caklinu prethodno tretiranu infiltracijskom smolom. Također, cilj je bio usporediti dobivene vrijednosti vezne čvrstoće s vrijednostima na zdravoj caklini. Četrdeset i osam ekstrahiranih intaktnih gornjih i donjih trećih molara podijeljeno je u četiri skupine (n = 12), prekriveni su s lakom za nokte, osim područja od 4 x 4 mm te potom stavljeni u demineralizacijsku otopinu (14 dana, 37 ºC), osim kontrolne skupine. Grupa 1: zdrava caklina + Transbond XT, grupa 2: demineralizirana caklina + ICON+ Transbond XT, grupa 3: demineralizirana caklina + ICON + Scotchbond, grupa 4: demineralizirana caklina + ICON + Assure PLUS. Vezna čvrstoća kvantificirana je u megapaskalima (MPa) i statistički analizirana (ANOVA, $p \leq 0.05$). Indeks zaostatne smole analiziran je pod stereomikroskopom (10 x povećanje). Najveće vrijednosti vezne čvrstoće utvrđene su u grupi 4 te je razlika bila statistički značajna ($F = 14{,}37$; $p = 0{,}000$). Nije pronađena razlika između četiri skupine u vrijednostima ARI indeksa.

Zaključno, nema dokaza da demineralizirana caklina infiltrirana smolom smanjuje veznu čvrstoću ortodontskih elemenata. Vezna čvrstoća izmjerena u skupini gdje je korišten Assure PLUS-om pokazala je značajno veće vrijednosti u usporedbi s ostale tri skupine.

Ključne riječi: caklina; demineralizacija; infiltracija; ICON; vezna čvrstoća; in vitro

Summary

THE INFLUENCE OF RESIN INFILTRATION PRETREATMENT ON ORTHODONTIC BONDING TO DEMINERALIZED HUMAN ENAMEL

Introduction: The fixed orthodontic appliances may enhance plaque accumulation and lead to the progress of both demineralization and caries lesions, especially in patients with inadequate oral hygiene. Further, white spot lesion (WSL) can be seen after just four weeks of a fixed orthodontic appliance being fitted. The overall prevalence of WSLs ranges from 2–96% depending on the assessment procedure of assessment of the lesions, whether or not any such defects were present before treatment and whether or not fluoride supplements were used during treatment. The altered enamel structure of teeth with initial caries lesions may reduce the shear bond strength (SBS) between orthodontic brackets and the enamel surface at the beginning of orthodontic treatment, as well as during treatment if the rebonding of the brackets is required. If bracket bonding is to be performed on demineralized enamel, it is advisable to stabilize and protect the demineralized enamel lesion prior to the reapplication of the bracket. Prior research reveal that low-viscosity resin is able to significantly penetrate initial caries lesions, which leads to their stabilization. The optical appearance of WSLs was also found to be improved by resin infiltration, with the achieved concealment being shown to remain stable in one-year interval in vivo.

Aim: The aim of the present study was to assess the SBS of orthodontic brackets bonded with different adhesives to demineralized human enamel that had been treated with a low-viscosity resin infiltrant. It also aimed to compare the achieved bond strengths to those achieved in relation to sound enamel, as well to compare the ARI score between the four tested groups.

Materials and methods: A total of 48 newly extracted third molars were collected, randomly allocated in four groups (n= 12), covered with a nail varnish, with 4 x 4 mm of uncoated area. Groups 2, 3 and 4 were immersed in Buskes demineralizing solution (14 days, 37 ºC) and Group 1 remained untreated.

Group 1: sound enamel + Transbond XT; Group 2: demineralised enamel + ICON + Transbond XT; Group 3: demineralised enamel + ICON + Scotchbond Universal; Group 4: demineralised enamel + ICON + Assure Plus. Prior to adhesive application all the specimens were etched with 37% phosphoric acid for 15s. In all groups molar tubes were bonded with Transbond XT Paste. Prior to SBS testing, all the specimens were thermocycled (10,000 times

between 50 ˚C and 55 ˚C). SBS was measured in MegaPascals (MPa) and statistically analysed (ANOVA, $p \leq 0.05$). The mode of failure was assessed microscopically at 10xmagnification.

Results: The highest bond strength (20.3 MPa) was measured by molar tubes bonded with Assure Plus on demineralized enamel and the difference was statistically significant ($p \leq 0{,}001$). No statistically significant differences were found among Groups 1, 2 and 3. No statistically significant between-group difference was observed for ARI scores.

Conclusion: Based on our research, there is no evidence that resin infiltrated demineralized enamel surface reduces the SBS of the orthodontic brackets. Thus, the bonding of the orthodontic elements with the adhesive system on the infiltrated area can be performed without risk of reducing the SBS. SBS measured in the Assure PLUS group was significantly higher compared to two other groups (Transbond XT and Scotchbond) as well as the control group.

Keywords: enamel; demineralization; caries infiltration; ICON; shear bond strength; in vitro

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Bijele promjene na caklini 3

1.1.1. Građa cakline 3

1.1.2. Indeks loma 4

1.2. Preeruptivne promjene 4

1.2.1. Fluoroza 4

1.2.2. Traumatska hipomineralizacija 4

1.2.3. Molarno-incizalna hipomineralizacija (MIH) 5

1.3. Posteruptivne promjene- bijele mrlje 5

1.3.1. Dinamika karijesnog procesa 5

1.3.2. Prevalencija 7

1.3.3. Dijagnoza 7

1.3.4. Lijepljenje ortodontskih elemenata na demineraliziranu caklinu 8

1.4. Umjetno stvorene inicijalne karijesne lezije 9

1.5. Terapija bijelih mrlja 11

1.5.1. Neinvazivne metode 11

1.5.1.1. Fluoridi 11

1.5.1.2. Kazein fosfopeptid-amorfni kalcijev fosfat (CPP-ACP) 12

1.5.2. Invazivne metode 12

1.5.2.1. Mikroabrazija 12

1.5.2.2. Izbjeljivanje 13

1.5.2.3. Infiltracija smolom 13

2. CILJEVI I HIPOTEZE 15

3. MATERIJALI I POSTUPCI 17

3.1. Prikupljanje uzoraka 18

3.2. Demineralizacija 18

3.3. Postupak infiltracije smolom 19
3.4. Lijepljenje tuba 21
3.5. Termocikliranje 24
3.6. Mjerenje vezne čvrstoće 25
3.7. Određivanje indeksa zaostatne smole 26
3.8. Statistička analiza 27
4. REZULTATI 28
4.1. Rezultati mjerenja vezne čvrstoće 29
4.2. Usporedba zaostatnog sloja adheziva 30
5. RASPRAVA 31
6. ZAKLJUČCI 38
7. LITERATURA 40
8. ŽIVOTOPIS 50

Popis skraćenica

Kratica	Značenje
WSL	bijela mrlja (eng. *white spot lesion*)
RI	indeks loma (eng. *refractory index*)
MIH	molarno-incizalna hipomineralizacija
ICDAS	Internacionalni sustav za detekciju i procjenu karijesa (engl. *International Caries Detection and Assessment System*)
CPP-ACP	kazein fosfopeptid-amorfni kalcijev fosfat
HCl	klorovodična kiselina
BIS-GMA	bisfenol A diglicidil dimetaakrilat
TEG-DMA	trietielenglikol-dimeta-akrilat
10-MDP	10-metakriloiloksidecil dihidrogen fosfat (eng. *10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate*

HEMA	2 hidroksietil metaakrilat
ARI	indeks količine zaostatnog sloja **(**eng. *adhesive remnant index*)
ANOVA	analiza varijance (eng. *analysis of variance*)
SBS	vezna čvrstoća (eng. *shear bond strength*)
SD	standardna devijacija
Max	maximum
Min	minimum

1. UVOD

Postavom fiksne ortodontske naprave održavanje oralne higijene postaje zahtjevnije. Dijelovi fiksne ortodontske naprave povećavaju površinu za razvoj bakterija te stvaranje i retenciju plaka, čak i na površinama zuba koje inače nisu sklone nastajanju karijesa. Sve navedeno uz neadekvatnu oralnu higijenu može dovesti do stvaranja inicijalnih karijesnih lezija.

Dodatno sve može otežavati i vrijeme trajanja ortodontske terapije.

Zadržavanje plaka oko ortodontskih elemenata može dovesti do procesa demineralizacije zuba. Prva pojava demineralizacije cakline naziva se bijela mrlja (white spot lesion, WSL).

Slika 1. Intraoralna fotografija nakon skidanja fiksne naprave

Slika 2. Intraoralna fotografija, WSL vidljive tijekom ortodontske th.

Slika 3. Intraoralna fotografija, WSL vidljive tijekom ortodontske th.

1.1. Bijele promjene na caklini

Prisutnost bijelih promjena na površini zuba uzrokovana je samo promjenom unutar cakline. Zdrava cakline najviše je mineralizirano tkivo u ljudskom organizmu, 96% težinskog sastava pripada hidroksiapatitu, dok 4% zauzima organski fluid. Kod bijelih mrlja mineralizirana komponenta cakline je smanjena i zamijenjena organskim fluidom.

1.1.1. Građa cakline

Caklina ima visoki stupanj mineraliziranosti (96% anorganski dio, 3% voda i 1% organske tvari) (1). Anorganski dio tvore kristali kalcijevog fosfata (hidroksiapatita). Pojedini ioni hidroksiapatita mogu biti zamijenjeni drugim ionima- karbonatnim koji mogu mijenjati fosfatne ione i čine ga lakše topljivim, dok ga ioni fluora čine manje topljivim. Kristal hidroksiapatita uronjen u vodenu otopinu dobiva hidratacijsku ovojnicu. Osim vode u ovojnici se nalaze i ioni kalcija, fosfata, karbonata, magnezija i fluora.

Pri promatranju svjetlosnim mikroskopom, vidi se temeljna građevna jedinica cakline- caklinska prizma. Svaka caklinska prizma ispunjena je kristalima hidroksiapatita.

Na rubu svake prizme nalazi se prizmatska ovojnica koja je ona građena od organskog materijala. Prizmatska ovojnica predstavlja granicu između prizme i interprizmatskog prostora.

Prizme su međusobno odijeljenje interprizmatskim prostorima. Retziusove (inkrementne) pruge posljedica su ritmičnog odlaganja cakline. Moguće ih je vidjeti kao niz smeđih crta koje

se koso prostiru preko caklinskih prizmi. Površina cakline nije glatka, već se pod elektronskim mikroskopom vidi nabranost njene površine. Ta su nabranost su perikimate koje predstavljaju završetke inkrementnih pruga.

1.1.2. Indeks loma

Indeks loma (RI) zdrave cakline istovjetan je indeksu loma hidroksiapatita te je njegova vrijednost 1,62. Kada zraka svjetlosti prolazi kroz zdrava caklinu gotovo ne nailazi na interference sve dok ne dođe do caklinsko-dentinskog spojišta. Međutim, kod hipomineralizirane cakline, svjetlosna zraka nailazi na brojne interference između organskog fluida i mineralne faze te se vrijednost indeksa smanjuje na 1,33. Na svakoj interferenci zraka svjetlosti odstupa i reflektira se stvarajući optički fenomen koju onda oko percipira kao opaknu bijelu mrlju (2).

Promjene na površini cakline u vidu bijelih promjena mogu biti rezultat preeruptivnih ili posteruptivnih poremećaja.

1.2. Preeruptivne promjene

U preeruptivne promjene ubrajamo fluorozu, traumatsku hipomineralizaciju i molarno-incizalnu hipomineralizaciju (MIH).

