

# Učinki ustnih vod z bioflavonoidi na optične lastnosti zobnih restavrativnih materialov v barvi zob

Tihana Divnić-Resnik, Jay Junyang Shen, Jim Vinh The Nguyen, Derek Weidi Lu in Vesna Miletić\*

V raziskavi so preučevali razlike v barvi ( $\Delta E_{00}$ ) in parametru prosojnosti ( $\Delta TP_{00}$ ) nano-polnjenih/mikro-hibridnih kompozitov ter steklasto ionomernega cementa po namakanju v ustnih vodih z bioflavonoidi (Citrox) ali klorheksidinom. Šestdeset ploščatih vzorcev ( $N = 5/\text{skupina}$ ) materialov Filtek Supreme (3M), Gradia Anterior (GC) in Fuji IX (GC) je bilo izpostavljenih pripravkom Citrox/0,2 % CHX (Perio+0,2; Curaprox), Citrox/0,09 % CHX (Perio+0,09; Curaprox), 0,2 % CHX (Savacol; Colgate-Palmolive) ali destilirani vodi, z 2-minutnim tresenjem pripravkov vsak dan v obdobju 28 dni v orbitalnem stresalniku pri 200 rpm in temperaturi 37 °C. S pomočjo kliničnega spektrofotometra so bili narejeni tudi posnetki barv za pridobitev koordinat CIELab. Podatki so bili analizirani s splošnim linearnim modelom ANOVA, Tukeyevim testom ( $\alpha = 0,05$ ) in Pearsonovim testom korelacije. Vrednosti  $\Delta E_{00}$  so bile med 0,33 (Gradia\_Savacol\_Č28) in 6,35 (Fuji\_Savacol\_Č28) ( $p < 0,001$ ). Vrednosti  $\Delta TP_{00}$  so bile med 0,36 (Fuji\_Perio+0,2) in 1,73 (Fuji\_Savacol) ( $p < 0,05$ ). Savacol je imel višji  $\Delta E_{00}$  pri materialih Filtek in Fuji ter  $\Delta TP_{00}$  pri materialu Filtek kot Perio+0,09 in Perio+0,2 ( $p = 0,005$ ). Perio+0,09 in Perio+0,2 sta imela višje vrednosti  $\Delta E_{00}$  pri Č7 kot pri Č28 ( $p < 0,05$ ). Med  $\Delta TP_{00}$  in  $\Delta E_{00}$  ni bilo korelacije ( $r = 0,445$ ;  $p = 0,147$ ). Na splošno sta imeli ustni vodici Perio+0,2 in Perio+0,09 podobni ali nižji vrednosti  $\Delta E_{00}$  in  $\Delta TP_{00}$  kot Savacol. Steklasto ionomerni cement Fuji je imel višjo vrednost  $\Delta E_{00}$  ter podobno ali višjo vrednost  $\Delta TP_{00}$  kot Filtek in Gradia. Pri vseh materialih se je vrednost  $\Delta E_{00}$  pri ustnih vodih Perio+0,2 in Perio+0,09 sčasoma znižala.

Klorheksidin (CHX) velja za »zlato standard« antiseptikov v primarni in sekundarni preventivi gingivitisa in parodontitisa, in sicer kot dodatno sredstvo za odstranjevanje zobnih oblog poleg mehanskega načina<sup>1</sup>. Običajno se uporablja kot protibakterijska ustna vodica v različnih koncentracijah dvakrat dnevno v obdobju največ štirih tednov. Čeprav ima CHX širok spekter protimikrobnega delovanja in izjemne učinke, je vse več poročil o njegovih resnih stranskih učinkih, kot sta tveganje za preobčutljivost tipa I in IV<sup>2</sup> ter povečana protimikrobna odpornost<sup>3,4</sup>. Še ena velika slabost CHX je obarvanje zob<sup>5,6</sup> in estetskih restavrativnih materialov, in sicer kompozitnih smol<sup>7</sup>, cirkonija in feldspat keramike<sup>8</sup>. Bilo je že nekaj poskusov izdelave pripravkov proti obarvanju, ki bi zmanjšali učinek CHX na obarvanje zob, a niso bili preveč uspešni<sup>9</sup>.

V raziskavah so nato preučevali še druge možnosti in analizirali naravne snovi, ki bi lahko dopolnile ali nadomestile CHX v zobnih in medicinskih izdelkih. Bioflavonoidi so fenolne spojine z različnimi dokazanimi biološkimi in zdravju koristnimi učinki ter protivnetnimi, imunomodulatornimi, antioksidativnimi in antimutagenimi lastnostmi<sup>10</sup>. Lahko povečajo žilni upor in pripomorejo k hitrejšemu celjenju ran<sup>11</sup>. Sadje, zelenjava, oreščki, semena in začimbe so najpogostejši viri bioflavonoidov, največ pa jih najdemo v agrumih, borovnicah, robidnicah, čebuli, papriki, origanu in peteršilju<sup>12</sup>.

Citrox je topen pripravek, ki vsebuje kombinacijo devetih bioflavonoidov in organskih kislin ter ima močne protimikrobne, protivnetne in antioksidativne lastnosti<sup>13,14</sup>. Več pripravkov Citroxa v različnih zaviralnih koncentracijah je bilo testiranih za oralno uporabo, pri čemer se je izkazalo, da je Citrox BC30 zavrl rast večine oralnih patogenov pri koncentraciji 1–2 % (v/v)<sup>15</sup>.

V ta namen lahko nižja koncentracija CHX in dodajanje drugega potencialnega antiseptika privede do zmanjšanja stranskih učinkov, ob sočasni ohranitvi protimikrobnega delovanja. Začetne in vitro raziskave so pokazale izboljšan protimikrobni učinek Citroxa 1 % v kombinaciji z različnimi koncentracijami CHX proti običajnim oralnim patogenom, ki so rasli v planktonski obliki ter kot kariogeni in perio-patološki biofilmi<sup>14,16</sup>.

	N	Srednja vrednost	Skupina
Ustna vodica			
Savacol	180	3,7	A
Voda	180	2,4	B
Perio+0,2	180	1,7	C
Perio+0,09	180	1,3	D
Material			
Fuji	240	3,5	A
Filtek	240	2,2	B
Gradia	240	1,1	C
Čas			
21 dni	180	2,6	A
28 dni	180	2,4	A
7 dni	180	2,1	AB
14 dni	180	2,0	B

**Tabela 1.** Povzetek analize GLM podatkov o  $\Delta E_{00}$  za faktorje »ustna vodica«, »material« in »čas«. Srednje vrednosti, ki nimajo iste črke, so značilno drugačne. Informacije o skupinah z uporabo Tukeyeve metode in 95,0-odstotnega intervala zaupanja. N – število opazovanj, srednja vrednost – srednja vrednost  $\Delta E_{00}$  vsake skupine znotraj vsakega faktorja.

