

Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet u Zagrebu

Julia Jaćimović i Ivan Čoza

TROŠENJE STAKLENIH IONOMERA USLIJED ČETKANJA RUČNOM
ČETKICOM I ELEKTRIČNOM SONIČNOM ČETKICOM

Zagreb, 2025.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom dr. sc. Anje Ivice i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2024./2025.

Lektor rada za hrvatski jezik: Manuela Obad, mag. philol. croat.

Lektor rada za engleski jezik: Ivana Gabrijele Turina, univ. bacc. philol. ang.

Rad sadrži:

26 stranica

0 tablica

6 slika

1 CD

POPIS KRATICA

SIC - staklenoionomerni cement

ppm – engl. *parts per million*, hrv. dijelovi na milijun

HEMA - engl. *2-hydroxylethyl methacrylate*, hrv. 2-hidroksietil-metakrilat

HV - engl. *hardness Vickers*, hrv. oznaka za tvrdoću po Vickersu

RDA – engl. *relative dentin abrasivity*, hrv. relativna abrazivnost dentina

SADRŽAJ

1. UVOD 1	
1.1. Održavanje oralne higijene	1
1.2. Staklenoionomerni materijali i utjecaj četkanja na njih	2
1.3. Svrha rada i ciljevi	3
1.4. Nulta hipoteza	4
2. MATERIJALI I METODE	5
2.1. Power analiza	5
2.2. Etičko povjerenstvo	5
2.3. Materijali i skupine	5
2.4. Mjerenje mase	6
2.5. Hrapavost površine	6
2.6. Mikrotvrdoća	6
2.7. Četkanje	7
2.8. Suspenzija za četkanje	8
2.9. Statistička analiza	9
3. REZULTATI	10
3.1. Masa	10
3.2. Hrapavost	11
3.3. Mikrotvrdoća	12
4. RASPRAVA	13
5. ZAKLJUČAK	15
6. ZAHVALE	16
7. LITERATURA	17
8. SAŽETAK	21
9. SUMMARY	22

1. UVOD

1.1. Održavanje oralne higijene

Uzroci karijesa i bolesti potpornih tkiva zuba povezani su s kompleksnim međudjelovanjem bakterija i organizma domaćina (1). Zubni plak je složena mikrobna zajednica koja se taloži na površini zuba u obliku biofilma i ima ključnu ulogu u razvoju oralnih bolesti, posebno karijesa i parodontnih oboljenja, koja zahvaćaju značajan dio svjetske populacije (2).

Glavni faktor u prevenciji karijesa i parodontnih bolesti je dobra oralna higijena. Iako je farmakološka kontrola plaka široko prihvaćena (4), osnovni i najvažniji način provođenja oralne higijene jest četkanje zuba (3). Istraživanja su pokazala da je mehaničko uklanjanje zubnog plaka ključan čimbenik u kontroli navedenih bolesti, pri čemu se preporučuje četkanje zuba najmanje dvije minute, dva puta dnevno, kako bi se postigla optimalna oralna higijena (5). Učinkovitost četkanja ovisi o mnogim faktorima, kao što su vrsta same četkice, tehnika četkanja, vrsta zubne paste, vrijeme četkanja, prethodno korištenje interdentalnih četkica ili konca i dr. (6). Nadalje, učinkovitost uklanjanja plaka uvelike ovisi o motivaciji, vještini ispitanika te njegovoj edukaciji (7).

Četkanje se kao metoda uklanjanja plaka koristilo još u starom Egiptu, a s vremenom je napredovalo korištenjem zubnih pasta (8). U literaturi se razlikuju dvije osnovne vrste zubnih četkica: manualne i električne. Porast interesa za oralno zdravlje potaknuo je brojna istraživanja o učinkovitosti različitih metoda održavanja oralne higijene te je 60-tih godina 20. stoljeća predstavljena električna četkica (9). Suvremene električne četkice, koje dijelimo u skupine prema mehanizmu i kombinaciji pokreta koje izvide (sonične, oscilirajuće-rotirajuće, cirkularne, ultrasonične, ionske), pokazale su se učinkovitijim pri uklanjanju zubnog plaka od manualnih četkica (9, 10). Danas su najčešće komercijalno dostupne četkice s oscilirajućom-rotirajućom i visokofrekventnom soničnom tehnologijom (11). Učinkovitost soničnih četkica u uklanjanju plaka bila je predmet istraživanja različitih studija, međutim, zbog heterogenosti uzorka i vrsta četkica, rezultati su kontradiktorni; nekoliko studija pokazalo je da su električne četkice za zube bolje od ručnih, druge studije su pokazale da su obje jednako učinkovite u uklanjanju zubnog plaka (9, 12-14).

Unatoč svojoj presudnoj ulozi u oralnom zdravlju, četkanje je istovremeno i mehanički čimbenik koji može utjecati na trajnost dentalnih restauracija (15). Mehanička abrazija,

uzrokovana četkanjem zuba, osobito u kombinaciji s abrazivnim česticama zubne paste, može dovesti do povećanja hrapavosti površine i trošenja materijala (16).

1.2. Staklenoionomerni materijali i utjecaj četkanja na njih

Među materijalima restaurativne dentalne medicine koji su doživjeli značajan napredak u posljednjim desetljećima staklenoionomerni cementi (SIC) zauzimaju posebno mjesto (17). Prošli su kroz niz poboljšanja mehaničkih svojstava materijala te biokompatibilnosti i adhezije kako bi bili u skladu sa današnjim principima minimalno invazivne te biološke terapije, ali i osigurali trajnost restauracije (18).