1.2.1. Fluoroza

Fluoroza je uzrokovana pretjeranom i dugotrajnom ingestijom fluorida tijekom razvoja zuba (3). Histopatološki karakterizirana je relativno dobro mineraliziranim vanjskim slojem cakline, dok se u područjima ispod površine vidi difuzna hipomineralizacija ili čak poroznost cakline (4). Fluoridi utječu prvenstveno na fazu maturacije cakline te se hipomineralizacija povećava sukladno fluoridnoj izloženosti, a time je i klinička slika varijabilna (5). Glavna karakteristika ovih promjena je što se vidi simetričan nalaz homolognih zubi te često su zahvaćeno više skupina zuba (2).

1.2.2. Traumatska hipomineralizacija

Traumatska hipomineralizacija nastaje zbog poremećaja u parodontnom tkivu mliječnog zuba, a koji je rezultat luksacijske ozljede zuba tijekom procesa mineralizacije trajnog zuba. Stupanj oštećenja trajnog zubu ovisi o fazi formiranja krune u kojoj se trauma dogodila. Sukladno

navedenom, mogu se vidjeti varijacije u veličini, lokaciji, obliku i boji promjene. Lezije su rezultat ubrzanog odlaganja minerala i najčešće su točkastog oblika, dobro definirane i lokalizirane u incizalnoj trećini krune zuba (2). Također, karakteristika ovih promjena je što se najčešće nalaze samo na jednom zubu.

1.2.3. Molarno-incizalna hipomineralizacija (MIH)

Molarno-incizalna hipomineralizacija (MIH) definira se kao hipomineralizacija sistemskog podrijetla u kojoj je zahvaćen bar jedan od četiri prva molara, najčešće uz zahvaćenost i inciziva (6). Ove promjene karakterizirane su s povećanom mineralizacijom vanjskog sloja cakline, ali potrebno je naglasiti da struktura cakline zahvaćene MIH-om može biti dosta varijabilna ovisno o mineralnom udjelu, tvrdoći i poroznosti (7). Kod MIH-a hipomineralizacija započinje na caklinsko-dentiskom spojištu te je u blagim slučajevima lokalizirana u unutarnjoj trećini cakline.

1.3. Posteruptivne promjene- bijele mrlje

Do posteruptivnih promjena dolazi onda kada proces demineralizacije prevlada proces remineralizacije te se one najčešće nazivaju bijelim mrljama (white spot lesion, WSL).

Inicijalni razvoj WSL-a može se opisati kao gubitak minerala unutar cakline dok njezina površina ostaje uglavnom intaktna. U idućoj fazi lezija postaje djelomično porozna, što dovodi do pojave transparencije.

Progresija nekavitiranih lezija čini se sporijom te dozvoljava različite preventivne postupke koji mogu dovesti do zaustavljanja lezije i poticanja procesa remineralizacije.

1.3.1. Dinamika karijesnog procesa

Dentalni karijes dinamičan je proces, kod kojeg zbog disbalansa dolazi do gubitka minerala. Opadanjem pH na 5 ili niže vrijednosti u oralnom fluidu, slini i fluidu plaka, dolazi do otapanja kristala hidroksiapatita na površini cakline (8). Međutim, prisustvo fluorida u biofilmu osigurava stvaranje fluorapatita (8). Što više fluora apatit sadržava, manje je topljiv nakon pada pH.

Zdrava caklina građena je od kristala hidrokisapatita. Između kristala nalaze se interkristalni prostori ispunjeni vodom i organskim matriksom. Jednom kad započne karijesni proces

interkristalni prostori se prošire te se upravo oni mogu smatrati glavnim putem za difuziju iona u i izvan cakline, a posebno u početnim stadijima karijesne lezije (9).

Histološki WSL sastoji se od 4 zone(1):

1. površinska zona
2. središte ili tijelo lezije
3. tamna zona
4. translucentna zona

Prodorom imerzijskog sredstva u caklinske pore stvorene djelovanjem karijesa nastaje drukčiji lom svjetlosti nego kroz kristale i stvara se polarizacijska slika lezije. Veličina pora i opseg koji zauzimaju u ukupnom volumenu cakline različiti su u pojedinim zonama početne karijesne lezije.

1. Površinska zona sloj je netaknute cakline. Pore nastaju zbog gubitka iona kalcija i fosfata. One čine 1-10% ukupnog volumena i radi malog postotka ova se zona malo razlikuje od susjedne zdrave cakline. Poroznost je ove zone je mala jer se djelovanje procesa precipitacije i remineralizacije slobodnim ionima iz dubljih dijelova lezije te izvana iz plaka i sline dio pora smanjuje i zatvara.

2. Središte lezije čini najveći dio početne karijesne lezije, pore zauzimaju 5-25% volumena, što ujedno znači i toliki gubitak minerala u toj zoni, ali i dijela organske tvari cakline. Zbog tako velike demineralizacije središnja zona obilježena je pojačanom vidljivošću Retziusovih pruga.

3. Tamna zona sadrži 2-4% pora. Te su pore manjeg promjera od onih u središnjoj zoni, ali i u površinskoj. Manje su i od čestica imerzijskog sredstva, zbog čega pri impregnaciji caklinskog uzorka ostaju ispunjene zrakom pa ova zona pod mikroskopom izgleda tamna. Smanjeni promjer pora u toj zoni objašnjava se precipitacijom slobodnih iona iz središta lezije, što ih pretvara u mikropore.

4. Translucentna zona označava smjer napredovanja karijesa u caklini. Ima 1% pora koje su uglavnom na rubovima prizama u području tzv. prizmatskih ovojnica.

Pojava WSL-a prvi je klinički znak vidljiv ljudskim okom i u tom se trenutku karijesni proces odvija već nekoliko mjeseci. Unatoč tome remineralizacija je još uvijek moguća (10).

1.3.2. Prevalencija

Ukupna prevalencija WSL kod pacijenata u ortodontskoj terapiji je 2-96% ovisno o metodi procjene lezija, veličini uzorka, prisutnosti lezija prije početka terapije te o tome je li postupak fluoridacije bio proveden tijekom ortodontske terapije (11).

O'Reilly i Featherstone (12) su dokazali prisutnost početne demineralizacije cakline već nakon mjesec dana od postave fiksne naprave, unatoč detaljnom objašnjenju i demonstrriranom načinu održavanja oralne higijene pacijentu, kao i svakodnevnoj aplikaciji fluoridnih preparata.

Nedavno istraživanje pokazuje da je 2,5 puta veća prisutnost lezija u gornjem u odnosu na donji zubni luk, primjećuje se simetričnost pojave lezija na obje strane, a kao najzahvaćeniji zubi navode se gornji lateralni incizivi i očnjaci te donji očnjaci (13).

Kao područja koja su posebno izložena retenciji plaka, a time i nastajanju lezija, navode se cervikalni rubovi zubi, područje ispod prstenova i neposredno uz površinu na koju je zalijepljen ortodontski element (14).

1.3.3. Dijagnoza

Dijagnoza inicijalnih lezija bazira se na kliničkom nalazu bez prisustva drugih simptoma. Gledajući glatke plohe zuba lezije se mogu naći na mjestima gdje je akumulacija plaka olakšana, najčešće u labijalnoj cervikalnoj trećina ili u slučaju fiksne ortodontske terapije u području oko ortodontskih elemenata.

Ipak, kako bi se izbjegla subjektivnost u procjeni inicijalnih lezija, predlaže se korištenje posebnog indeksa, "International Caries Detection and Assessment System"(ICDAS) (15)

Tablica 1. ICDAS kriterija (15)

	Kriterij
0	Zdrava površina zuba: bez znakova karijesa nakon produženog sušenja zuba zrakom (5 sekundi)
1	Prva vidljiva promjena cakline: neprozirnost ili obojenje (bijelo ili smeđe) vidljivo na početnom dijelu jamice ili fisure uočeno nakon produženog sušenja zrakom
2	Izrazita vizualna promjena cakline vidljiva i na vlažnom zubu, lezija mora biti vidljiva i nakon sušenja
3	Lokalizirana kavitacija cakline (bez kliničkih znakova širenja na dentin) vidljiva i na vlažnom zubu i nakon produženog sušenja
4	Tamna diskoloracija dentina u podlozi
5	Izrazita kavitacija s eksponiranim dentinom
6	Opsežna kavitacija (zahvaća više od pola površine) uz eksponirani dentin

Za lezije ICDAS stupnja 0 i 1, gdje je prisutna samo blaga površinska hipomineralizacija, predlažu se neinvazivni postupci poput fluoridacije te primjene kazein fosfopeptida-amorfnog kalcijeva fosfata, kojima je moguće remineralizirati caklinu. Kod skupine 2 teško je očekivati mogućnost potpune remineralizacije. Prethodne dvije spomenute metode mogu stabilizirati leziju, osigurati kontrolu bakterija i površinski ojačati caklinu, ali tijelo lezije s mikroporoznosti ostaje netaknuto (2). Za ovaj tip lezija preporučuje se metoda infiltracije smolom.

Dodatne dijagnostičke metode poput kvantitativne laserske fluorescencije (Diagnodent), Fiber optičke transluminacije (FOTI) i rtg snimanje zubi mogu pomoći u procjeni karijesnih lezija.

1.3.4. Lijepljenje ortodontskih elemenata na demineraliziranu caklinu

Otkrićem tehnike jetkanja 1955. godine (16) dovelo je do mogućnosti direktnog lijepljenja ortodontskih elemenata kompozitnim materijalima. Mogućnost direktnog lijepljenja dovela je do znatnog napretka u ortodontskoj terapiji. Kao prednost mogu se spomenuti veća udobost pacijenta tijekom terapije, smanjene potrebe za separacijom zubi, smanjena iritacija gingive, jednostavnija oralna higijena, bolje estetika i kraće vrijeme za rad (eng.chairside time) (17). Međutim, postavlja se pitanje što napraviti kada je potrebno lijepiti ortodontski element na područje zahvaćeno inicijalnom lezijom?

Gubitak ortodontskog elementa (eng. *bond failure*) događa se klinički u 2,5-6,5% slučajeva (18–20). Navedena učestalost uzrokuje produženje i poskupljenje terapije.

Površina cakline zahvaćena s inicijalnom lezije može uzrokovati smanjenje vezne čvrstoće ortodontskih elemenata na caklini na samom početku terapije, kao i tijekom terapije ako je potrebno repozicioniranje bravica (21, 22). Dodatno lijepljenje bravica tijekom ortodontske terapije učestali je zahvat (23), a kao glavni razlog navodi se potreba lijepljenja elemenata nakon gubitka ili preljepljivanje kako bi se bravica što bolje pozicionirala (24).

U slučaju da je potrebno lijepljenje bravica na području WSL-a, bilo bi poželjno da se lezija prvo zaštiti i stabilizira te se tek onda pristupi postupku lijepljenja (25).

1.4. Umjetno stvorene inicijalne karijesne lezije

Kako bi se potpuno razjasnila pozadina karijesnog procesa, kao i različite mogućnosti prevencije i tretiranja lezija, osmišljenje su in vitro karijesne lezije (2).

Tablica 2. Usporedba lezija in vivo i in vitro. Preuzeto od Zero D.T. In situ caries models (26).

Kliničke studije	⟷	In vitro modeli
"prirodne"	⟷	"umjetne"
visoka klinička značajnost	⟷	moguća smanjena klinička značajnost
ograničena razina znanstvene kontrole	⟷	visoka razina znanstvene kontrole
visoka varijabilnost	⟷	niska varijabilnost
neosjetljive mogućnosti detecijske metode	⟷	visoko osjetljive detekcijske metode
velik uzorak	⟷	mali uzorak

Poznato je da je prvenstveno prisutnost kiselina zaslužna za otapanje cakline, koje mogu biti produkt bakterijskog metabolizma - kao u slučaju s karijesom ili mogu biti unesene vanjskim izvorom (npr.hrana) - kao u slučaju s erozijama. Ove dvije vrste lezija razlikuju se makroskopski i mikroskopski. Kod erozija dolazi do površinskog otapanja cakline, dok se kod karijesnih lezija ističe se potpovršinski gubitak minerala (27).