Znano je, da ima barva zob velik vpliv na pacientovo samopodobo in kakovost življenja<sup>17</sup>. Drugi vidik barve in videza pa je vpliv na dolgoživost zobnih restavracij, saj je obarvanje površine pomemben klinični kriterij pri njihovem ocenjevanju<sup>18</sup>. Primarnim barvnim atributom sledi prosojnost kot najpomembnejša optična lastnost in eden ključnih dejavnikov, ki vplivajo na estetski videz zobnih restavracij<sup>19</sup>. Na optične lastnosti lahko vplivajo zunanje in notranje razlike v materialih, kot sta hrapavost površine<sup>20</sup> in sorpcija<sup>21,22</sup>.

Znano je, da ima barva zob velik vpliv na pacientovo samopodobo in kakovost življenja<sup>17</sup>. Drugi vidik barve in videza pa je vpliv na dolgoživost zobnih restavracij, saj je obarvanje površine pomemben klinični kriterij pri njihovem ocenjevanju<sup>18</sup>. Primarnim barvnim atributom sledi prosojnost kot najpomembnejša optična lastnost in eden ključnih dejavnikov, ki vplivajo na estetski videz zobnih restavracij<sup>19</sup>. Na optične lastnosti lahko vplivajo zunanje in notranje razlike v materialih, kot sta hrapavost površine<sup>20</sup> in sorpcija<sup>21,22</sup>.

Nedavno objavljeni vizualni pragovi opredeljujejo ujemanje/neujemanje barv in prosojnosti<sup>23</sup> v zobozdravstvu. Vizualni pragovi CIEDE2000 za barvne razlike ( $\Delta E_{00}$ ) so opredeljeni kot popolno ujemanje ( $\Delta E_{00} \leq 0,8$ ), sprejemljivo ujemanje ( $0,8 < \Delta E_{00} \leq 1,8$ ), neujemanje tipa [a] ( $1,8 < \Delta E_{00} \leq 3,6$ ), neujemanje tipa [b] ( $3,6 < \Delta E_{00} \leq 5,4$ ) in neujemanje tipa [c] ( $\Delta E_{00} > 5,4$ ). Podobno so razlike v parametru prosojnosti ( $\Delta TP_{00}$ ) opredeljene kot popolno ujemanje ( $\Delta TP_{00} \leq 0,6$ ), sprejemljivo ujemanje ( $0,6 < \Delta TP_{00} \leq 2,6$ ), neujemanje tipa [a] ( $2,6 < \Delta TP_{00} \leq 5,2$ ), neujemanje tipa [b] ( $5,2 < \Delta TP_{00} \leq 7,8$ ) in neujemanje tipa [c] ( $\Delta TP_{00} > 7,8$ )<sup>23</sup>.

Stabilnost barv mikro-hibridnih in nano-hibridnih/nano-polnjenih kompozitov je bila testirana v različnih klinično relevantnih scenarijih, vključno z učinki površinskega premaza<sup>24</sup>, osnovnega nadomestnega materiala za dentin<sup>25</sup>, belil<sup>26</sup>, ustnih vodici<sup>27,28</sup> ter obarvanih živil<sup>29</sup> in pijac<sup>30-32</sup>. Podobno so bili na obarvanje testirani steklasto ionomerni cementi (SIC), potem ko so bili izpostavljeni obarvanim pijačam<sup>27</sup>, za ustne vodice pa podatki niso na voljo. V nedavno opravljeni meta-analizi so poročali o možnosti obarvanja zobnih kompozitov po uporabi številnih ustnih vodici<sup>33</sup>, ki so na voljo na trgu. Vendar pa v literaturi ni podatkov o učinku ustnih vodici, ki vsebujejo CHX in zlasti kompleks bioflavonoidov (Citrox), na optične lastnosti (barvo in prosojnost) kompozitov in SIC za neposredne zobne restavracije.

Namen raziskave je bil opredeliti  $\Delta E_{00}$  in  $\Delta TP_{00}$  nano-polnjenih in mikro-hibridnih kompozitov ter okrepljenih SIC po namakanju v ustnih vodicih z bioflavonoidi (Citrox/CHX) ali v kontrolni ustni vodici s CHX. Hipoteze v raziskavi so bile naslednje: (1) Ustne vodice z bioflavonoidi in kontrolne ustne vodice s CHX imajo različne učinke na barvo ocenjevanih restavrativnih materialov v več časovnih intervalih v 28-dnevem obdobju izpostavljenosti; (2) ustne vodice z bioflavonoidi in kontrolne ustne vodice s CHX imajo različne učinke na prosojnost ocenjevanih restavrativnih materialov po 28-dnevem obdobju izpostavljenosti in (3) obstaja korelacija med vrednostmi  $\Delta E_{00}$  in  $\Delta TP_{00}$  testiranih materialov po namakanju v ustnih vodicih.

## Rezultati

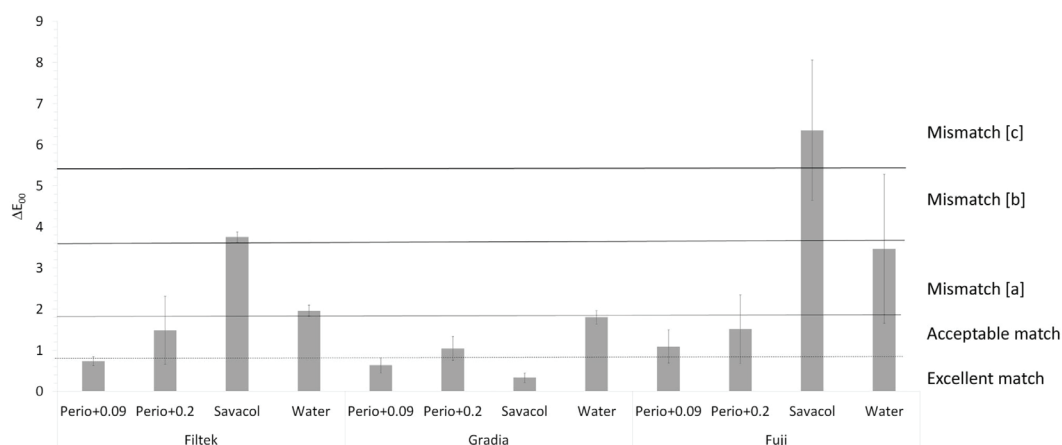
Tabela 1 prikazuje povzetek analize splošnega linearnega modela za faktorje »ustna vodica«, »material« in »čas«. Obe ustni vodici Perio+ sta imeli nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  kot Savacol in voda, pri čemer je imela ustna vodica Perio+0,09 značilno nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  kot Perio+0,2 ( $p < 0,05$ ). Savacol je imel najvišjo vrednost  $\Delta E_{00}$  od vseh testiranih raztopin ( $p < 0,05$ ). Ugotovljene vrednosti  $\Delta E_{00}$  za testirane materiale so bile v sledečem vrstnem redu: Fuji > Filtek > Gradia ( $p < 0,05$ ). Po 7, 21 in 28 dneh ni bilo značilnih razlik v obarvanju ( $p > 0,05$ ). Interakcija faktorjev »ustna vodica«, »material« in »čas« je bila značilna ( $p < 0,05$ ).