SIC su dvokomponentni su materijali, sastavljeni od praha i tekućine. Prah se sastoji od čestica kalcij-fluoro-aluminijskog silikatnog stakla. Uobičajeni sastav praha je kalcij fluorid (CaF_2), silicij dioksid (SiO_2), aluminijski oksid (Al_2O_3), aluminijski fosfat (AlPO_4), aluminijski fluorid (AlF_3) te natrij fluorid (NaF). Tekućina je 35-65% vodena otopina organskih kiselina, homopolimera i kopolimera karboksilnih kiselina (akrilne, maleinske i itakonske kiseline) te i vinil-fosfonske kiseline (19). Reakcija koja se događa pri spajanju praška s tekućinom je acidobazna reakcija koja se odvija u tri faze: fazi oslobađanja iona, hidrogel fazi te fazi stvaranja soli (18).

Svojstva SIC-a koja ih čine poželjnim materijalima za uporabu u restaurativnoj dentalnoj medicini su biokompatibilnost, otpuštanje fluorida, niska toksičnost, karijesprotektivno djelovanje, nema polimerizacijskog skupljanja, dimenzijska stabilnost pri velikoj vlažnosti te povoljan koeficijent termičke ekspanzije (19). Uz značajne prednosti, SIC ima i određene nedostatke poput velike poroznosti, nedostatne mogućnosti poliranja površine i slabijih mehaničkih i estetskih svojstava, osobito u usporedbi s kompozitnim restaurativnim materijalima (23).

Brojne modifikacije sastava cementa učinjene su kako bi se poboljšala mehanička svojstva SIC-a. Smolom modificirani SIC sadrže sve komponente konvencionalnog SIC-a, ali dodan im je monomer, najčešće 2-hidroksietil-metakrilat (engl. 2-hydroxyethyl methacrylate, HEMA) te fotoinicijator svjetlosne polimerizacije kamforkinon (20). Stvrđavaju se reakcijom polimerizacije uz acidobaznu reakciju. Mehanička svojstva su dodatkom monomera poboljšana, ali je biokompatibilnost samog materijala narušena zbog otpuštanja HEMA monomera i njegove potencijalne citotoksičnosti na stanice pulpe (18). Poboljšanje mehaničkih svojstava dodatkom monomera i dalje nije doseglo željenu razinu (21). Cilj mnogih kasnijih istraživanja bio je poboljšati mehanička svojstva SIC-a, a to se postizalo dodavanjem različitih

čestica punila poput nanočestica titanijeva dioksida i polietilenskih vlakana, srebrnih nanočestica ili bioaktivnih punila poput hidroksilapatita, hitozana (linearni biopolimer koji se dobiva alkalnom deacetilacijom hitina) i bioaktivnog stakla (22).

U suvremenoj dentalnoj medicini se sve više pažnje posvećuje dodatku staklenih vlakana kao djelotvornoj metodi poboljšanja svojstava dentalnih materijala (23, 24). Njihov dodatak pokazao je poboljšanje mehaničkih i fizikalnih svojstava materijala. Najčešće su korištena E-vlakna zbog svoje snažne sposobnosti vezivanja s dentalnim polimerima i dobrih estetskih svojstava (25). SIC modificiran smolom, ojačan kratkim staklenim vlaknima u masenom udjelu od 10, 15 i 20 %, pokazao je povoljna mehanička svojstva, uz istovremeno zadržavanje sposobnosti oslobađanja fluorida i kalcija nakon razdoblja od 30 dana (21).

Dosadašnja in vitro istraživanja ispitivala su abraziju i trošenje djelovanjem četkanja na dentalnim materijalima poput kompozita, konvencionalnih staklenoionomernih cemenata te smolom modificiranih inačica (26-28). Istraživanjima koju su dosad provedena na SIC ojačanim staklenim vlaknima, fokus je bio na testiranje mehaničkih svojstava (21), dok ciljano ispitivanje trošenja uzrokovanog četkanjem još uvijek nije provedeno. Osim manualne četkice važno je ispitati utjecaj sonične četkice na ove materijale jer su električne četkice, zbog svoje jednostavnosti, upotrebe, naprednih tehnologija i same estetike, rado prihvaćene od strane pacijenata (6).

1.3. Svrha rada i ciljevi

Svrha ovog istraživanja bila je ispitati učinak četkanja manualnom i električnom soničnom četkicom na tvornički SIC te staklenim vlaknima modificirani SIC.

Ciljevi rada su sljedeći:

1. Ispitati masu materijala prije i poslije svake vrste četkanja
2. Ispitati hrapavost materijala prije i poslije svake vrste četkanja
3. Ispitati mikrotvrdoću materijala prije i poslije svake vrste četkanja.

1.4. Nulta hipoteza

Prva nulta hipoteza je da nema razlike u trošenju ispitivanih materijala između manualnog četkanja i električnog četkanja na temelju mjerenja sljedećih parametara:

1. Mase
2. Hrapavosti
3. Mikrotvrdoće

Druga nulta hipoteza je da nema razlike u trošenju kontrolnog i modificiranog materijala nakon četkanja, na temelju sljedećih parametara:

1. Mase
2. Hrapavosti
3. Mikrotvrdoće

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Power analiza

Provedena je pilot-studija i analiza snage kako bi se osigurala dostatna statistička snaga za testiranje nulte hipoteze. Veličina uzorka za eksperiment izračunata je na temelju veličine učinka (effect size) od 2, razine značajnosti (vjerojatnost pogreške tipa I) od 0,05 i snage testa od 80 %. Predviđena veličina uzorka (n) iznosila je 6 uzoraka po skupini.

2.2. Etičko povjerenstvo

Protokol istraživanja odobren je od Etičkog odbora Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na IX. redovnoj sjednici održanoj 11. lipnja 2025. godine (broj: 251-60-4/119-13).

2.3. Materijali i skupine

U ovom istraživanju korišten je svjetlosno-polimerizirajući inkapsulirani SIC, Fuji II LC (GC Corporation Tokyo, Japan). Uzorci su pripremljeni u skladu s ISO 4049:2010 standardom (21).