Stvaranje artificijalnih karijesnih lezija predmet je brojnih istraživanja (28–31). Kako bi se stvorile što vjerodostojnije inicijalne karijesne lezije s dobro očuvanom površinskom caklinom potrebno je osigurati uvjete koji su slični in vivo tijeku događanja. In vitro lezije karakterizira brži nastanak time je potreban i agresivniji pristup u odnosu na in vivo uvjete.

U svrhu stvaranja inicijalnih karijesnih lezija u istraživanjima se koristi humana ili goveđa caklina koja se potom tretira različitim demineralizacijskim otopinama pod različitim temperaturama, npr. na sobnoj temperaturi ili 37ºC u određenom periodu u kojem se očekuje točno određeni stupanj demineralizacije cakline kako bi se producirala potpovršinska lezija s dobro očuvanom površinom cakline (32). Različiti sustavi za demineralizaciju osmišljeni su kako bi se simulirala in vivo događanja u procesu stvaranja karijesnih lezija. Vrsta kiseline koja se koristi za demineralizaciju i njena koncentracija određuju stupanj demineralizacije i oblik lezije (33). Istraživanja su pokazala da demineralizacijske otopine koje sadržavaju octenu kiselinu, u usporedbi s onima koje sadržavaju mliječnu kiselinu, pri istom pH i koncentraciji, produciraju dublje lezije u kraćem periodu (33, 34). Kao objašnjenje navodi se da, iako je mliječna kiselina jača kiselina pri bilo kojoj pH i koncentraciji, veći je udio octene kiseline neioniziran te kao takav brže difundira u caklinu (33). Dodavanjem kalcija, fosfata i fluorida u acetatne puferske sustave djelomično zasićuje otopinu te se formiraju lezije s površinskom i potpovršinskom strukturom karakterističnom za prirodne lezije (35).

Treba naglasiti kako su koncentracije kalcija i fosfata, te u nekim slučajevima i pH vrijednosti, koje se koriste in vitro su snižene u odnosu na in vivo situacije (30).

Istraživanje iz 2008. godine uspoređivalo je in vitro demineralizaciju humane cakline na neabradiranom i abradiranom uzorku (36). Rezultati su pokazali da in vitro stvorene lezije na neabradiranoj caklini nalikuju lezijama in vivo s dobro očuvanim površinskim slojem. U abradirnom uzorku vide se mnogo dublje lezije i lošija mehanička svojstva u odnosu na neabradirani uzorak.

1.5. Terapija bijelih mrlja

1.5.1. Neinvazivne metode

Dvije metode, koje su dokazane u preventivnim postupcima, u istraživanjima s WSL-a daju različite rezultate te postoje podvojena mišljenja o stvarnom učinku na već stvorene incijalne lezije.

1.5.1.1. Fluoridi

Slina može u određenoj mjeri remineralizirati WSL, ali je ovaj proces jako spor i ne može se očekivati potpuni nestanak inicijalne lezije (37). Po završetku ortodontske terapije, u prvih nekoliko mjeseci dolazi do najvećeg dijela remineralizacije, kasnije se ovaj proces nastavlja, ali usporeno (38–40).

Visoke doze fluorida preporučavaju se tijekom i nakon ortodontske terapije kako bi se prevenirala pojava karijesnih lezija te kako bi se zaustavile početne demineralizacije (8, 41). Navedeno bi trebalo pojačati remineralizaciju površinskog sloja cakline, spriječiti daljnu demineralizaciju unutarnjeg sloja cakline i ukupno povećati udio minerala.

Međutim, mnogi autori smatraju da aplikacija fluorida u visokim koncentracijama u terapiji WSL-a nije preporučljiva, jer oni dovode do zaustavljanja procesa remineralizacije i demineralizacije te mogu uzrokovati neželjenu diskoloraciju (42). U slučaju da se visoke koncentracije fluoride koriste na mjestu lezije, lezija će vjerojatno ostati jednake veličine i poprimiti smeđu boju. Naime, visoke doze fluorida fizički blokiraju površinski sloj cakline i ne dozvoljavaju penetraciju iona kalcija ispod površine (43). Tako površina lezije postaje remineralizirana, dok u dubljim dijelovima nema remineralizacije te se estetski izgled lezije ne popravlja. Manje koncentracije fluora mogu potpomoći proces remineralizacije. Istraživanje provedeno s manjim koncentracijama fluoridnih preparata pokazala su uspješnu remineralizaciju malih lezija do 60 μm (44). Huang i sur. (45) nisu dokazali uspješnost fluoridnog preparata i MI paste u odnosu na svakodnevnu pastu za zube u poboljšanju izgleda WSL-a u periodu od 8 tjedana kod pacijenata koji se tek završili ortodontsku terapiju.

Više koncentracije fluorida preporučuje se u preventivi karijesnih lezija, dok se niže koncentracije smatraju boljima u procesu remineralizacije i kontrolu progresije lezija (46).

1.5.1.2. Kazein fosfopeptid-amorfni kalcijev fosfat (CPP-ACP)

U terapiji inicijalnih lezija osim preparata s fluorom mogu se koristit i preparati bazirani na ionima kalcija i fosfata. Amorfni kalcijev fosfat (ACP) omogućava prednost iona kalcija i fosfata u amorfnoj fazi. Ovi preparati mogu pojačati remineralizaciju i smanjiti demineralizaciju u okolnostima kada se caklina nalazi u prisutnosti kiselina. ACP se korisit godinama međutim, sam je po sebi nestabilan, nastaju percipitati te se ne može vezati za površinu zuba. Kazein fosfopeptid (CPP), protein mlijeka, stabilizira ACP, ne dozvoljavajući stvaranje percipitata i kristala te omogućuje stvaranje neutralnog pH (47).

CPP-ACP ima antikariogeni učinak te omogućuje remineralizaciju inicijalnih karijesih lezija (48). Ipak, u istraživanjima je moguće naići na oprečne rezultate ovog preparata za remineralizaciju inicijalnih lezija.

Bailey i sur. (49) navode značajno veću regresiju WSL-a u grupi koja je koristila CPP-ACP pastu u usporedbi s placebo grupom u razdoblju od 12 tjedana. Pulido i sur. (47) u svom istraživanju iz 2008. godine ipak ne primjećuju pozitivan učinak MI paste (GC America Inc) u inhibiciji progresije umjetno stvorenih inicijalnih lezija. U zaključku navode važnost daljnih istraživanja u ovom području. Ovi rezultatit u skladu su sa studijom iz 2010.godine (50) u kojoj uzorak čine 54 pacijenta nakon fiksne ortodontske terapije, a koji su praćeni 3 mjeseca te imaju više WSL-a. U rezultatima nije pronađena razlika između regularne paste za zube (bez fluorida) i CPP-ACP paste u redukciji lezija.

1.5.2. Invazivne metode

1.5.2.1. Mikroabrazija

Mikroabrazija predstavalja terapijski postupak kojim se uklanja tanki demineralizirani sloj cakline, kroz dva procesa: kiselinsku eroziju i mehaničku abraziju. Estetsko poboljšanje bazira se prvenstveno na fizičkom uklanjanju obojene cakline- površinska abrazija (51).

Mikrobrazija se primjenje u uklananju nekarijesnih caklinskih promjena (52). Također, koristi se i u uklanjanju postortodontskih WSL-ova (51, 53). Kad je ova metoda indicirana, preporučava se da se odgodi barem za 3 mjeseca od skidanja fiksnih naprava jer se izgled WSL-a poboljšava spontano s vremenom (54).

Murphy i sur. (51) u svom istraživanju navode uspješnost metode mikroabrazije u poboljšanju izgleda WSL-a.

1.5.2.2. Izbjeljivanje

Izbjeljivanje cijele površine zuba na kojoj se nalazi WSL može stvoriti kamuflažni efekt te se onda bijela promjena čini manje vidljivom. Dosadašnja istraživanja koja su pročavala utjecaj sredstava za izbjeljivanje na razinu minerala u caklini pokazala su oprečne rezultate (55, 56).

Kim i sur. su pokazali da izbjeljivanje cakline s WSL-om s 10% karbamid peroksidom uklanja razliku u boji između WSL-a i ostatka cakline te ne mijenja mineralni sastav ni mikrotvrdoću (57). Preporučuju korištenje preparata s CPP-ACP, kako bi se dodatno potaknula remineralizacija.

Sistematski pregled iz 2020. godine (58) u zaključku navodi da ne mogu potvrditi niti opovrgnuti da je izbjeljivanje efiksana metoda u rješavanju postortodontskih WSL-a. Kao razlog za ovaj zaključak navodi se da je većina istraživanja u ovom području in vitro te nemaju dovoljno snažno znanstveno utemeljenje. Preporuka je da su potrebna daljna in vivo istraživanja.

1.5.2.3. Infiltracija smolom

Koncept infiltracije smolom osmišljen je u 1970.-ih (59) i od onda se s različitim niskoviskoznim materijalima pokušala stabilizirati demineralizirana caklina. Krajem 2000.-ih publicirana su istraživanja u kojima se objašnjava postupak jetkanja hipermineralizirane površine cakline WSL-a, kao i razvoj materijala s visokom mogućnošću penetracije-infiltratom (60, 61). Ona omogućuju tehnici širu kliničku primjenu, kako u svrhu zaustavljanja lezije tako i "maskiranja" bijele promjene.

Metoda infiltracije smolom bazira se na eroziji lezije klorovodičnom kiselinom te potom infiltraciji niskoviskoznom smolom u interkristalne prostore hipokalcificirane ili demineralizirane cakline (62). Navedeno dovodi do promjene u RI, koji je u poroznoj caklini smanjen na 1,00 (u slučaju da je ispunjena zrakom) odnosno 1,33 (u slučaju da je ispunjena vodom), dok je u infiltriranoj caklini RI=1,52. Ova vrijednost vrlo je slična RI hidroksiapatita (1,61). Kao posljedica svega navednog, dolazi do promjenama u optičkim karkteristikama zahvaćene cakline te ona postaje maskirana, odnosno vrlo je slična okolnoj zdravoj (63).

Infiltracija inicijalnih lezija s niskoviskoznim smolama smatra se motodom izbora u terapiji nekavitranih lezija za koje se ne očekuje da će biti zaustavljene procesom remineralizacije. Prednost ovih materijala je mogućnost dublje i potpune penetracije u poroznu leziju (64). U odnosu na dentalne adhezive ili materijale za pečaćenje fisura, infiltracijske smole osmišljene su za brzu kapilarnu penetraciju te imaju jako nisku viskoznost, mali kontaktni kut prema caklini i veliku površinsku napetost (65). In vitro studije su dokazale značajno dublju mogućnost penetracije u tijelo lezije infiltracijske smole u odnosu na dentalne adhezive (61, 65, 66).

Infiltracijska tehnika može osnažiti strukturu cakline, prevenirati nastajanje ili progresiju karijesne lezije (67).

Promatrajući nedostatke ove tehnike u literaturi se navodi da može biti osjetljiva (68), što može biti problem u in vivo uvjetima. Također, dokazani su neki slučajevi WSL-ova tretiranih infiltracijskom metodom bez kamuflažnog efekta (69). Objašnjenje za predhodno navedeno može se tražiti u dubini i aktivnosti karijesne lezije. Tehnika neće biti uspješna, odnosno penetracija neće biti potpuna, ako je riječ o dubljoj leziji i debljem površinskom sloju cakline (69).

2. CILJEVI I HIPOTEZE

Ciljevi ovog istraživanja bili su izračunati veznu čvrstoću ortodontskih tuba lijepljenih s tri različita adheziva na demineraliziranu caklinu koja je prethodno bila tretirana infiltrirajućom smolom. Također, cilj istraživanja bio je usporediti vrijednosti vezne čvrstoće s onom na intaktnoj caklini.