Nadaljnja analiza znotraj faktorjev je predstavljena v tabeli 2. Primerjava časovnih intervalov za vsako kombinacijo materiala in ustne vodice je pokazala značilno višjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Filteku in Gradii v Č7 kot v Č28 pri vseh ustnih vodicih ( $p < 0,05$ ), z izjemo Filteka v Perio+0,2 ( $p = 0,221$ ). Savacol je imel značilno višjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Fujiju v Č28 kot v Č7 ( $p = 0,008$ ). Obe ustni vodici Perio+ sta imeli nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Fujiju v Č28 kot v Č7, vendar je bila razlika statistično značilna za Perio+0,2 ( $p = 0,019$ ). Voda je imela podobno vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Fujiju ( $p = 0,269$ ) in Gradii ( $p = 0,251$ ) v Č7 in Č28 ter nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Filteku v Č28 ( $p < 0,05$ ).

Primerjava ustnih vodici v različnih kombinacijah materiala in časa je pokazala, da je imel Savacol značilno višjo  $\Delta E_{00}$  pri Filteku in Fujiju kot ostale ustne vodice ( $p < 0,05$ ) v istem časovnem intervalu, razen Filteka v Č14 in Fujija v Č7 ( $p > 0,05$ ).

Material	Ustna voda	Čas			
		Č7	Č14	Č21	Č28
Filtek	Perio+ 0,09	1,39 (0,07) A,c	0,54 (0,13) C,b	1,25 (0,27) A,c	0,73 (0,11) B,a*,#
	Perio+ 0,2	2,26 (1,07) A,b	2,01 (1,26) A,a	1,84 (1,21) A,b	1,48 (0,83) A,b,*
	Savacol	4,19 (0,09) A,a	2,58 (0,22) C,a	4,07 (0,24) A,a	3,75 (0,12) B,c,*
	Voda	2,45 (0,19) A,b	2,17 (0,15) B,a	2,31 (0,18) AB,b	1,96 (0,14) C,d,*
Gradia	Perio+ 0,09	0,93 (0,30) A,b	0,68 (0,17) B,c	0,53 (0,30) B,c	0,64 (0,19) B,a,#
	Perio+ 0,2	1,77 (0,25) A,a	1,04 (0,27) B,c	1,13 (0,36) B,b	1,04 (0,29) B,b,*
	Savacol	0,52 (0,15) A,c	0,60 (0,23) A,c	0,61 (0,15) A,c	0,33 (0,12) B,c,#
	Voda	2,00 (0,19) A,a	1,97 (0,42) A,a	1,88 (0,22) A,a	1,80 (0,16) A,d,*
Fuji	Perio+ 0,09	1,43 (0,52) A,b	1,11 (0,41) A,c	1,69 (0,41) A,c	1,09 (0,40) A,c,*
	Perio+ 0,2	1,99 (1,56) A,ab	1,42 (0,61) A,c	1,84 (0,25) A,bc	1,51 (0,83) A,c,*
	Savacol	2,90 (0,46) A,a	4,70 (0,93) AB,a	6,11 (1,45) AB,a	6,35 (1,70) B,a, +
	Voda	2,70 (2,10) A,ab	2,57 (1,30) A,b	3,64 (2,01) A,b	3,46 (1,81) A,b,*

**Tabela 2.** Srednje vrednosti (standardni odklon) barvnih razlik ( $\Delta E_{00}$ ) testiranih materialov po izpostavitvi ustnim vodicam v različnih časovnih intervalih. Velike črke – vrstice s primerjavo časa v vsaki kombinaciji materiala in ustne vodice; male črke – stolpci s primerjavo ustnih vodic v vsaki kombinaciji materiala in časa; simboli – stolpci s primerjavo materialov v Č28 za vsako ustno vodico.



**Slika 1.** Barvne razlike CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) za testirane materiale<sup>23</sup>. Popolno ujemanje ( $\Delta E_{00} \leq 0,8$ ), sprejemljivo ujemanje ( $0,8 < \Delta E_{00} \leq 1,8$ ), neujemanje tipa [a] ( $1,8 < \Delta E_{00} \leq 3,6$ ), neujemanje tipa [b] ( $3,6 < \Delta E_{00} \leq 5,4$ ) in neujemanje tipa [c] ( $\Delta E_{00} > 5,4$ ).

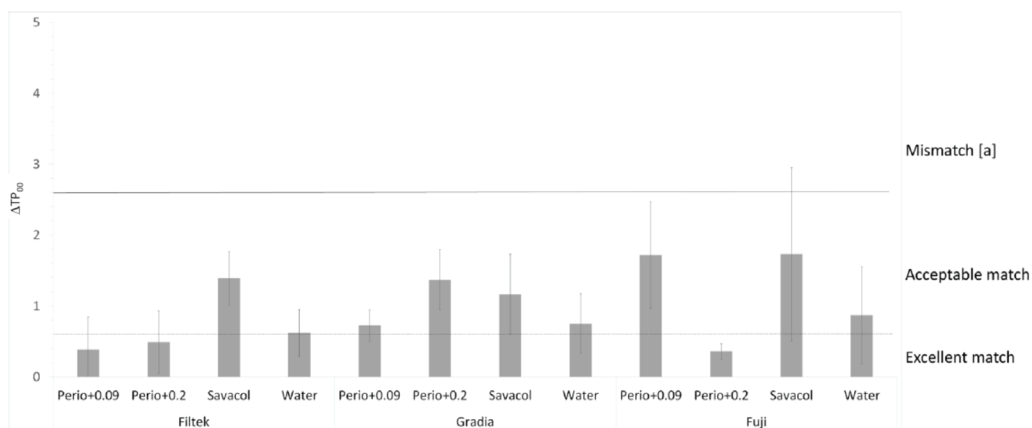
Nasprotno pa je bila vrednost  $\Delta E_{00}$  za Gradio značilno nižja v Savacolu v primerjavi z ustnima vodicama Perio+ v Č7 in Č28 ( $p < 0,05$ ) ter primerljiva z njima v Č14 in Č21. Perio+0,09 je imel značilno nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Filteku in Gradii kot pa Perio+0,2 za isti časovni interval ( $p < 0,05$ ), razen pri Gradii v Č14, kjer razlika ni dosegla statistične značilnosti. Perio+0,09 je imel nižje srednje vrednosti  $\Delta E_{00}$  v skupini Fuji v primerjavi s Perio+0,2, vendar ta razlika ni dosegla statistične značilnosti ( $p > 0,05$ ). Voda je imela značilno višjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Gradii kot Savacol in Perio+ v vseh primerih ( $p < 0,05$ ) razen ustne vodice Perio+0,2 v Č7.