Eksperimentalna skupina pripremljena je pažljivim otvaranjem kapsule i dodavanjem 15% mase praha kratkih staklenih vlakana (Central Glass Fiber Co., Ltd., Tokyo, Japan), promjera 6 μm i prosječne duljine 140 μm . Prije spajanja s tekućom komponentom vlakna su temeljito promiješana s prahom. Nakon toga, kapsula je aktivirana i miješana u uređaju 3M™ ESPE™ CapMix™ (3M ESPE, Seefeld, Njemačka) tijekom 10 sekundi, u skladu s uputama proizvođača. Kontrolna skupina nije sadržavala nikakva vlakna. Za svaku skupinu, eksperimentalnu i kontrolnu, pripremljeno je 12 uzoraka ($n = 12$).

Materijal je nakon miješanja istisnut u suvišku u teflonske kalupe (promjera 5mm i visine 2mm), u skladu s normom ISO 4049 (29) koji su postavljeni na staklenu podlogu prekrivenu acetatnom folijom. Preko materijala ponovno je postavljena acetatna folija te druga staklena pločica kako bi se osigurala dobra kondenzacija te ravna površina uzorka. Uzorci su osvijetljeni polimerizacijskom lampom Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn), s intenzitetom od 950 mW/cm^2 tijekom 20 sekundi sa svake strane te su nakon toga suvišak materijala i acetatna folija uklonjeni.

Uzorci su pohranjeni u bočicama (Laboroprema, Zagreb, Hrvatska) sa 5ml destilirane vode na temperaturi 37°C unutar inkubatora ES 120 (Nüve, Ankara, Turska).

Prema gore navedenom, grupe korištene u ovom istraživanju su sljedeće:

1. Eksperimentalna skupina (SIC s dodatkom vlakana)
 1. a. Četkanje manualnom četkicom
 - 1.b. Četkanje električnom soničnom četkicom
2. Kontrolna skupina
 2. a. Četkanje manualnom četkicom
 - 2.b. Četkanje električnom soničnom četkicom

2.4.Mjerenje mase

Uzorci su vagani analitičkom vagom MS NewClassic (Mettler Toledo AG, Greifensee, Švicarska) nakon sušenja 48 h i postizanja konstantne mase.

2.5.Hrapavost površine

Hrapavost površine uzoraka izmjerena je pomoću uređaja za mjerenje hrapavosti uz korištenje dijamantnog vrha promjera 5 µm (Surftest SJ-210; Mitutoyo, Houston, TX, SAD) i sljedećim postavkama: brzina kretanja igle je bila 0.1 mm/s, primijenjena sila 4 mN, granična vrijednost postavljena je na 0.25 mm, a duljina uzorkovanja na 0.8 mm. Na svakom uzorku izmjereno je tri vrijednosti unutar promjera od 5 mm te je izračunata aritmetička sredina tih vrijednosti.

2.6.Mikrotvrdoća

Mikrotvrdoća izmjerena je uz pomoć uređaja za mjerenje mikrotvrdoće CSV-10 (ESI Prüftechnik GmbH, Wendlingen, Njemačka). Primijenjena je Vickersova metoda, HV.01 tehnika u kojoj je korišten pritisak od 100 g tijekom 10 sekundi koja je korištena u prethodnim istraživanjima mehaničkih svojstava SIC-a (21). Za svaki ispitan uzorak uzeta su tri očitavanja mikrotvrdoće među kojima je razmak bio tri puta veći od njihova promjera. Mikrotvrdoća izražena je u HV (oznaka za tvrdoću po Vickersu, engl. hardness Vickers), a automatski je izračunata uz pomoć formule:

$$VH = 0,1891 \times F/d^2$$

gdje VH = izmjerena mikrotvrdoća prema Vickersu, F = primijenjeno opterećenje (N), a d = duljina dijagonale otiska nastalog tijekom ispitivanja (mm).

2.7. Četkanje

Za četkanje je korišten posebno izrađen uređaj za simulaciju četkanja ručnom četkicom te električnom oscilirajućom četkicom. Uzorci eksperimentalne i kontrolne skupine su nasumično podijeljeni te je pola uzoraka skupine ($n = 6$) četkano uređajem za simulaciju ručnog četkanja, a druga polovica električnom četkicom.

Uz uređaj za ručno četkanje upotrijebljene su glave četkica Colgate Extra Clean Medium (Colgate-Palmolive Europe, Therwil, Švicarska) čija su vlakna duljine 12 mm raspoređena u 35 snopova (30). Glave četkica pričvršćene su vijcima u uređaj te postavljene paralelno te u kontakt sa samim uzorcima (Slika 1). Sila četkanja postavljena je na 2 N, a uzdužno i poprečno gibanje je iznosilo 8 mm.



Slika 1. Uređaj za četkanje

Električna oscilirajuća četkica Philips Sonicare 4300 Series (Koninklijke Philips N. V.; Amsterdam, Nizozemska) također je pričvršćena u uređaj za simulaciju ručnog četkanja, kako bi bila fiksirana na jednakom položaju, no nije upotrijebljen pogon uređaja. Sila pritiska četkice na model je također postavljena na 2 N. Princip rada četkice su linearni oscilirajući pokreti u stranu, okomiti na osovinu četkice i prosječne amplitude od 1mm. Korištena je viša postavka brzine (~ 62000 pokreta u minuti) i zamjenska glava Philips Sonicare A3 Premium All-In-One (Slika 2).