Nul hipoteze:

1. Predtretaman demineralizirane cakline infiltrirajućom smolom ne smanuje veznu čvrstoću različitih adheziva u odnosu na intaktnu caklinu koja ne prolazi predtretman.

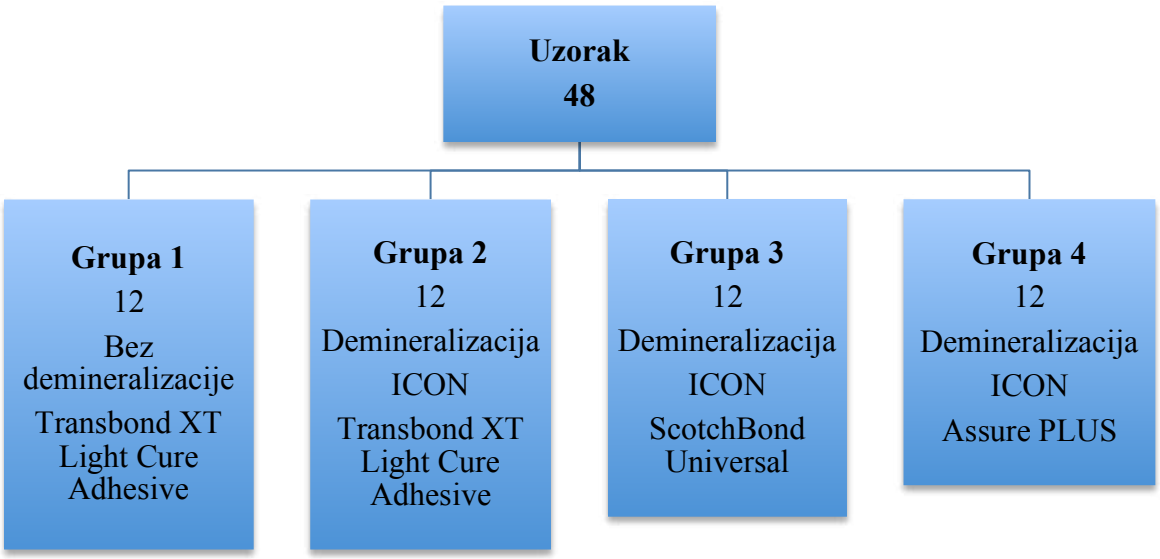
2. Vezna čvrstoća demineraliziranih uzoraka predtretiranih infiltrirajućom smolom neće se značajno razlikovati između tri različita adheziva korištena za lijepljenje bukalnih tuba.

3. MATERIJALI I POSTUPCI

3.1. Prikupljanje uzoraka

Uzorak se sastojao od 48 ekstrahiranih intaktnih gornjih i donjih trećih molara. U istraživanju je planirano ispitivanje vezne čvrstoće ortodontskih tuba, koje se lijepe na molare, te su se umnjaci tu pokazali kao optimalno rješenje. Svi pacijenti ispunili su informirani pristanak u kojem su upoznati s činjenicom da će njihovi zubi biti korišteni u svrhu istraživanja. Sve metode korištene u ovom istraživanju u skladu su s Etičkim kodeksom Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Stomatološkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu (05-PA-15-6/2017.).

Ekstrahirani zubi prikupljeni su na Zavodu za oralnu kirurgiju Klinike za stomatologiju KBC-a Zagreb. Nakon ekstrakcije pohranjeni su u fiziološkoj otopini na temperaturi od 37 ˚C do početka eksperimenta. U istraživanje je uključeno 48 zubi nasumično podijeljenih u 4 jednake skupine.



Slika 4. Raspodjela uzorka

3.2. Demineralizacija

Uzorci iz grupa 2, 3 i 4 premazani su bezbojnim lakom za nokte, osim prozora veličine 4 x 4 mm na bukalnoj strani, koji je ostao dostupan postupku demineralizacije. Postupak demineralizacije proveden je po protokolu Buskes et al. (29) te je trajao 14 dana uz

neprestano održavanje pH-vrijednosti na 5 i temperature 37˚C. Demineralizacijska otopina se nije miješala niti mijenjala tijekom 14 dana, a pH vrijednost kontrolirala se na dnevnoj bazi te su se manja odstupanja regulirala dodavanjem klorovodične kiseline (HCl).

Slika 5. Inkubator.

Slika 6. Inkubator. Vidljiv položaj uzorka na dnu posude.

3.3. Postupak infiltracije smolom

Uzorci iz grupa 2, 3 i 4 potom su tertiani infiltrirajućom smolom smolom ICON (DMG, Hamburg, Germany) na području lezije po sljedećem protokolu:

1. Klorovodična kiselina (ICON etch) aplicirana je 120 s
2. Ispiranje vodom 30 s i sušenje zrakom

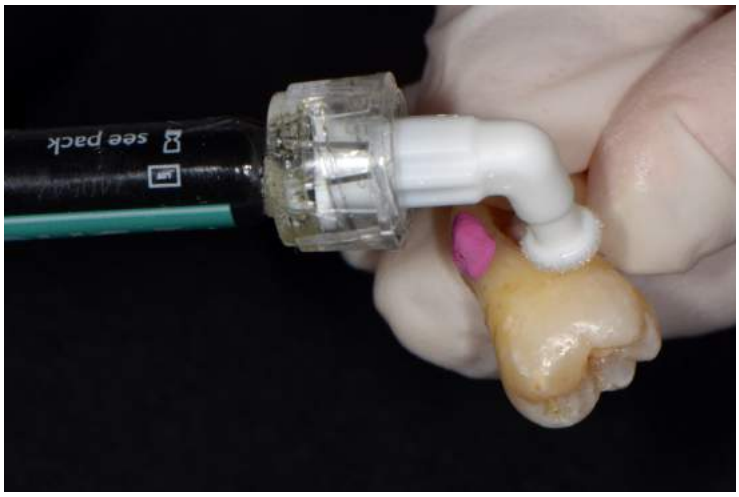
3. Detekcija lezije i tretiranje ICON dry 30 s, sušenje površine

4. ICON infiltrant 180 s i polimerizacija 60 s

5. ICON infiltrant 60 s i polimerizacija 40 s

Slika 7. Sastav ICON sustava

Slika 8. Apliciranje ICON-Dry



Slika 9. Apliciranje ICON-Infiltrant

Tablica 3. Sastav ICON

Icon-Etch	klorovodična kiselina, piogena silicijeva kiselina, površinski aktivne substance
Icon-Dry	99%-tni etanol
Icon-Infiltrant	TEG-DMA-bazirani matriks, inicijatori, aditivi

3.4. Lijepljenje tuba

Na zube u sve četiri skupine zalijepljene su bukalne tube od nehrđajućeg čelika (Victory Series Funneled 2nd Molar Buccal Tubes, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA, površina 14 mm^2). Tube su pozicionirane na sredini bukalne plohe svakog zuba, tako da je uzdužna os tube paralelna s uzdužnom osi zuba. Jedan ispitivač izvršio je lijepljenje svih tuba. Sav višak materijala za lijepljenje uklonjen je sondom prije procesa polimerizacije. Tube su lijepljene s istim kompozitom u sve četiri skupine (Transbond™ XT Light Cure Adhesive Paste). Uzorci su osvijetljeni 20 s iz dva smjera (mezijalno i okluzalno) svjetlosnopolimerizirajućom lampom Bluephase meter (Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein) izlazne snage 1100 mW/cm^2. Neposredno prije svakog postupka polimerizacije izmjerena je izlazna snaga lampe Bluephase metrom (Bluephase meter, Ivoclar/Vivadent, Lichtenstein).

U grupi 1 bukalne tube lijepljene su na intaktnu caklinu. Za jetkanje je korištena ortofosforna kiselina (Ultra-Etch, Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, USA) 15 sekundi, ispiranje

je trajalo 20 sekundi, a sušenje 10 sekundi. Tube su lijepljene koristeći Transbond XT Primer (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) i Transbond XT Paste (3M Unitek, Monrovia, CA, USA)

U grupi 2 demineralizirana caklina, koja je već bila tretirana ICON-om, jetkana je ortofosfornom kiselinom (Ultra-Etch, Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, USA) 15 sekundi, ispiranje je trajalo 20 sekundi, a sušenje 10 sekundi. Tube su lijepljene koristeći Transbond XT Primer (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) i Transbond XT Paste (3M Unitek, Monrovia, CA, USA)

U grupi 3 demineralizirana caklina, koja je već bila tretirana s ICON-om, jetkana je ortofosfornom kiselinom 15 sekundi, ispiranje je trajalo 20 sekundi, a sušenje 10 sekundi. Tube su lijepljene s univerzalnim adhezivom Scotchbond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) i koristeći Transbond XT Paste.

U grupi 4 demineralizirana caklina, koja je već bila tretirana s ICON-om, jetkana je ortofosfornom kiselinom 15 sekundi, ispiranje je trajalo 20 sekundi, a sušenje 10 sekundi. Tube su lijepljene s univerzalnim adhezivom Assure PLUS (Reliance Orthodontic Products, Itasca, IL, USA) i koristeći Transbond XT Paste.

Slika 10. Baza tube

Slika 11. Jetkanje uzorka

Slika 12. Adhezivi korišteni u istraživanju, Transbond XT Primer, Scotchbond Universal, Assure Plus.

Tablica 4. Sastav adheziva

Adheziv	**Sastav**
Transbond XT primer	BIS-GMA, TEGDMA, Triphenylantimony, 4- (dimetilamino)-benzenetanol, DL kamforkinon , hidrokinon
Scotchbond Universal	10-MDP fosfatni monomer, dimetakrilatne smole, BIS-GMA, Viterbond kopolimer, punilo, etanol, voda, inicijatori, silan, HEMA
Assure Plus	BIS-GMA, etanol, 10-MDP fosfatni monomer, HEMA

Slika 13. Polimerizacija materijala za lijepljenje tube.

3.5. Termocikliranje

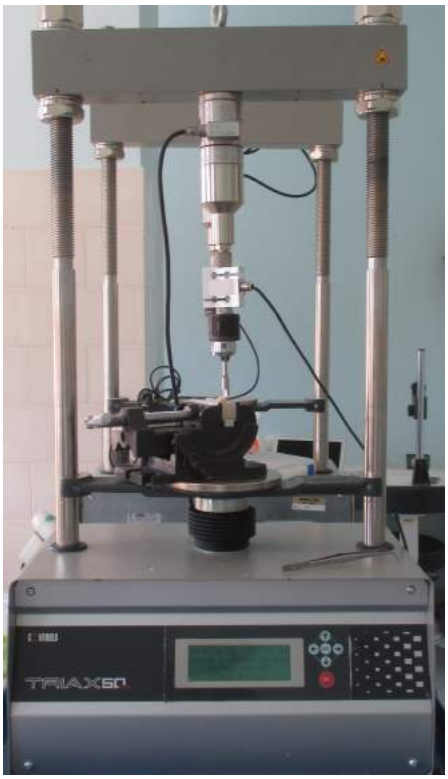
Uzorci iz sve četiri skupine podvrgnuti su procesu termocikliranja u 10000 ciklusa i temperaturi 5-55 C^{o} u intervalima od 10 sekundi. Nakon postupka termocikliranja uslijedilo je

ulaganje zubi u plastične kalupe pomoću akrilata za hladnu polimerizaciju. (Orthocryl, Dentaurum).