V primerjavi materialov v vsaki ustni vodici v Č28 so bile pri Savacolu značilne razlike v vrednosti  $\Delta E_{00}$  v naslednjem vrstnem redu: Fuji > Filtek > Gradia ( $p < 0,001$ ). Pri Perio+0,2 ni bilo razlik v vrednosti  $\Delta E_{00}$  testiranih materialov ( $p = 0,510$ ). Perio+0,09 je imel značilno višjo vrednost  $\Delta E_{00}$  za Fuji kot Gradia ( $p = 0,049$ ), pri čemer je bil Filtek med obema materialoma. Pri vodi ni bilo značilnih razlik v vrednosti  $\Delta E_{00}$  testiranih materialov, tudi s pretvorbama ln in sqrt, čeprav je Fuji imel precej višjo srednjo vrednost  $\Delta E_{00}$  kot Filtek in Gradia ( $p = 0,053$ ).

Slika 1 prikazuje končne podatke o  $\Delta E_{00}$ , ki ustrezajo ČO–Č28, v primerjavi z vizualnimi pragovi CIEDE2000. Perio+0,09 je imel vrednosti  $\Delta E_{00}$  za Filtek in Gradio v rangu popolnega ujemanja ter sprejemljivega ujemanja v skupini Fuji. Perio+0,2 je imel vrednosti  $\Delta E_{00}$  pri vseh materialih, ki so ustrezali rangu sprejemljivega ujemanja. Nasprotno pa je imela kontrolna ustna vodica s CHX (Savacol) vrednosti  $\Delta E_{00}$  za Gradio v rangu popolnega ujemanja, medtem ko sta bili vrednosti  $\Delta E_{00}$  za Filtek oz. Fuji v rangu tipa neujemanja [b] oz. [c].

Material	Ustna voda	$\Delta TP_{00}$
Filtek	Perio+ 0,09	0,39 (0,45) B,a
	Perio+ 0,2	0,49 (0,44) B,b
	Savacol	1,39 (0,38) A,a
	Voda	0,62 (0,33) B,a
Gradia	Perio+ 0,09	0,72 (0,22) A,a
	Perio+ 0,2	1,37 (0,43) A,a
	Savacol	1,17 (0,56) A,a
	Voda	0,75 (0,42) A,a
Fuji IX	Perio+ 0,09	1,72 (0,75) A,b
	Perio+ 0,2	0,36 (0,11) A,b
	Savacol	1,73 (1,22) A,a
	Voda	0,87 (0,68) A,a

**Tabela 3.** Srednje vrednosti (standardni odklon) razlik v parametru prosojnosti ( $\Delta TP_{00}$ ) po 28 dneh izpostavljenosti ustnim vodicam. Velike črke – stolpci s primerjavo ustnih vodic za vsak material. Male črke – stolpci s primerjavo materialov za vsako ustno vodico.



**Slika 2.** Razlike v parametrih prosojnosti CIEDE2000 ( $\Delta TP_{00}$ ) v primerjavi s podatki v literaturi za vizualne pragove za restavrativne materiale v barvi zob<sup>26</sup>. Popolno ujemanje ( $\Delta TP_{00} \leq 0,6$ ), sprejemljivo ujemanje ( $0,6 < \Delta TP_{00} \leq 2,6$ ), neujemanje tipa [a] ( $2,6 < \Delta TP_{00} \leq 5,2$ ).

Analiza splošnega linearnega modela vrednosti  $\Delta TP_{00}$  je pokazala značilne razlike za faktor »ustna vodica« ( $p = 0,006$ ), a nobenih razlik za faktor »material« ( $p = 0,060$ ). Vseeno pa je bila interakcija obeh faktorjev značilna ( $p = 0,013$ ).

Nadaljnja analiza znotraj faktorjev je predstavljena v tabeli 3. Primerjava ustnih vodic za vsak material je pokazala, da je imel Savacol značilno višjo vrednost  $\Delta TP_{00}$  za Filtek od drugih ustnih vodic ( $p = 0,005$ ). Med ustnimi vodicami ni bilo značilnih razlik v vrednosti  $\Delta TP_{00}$  za materiala Gradia ( $p = 0,073$ ) in Fuji ( $p = 0,086$ ). Primerjava materialov za vsako ustno vodico ni pokazala značilnih razlik v vrednosti  $\Delta TP_{00}$  med testiranimi materiali po izpostavljenosti Savacolu ( $p = 0,554$ ) in vodi ( $p = 0,732$ ). Fuji je imel značilno višjo vrednost  $\Delta TP_{00}$  kot drugi materiali po izpostavljenosti Perio+0,09 ( $p = 0,006$ ), enako velja za Gradio po izpostavljenosti Perio+0,2 ( $p = 0,003$ ).

**Slika 2** prikazuje podatke o  $\Delta TP_{00}$  v primerjavi z vizualnimi pragovi CIEDE2000. Vse skupine so imele vrednosti  $\Delta TP_{00}$ , ki so sodile v rang popolnega ali sprejemljivega ujemanja. Kontrolna ustna vodica s CHX (Savacol) je dosegla sprejemljivo ujemanje vrednosti  $\Delta TP_{00}$  v vseh testiranih materialih. Perio+0,2 je dosegel popolno ujemanje vrednosti  $\Delta TP_{00}$  v skupinah Filtek in Fuji ter sprejemljivo ujemanje pri Gradii. Perio+0,09 je dosegel popolno ujemanje vrednosti  $\Delta TP_{00}$  pri Filteku ter sprejemljivo ujemanje pri Gradii in Fujiju.

Med  $\Delta E_{00}$  in  $\Delta TP_{00}$  po 28-dnevni izpostavljenosti ustnim vodicam ni bilo korelacije (Pearsonov  $r = 0,445$ ,  $p = 0,147$ ).

## Diskusija

Med testiranimi materiali so bile ugotovljene statistično značilne barvne razlike po izpostavljenosti testiranim ustnim vodicam v različnih časovnih intervalih. Statistično značilne razlike v prosojnosti so bile ugotovljene med materiali po 28 dneh izpostavljenosti. Prva in druga hipoteza sta bili potrjeni. Značilna korelacija pa ni bila ugotovljena med vrednostmi  $\Delta E_{00}$  in  $\Delta TP_{00}$  testiranih materialov po namakanju v ustnih vodicah, zato je bila tretja hipoteza zavržena.