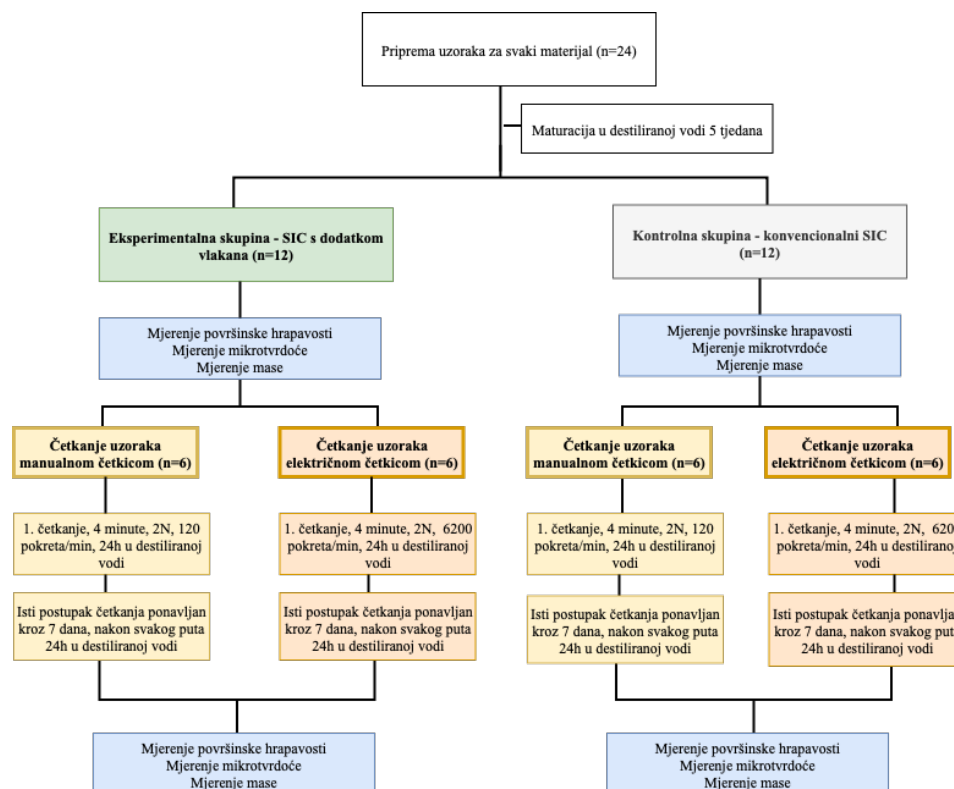


Slika 2. Philips električna četkica i nastavci korišteni u istraživanju

2.8. Suspenzija za četkanje

Kao sredstvo za četkanje korištena je suspenzija zubne paste, pripremljena i mijenjana nakon svakog ciklusa. Sastojala se od 50 g zubne paste Oral B Gum & Enamel Repair (Procter & Gamble, Schwalbach TS, Njemačka), 0.624 g tragakant gume (E413), 24.69 g deionizirane vode i 24.69 g glicerina (Glaconcheme GmbH, Merseburg, Njemačka), a pripremljena je uz pomoć magnetske mješalice (Intllab, Peking, Kina).

Simulirano je dnevno četkanje te je gornja strana svakog uzorka četkana ukupno 4 minute. Svi uzorci ($n = 6$ iz svake skupine) u uređaju četkani su istovremeno. Nakon svakog ciklusa uzorci su ponovno spremljeni u bočice (Laboroprema, Zagreb, Hrvatska) uz 5 mL destilirane vode na temperaturu 37°C , a glave četkica temeljito su isprane destiliranom vodom. Ciklus je ponavljan tijekom 7 dana te su sva navedena mjerenja ponovljena na uzorcima nakon završenih ciklusa četkanja (Slika 3).



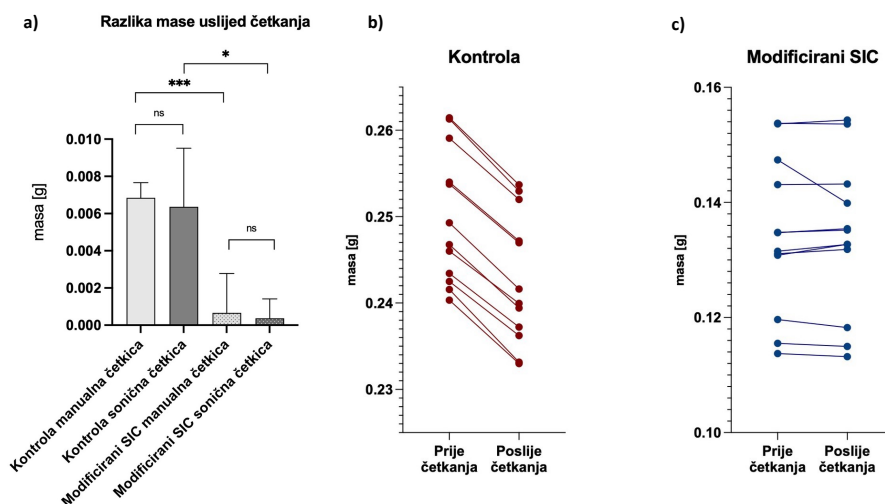
Slika 3. Grafički prikaz postupaka učinjenih na uzorcima

2.9. Statistička analiza

Svi su eksperimenti provedeni neovisno najmanje tri puta kako bi se potvrdila ponovljivost rezultata. Za statističku analizu korišten je softver GraphPad Prism, verzija 9.20 (GraphPad, La Jolla, CA, SAD). Podaci su prikazani kao srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija. Za utvrđivanje statistički značajnih razlika među skupinama korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA). Za višestruke usporedbe primijenjena je Bonferronijeva korekcija. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0.05$.