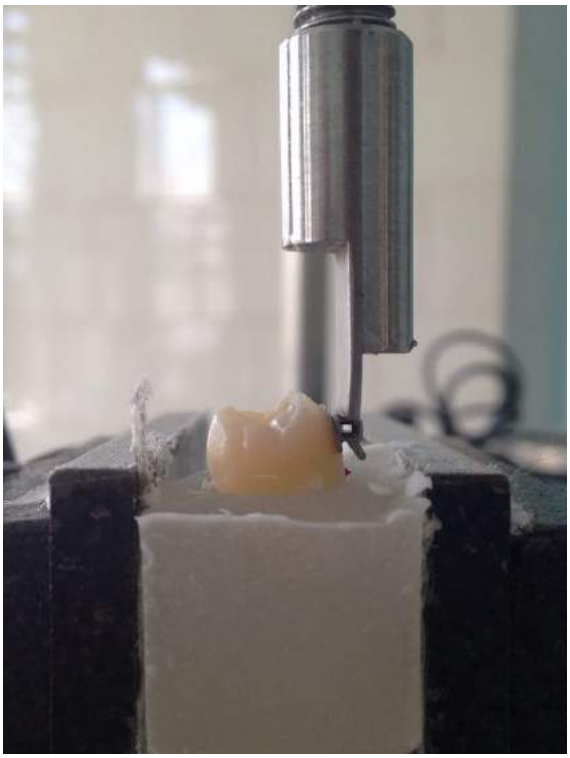
Slika 14. Uzorak nakon ulaganja u kalupe s akrilatom za hladnu polimerizaciju.

3.6. Mjerenje vezne čvrstoće

Vezna čvrstoća mjerila se univerzalnim testnim uređajem (Triax50, Controls S.P.A., Milano, Italija) okluzalno-gingivnim smjera opterećenja na bravicu sa silom okomitom na kontaktnu površinu zub-bravica. Tuba je opterećena sondom u obliku skalpela pri brzini od 1 mm/min do trenutka pucanja veze. Vezna čvrstoća izračunata je dijeljenjem iznosa sile (N) izmjerene nakon odlamanja tube i površine baze tube (mm^2) i izražena je u megapaskalima (MPa).



Slika 15. Univerzalni testni uređaj (Triax50, Controls S.P.A., Milano, Italija).



Slika 16. Smjer opterećenja skalpela na bravicu

3.7. Određivanje indeksa zaostatne smole

Nakon uklanjanja bukalnih tuba, površina cakline i baza svake tube pregledani su stereomikroskopom (Nikon SMZ645, Tokyo, Japan) uz povećanjem od 10 puta kako bi se odredila količina zaostatnog sloja adheziva prema ARI indeksu (*adhesive remnant index*) te kako bi se odredila eventualna caklinska oštećenja u vidu frakturnih pukotina. ARI indeks sadrži 4 stupnja: 0 = adheziv se ne nalazi na površini cakline, 1 = manje od pola adheziva je na površini cakline, 2 = više od polovine adheziva je na površini cakline i 3 = cijeli adheziv kao i jasne impresije baze bravice na površini su cakline.

Slika 17. Stereomikroskop.

3.8. Statistička analiza

Statistička analiza napravljena je uz pomoć programa IBM SPSS (Statistics version 21 for Mac, Chicago, IL, USA). Deskriptivna statistika koja uključuje srednju vrijednost, standardnu devijaciju, maksimalnu vrijednost i minimalnu vrijednost izračunata je za svaku grupu. Normalnost distribucije izračunata je Kolmogorov–Smirnovljevim testom.

Za usporedbu vezne čvrstoće korišteni su analiza varijance (ANOVA) i Tukey-Kramer HSD post-hoc test s nivoom značajnosti od $p < 0,05$.

Razlike u indeksu zaostatne smole testirane su Kruskal – Wallis testom s nivoom značajnosti od $p < 0,05$.

4. REZULTATI

4.1. Rezultati mjerenja vezne čvrstoće

Rezultat mjerenja aritmetičke sredine vezne čvrstoće u skupini 3, u kojoj je kao adheziv korišten Scotchbond Universal, pokazao je najnižu vrijednost (10,23 MPa).

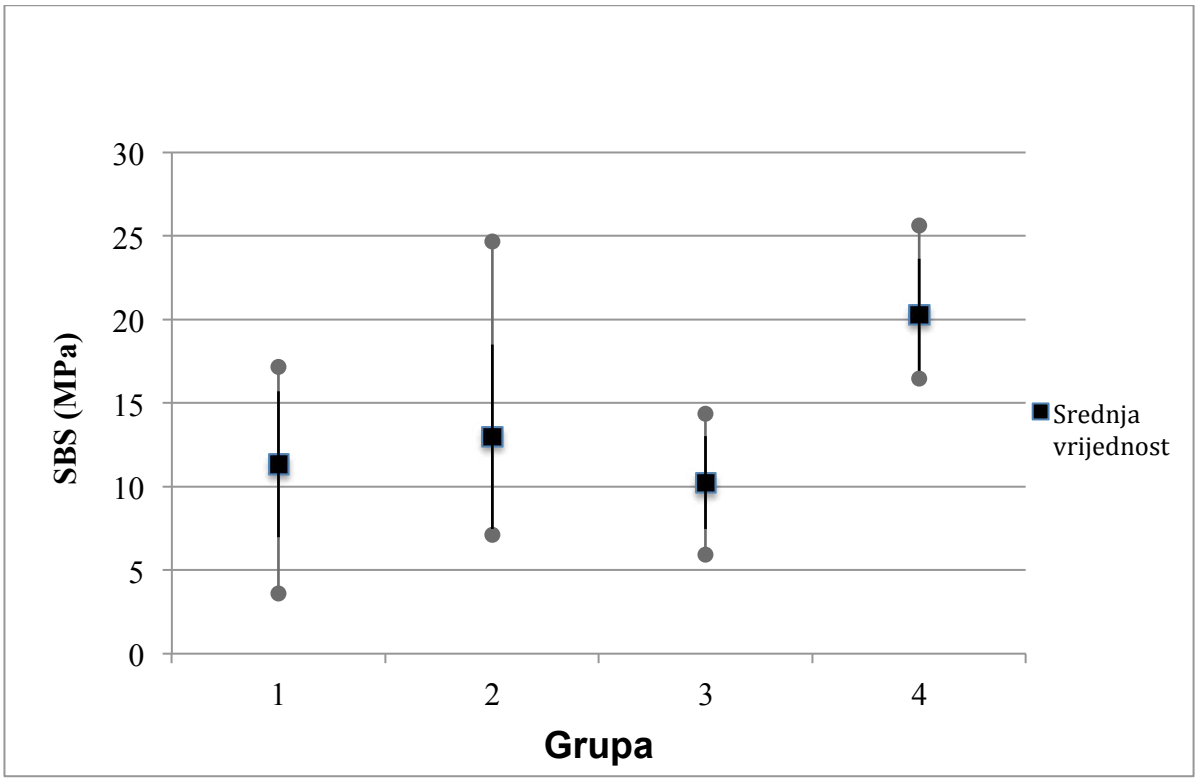
Statistički značajno veća ($F = 1,37$; $p \leq 0,001$) vezna čvrstoća detektirana je u grupi 4, u kojoj je demineralizirana caklina tretirana ICON-om, a Assure plus je korišten je kao adheziv, u odnosu na preostale tri skupine.

Najniža vrijednost izmjerene vezne čvrstoće bila je u skupini 1 (3,60 MPa), a najviša u skupini 4 (26,62 MPa).

Tablica 5. Deskriptivna statistika i usporedba vezne čvrstoće (SBS, shear bond strength) između 4 grupe.

Grupa	Vel. uzorka	SBS				ZNAČAJNOST			
		Srednja vrijednost	**SD**	**Min**	**Max**	**ANOVA**	**TUKEY**		
							Grupa 2	**Grupa 3**	**Grupa 4**
I	12	11,33	4,36	3,60	17,15	F=14,37 P= ,000	,757	,915	,000
II	12	12,99	5,51	7,12	24,67			,369	,001
III	12	10,23	2,77	5,94	14,36				,000
IV	12	20,28	3,35	16,45	25,62				

Između grupa 1, 2 i 3 nije pronađena statistički značajna razlika.



Slika 18. Vezna čvrstoća u sve četiri grupe.

4.2. Usporedba zaostatnog sloja adheziva

Promatranjem caklinske površine i baze tube pod stereomikroskopom pri povećanju od 10 puta sve četiri ispitivane skupine pokazale su veću varijabilnost rezultata nakon uklanjanja tuba. Većina rezultata pripada u prva tri stupnja ARI indeksa.

Nije dokazana statistički značajna razlika između četiri skupine za vrijednosti indeksa zaostatne smole.

Tablica 6. Rezultati ARI indeksa.

	Vel.uzorka	ARI				Značajnost (Kruskall-Wallis Test)
		0 br.slučajeva	**1 br.slučajeva**	**2 br.slučajeva**	**3 br.slučajeva**	
I	12	6	4	0	2	P= ,742
II	12	3	7	2	0	
III	12	4	7	1	0	
IV	12	4	4	3	1	

5. RASPRAVA

Ciljevi ovog istraživanja bili su izračunati veznu čvrstoću ortodontskih tuba lijepljenih trima različitim adhezivima na demineraliziranu caklinu koja je prethodno bila tretirana infiltrirajućom smolom. Rezultati su pokazali da infiltracijska tehnika na demineraliziranoj caklini ne smanjuje veznu čvrstoću ortodontskih tuba u odnosu na veznu čvrstoću na zdravoj caklini. Naprotiv, kod jednog je od tri adheziva (Assure Plus) SBS je bio značajno veći, dok kod druga dva adheziva (Scotchbond Universal i Transbond XT Primer) nije imao utjecaj na SBS. Iz svega navedenog, nul hipoteza djelomično je odbačena.

Kako bi se mogla proučavati vezna čvrstoća na demineraliziranoj caklini, u istraživanju je bilo potrebno prvo napraviti in vitro inicijalne karijesne lezije. Umjetne lezije stvorene su po protokolu kojeg je prvi opisao Buskes (29). Metoda je odabrana jer je korištena u brojnim istaživanjima (23, 70, 71) te su lezije koje su na ovaj način demineralizirane pokazale ujednačen dizajn i dosljedna histološka svojstva (72). Kao što je bilo navedno u prethodnim istraživanjima, područja koja nisu bila predviđena za demineralizaciju premazana su bezbojnim lakom (47, 72).

Iako umjetno stvorene karijesne lezije imaju sličnu histološku strukturu kao i in vivo lezije, površinski sloj je kod prirodnih lezija deblji (40-50 μm) u usporedbi s dobivenim in vitro (20 μm) (31, 73). Brojna istraživanja (66, 74, 75) koristila su kraće jetkanje, najčešće 5 sekundi, s 20%-tnom - 37%-tnom orotofosfornom kiselinom. Međutim, nedavna studija je pokazala da je jetkanje s 37%-tnom ortofosfornom kiselinom nedovoljno da bi se uklonio 25 μm dubok površinski sloj in vitro stvorene lezije (76). Naprotiv, jetkanje 120 sekundi klorovodičnom kiselinom u potpunosti uklanja površinski sloj in vitro stvorene karijesne lezije bez uništavanja dubljih slojeva (76). Navedni protokol korišten je i ovom istraživanju.

Demineralizirani uzorak tretiran je infiltracijskim sustavom prije nego što je na njega apliciran jedan od tri adheziva. Prvi korak u korištenju infiltacijskog sustava bio je jetkanje s 15% HCl po preporuci proivođača. Dosadašnje studije (61, 77) pokazale su da korištenje 15% HCl omogućuje gotovo kompletnu eroziju karijesne lezije u usporedbi s 35% ortofosfornom kiselinom te se tako dobiva mnogo bolja penetracija infiltracijske smole.

Drugi korak po naputku proivođača je apliciranje 99%-tnog etanola kako bi u potpunosti uklonila voda koja se nalazi u mikroporoznom dijelu tijela lezije te kako bi se omogućila penetracija smole u leziju kapilarnom silom (78).

Treći korak uključuje aplikaciju infiltrirajuće smole, i to u dvije faze.