V primerjavi s Savacolum (kontrola) sta Perio+0,09 in Perio+0,2 povzročila podobno ali nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri nano-polnjenem kompozitu Filtek Supreme in okrepljenem konvencionalnem steklasto ionomernem cementu Fuji IX. Poleg bioflavonoidov, citronske in askorbinske kisline Perio+0,09 in Perio+0,2 vsebujeta kopolimer polivinilpirolidona/vinil acetata (PVP-VA), za katerega je znano, da ustvarja prosojne filme, ki se prilepijo na različne substrate, vključno s steklom in plastiko. To, da imata ustni vodici Perio+0,09 in Perio+0,2 nižjo zmožnost obarvanja, je mogoče povezati z zaščitnim filmom kopolimera PVP-VA na vzorcih materialov, pa tudi z nižjo koncentracijo CHX (Perio+0,09). Že prej je bilo prikazano, da površinska zaščita kompozitov/steklastih ionomerov z nano-polnjeno prevleko zmanjša sorpcijo vode in notranje obarvanje<sup>24</sup>. Kopolimer PVP-VA v ustnih vodicah s Citroxiom bi lahko imel podoben zaščitni učinek. Ni znano, ali imajo bioflavonoidi agrumov učinek preprečevanja obarvanja restavrativnih materialov.

Sedanje ugotovitve so pokazale, da je začetna vrednost  $\Delta E_{00}$  v Č7 višja kot v Č28 za ustni vodici Perio+0,09 in Perio+0,2. Zaščitna prevleka PVP-VA je lahko tudi razlog za drugačen vzorec obarvanja v kompozitih (in steklastih ionomerih), npr. ni postopnega vse močnejšega obarvanja, kar je bilo prej ugotovljeno v drugih scenarijih obarvanja<sup>30,31</sup>. Splošno je znano, da ima obarvanje zobnih restavrativnih materialov zunanjo in notranjo komponento, pri čemer se prva pojavi zaradi adsorpcije pigmentov na površini materiala, druga pa zaradi absorpcije pigmentov in notranjih strukturnih sprememb v polimeru. Nadaljnji razvoj zaščitne prevleke PVP-VA s poznejšim namakanjem vzorcev v ustnih vodicah Perio+0,09 in Perio+0,2 lahko prepreči nadaljnje prodiranje obarvanja. Drugi potencialni mehanizem je spiranje ohlapno vezanih površinskih pigmentov med zaporednimi cikli tresenja vzorcev.

Zmožnost Savacola, da sčasoma omeji ali zmanjša obarvanje, ni tako izrazita kot pri ustnih vodicah Perio+0,09 in Perio+0,2 v primeru Filteka in Gradie, pri Fujiju pa sploh ni prisotna, kar je pokazalo postopno povišanje  $\Delta E_{00}$ , pri čemer so bile najvišje vrednosti zabeležene v zadnjem opazovalnem obdobju. Podoben učinek drugih ustnih vodic s CHX je bil pred tem poročan pri 7 in 14 dneh izpostavljanja mikro-hibridnih/nano-polnjenih kompozitov iz skupine Filtek<sup>7</sup>. Savacol vsebuje glicerol, kar kaže na omejeno zmožnost ustvarjanja filma v primerjavi s PVP-VA v ustnih vodicah Perio+0,09 in Perio+0,2. Idejo, da ima lahko površinska prevleka zaščitni učinek proti obarvanju, podpira nedavno opravljena meta-analiza, ki je pokazala, da dodajanje sistema proti obarvanju ustnim vodicam s CHX zmanjša obarvanje površin zob v raziskavah brez ščetkanja zob, medtem ko v raziskavah s ščetkanjem zob tega učinka niso zaznali<sup>9</sup>.

Učinek Savacola je bil močno odvisen od materiala, pri čemer je material Gradia pokazal znatno odpornost na obarvanje v Savacolu kot pa v ustnih vodicah Perio+0,09 in Perio+0,2. Gradia je bil na splošno manj dovzeten za obarvanje v testiranih ustnih vodicah kot Filtek in Fuji. Močnejše obarvanje Filteka od Gradie v tej raziskavi pa je lahko posledica večje absorpcije pigmentov pri Filteku v primerjavi z Gradio. Večje volumetrične spremembe so bile prej ugotovljene pri Filteku kot pri Gradii po 7 tednih hranjenja v vodi<sup>34</sup>, kar kaže na večjo dovzetnost Filteka za vdor vode in snovi na vodni osnovi, kot so ustne vodice.

Sedanji rezultati kažejo večje obarvanje steklasto ionomernega cementa Fuji kot pa kompozitov Filtek in Gradia. Ta ugotovitev se lahko pojasni s splošno večjo sorpcijo steklastih ionomerov v primerjavi s kompoziti, o čemer je bilo že prej poročano<sup>22</sup>. Večja sorpcija vodi v notranje obarvanje zaradi absorpcije pigmentov in hidrolitskih sprememb v polikislinskem matriksu. V tej raziskavi ni bila uporabljena SIC prevleka, s katero bi simulirali pogoje, v katerih je material izpostavljen oralnemu okolju po obrabi zaščitne prevleke, ki se namesti na začetku za preprečevanje vodnega neravnovesja. Drugi dejavnik, ki pripomore k večjemu obarvanju steklasto ionomernega cementa Fuji v primerjavi s kompozitoma Filtek in Gradia, je manjša polirnost steklastih ionomerov kot kompozitov. Steklasti ionomeri imajo običajno večjo površinsko hrapavost in bolj generalizirane površinske nepravilnosti kot kompoziti<sup>20</sup>. Steklasto ionomerni matriks temelji na šibko vezanih kationskih navzkrižno vezanih polikislinskih molekulah, zato je pri njem večja verjetnost, da bodo večji delci polnila med poliranjem odstranjeni v primerjavi z učinkovitejšo vezavo silana v smolnatem matriksu in delci polnila v kompozitih. Površinske nepravilnosti služijo kot jedra adsorpcije pigmentov, zaradi česar se poveča površinsko obarvanje.

Razlike v  $\Delta TP_{00}$  testiranih materialov po izpostavitvi ustnim vodicam so bile odvisne od materiala in od medija.  $\Delta TP_{00}$  ni sledil enakemu vzorcu kot  $\Delta E_{00}$  in zato med obema lastnostma ni bilo korelacije. TP je izražen kot relativna količina svetlobe, ki preide skozi material, in se dobi z izračunom barvne razlike med vzorcem ter belim in črnim ozadjem<sup>35</sup>. Prosojnost je povezana z dvema vidikoma interakcije svetlobe z materialom (absorpcija in

razpršitev), pri čemer imajo dejavniki, kot so površinska topografija, vrsta in volumen polnila ter neskladje lomnih količnikov polnil in smolnatega matriksa, značilen učinek<sup>19</sup>. Za neskladje lomnih količnikov je znano, da se med polimerizacijo spremeni, kadar se monomeri pretvorijo v polimere, vendar pa tudi po staranju zaradi hidrolitičnih sprememb<sup>16</sup>. Sedanji rezultati kažejo na nepredvidljive učinke ustnih vodnic na  $\Delta TP_{00}$  restavrativnih materialov, ki so odvisni tako od medija kot od materiala.