3. REZULTATI

3.1. Masa



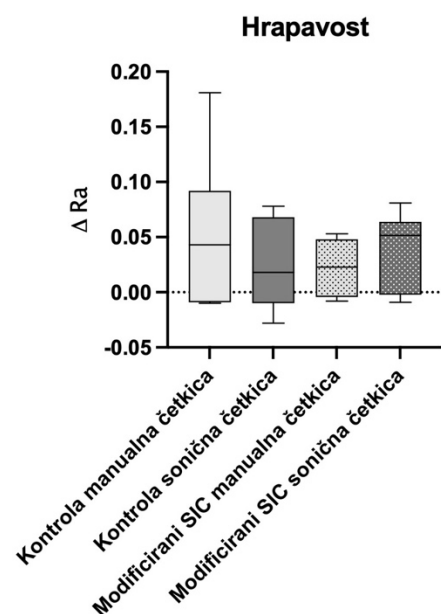
Slika 4 a) grafički prikaz razlika u promjeni mase uslijed četkanja; prikazana je srednja vrijednost te standardna devijacija; ns označava da nema statistički značajne razlike ($p > 0.05$); * označava statističku značajnost $p < 0.05$, dok *** označava statističku značajnost $p < 0.001$; b) grafički prikaz mase svih uzoraka kontrolne skupine prije i poslije četkanja; c) grafički prikaz mase svih uzoraka eksperimentalne skupine prije i poslije četkanja.

Rezultati dobiveni uspoređivanjem izmjerene mase prije četkanja te nakon odrađenih svih 7 ciklusa četkanja prikazani su na slici 4. Na slici 4a prikazane su razlike mase ovisno o materijalu i načinu četkanja, dok se na slici 4b i 4c vide početne i konačne vrijednosti mase svakog pojedinačnog uzorka, neovisno o načinu četkanja.

Uzorci kontrole izgubili su četkanjem statistički znatno veću masu ($0.6843 \text{ mg} \pm 0.082 \text{ mg}$ nakon manualnog četkanja te $0.6603 \text{ mg} \pm 0.2 \text{ mg}$ nakon električnog četkanja) od uzoraka izrađenih od modificiranog SIC-a ($0.166 \text{ mg} \pm 0.1$ nakon manualnog četkanja te $0.085 \text{ mg} \pm 0.06 \text{ mg}$ nakon električnog četkanja). Statistička analiza unutar istog materijala pokazala je da nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0.05$) u gubitku mase uzoraka četkanih manualno i električnom četkicom, iako su nešto manje razlike izmjerene nakon korištenja električne četkice kod oba materijala.

Najveći interval vrijednosti izmjeren je u sonično četkanoj kontrolnoj skupini, dok je najmanji među sonično četkanim uzorcima od modificiranog SIC-a.

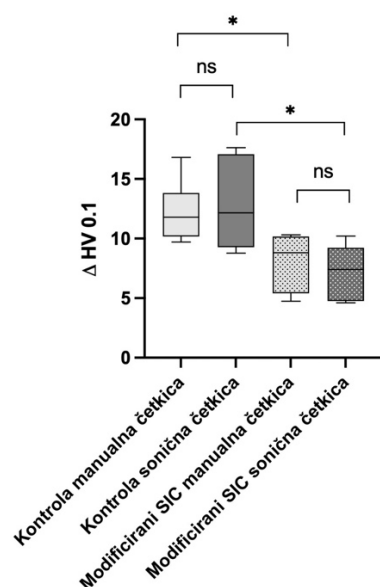
3.2.Hrapavost



Slika 5 Grafički prikaz promjena hrapavosti površine (ΔRa) uslijed četkanja; prikazana je srednja vrijednost te standardna devijacija

Na slici 5 prikazani su rezultati nastali mjerenjem razlike između početne hrapavosti uzoraka te ponovno izmjerene hrapavosti nakon svih ciklusa četkanja. Statistički test ANOVA pokazao je da nema značajne razlike niti među različitim materijalima, niti među različitim vrstama četkanja ($p > 0.05$). U svakoj grupi bilo je i uzoraka kod kojih se nakon četkanja hrapavost smanjila, dok se kod većine ozoraka hrapavost nakon četkanja povećala.

3.3. Mikrotvrdoća



Slika 6 Grafički prikaz usporedbe vrijednosti mikrotvrdoće uslijed četkanja; prikazana je srednja vrijednost te standardna devijacija; * označava statističku značajnost $p < 0.05$; ns označava da nema statistički značajne razlike ($p > 0.05$).

Na Slici 6 prikazane su razlike mikrotvrdoće prije i nakon četkanja. Kod uzoraka od konvencionalnog SIC-a (ručno četkani: 12.21 ± 2.533 , električno četkani: 12.85 ± 3.712) nakon četkanja se mikrotvrdoća značajno više smanjila ($p < 0.05$) nego kod uzoraka izrađenih od cementa obogaćenog vlaknima (ručno četkani: 8.068 ± 2.336 , električno četkani: 7.222 ± 2.217). Između modela koji su manualno četkani nije pronađena značajna razlika u odnosu na modele koji su električno četkani ($p > 0.05$).

4. RASPRAVA

Ovo istraživanje pokazalo je da nema statistički značajne razlike u gubitku mase, hrapavosti i mikrotvrdoći kod uzoraka od tvornički dobivenog svjetlosno-polimerizirajućeg inkapsuliranog SIC-a (Fuji II LC) nakon manualnog četkanja kroz 7 dana po 4 minute u odnosu na isto vremensko razdoblje četkanja uzorka od istog materijala električnom četkicom Philips Sonicare. Također, isti efekt utvrđen je i za modificirane uzorke kod kojih su dodana staklena vlakna. Dakle, prva nulta hipoteza nije odbačena. Međutim, statistički značajne, manje razlike u masi i mikrotvrdoći zabilježene su kod uzoraka modificiranih staklenim vlaknima, neovisno o metodi četkanja. Rezultati su pokazali da primjena kratkih staklenih vlakana kao punila unutar smolom modificirane staklenoionomerne matrice daje superiornija mehanička svojstva u usporedbi s kontrolnom skupinom. Sukladno tome, druga nulta hipoteza djelomično je odbačena, osim u aspektu hrapavosti.