Kako bi se povećao penetracijski koefcijent infiltrirajućih smola u poroznoj caklini, u njihovom sastavu povećan je veći udio trietilenglikol dimetakrilata (TEG-DMA) (65). Sastavi monomera koji sadržavaju veći udio TEG-DMA, poput ICON-a, pokazuju veću kapilarnu penetraciju (79) i uzrokuju stvaranje debelog kisikom inhibiranog sloja (79) te vjerojatno dolazi do stvaranja kemijske veze između infiltracijskog sredstva i monomera primera (80). Wiegand i sur. (81) dokazali su da infiltrirajuća smola bazirana na TEGDMA ima veću mogućnost penetracije lezije u odnosu na konvecionalni adheziv, koji u sastavu ima BisGMA i TEGDMA. TEGDMA je hidrofobni monomer i da bi došlo do potpune infiltracije lezije smolom potrebno je prethodno tretirati leziju etanolom kako ne bi bilo ostataka vode. Ipak, ovaj monomer je povezan s mogućnošću degradacije materijala nakon određenog vremena (82). U ovom istraživanju to nije potvrđeno unatoč starenju materijala, koje je postignuto termocikliranjem, vezna čvrstoća na infiltriranoj caklini nije smanjena u odnosu na kontrolnu skupinu.

Postupak ispitivanja vezne čvrstoće in vitro priznat je kao metoda kojom se mjeri adhezivna sila. Kako bi se točnije mogli usporediti rezultati, sila koja se dobije mjerenjem, konvertira se iz N/mm^2 u MPa (83). Mnogi faktori mogu utjecati na dobivene vrijednosti: tip adheziva koji se koristi, značajke materijala od kojeg je baza bravice napravljena, način na koji se uzorak čuva, brzina kojom sonda testnog uređaja opterećuje bravicu, način polimerizacije, podloga na koju se bravica lijepi (84). Yamaguchi i sur. (83) u svom istraživanju ispitivali su kako brzina kojom testni uređaj opterećuje bravicu utječe na vrijednosti vezne čvrstoće. Zaključak je da brzina između 0,1 mm/min-10 mm/min ne uzrokuje značajne razlike u SBS te da je utjecaj brzine opterćenja na veznu čvrstoću zanemariv. U ovom istraživanju korištena je brzina opterećenja od 1 mm/min te je ista vrijednost korištena u brojnim drugim studijama (70–72, 85, 86).

Naidu i sur. (85) pokazali su da je predtretman infiltirajućim sustavom na umjetno stvorenim inicijalnim lezijama povećavao SBS različitih adhezijskih sustava. Kao razlog navode dublju penetraciju infiltrata u tijelo lezija u usporedbi s primerima ili pastama. Također, navode da inflitracijski sustav stabilizira leziju. Učestalost fraktura kod demineralizirane cakline bila je značajno smanjenja u usporedbi s uzorkom koji nije tretiran smolom.

Vezna čvrstoća adhezivnog sustava treba biti dovoljno snažna da se može oduprijeti silama u orofacijalnoj regiji. Reynolds i sur. (87) sugeriraju da bi prosječne vrijednosti vezne čvrstoće trebale biti u okviru 5,9 - 7,8 Mpa. Srednje vrijednosti SBS-a u sve četiri skupine dobivene u

ovom istraživanju zadovoljavajuće su za kliničku primjenu. Najniže vrijednosti vezne čvrstoće dobivene su u skupini 3, gdje je korišten Scotchbond te je vrijednost od 10,33 Mpa klinički prihvatljiva.

Ekizer i sur. (67) zaključuju da se infiltracijom poroznih lezija one mehanički osnažuju te se na taj način može prevenirati razvoj karijesne lezije. Također, u svom istraživanju su pokazali da demineralizirana caklina tretirana s kombinacijom infiltracijske smole i CPP-ACP aplikacijom pokazujuje značajno veću veznu čvrstoću u odnosu na netretiranu demineraliziranu caklinu.

Costenoble i sur. (80) u rezultatima ne nalaze razliku između vezne čvrstoće demineraliziranih uzoraka tretirani ICON-om i vezne čvrstoće zdrave cakline, što je djelomično u skladu s rezultatima našeg istraživanja. Isto tako navode da bi ortodontsko lijepljenje trebalo napraviti odmah ili kratko nakon infiltracijske procedure.

Transbond XT primer, koji je korišten u grupi 1 i 2, smatra se jednim od standardnih adheziva u ortodontskom lijepljenju te je bio predmetom brojnih istraživanja (25, 67, 80, 88). Dosadašnje studije pokazale su da predtretamn infiltracijskom smolom nije smanjio veznu čvrstoću na demineraliziranoj caklini u slučajevima kad je kao adheziv korišten Transbond XT (72, 88). Također, dosadašnja istraživanja pokazala su da predtretman infiltracijskom smolom ne smanjuje veznu čvrstoću, kako na zdravoj tako i na demineraliziranoj caklinu (81) Jia i sur. (71) zaključili su da predtretman infiltracijskom smolom ne utječe na veznu čvrstoću adheziva koji se apliciraju nakon klasičnog postupka jetkanja, dok povećavaju SBS samojetkajućih adheziva.

Ipak, Attin i sur. (25) demonstrirali su da je vezna čvrstoća značajno smanjenja na demineralizranoj caklini koja je predhodno tretirana infiltracijskom smolom u usporedbi s veznom čvrstoćom na zdravoj caklini. Spomenuti rezultati u suprotnosti su s rezultatima iz ovog istaživanja. Također, njihovi rezultati pokazuju generalno više vrijednosti SBS u odnosu na rezultate iz ove studije. Razliku u rezultatima moguće je objasniti činjenicom da su korištene različite metodologije. U našem istraživanju uzorak je prošao kroz proces termocikliranja, dok u gore spomenutom istraživanju to nije slučaj. Proces termocikliranja koji je primjenjen u ovom istraživanju odgovara jednogodišnjem intervalu (89).

Uzorci su u istraživanju bili pohranjeni u fiziološkoj otopini te su prije ispitivanja vezne čvrstoće podvrgnuti procesu termocikliranju 10000 puta. Termocikliranje je učestalo

korištena metoda kojom se provodi in vitro starenje materijala (90, 91). Literatura navodi da su obje metode, termocikliranje i pohranjivanje u vodi, efikasne kad se koriste u in vitro modelima kako bi se simulirari in vivo uvjeti (92).

Koliko nam je poznato, nijedna prijašnja studija nije istraživala aplikaciju dva adheziva, Scotchbond i Assure PLUS, na demineraliziranoj caklini predtretiranoj infiltracijskom smolom. Promatrajući sastav oba adheziva moguće je uočiti sličnost. MDP primer, koji je prisutan u sastavu oba adheziva, omogućava kemijsku vezu sa strukturama zuba jer se vezuje za kalcij hidroksiapatita (93). U našem istraživanju ortodontske tube lijepljne su na površinu cakline predhodno tretiranu infiltracijskom smolom. Iz predhodno navednog, može se zaključiti da se prisutnost MDP primera u sastavu ova dva adheziva ne može smatrati prednošću kad se uspoređuju s Transbond XT primerom te se to reflektira u rezultatima grupa 1, 2 i 3. Ipak, rezultati u grupi 4, gdje je apliciran Assure PLUS, pokazuju značajno veću veznu čvrstoću.

Kad je površina cakline nakon jetkanja kontaminirana slinom, većina se pora u caklini okludira te ne može doći do penetracije smolom. Tada dolazi do smanjenja vezne čvrstoće (94, 95). Da bi se doskočili ovom problemu proizvođači su osmislili hidrofilne materijale, kako bi se moglo ostvariti upješno lijepljenje čak i onda kad je površina kontaminirana slinom. Ovo je posebno važno za lijepljenje na teže dostupnja mjesta poput lijepljenja ortodontskih tuba na posterirorne zube, zatim lijepljenja na impaktirane zube tijekom kiruškog zahvata, lingvalnog lijepljenja ili lijepljene fiksnih reteinera. HEMA (2-hidroksilmetakrilat), najčešće korišten hidrofilni monomer, prisutan je u sastavu Scotchbond-a i Assure PLUS-a. HEMA ima veliku mogućnost absorpcije vode te može dovesti do redukcije mehaničkih svojstava i dezintegracije matriksa (96).

Assure PLUS korišten je predhodnom istraživanju u kojem je ispitivan SBS na zubima s fluorozom i bez prisutnosti fluoroze. Rezultati su pokazali veći SBS u obje skupine u usporedbi sa skupinama kad je apliciran Transbond XT. Spomenuti rezultati u skladu su s rezultatima našeg istraživanja. Dodatno, Öztoprak i sur. (97) demonstrirali su da Assure PLUS pokazuje znatno veće vrijednosti SBS u odnosu na Transbond XT uvjetima kad je uzorak kontaminiran krvlju.

Stupanj konverzije adheziva također može imati utjecaj na veznu čvrstoću tuba, jer on ima direktan utjecaj na kemijska, fizikalna i mehanička svojstva materijala (96). Nedavno

istraživanje, u kojem se uspoređivao stupanj konverzije različitih adheziva korištenih u ortodonciji, pokazalo je da nema značajne razlike u stupnju konverzije između Scotchbond-a i Transbond-a (98). Nažalost, nismo pronašli istraživanje o stupnju konverzije Assure PLUS-a. Nedavno istraživanje pokazalo je da vezna čvrstoća ortodontskih elementa ne ovisi o stupnju koneverzije (99).

Promatrajući površinu zuba stereomikroskopom nakon uklanjanja tuba pod povećanjem od 10 puta nije utvrđena značajna razlika između četiri skupine u količini zaostatnog cementa na površini cakline i bazi tube. Prve tri skupine nisu pokazale veću varijabilnost u rezultatima količine zaostatnog sloja, dok je četvrta skupina pokazala nešto veću varijabilnost u rezultatima. Većina vrijednosti u sve četiri skupine pripada ARI-indeksu u prva dva stupnja (0 = adheziv se ne nalazi na površini cakline, 1 = manje od pola adheziva je na površini cakline). Pored prva dva stupnja, u četvrtoj skupini primijećena je veća pojavnost trećeg stupnja (2 = više od polovine adheziva na površini cakline), iako ta razlika nije statistički značajna. Objašnjenje veće divergentnosti rezultata u četvrtoj skupini može se tražiti u veznoj čvrstoći koja je značajno veća u ovoj skupini u odonosu na preostale tri grupe te do pucanja veze dolazi i unutar samog materijala, a ne samo na površini cakline.

Različiti autori preferiraju različite rezultate ARI indeksa. Mnogi autori smatraju da je poželjnije da do pucanja veze dođe na razini bravica - materijal za lijepljenje nego na razini caklina - materijal (89, 100). Kao objašnjenje za navedni stav navodi se da se ovako izbjegava puknuće cakline ili njeno odlamanje kad se sila aplicira u procesu kidanja ortodontskih elemenata.

Drugi autori navode da je bolje da do pucanja veze dođe između cakline i materijala jer na ovaj način na caklini ostaje manje materijala za lijepljenje te ga je jednostavnije ukloniti, a da se pritom ne ošteti caklina. Također, smanjuje se i vrijeme koje pacijent provodi u ordinaciji. Literatura pokazuje da materijal za lijepljenje ima mogućnost penetracije cakline do 50 μm (76) te se onda može očekivati da se svrdlom uklanja caklina do tebe dubine.

Albaladejo i sur. (101) su u rezultatima pokazali da je do pucanja veze između bravice i cakline došlo u području adheziva (ARI 1 i 2) te da to može biti dobro za očuvanje površine cakline. O'Brien i sur. (102) su zaključili da ARI vrijednosti ovise o mnogim faktorima, kao što su dizajn baze bravice i vrsta adheziva koji se korisiti, te da ne ovise samo o veznoj čvrstoći.

Unatoč rezultatima ARI indeksa ovog istraživanja koja su pokazala da je do pucanja veze dolazilo na razini caklina - materijal te unutar adheziva, stereomikroskopsko promatranje površine cakline nije otkrilo frakture. To znači da čak ni visoke vrijednosti SBS-a nisu oštetile površinu cakline.