Potencialni mehanizmi, s katerimi CHX obarva zobe, naj bi bili: (1) Maillardova reakcija med sladkorji in beljakovinami v biofilmu, ki jo katalizira CHX, zaradi česar nastanejo barvni pigmenti melanoidini; (2) denaturacija beljakovin zaradi CHX in nastajanje organskih rumeno-rjavih železovih sulfidov ter (3) interakcija med CHX in pigmenti iz obarvane hrane in pijač<sup>6,9</sup>.

Mehanizmi obarvanja kompozitov in steklastih ionomerov zaradi CHX niso bili pojasnjeni. Enaki mehanizmi obarvanja zob, kot so navedeni zgoraj, so lahko vključeni tudi v obarvanje materialov v ustnem okolju zaradi CHX. Vendar pa ta raziskava za niti enega od treh mehanizmov ni uspela ugotoviti povezave z obarvanjem materialov, saj ni bil uporabljen biofilm, ni bilo virov beljakovin in ni bila uporabljena obarvana hrana oz. pijača. Obarvanje restavrativnih materialov je lahko povezano tudi z nastankom pigmentov po kelaciji CHX in neorganskih elementov v materialih. Namreč, močna obarvanost steklastega ionomera Fuji je lahko povezana z interakcijo med CHX in železovimi oksidi v Fujiju.

Vrednosti  $\Delta E_{00}$ , ugotovljene v tej raziskavi, so bile interpretirane na podlagi podatkov iz literature o vizualnih pragovih CIEDE2000<sup>23</sup>. Pri Perio+0,09 je bila vrednost  $\Delta E_{00}$  testiranih materialov pogosteje v rangu popolnega ujemanja kot pa pri Perio+0,2, ki je bil v rangu sprejemljivega ujemanja. Nasprotno pa je Savacol pokazal vrednosti  $\Delta E_{00}$  za Gradio v rangu popolnega ujemanja, medtem ko sta bili vrednosti  $\Delta E_{00}$  za Filtek oz. Fuji v rangu neujemanja tipa [b] oz. [c]. V prejšnji raziskavi o kompozitih iz skupine Filtek<sup>7</sup>, ki so bili izpostavljeni različnim ustnim vodnicam s CHX, je bila vrednost  $\Delta E_{00}$  večinoma v rangu sprejemljivega ujemanja, vendar pa je bila 14-dnevna izpostavljenost krajša kot v pričujoči raziskavi.

Material	Sestava	Proizvajalec
Filtek Supreme XTE (Filtek)	Keramika, obdelana s silanom, silicijev dioksid in cirkonij, BisGMA, BisEMA-6, UDMA, PEGDMA, TEGDMA, difenil*(2,4,6-trimetilbenzoi)fosfin oksid	3M, St. Paul, MN
Gradia Direct Anterior (Gradia)	UDMA, 2,2-dimetil-1,3-propandiol dimetakrilat, propilidinetrimetil trimetakrilat, 2,2'-dimetil-2,2' azodipropiononitril, butil hidroksitoluen, bornan-2,3-dion, 6-tert-butil-2,4-ksilenol, 2-(2H-benzotriazol2-il)-p-kresol, 3-trimetoksisililpropil metakrilat, 3-metilbutil 4-(dimetilamino)benzoat, steklen oksid, SiO <sub>2</sub>	GC Corp, Tokio, Japonska
Fuji IX Extra GP (Fuji)	Poliakrilna kislina, vinska kislina, voda, steklen oksid, mešanica železovih oksidov	
Ustna vodica		
PerioPlus+ Forte (Perio+0,2)	0,2 % klorheksidin-diglukonat, Citrox/P kompleks, ksilitol, polilizin, polisorbato 20, aroma, fenoksietanol, PVP/VA kopolimer, sukraloza, cetilpiridinium klorid, citronska kislina, izvleček sadeža grenke pomaranče, glicerol, natrijev hidroklorid, natrijev klorid, voda Brez alkohola	Curaprox, Kriens, Švica
PerioPlus+ Regenerate (Perio+0,09)	0,09 % klorheksidin-diglukonat, Citrox/P kompleks, hialuronska kislina, propilen glikol, natrijev glukonat, ksilitol, PEG-40 hidrogenirano ricinusovo olje, polisorbato 20, natrijev hialuronat, aroma, ciklodekstrin, sukraloza, cetilpiridinijev klorid, dinatrijev fosfat, natrijev fosfat, citronska kislina, izvleček sadeža grenke pomaranče, glicerol, polilizin, natrijev klorid, voda Brez alkohola	
Savacol (Savacol)	0,2 % (2 mg/ml) klorheksidin, glicerol, sorbitol, voda, brez alkohola	Colgate-Palmolive, New York, NY

**Tabela 4.** Podatki o testiranih materialih in ustnih vodnicah BisGMA – bisfenol A diglicidil eter dimetakrilat, BisEMA-6 – bisfenol A polietilen glikol dieter dimetakrilat, UDMA – diuretan dimetakrilat, PEGDMA – polietilen glikol dimetakrilat, TEGDMA – trieten glikol dimetakrilat, PVP-PA – polivinilpirolidon/vinil acetat.

Še krajša izpostavljenost keramike ustni vodici s CHX v drugi raziskavi je pokazala, da je vrednost  $\Delta E_{00}$  v rangu popolnega ujemanja<sup>8</sup>, zelo verjetno zaradi vrste materiala in krajše izpostavljenosti v primerjavi s to raziskavo. Vrednosti  $\Delta E_{00}$  Gradie in Filteka v vodi sta bili na meji med sprejemljivim ujemanjem oz. neujemanjem tipa [a], v skupini Fuji pa konkretno v rangu neujemanja tipa [a]. Sedanji rezultati kažejo, da Perio+0,2 in Perio+0,09 sprožata majhne do zmerne spremembe v barvi restavrativnih materialov, ki so pod pragom zaznave ali v mejah sprejemljivosti. Med koncentracijo CHX v teh ustnih vodicih obstaja odnos, odvisen od doze, namreč višja ko je koncentracija CHX, višja je vrednost  $\Delta E_{00}$  restavrativnih materialov.

Podobno so bile vrednosti  $\Delta TP_{00}$ , ugotovljene v tej raziskavi, interpretirane na podlagi podatkov iz literature o vizualnih pragovih CIEDE2000<sup>23</sup>. Vse skupine so imele vrednosti  $\Delta TP_{00}$ , ki so sodile v rang popolnega ali sprejemljivega ujemanja. Sedanji rezultati kažejo, da izpostavljanje restavrativnih materialov ustnim vodiciam na splošno povzroči manjše spremembe v prosojnosti, ki so pod pragom vidne zaznave ali pa v mejah sprejemljivosti.