Istraživanje je provedeno od strane dva ispitivača na način da osoba koja je vršila četkanje i očitavala mjerenja nije znala o kojem se uzorku radi. Statistička analiza provedena je od strane treće osobe koja također nije znala koji su koji uzorci. Na taj način smanjuje se pristranost koja bi mogla eventualno dovesti do lažnih rezultata (31).

Smanjena neuromuskularna koordinacija kod osoba s poteškoćama otežava upotrebu ručnih četkica za zube pa su električne četkice za zube predložene kao alternativa (32). Istraživanje na ortodontskim pacijentima pokazalo je da nakon 8 tjedana postoji veće smanjenje plaka uz korištenje sonične četkice u odnosu na ručnu četkicu (12). Vrijeme adolescencije obilježava suprotstavljanje autoritetima, manja briga o zdravlju te povećana briga o estetici (33). Međutim, upravo je to populacija koja rado prihvaća nove tehnologije (34). Iz navedenih razloga, sve se više ljudi odlučuje za korištenje električnih četkica, a četkica korištena u ovoj studiji jedna je od najprodavanijih (35).

Sadašnje istraživanje nije uzimalo u obzir različite zubne paste, već je korištena ista pasta marke Oral B koja sadrži kositrov fluorid (1100 ppm fluorida) i natrijev fluorid (350 ppm fluorida), dok joj je abrazivnost 100-200 RDA. Međutim, korištena je suspenzija zubne paste napravljena prema ISO 11609 standardu kako bi se bolje oponašali uvjeti iz usne šupljine gdje sama zubna pasta dolazi u dodir sa slinom (30).

Prethodna istraživanja pokazala su povećano trošenje cakline i dentina nakon upotrebe sonične četkice (36). U ovoj studiji, sonična četkica Philips Sonicare nije pokazala povećano trošenje niti jedne vrste ispitivanog materijala, što je u skladu s istraživanjima provedenim na kompozitnim i SIC materijalima (37, 38).

Ra je najčešće korišten parametar hrapavosti jer predstavlja jednostavnu aritmetičku sredinu odstupanja površine. Lako se mjeri, interpretira i uspoređuje među različitim istraživanjima. U našem istraživanju nije bilo statistički značajne razlike između uzoraka u aspektu hrapavosti, što se može objasniti i time što je kod svih uzoraka korištena ista zubna pasta. Studija u kojoj je ispitan utjecaj različitih zubnih pasta na hrapavost dentalnih materijala pokazala je povećanje hrapavosti kod svih pasta u usporedbi s uzorcima koji su četkani bez zubne paste (30).

U ovom istraživanju, osim konvencionalnog Fuji II LC materijala, korišten je i modificirani materijal kod kojeg su dodana staklena vlakna. Prethodna istraživanja istaknula su poboljšanje mehaničkih svojstava kod vlaknima modificiranog SIC-a u kontekstu mikrotvrdoće, savojne čvrstoće, tlačne čvrstoće i žilavosti loma (21, 23). Međutim, dodatak vlakana smanjit će mogućnost otpuštanja fluorida koji djeluju protektivno na nastanak karijesa i važan su razlog zbog kojeg bi terapeut posegnuo za SIC-om (20). Budući da se u prethodnim istraživanjima dodatak udjela vlakana od 15% mase kapsule pokazao kao odličan balans između poboljšanja mehaničkih svojstava i mogućnosti otpuštanja fluorida (21), u ovoj studiji ispitivano je trošenje upravo tako modificiranog materijala uslijed četkanja. Ovim istraživanjem pokazano je da se takvi materijali manje troše od konvencionalnog Fuji II LC materijala i kod korištenja manualne četkice i kod korištenja električne sonične četkice.

Ograničenje ove studije jest u tome što je četkanje provedeno relativno kratko; kroz 7 ciklusa od 4 minute; čime je simuliran učinak trošenja koji bi se kod pacijenta odvio unutar 7 dana. Međutim, važno je istražiti i dugoročno trošenje dentalnih materijala te u takvoj studiji usporediti manualnu i električnu soničnu četkicu. Između svakog ciklusa čekanja, uzorci su bili pohranjeni u destiliranoj vodi tijekom sljedeća 24 sata, kako bi se simuliralo razdoblje u usnoj šupljini tijekom dana, gdje slina oplahuje zube i dentalne materijale koji se nalaze na njima. Slina, za razliku od destilirane vode koja je korištena u ovoj studiji, prolazi kroz različite skokove i padove u pH vrijednostima, što je važno za nastanak karijesa, ali i trošenje samih materijala, što nije bilo moguće prikazati u ovoj studiji (39).

5. ZAKLJUČAK

Uz limitacije ove studije moguće je zaključiti da je slično trošenje SIC materijala vidljivo nakon sedmodnevnog korištenja ručne četkice, kao i kod korištenja električne sonične četkice s univerzalnim nastavkom. Međutim, SIC ojačan vlaknima je otporniji na trošenje od tvorničkog SIC-a i nakon ručnog i nakon električnog četkanja.

Nužno je provesti novo istraživanje u kojem bi se isto ispitalo na heterogenijem uzorku te unutar dužeg vremenskog intervala.

6. ZAHVALE

Zahvaljujemo našoj mentorici dr. sc. Anji Ivici na velikodušnoj pomoći, nesebičnom prenošenju znanja, trudu i izdvojenom vremenu tijekom ovog istraživanja. Posebno joj zahvaljujemo na riječima podrške i ukazanom povjerenju.

Također zahvaljujemo i izv. prof. dr. sc. Evi Klarić na pomoći i korisnim savjetima.

Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom HRZZ-IP-2022-10-6065.