Rezultati ARI indeksa dobiveni u ovom istraživanju u skladu su s rezultatima istraživanja Naidu i sur. (85) u kojem također prevladavaju stupnjevi 0 i 1. Zanimiljivo, u navedeno, istraživanju su pronašli statistički značajnu razliku u frakturi cakline nakon uklanjanja bravica kod demineralizirane cakline koja nije predtretirana infiltrirajućim sustavom u usporedbi s onom kojom koja je infiltrirana. Rezultati ARI indeksa koje su dobili Mews i sur. (72) u suprotnosti su s rezultatima iz ovog istraživanja. Stupanj 3 prevladava u skupinama koje su demineralizirane te potom tretirane infiltriarajućom smolom.

Rezultati našeg istraživanja pokazali su obećavajuć učinak infiltrirajuće smole u kombinaciji s tri različita adheziva. Međutim, promatrajući in vitro istraživanja, potrebno je naglasiti da treba biti oprezan s usporedbama s in vivo uvjetima. Svakako, in vitro istraživanja mogu pružiti vrijedne informacije za in vivo situacije te se mogu korisiti u svakodnevnoj kliničkoj praksi. U ovom području potrebna su daljna istraživanja, posebno u in vivo uvjetima.

6. ZAKLJUČCI

Analizirajući dobivene rezultate može se zaključiti:

1. Nema dokaza da metoda infiltracije smolom smanjuje veznu čvrstoću ortodontskih tuba na demineraliziranoj caklini.

2. Lijepljenje na demineraliziranoj caklini, nakon što se lezija stabilizira infiltracijskom metodom, može se napraviti bez rizika da će doći do smanjenja vezne čvrstoće.

3. Sva tri adheziva korištena u istraživanju pokazala su klinički prihvatljivu veznu čvrstoću na demineraliziranoj caklini predtretiranoj infiltracijskom smolom.

4. Vezna čvrstoća Assure PLUS-a pokazala je značajno veće vrijednosti u odnosu na druga dva adheziva na demineraliziranoj caklini predtretiranoj infiltracijskom smolom.

5. Vezna čvrstoća Assure PLUS-a pokazala je značajno veće vrijednosti u odnosu na kontrolnu skupinu.

6. Nema razlike između skupina u ARI indeksu. Vrijednosti dobivene u ovom istraživanju pokazale su da do pucanja dolazi pretežito na vezi cakline i adheziva.

7. Rezultati dobiveni u ovom istraživanju moraju se sagledati kroz prizmu in vitro uvjeta. Daljnja istraživanja u ovom području potrebna su u in vivo uvjetima.

7. LITERATURA

1. Sutalo J. Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva. Naklada Zadro; 1994.
2. Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G, Attal J-P. White defects on enamel: Diagnosis and anatomopathology: Two essential factors for proper treatment (part 1). Int Orthod [Internet]. 2013;11(2):139–65. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1761722713000314
3. Torres C, Borges A. Color Masking of Developmental Enamel Defects: A Case Series. Oper Dent [Internet]. 2015;40(1):25–33. Available from: http://www.jopdentonline.org/doi/10.2341/13-346-T
4. Yanagisawa T, Takuma S, Fejerskov O. Ultrastructure and composition of enamel in human dental fluorosis. Adv Dent Res. 1989;3(2):203–10.
5. Denbesten P, Li W. Chronic fluoride toxicity: Dental fluorosis. Monogr Oral Sci. 2011;22:81–96.
6. Weerheijm K. Molar incisor hypomineralisation. Evid Based Dent. 2017;18(1):15–6.
7. Crombie FA, Manton DJ, Palamara JEA, Zalizniak I, Cochrane NJ, Reynolds EC. Characterisation of developmentally hypomineralised human enamel. J Dent [Internet]. 2013;41(7):611–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2013.05.002
8. Ten Cate JM, Buijs MJ, Miller CC, Exterkate RAM. Elevated fluoride products enhance remineralization of advanced enamel lesions. J Dent Res. 2008;87(10):943–7.
9. Bulla JG. Detection, diagnosis and management of the early carious lesion. 2013;
10. Holmen L, Thylstrup A, Artun J. Clinical and histological features observed during arrestment of acitve enamel carious lesions in vivo. Caries Res. 1987;21:546–54.
11. Benham AW, Campbell PM, Buschang PH. Effectiveness of pit and fissure sealants in reducing white spot lesions during orthodontic treatment: A pilot study. Angle Orthod. 2008;79(2):338–45.
12. O'Reilly MM, Featherstone JDB. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: An in vivo study. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1987;92(1):33–40.
13. Julien KC, Buschang PH, Campbell PM. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. Angle Orthod. 2013;83(4):641–7.
14. Gwinnett AJ, Ceen RF. Plaque distribution on bonded brackets: A scanning microscope study. Am J Orthod. 1979;75(6):667–77.
15. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzel-Gutenbrunner M, Pieper K. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. Caries Res. 2008;42(2):79–87.

16. Buonocore MG. Enamel Surface in “White-Spot” Formation. J Dent Res. 1963;42(2):724–31.
17. Schaneveldt S, Foley TF. Bond strength comparison of moisture-insensitive primers. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2002;122(3):267–73.
18. Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. Am J Orthod. 1982;82(4):269–76.
19. Thiyagarajah S, Spary DJ, Rock WP. A clinical comparison of bracket bond failures in association with direct and indirect bonding. J Orthod. 2006;33(3):198–204.
20. Read MJF, O’Brien KD. A clinical trial of an indirect bonding technique with a visible light-cured adhesive. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1990;98(3):259–62.
21. Uysal T, Bayasal A, Uysal B, Aydinbelge M A-Q. Can demineralized enamel surfaces be bonded safely? Acta Odontol Scand [Internet]. 2014;72(4):283–9. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23964632
22. Shahabi M, Moosavi H, Gholami A AF. In vitro effects of several surface preparation methods on shear bond strength of orthodontic brackets to caries-like lesions of enamel. Eur J Paediatr Dent [Internet]. 2012;13(3):197–202. Available from: http://admin.ejpd.eu/download/2012.03.05.pdf%5Cnhttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed14&NEWS=N&AN=365691962
23. Jimenez EEO, Hilgenberg SP, Rastelli MC, Pilatti GL, Orellana B, Coelho U. Rebonding of unused brackets with different orthodontic adhesives. Dental Press J Orthod [Internet]. 2012;17(2):69–76. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-94512012000200014&lng=en&tlng=en
24. Vianna JS, Marquezan M, Lau TCL, Sant’Anna EF. Bonding brackets on white spot lesions pretreated by means of two methods. Dental Press J Orthod [Internet]. 2016;21(2):39–44. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-94512016000200039&lng=en&tlng=en
25. Attin R, Stawarczyk B, Keçik D, Knösel M, Wiechmann D, Attin T. Shear bond strength of brackets to demineralize enamel after different pretreatment methods. Angle Orthod. 2012;82(1):56–61.
26. Zero DT. In situ caries models. Adv Dent Res. 1995;9(3).
27. Larsen MJ. Demineralization of human enamel. Eur J Oral Sci. 1974;82(7):491–5.

28. Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. J Dent Res. 1997;76(9):1587–95.
29. Buskes JAKM, Christoffersen J, Arends J. Lesion formation and lesion remineralization in enamel under constant composition conditions: A new technique with applications. Caries Res. 1985;19(6):490–6.
30. Moron B.M., Comar L.P., Wiegand A., Buchalla, Yu H., Buzalaf M.A.R. MAC. Different Protocols to Produce Artificial Dentine Carious Lesions in vitro and in situ : Hardness and. 2013;162–70.
31. Magalhães AC, Moron BM, Comar LP, Wiegand A, Buchalla W, Buzalaf MAR. Comparison of cross-sectional hardness and transverse microradiography of artificial carious enamel lesions induced by different demineralising solutions and gels. Caries Res. 2009;43(6):474–83.
32. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Factors affecting the development of carious lesions in bovine teeth in vitro. Arch Oral Biol. 1998;43(8):619–28.
33. Gray JA. Kinetics of enamel dissolution during formation of incipient caries-like lesions. Arch Oral Biol. 1966;11(4).
34. Featherstone JDB, Rodgers BE. Effect of acetic, lactatic and other organic acids on the formation of artifical carious lesions. Caries Res [Internet]. 1981;15:377–85. Available from: http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150
35. Cate JMTEN. In situ models, physico-chemical aspects. 1994;125–33.
36. Xue J, Li W, Swain M V. In vitro demineralization of human enamel natural and abraded surfaces: A micromechanical and SEM investigation. J Dent. 2009;37(4):264–72.
37. Karlinsey RL, Mackey AC, Walker TJ, Frederick KE, Blanken DD, Flaig SM, et al. In vitro remineralization of human and bovine white-spot enamel lesions by NaF dentifrices: A pilot study. J Dent Oral Hyg [Internet]. 2011;3(2):22–9. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21643437%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3105352
38. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Månsson B. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;113(6):595–602.
39. Shungin D, Olsson AI, Persson M. Orthodontic treatment-related white spot lesions: A 14-year prospective quantitative follow-up, including bonding material assessment.

Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]. 2010;138(2):136.e1-136.e8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.05.020

40. Willmot DR. Scientific section: White lesions after orthodontic treatment: Does low fluoride make a difference? J Orthod. 2004;31(3):235–42.
41. Mellberg JR, Chomicki WG, Mallon DE, Castrovince LA. Remineralziation in vivo of artifical caries lesions by a monofluorophosphate dentifrice. Caries Res. 1985;19:126–36.
42. Willmot D. White Spot Lesions After Orthodontic Treatment. Semin Orthod. 2008;14(3):209–19.
43. Ogaard B. Prevalence of white spot lesions in 19-years-olds : A study on Untreated and Orthodonticably Treated persons 5 Years After Treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1989;96:423–7.
44. Lee Linton J. Quantitative measurements of remineralization of incipient caries. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996;110(6):590–7.
45. Huang GJ, Brie R-C, Mills BE, Schalchi S, Spiekerman C, Korpak AM, et al. Effectiveness of MI Paste Plus and PreviDent fluoride varnish for treatment of white spot lesions: A randomized controlled trial Greg. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2013;143(1):31–41.
46. Singh S, Singh SP, Goyal A, Utreja AK, Jena AK. Effects of various remineralizing agents on the outcome of post-orthodontic white spot lesions (WSLs): a clinical trial. Prog Orthod [Internet]. 2016;17(1). Available from: http://dx.doi.org/10.1186/s40510-016-0138-9
47. Pulido MT, Wefel JS, Hernandez MM, Denehy GE, Guzman-Armstrong S, Chalmers JM, et al. The inhibitory effect of MI paste, fluoride and a combination of both on the progression of artificial caries-like lesions in enamel. Oper Dent. 2008;33(5):550–5.
48. Cross KJ, Huq NL, Palamara JE, Perich JW, Reynolds EC. Physicochemical characterisation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate nanocomplexes. J Biol Chem [Internet]. 2005;280(15):15362–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M413504200
49. Bailey DL, Adams GG, Tsao CE, Hyslop A, Escobar K, Manton DJ, et al. Regression of post-orthodontic lesions by a remineralizing cream. J Dent Res. 2009;88(12):1148–53.
50. Beerens MW, Van Der Veen MH, Van Beek H, Ten Cate JM. Effects of casein phosphopeptide amorphous calcium fluoride phosphate paste on white spot lesions and

dental plaque after orthodontic treatment: A 3-month follow-up. Eur J Oral Sci. 2010;118(6):610–7.