## Na podlagi sedanjih rezultatov so zaključki naslednji:

- Učinki ustnih vodici na  $\Delta E_{00}$  so bili odvisni od medija, materiala in časa. Perio+0,09 in Perio+0,2 sta imela nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri kompozitih Filtek Supreme in Fuji IX kot Savacol. Savacol je sprožil najnižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri Gradii med vsemi testiranimi mediji.
- Steklasti ionomer Fuji IX je imel višjo vrednost  $\Delta E_{00}$  kot BisGMA/nano-polnjen kompozit Filtek Supreme ter UDMA/mikro-hibridni kompozit Gradia Anterior po izpostavitvi ustnim vodiciam.
- Perio+0,09 in Perio+0,2 sta imela podobno ali nižjo vrednost  $\Delta E_{00}$  pri 7 do 28 dni izpostavitve.
- Učinki ustnih vodici na  $\Delta TP_{00}$  so bili odvisni od medija in materiala. Perio+0,09 in Perio+0,2 sta imela nižjo vrednost  $\Delta TP_{00}$  pri Filteku kot Savacol, ni bilo pa razlik med ustnimi vodiciami v zvezi z vrednostjo  $\Delta TP_{00}$  kompozitov Gradia in Fuji. Fuji IX je imel značilno višjo vrednost  $\Delta TP_{00}$  kot drugi materiali po izpostavljenosti Perio+0,09 in enako je veljalo za Gradia po izpostavljenosti Perio+0,2.
- Korelacija ni bila zaznana med  $\Delta TP_{00}$  in  $\Delta E_{00}$  po 28-dnevni izpostavljenosti ustnim vodiciam.

## Metode

**Priprava vzorcev.** Šestdeset ploščatih vzorcev ( $N = 5$ /skupina) je bilo izdelanih z uporabo estetskih zobnih restavrativnih materialov, ki so naštetih v tabeli 4. Vsi materiali so bili v odtenku A2.

Vzorci iz kompozitne smole in steklasto ionomernege cementa so bili pripravljene s polnitvijo standardnih modelov iz polivinilsiloksana (*Affinis heavy body 6520*) s premerom 8 mm in debeline 2 mm ter so bili položeni na objektno stekelce. Vzorci kompozitov so bili prekriti s prozornim trakom iz polietilen tereftalata (*Mylar, Henry Schein, Melville, NY, ZDA*) in stisnjeni z drugim objektnim stekelcem, da so bili iztisnjeni odvečni materiali. Strjeni so bili skozi trak s polimerizacijsko LED lučko (*EliparTM DeepCure-S, 3M, St. Paul, MN*), ki je delovala z intenzivnostjo 1400–1500 mW/cm<sup>2</sup> in valovno dolžino 430–480 nm. Vzorci SIC so bili stisnjeni z objektnim stekelcem, da so bili iztisnjeni odvečni materiali, in so počivali 6 minut. Vsak ploščati vzorec je bil 30 sekund mokro poliran z uporabo smolnatih zaključnih in polirnih sredstev (komplet Dentsply Sirona Enhance Finishing and Polishing System Kit). Pred začetkom eksperimenta so bili vzorci potopljeni v destilirano vodo in inkubirani pri 37°C za 24 ur v zaprtem vsebniku, ki je simuliral ustno votlino.

Nato so bili vzorci vsakega estetskega materiala naključno dodeljeni eni od štirih skupin glede na raztopino za obarvanje. Ustni vodici s Citroxom/0,2 % CHX in Citroxom/0,09 % CHX sta bili testni raztopini (torej Perio+0,09 in Perio+0,2), ustna vodica z 0,2 % CHX brez dodatkov (Savacol) je bila uporabljena kot pozitivna kontrola, destilirana voda pa kot negativna kontrola (tabela 4).

Pred eksperimentom so bile izmerjene pH vrednosti vsake raztopine s pomočjo merilnika pH vrednosti (PHM 83 AUTOCAL pH METER). Povprečen pH ustnih vodici PerioPlus je bil 7,22, Savacola 8,24 in destilirane vode 7,28.

Vsebniki z vzorci, potopljenimi v 50 ml ustrezne raztopine, so bili položeni v orbitalni stresalnik (*Infors AG CH-4103 Bottmingen*) pri 200 rpm in 37°C, kjer so se tresli 2 minuti za posnemanje učinka enominutnega izpiranja ustne votline dvakrat na dan glede na priporočila proizvajalca. Raztopine za obarvanje so bile vsak dan zamenjane. Po vsakem ciklu postopka izpiranja so bili vzorci inkubirani v destilirani vodi pri 37°C do konca dneva in čez noč. Cikel izpiranja se je ponovil vsak dan v obdobju 4 tednov z namenom posnemanja uporabe ustne vodice, kot se običajno predpisuje med parodontalnim zdravljenjem.

**Meritve barv.** Barvne koordinate CIELab so bile zabeležene, s čimer so bile opredeljene razlike v barvi in prosojnosti pred izpostavitvijo vzorca raztopini in po njej. Po začetnem namakanju v destilirani vodi so bile izmerjene izhodiščne barvne vrednosti ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) v primerjavi z belim in črnim ozadjem s pomočjo umerjenega kliničnega spektrofotometra (*VITA EasyShade V, Zahnfabrik, Bad Säckingen, Nemčija*). Pri meritvah barv na belem ozadju so bile najprej zabeležene izhodiščne vrednosti, nato pa še vrednosti po vsakem zaključenem ciklu, in sicer po 7, 14, 21 in 28 dneh klinične izpostavljenosti (Č7, Č14, Č21 oz. Č28). Pri meritvah barv na črnem ozadju so bile najprej zabeležene izhodiščne vrednosti, nato pa še vrednosti po 28 dneh (Č28).

Barvne razlike ( $\Delta E_{00}$ ) so bile izračunane s pomočjo formule CIEDE2000<sup>36</sup>:

$$\Delta E_{00} = \left[ \left( \frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left( \frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left( \frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Vrednosti prosojnosti ( $TP_{00}$ ) so bile izračunane s pomočjo naslednje formule<sup>35</sup>:

$$TP_{00} = \left[ \left( \frac{L'_B - L'_W}{K_L S_L} \right)^2 + \left( \frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right)^2 + \left( \frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left( \frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right) \left( \frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

kjer so  $\Delta L'$ ,  $\Delta C'$  in  $\Delta H'$  metrične razlike, izračunane na podlagi enotnega barvnega prostora, ki se uporablja v CIEDE2000, ter  $L'$ ,  $C'$  in  $H'$  pomenijo svetlost, nasičenost in barvitost glede na belo (\*W) in črno (\*B) ozadje.  $S_L$ ,  $S_C$ ,  $S_H$  prilagajajo skupno barvno razliko variaciji v lokaciji vzorca barvne razlike na črnem in belem ozadju pri koordinatah  $L'$ ,  $a'$ ,  $b'$ . Empirični izrazi  $K_L S_L$ ,  $K_C S_C$  in  $K_H S_H$  se uporabljajo za korekcijo (utež) metričnih razlik glede na razlike CIEDE2000 za vsako koordinato. Parametrični faktorji  $K_L$ ,  $K_C$  in  $K_H$  so bili nastavljeni na 1.  $R_T$  pomeni interakcijo med razlikami v nasičenosti in barvitosti v modri regiji.