7. LITERATURA

1. Lamont RJ, Koo H, Hajishengallis G. The oral microbiota: dynamic communities and host interactions. *Nat Rev Microbiol*. 2018;16(12):745-59.
2. Mladenovic R, Cvetkovic A, Martinovic B, Mladenovic K, Zivkovic M, Arsic Z, et al. Efficiency of chewable toothbrush in reduction of dental plaque in students. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):58.
3. Hitz Lindenmüller I, Lambrecht JT. Oral care. *Curr Probl Dermatol*. 2011;40:107-15.
4. de Lacerda Vidal CF, Vidal AK, Monteiro JG, Jr., Cavalcanti A, Henriques APC, Oliveira M, et al. Impact of oral hygiene involving toothbrushing versus chlorhexidine in the prevention of ventilator-associated pneumonia: a randomized study. *BMC Infect Dis*. 2017;17(1):112.
5. van der Weijden F, Slot DE. Oral hygiene in the prevention of periodontal diseases: the evidence. *Periodontol 2000*. 2011;55(1):104-23.
6. Digel I, Kern I, Geenen EM, Akimbekov N. Dental Plaque Removal by Ultrasonic Toothbrushes. *Dent J (Basel)*. 2020;8(1).
7. Klonowicz D, Czerwinska M, Sirvent A, Gatignol JP. A new tooth brushing approach supported by an innovative hybrid toothbrush-compared reduction of dental plaque after a single use versus an oscillating-rotating powered toothbrush. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):185.
8. Cvikl B, Lussi A. Supragingival Biofilm: Toothpaste and Toothbrushes. *Monogr Oral Sci*. 2021;29:65-73.
9. Yaacob M, Worthington HV, Deacon SA, Deery C, Walmsley AD, Robinson PG, et al. Powered versus manual toothbrushing for oral health. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;2014(6):Cd002281.
10. Ikawa T, Mizutani K, Sudo T, Kano C, Ikeda Y, Akizuki T, et al. Clinical comparison of an electric-powered ionic toothbrush and a manual toothbrush in plaque reduction: A randomized clinical trial. *Int J Dent Hyg*. 2021;19(1):93-8.
11. Thomassen T, Van der Weijden FGA, Slot DE. The efficacy of powered toothbrushes: A systematic review and network meta-analysis. *Int J Dent Hyg*. 2022;20(1):3-17.
12. Sharma R, Trehan M, Sharma S, Jharwal V, Rathore N. Comparison of Effectiveness of Manual Orthodontic, Powered and Sonic Toothbrushes on Oral Hygiene of Fixed Orthodontic Patients. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2015;8(3):181-9.

13. Khan AA, Zehra F, Venkittu P, Thatchayani I, Harishma CV, Shafna S. Evaluation of the Efficacy of Manual Toothbrush Versus Power Toothbrush in Reduction of Gingivitis: A Comparative Clinical Study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2022;14(Suppl 1):S1000-s3.
14. Lucía B, Léna BK, Xavi C, Paniagua B, Pascual-La Rocca A. Efficacy of a new sonic powered toothbrush versus a manual toothbrush in a young population. A randomized cross-over clinical trial. *Int J Dent Hyg.* 2023;21(2):382-8.
15. Ulger O, Demirel A, Oz M, Tamer S. The effect of manual therapy and exercise in patients with chronic low back pain: Double blind randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(6):1303-9.
16. Tellefsen G, Liljeborg A, Johannsen A, Johannsen G. The role of the toothbrush in the abrasion process. *Int J Dent Hyg.* 2011;9(4):284-90.
17. McLean JW. Glass-ionomer cements. *Br Dent J.* 1988;164(9):293-300.
18. Sidhu SK, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater.* 2016;7(3).
19. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int.* 1994;25(9):587-9.
20. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater.* 2008;24(12):1702-8.
21. Ivica A, Šalinović I, Jukić Krmek S, Garoushi S, Lassila L, Säilynoja E, et al. Mechanical Properties and Ion Release from Fibre-Reinforced Glass Ionomer Cement. *Polymers (Basel).* 2024;16(5).
22. Sharafeddin F, Jowkar Z, Bahrani S. Comparison between the effect of adding microhydroxyapatite and chitosan on surface roughness and Microhardness of resin modified and conventional glass ionomer cements. *J Clin Exp Dent.* 2021;13(8):e737-e44.
23. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Reinforcing effect of discontinuous microglass fibers on resin-modified glass ionomer cement. *Dent Mater J.* 2018;37(3):484-92.
24. Souza JCM, Fernandes V, Correia A, Miller P, Carvalho O, Silva F, et al. Surface modification of glass fiber-reinforced composite posts to enhance their bond strength to resin-matrix cements: an integrative review. *Clin Oral Investig.* 2022;26(1):95-107.
25. Hamdy TM. Effect of E-glass fibers addition on compressive strength, flexural strength, hardness, and solubility of glass ionomer based cement. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):739.