51. Murphy TC, Willmot DR, Rodd HD. Management of postorthodontic demineralized white lesions with microabrasion: A quantitative assessment. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2007;131(1):27–33.
52. Ng F, Manton DJ. Aesthetic management of severely fluorosed incisors in an adolescent female. Aust Dent J. 2007;52(3):243–8.
53. Welbury RR, Carter NE. The hydrochloric acid-pumice microabrasion technique in the treatment of post-orthodontic decalcification. Br J Orthod. 1993;20(3):181–5.
54. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod. 1984;85(4):333–40.
55. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. J Dent. 2007;35(12):889–96.
56. Attin T, Schmidlin PR, Wegehaupt F, Wiegand A. Influence of study design on the impact of bleaching agents on dental enamel microhardness: A review. Dent Mater. 2009;25(2):143–57.
57. Kim Y, Son HH, Yi K, Ahn JS, Chang J. Bleaching effects on color, chemical, and mechanical properties of white spot lesions. Oper Dent. 2016;41(3):318–26.
58. Gizani S, Kloukos D, Papadimitriou A, Roumani T, Twetmane S. Is bleaching effective in managing post-orthodontic white-spot lesions? A systematic review. Oral Health Prev Dent. 2020;18(1):1–10.
59. Robinson C, Hallsworth AS, Weatherell JA, Künzel W. Arrest and Control of Carious Lesions: A Study Based on Preliminary Experiments with Resorcinol-Formaldehyde Resin. J Dent Res. 1976;55(5):812–8.
60. Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM. Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. Caries Res. 2007;41(3):223–30.
61. Meyer-Lueckel H, Paris S. Improved resin infiltration of natural caries lesions. J Dent Res. 2008;87(12):1112–6.
62. Borges AB, Caneppele TMF, Masterson D, Maia LC. Is resin infiltration an effective esthetic treatment for enamel development defects and white spot lesions? A systematic review. J Dent [Internet]. 2017;56:11–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2016.10.010
63. Paris S, Schwendicke F, Keltsch J, Dörfer C, Meyer-Lueckel H. Masking of white spot

lesions by resin infiltration in vitro. J Dent. 2013;41(SUPPL.5).

64. Kielbassa AM, Ulrich I, Schmidl R, Schüller C, Frank W, Werth VD. Resin infiltration of deproteinised natural occlusal subsurface lesions improves initial quality of fissure sealing. Int J Oral Sci [Internet]. 2017;9(2):117–24. Available from: http://dx.doi.org/10.1038/ijos.2017.15
65. Paris S, Meyer-Lueckel H, Cölfen H, Kielbassa AM. Penetration coefficients of commercially available and experimental composites intended to infiltrate enamel carious lesions. Dent Mater. 2007;23(6):742–8.
66. Meyer-Lueckel H, Paris S. Progression of artificial enamel caries lesions after infiltration with experimental light curing resins. Caries Res. 2008;42(2):117–24.
67. Ekizer A, Zorba YO, Uysal T, Ayrikcil S. Effects of demineralizaton-inhibition procedures on the bond strength of brackets bonded to demineralized enamel surface. Korean J Orthod. 2012;42(1):17–22.
68. Sonesson M, Bergstrand F, Gizani S, Twetman S. Management of post-orthodontic white spot lesions: an updated systematic review. Eur J Orthod. 2017;39(2):116–21.
69. Kim S, Kim EY, Jeong TS, Kim JW. The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. Int J Paediatr Dent. 2011;21(4):241–8.
70. Gaur A, Maheshwari S, Verma S, Tariq M. Effects of adhesion promoter on orthodontic bonding in fluorosed teeth: A scanning electron microscopy study. J Orthod Sci [Internet]. 2016;5(3):87–91. Available from: http://www.jorthodsci.org/text.asp?2016/5/3/87/186165
71. Jia L, Stawarczyk B, Schmidlin PR, Attin T, Wiegand A. Effect of caries infiltrant application on shear bond strength of different adhesive systems to sound and demineralized enamel. J Adhes Dent [Internet]. 2012;14(6):569–74. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22724105
72. Mews L, Kern M, Ciesielski R, Fischer-Brandies H, Koos B. Shear bond strength of orthodontic brackets to enamel after application of a caries infiltrant. Angle Orthod. 2015;85(4):645–50.
73. Bergman G, Ove Lind P. A Quantitative Microradiographic Study of Incipient Enamel Caries. J Dent Res. 1966;45(5):1477–84.
74. Gray GB, Shellis P. Infiltration of resin into white spot caries-like lesions of enamel: an in vitro study. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2002 Mar;10(1):27–32.
75. Mueller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, Hopfenmuller W, Kielbassa AM. Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application

procedure. Oper Dent. 2006;31(3):338–45.

76. Belli R, Rahiotis C, Schubert EW, Baratieri LN, Petschelt A, Lohbauer U. Wear and morphology of infiltrated white spot lesions. J Dent [Internet]. 2011;39(5):376–85. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2011.02.009
77. Paris S, Dörfer CE, Meyer-Lueckel H. Surface conditioning of natural enamel caries lesions in deciduous teeth in preparation for resin infiltration. J Dent. 2010;38(1):65–71.
78. Meyer-Lueckel H, Paris S, Mueller J, Cölfen H, Kielbassa AM. Influence of the application time on the penetration of different dental adhesives and a fissure sealant into artificial subsurface lesions in bovine enamel. Dent Mater. 2006;22(1):22–8.
79. Shawkat ES, Shortall AC, Addison O, Palin WM. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. Dent Mater. 2009;25(11):1338–46.
80. Costenoble A, Vennat E, Attal JP, Dursun E. Bond strength and interfacial morphology of orthodontic brackets bonded to eroded enamel treated with calcium silicate-sodium phosphate salts or resin infiltration. Angle Orthod. 2016;86(6):909–16.
81. Wiegand A, Stawarczyk B, Kolakovic M, Hämmerle CHF, Attin T, Schmidlin PR. Adhesive performance of a caries infiltrant on sound and demineralised enamel. J Dent. 2011;39(2):133–40.
82. Munksgaard EC, Freund M. Enzymatic hydrolysis of (di)methacrylates and their polymers. Eur J Oral Sci. 1990;98(3):261–7.
83. Yamaguchi K, Miyazaki M, Takamizawa T, Tsubota K, Rikuta A. Influence of crosshead speed on micro-tensile bond strength of two-step adhesive systems. Dent Mater. 2006;22(5):420–5.
84. Hellak A, Ebeling J, Schauseil M, Stein S, Roggendorf M, Korbmacher-Steiner H. Shear Bond Strength of Three Orthodontic Bonding Systems on Enamel and Restorative Materials. Biomed Res Int. 2016;2016:1–10.
85. Naidu E, Stawarczyk B, Tawakoli PN, Attin R, Attin T, Wiegand A. Shear bond strength of orthodontic resins after caries infiltrant preconditioning. Angle Orthod. 2013;83(2):306–12.
86. Yetkiner E, Ozcan M, Wegehaupt FJ, Wiegand A, Eden E, Attin T. Effect of a low-viscosity adhesive resin on the adhesion of metal brackets to enamel etched with hydrochloric or phosphoric acid combined with conventional adhesives. J Adhes Dent. 2013;15(6):575–81.
87. Reynolds IR, von Fraunhofer JA. Direct Bonding of Orthodontic Brackets—a

comparative study of adhesives. Br J Orthod [Internet]. 1976 Jul 1;3(3):143–6. Available from: https://doi.org/10.1179/bjo.3.3.143

88. VelI I, Akin M, Baka ZM, Uysal T. Effects of different pre-treatment methods on the shear bond strength of orthodontic brackets to demineralized enamel. Acta Odontol Scand. 2015;(April):1–7.
89. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent. 1999;27(2):89–99.
90. Cerekja E, Cakirer B. Effect of short curing times with a high-intensity light-emitting diode or high-power halogen on shear bond strength of metal brackets before and after thermocycling. Angle Orthod. 2011;81(3):510–6.
91. Torres LS, Alves LAC, Fava M, Di Nicoló R. Effects of thermomechanical and thermocycling on the shear bond strength of brackets to bovine enamel bonded with conventional and self-etching adhesive systems. Brazilian Dent Sci. 2015;18(3):98.
92. Yuasa T, Iijima M, Ito S, Muguruma T, Saito T, Mizoguchi I. Effects of long-term storage and thermocycling on bond strength of two self-etching primer adhesive systems. Eur J Orthod. 2010;32(3):285–90.
93. Fukegawa D, Hayakawa S, Yoshida Y, Suzuki K, Osaka A, Van Meerbeek B. Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. J Dent Res. 2006;85(10):941–4.
94. Hormati AA, Fuller JL, Denehy GE. Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel. J Am Dent Assoc. 1980;100(1):34–8.
95. Grandhi RK, Combe EC, Speidel TM. Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2001;119(3):251–5.
96. Tauscher S, Angermann J, Catel Y, Moszner N. Evaluation of alternative monomers to HEMA for dental applications. Dent Mater [Internet]. 2017;33(7):857–65. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.04.023
97. Öztoprak MO, Isik F, Sayinsu K, Arun T, Aydemir B. Effect of blood and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with 4 adhesives. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2007;131(2):238–42.
98. Sena LMF de, Barbosa HAM, Caldas SGFR, Ozcan M, Souza RO de AE. Effect of different bonding protocols on degree of monomer conversion and bond strength between orthodontic brackets and enamel. Braz Oral Res. 2018;32:e58.
99. Yılmaz B, Bakkal M, Zengin Kurt B. Structural and mechanical analysis of three

orthodontic adhesive composites cured with different light units. J Appl Biomater Funct Mater. 2020;18.

100. Northrup RG, Berzins DW, Bradley TG, Schuckit W. Shear bond strength comparison between two orthodontic adhesives and self-ligating and conventional brackets. Angle Orthod. 2007;77(4):701–6.
101. Albaladejo A, Montero J, Gómez De Diego R, López-Valverde A. Effect of adhesive application prior to bracket bonding with flowable composites. Angle Orthod. 2011;81(4):716–20.
102. O'Brien KD, Watts DC, Read MJF. Residual debris and bond strength-Is there a relationship? Am J Orthod Dentofac Orthop. 1988;94(3):222–30.

8. ŽIVOTOPIS

Marina Šimunović Aničić rođena je 4. listopada 1986. godine u Splitu. Osnovnu školu te potom Prvu gimnaziju završava u 2005. godine u Splitu. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija stipendist je Grada Splita. U 2011. godini diplomira na Stomatološkom fakultetu te započinje pripravnički staž u Domu zdravlja Zagreb Istok. Nakon položenog državnog ispita 2012. godine počinje raditi u Specijalističkoj stomatološkoj ordinaciji za ortodonciju u Splitu. Godine 2014. započinje specijalizaciju iz ortodoncije na Klinici za stomatologiju KBC-a Zagreb i 2017.godine nakon položenog specijalističkog ispita postaje specijalist ortodont.

Vrlo dobro govori engleski i španjolski jezik te dobro govori njemački jezik.

Naziv objavljenog rada iz disertacije:

1. Šimunović Aničić M, Goracci C, Juloski J, Miletić I, Meštrović S. The influence of resin infiltration pretreatment on orthodontic bonding to demineralized human enamel. Applied sciences 2020 (10) 3619; doi:10.3390/app10103619 (Q2)

Popis ostalih objavljeni radovi:

1. Šimunović Aničić M, Perković V, Gabrić D, Lajnert V, Meštrović S. Effect of a double dose of photobiomodulation therapy on orthodontic pain caused by elastomeric separators. AMJ 2020;13(12):310 – 316. (Q4)

2. Šimunović Aničić M, Perković V, Meštrović S Effect of a double dose of photobiomodulation therapy on orthodontic pain caused by elastomeric separators // 51st SIDO International congress "Contemporary Orthodontics and Future Trends" Abstract book Firenza, Italija, 2020. str. 22 .

3. Šimunović Aničić M, Goracci C, Juloski J, Miletić I, Meštrović S. The influence of resin infiltration pre- treatment on orthodontic bonding to demineralized human enamel // 95th European Othodontic Society Congress Nica, Francuska, 2019. SP 329 .