26. Momoi Y, Hirosaki K, Kohno A, McCabe JF. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. *Dent Mater.* 1997;13(2):82-8.
27. Yu H, Wegehaupt FJ, Wiegand A, Roos M, Attin T, Buchalla W. Erosion and abrasion of tooth-colored restorative materials and human enamel. *J Dent.* 2009;37(12):913-22.
28. Ishida Y, Miura D, Shinya A. Influence of toothbrush abrasion on the surface characteristics of CAD/CAM composite resin blocks with shade gradations. *Dent Mater J.* 2023;42(2):193-8.
29. ISO 4287:1997. Geometrical Product Specifications (GPS)—Surface Texture: Profile Method—Terms DaSTPIOfSG, Switzerland, 1997.
30. Banic Vidal LS, Šalinović I, Veček NN, Ivica A, Miletić I, Jukić Krmek S. Fluoride Uptake and Surface Characteristics of Ion-Releasing Restoratives After Brushing with Fluoride Toothpastes. *Materials (Basel).* 2025;18(9).
31. Kernan WN, Viscoli CM, Makuch RW, Brass LM, Horwitz RI. Stratified randomization for clinical trials. *J Clin Epidemiol.* 1999;52(1):19-26.
32. Full CA, Kerber PE, Boender P, Schneberger N. Oral health maintenance of the institutionalized handicapped child. *J Am Dent Assoc.* 1977;94(1):111-3.
33. Soldo M, Matijević J, Malčić Ivanišević A, Čuković-Bagić I, Marks L, Nikolov Borić D, et al. Impact of oral hygiene instructions on plaque index in adolescents. *Cent Eur J Public Health.* 2020;28(2):103-7.
34. Erbe C, Klees V, Ferrari-Peron P, Ccahuana-Vasquez RA, Timm H, Grender J, et al. A comparative assessment of plaque removal and toothbrushing compliance between a manual and an interactive power toothbrush among adolescents: a single-center, single-blind randomized controlled trial. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):130.
35. Warren PR, Cugini MA, Chater BV, Strate J. A review of the clinical efficacy of the Oral-B oscillating/rotating power toothbrush and the Philips Sonicare toothbrush in normal subject populations. *Int Dent J.* 2004;54(6):429-37.
36. Bizhang M, Schmidt I, Chun YP, Arnold WH, Zimmer S. Toothbrush abrasivity in a long-term simulation on human dentin depends on brushing mode and bristle arrangement. *PLoS One.* 2017;12(2):e0172060.
37. Goldstein RE, Lamba S, Lawson NC, Beck P, Oster RA, Burgess JO. Microleakage around Class V Composite Restorations after Ultrasonic Scaling and Sonic Toothbrushing around their Margin. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(1):41-8.
38. McDaniel TF, Browning WD, Dickinson G. Effects of sonic toothbrush use on permanent dental luting cements. *Gen Dent.* 2001;49(1):90-3.

39. Llena-Puy C. The rôle of saliva in maintaining oral health and as an aid to diagnosis.
Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006;11(5):E449-55.

8. SAŽETAK

Julia Jaćimović i Ivan Čoza

TROŠENJE STAKLENIH IONOMERA USLIJED ČETKANJA RUČNOM ČETKICOM I ELEKTRIČNOM SONIČNOM ČETKICOM

UVOD: Sonične četkice danas su široko prihvaćene, no dosadašnja istraživanja ukazuju na mogućnost povećane abrazivnosti u odnosu na manualne četkice.

CILJEVI: Ispitati trošenje kapsuliranog staklenoionomernog (Fuji II LC) materijala te vlaknima modificiranog staklenog ionomera uslijed korištenja manualne i električne sonične četkice.

MATERIJALI I METODE: U istraživanju je korišteno 12 uzoraka koji su napravljeni od Fuji II LC materijala te 12 uzoraka od staklenim vlaknima modificiranog materijala. Ispitana je masa, hrapavost te mikrotvrdoća svakog uzorka. Zatim je slučajnim odabirom 6 uzoraka iz svake skupine četkano ručnom četkicom na aparatu za simultano čišćenje te je drugih 6 uzoraka četkano Philips Sonicare električnom četkicom. Simulirano je tjedno čišćenje te je ista strana uzorka četkana ukupno četiri minute u sedam ciklusa. Svi uzorci četkani su uz suspenziju iste zubne paste. Nakon svih ciklusa čišćenja, ponovno je izmjerena masa, hrapavost i mikrotvrdoća.

REZULTATI: Nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0.05$) u gubitku mase, hrapavosti i mikrotvrdoće uzoraka četkanih manualno i električnom soničnom četkicom, iako su nešto manje razlike izmjerene nakon korištenja električne četkice kod oba materijala. Međutim, uzorci od vlaknima modificiranog materijala pokazali su statistički manje trošenje u vidu smanjenja mase i mikrotvrdoće od kontrole ($p < 0.05$).

ZAKLJUČAK: U okviru ove studije, nije uočena razlika u trošenju materijala uslijed korištenja električne sonične četkice u odnosu na manualnu četkicu. Međutim, vlaknima ojačani stakleni ionomeri otporniji su na čišćenje od kontrolnog materijala.

KLJUČNE RIJEČI: stakleni ionomeri, električna četkica, sonična četkica, trošenje materijala, oralna higijena

9. SUMMARY

Julia Jaćimović i Ivan Čoza

WEAR OF GLASS IONOMERS DUE TO MANUAL AND ELECTRIC SONIC TOOTHBRUSHING

INTRODUCTION: Sonic toothbrushes have become widely accepted in modern oral hygiene; however, previous studies suggest they may exhibit increased abrasiveness compared to manual toothbrushes.

OBJECTIVES: To evaluate the wear of encapsulated glass ionomer material (Fuji II LC) and fibre-reinforced glass ionomer caused by manual and electric sonic toothbrushing.

MATERIALS AND METHODS: The study included 12 samples of Fuji II LC and 12 samples of fibre-reinforced glass ionomer. Each sample was assessed for mass, surface roughness, and microhardness. Six randomly selected samples from each group were brushed using a manual toothbrush mounted on a brushing device, while the remaining six were brushed using a Philips Sonicare electric toothbrush. Simulated weekly brushing was performed, with each sample brushed for a total of 4 minutes over seven cycles. The same toothpaste slurry was used throughout. After brushing, mass, roughness, and microhardness were remeasured.

RESULTS: There were no statistically significant differences ($p > 0.05$) in mass loss, surface roughness, or microhardness between the manually and electrically brushed samples. Slightly lower wear values were observed in the sonic brush groups for both materials. However, fibre-reinforced samples demonstrated significantly lower wear in terms of mass loss and microhardness reduction compared to the control ($p < 0.05$).

CONCLUSION: Within the limits of this study, no significant difference in material wear was observed between manual and sonic electric toothbrushes. Nevertheless, fibre-reinforced glass ionomers exhibited greater resistance to brushing compared to the control material.

KEYWORDS: glass ionomers, electric toothbrush, sonic toothbrush, material wear, oral hygiene