Vrednost  $\Delta E_{00}$  je bila določena za vsak merilni interval (Č0–Č7, Č0–Č14, Č0–Č21 in Č0–Č28). Vrednost  $\Delta TP_{00}$  je bila izračunana kot razlika med vrednostmi  $TP_{00}$ , izmerjenimi na začetku (Č0) in po zadnjem obdobju namakanja (Č28).

**Statistična analiza.** Podatki so bili statistično obdelani s programskim paketom Minitab 16 (*Minitab Inc., State College, PA*). Podatki so bili najprej preverjeni glede normalnosti in enakih varianc, kar sta predpogoja za parametrično testiranje. Po potrebi je bila izvedena ustrezna pretvorba podatkov, npr. log ali sqrt za doseg normalnosti oz. enakih varianc. Podatki so bili testirani s pomočjo splošnega linearnega modela (GLM) za faktorje »material«, »ustna vodica« in »čas«, z vključeno faktorsko interakcijo. V primeru značilne faktorske interakcije je bila izvedena nadaljnja analiza variance (ANOVA) znotraj vsakega faktorja. Tukeyjev post-hoc test je bil izveden za primerjavo med skupinami. Pearsonova korelacija je bila uporabljena za testiranje razmerja med  $\Delta E_{00}$  in  $\Delta TP_{00}$ . Raven značilnosti je bila 0,05.

## Razpoložljivost podatkov

Rezultati so na voljo pri korespondenčnem avtorju na podlagi zahtevka. Prejeto: 11. marec 2022; Sprejeto: 3. junij 2022



## Viri in literatura

- Eley, B. M. Antibacterial agents in the control of supragingival plaque: a review. *Br Dent J.* **186**, 286–296 (1999).
- Opstrup, M. S., Jemec, G. B. E. & Garvey, L. H. Chlorhexidine allergy: on the rise and often overlooked. *Curr Allergy Asthma Rep.* **19**, 23 (2019).
- Wand, M. E., Bock, L. J., Bonney, L. C. & Sutton, J. M. Mechanisms of increased resistance to chlorhexidine and cross-resistance to colistin following exposure of klebsiella pneumoniae clinical isolates to chlorhexidine. *Antimicrob Agents Chemother.* **61**, e01162-e1116 (2017).
- Cieplik, F. et al. Antimicrobial efficacy of alternative compounds for use in oral care toward biofilms from caries-associated bacteria in vitro. *Microbiologyopen.* **8**, e00695 (2019).
- Supranoto, S. C., Slot, D. E., Addy, M. & Van der Weijden, G. A. The effect of chlorhexidine dentifrice or gel versus chlorhexidine mouthwash on plaque, gingivitis, bleeding and tooth discoloration: a systematic review. *Int J Dent Hyg.* **13**, 83–92 (2015).
- Zanatta, F. B., Antoniazzi, R. P., Rosing, C. K. Staining and calculus formation after 0.12% chlorhexidine rinses in plaque-free and plaque covered surfaces: a randomized trial. *J Appl Oral Sci.* **18**, 515–521 (2010).
- Khosravi, M., Esmaili, B., Nikzad, F. & Khafri, S. Color stability of nanofilled and microhybrid resin-based composites following exposure to chlorhexidine mouthrinses: an in vitro study. *J Dent (Tehran).* **13**, 116–125 (2016).
- Derafshi, R., Khorshidi, H., Kalantari, M. & Ghaffarlou, I. Effect of mouthrinses on color stability of monolithic zirconia and feldspathic ceramic: an in vitro study. *BMC Oral Health* **17**, 129 (2017).
- Van Swaaij, B. W. M., van der Weijden, G. A. F., Bakker, E. W. P., Graziani, F. & Slot, D. E. Does chlorhexidine mouthwash, with an anti-discoloration system, reduce tooth surface discoloration without losing its efficacy? A systematic review and meta-analysis. *Int J Dent Hyg.* **18**, 27–43 (2020).
- Kumar, S. & Pandey, A. K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *TheScientificWorldJOURNAL* **2013**, 162750 (2013).
- Mulvihill, E. E. & Huff, M. W. Citrus flavonoids and the prevention of atherosclerosis. *Cardiovasc Hematol Disord Drug Targets.* **12**, 84–91 (2012).
- Kozłowska, A. & Szostak-Wegierek, D. Flavonoids—food sources and health benefits. *Rocz Panstw Zakl Hig.* **65**, 79–85 (2014).
- Stohs, S. J. Safety, Efficacy, and mechanistic studies regarding citrus aurantium (Bitter Orange) extract and p-Syneprhine. *Phytother Res.* **31**, 1463–1474 (2017).
- Malic, S., Emanuel, C., Lewis, M. A. O. & Williams, D. W. Antimicrobial activity of novel mouthrinses against planktonic cells and biofilms of pathogenic microorganisms. *Microbiol. Discov.* **1**, 11 (2013).
- Hooper, S. J., Lewis, M. A., Wilson, M. J. & Williams, D. W. Antimicrobial activity of Citrox bioflavonoid preparations against oral microorganisms. *Br Dent J.* **210**, E22 (2011).
- Jeyakumar, J., Sculean, A. & Eick, S. Anti-biofilm activity of oral health-care products containing chlorhexidine digluconate and citrox. *Oral Health Prev Dent.* **18**, 981–990 (2020).
- Pavicic, D. K. et al. Changes in quality of life induced by tooth whitening are moderated by perfectionism: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Int J Prosthodont.* **31**, 394–396 (2018).
- Hickel, R. et al. FDI World Dental Federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations. Update and clinical examples. *J Adhes Dent.* **12**, 259–272 (2010).
- Lee, Y.-K. Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *J. Biomed. Opt.* **20**, 045002 (2015).
- Komalsingsakul, A., Srisatjaluk, R. L. & Senawongse, P. Effect of brushing on surface roughness, fluoride release, and biofilm formation with different tooth-colored materials. *J Dent Sci.* **17**, 389–398 (2022).
- Salvador, M. V. et al. Physicochemical properties of dental resins formulated with amine-free photoinitiation systems. *Dent Mater.* **37**, 1358–1365 (2021).
- Cefaly, D. F. et al. Water sorption of resin-modified glass-ionomer cements photoactivated with LED. *Braz Oral Res.* **20**, 342–346 (2006).
- Paravina, R. D., Perez, M. M. & Ghinea, R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: a comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent.* **31**, 103–112 (2019).
- Comba, A. et al. Influence of surface coating sealer on resin composite water absorption and discoloration: an in vitro study. *Am J Dent.* **31**, 24–28 (2018).
- Miletic, V., Marjanovic, J., Veljovic, D. N., Stasic, J. N. & Petrovic, V. Color stability of bulk-fill and universal composite restorations with dissimilar dentin replacement materials. *J Esthet Restor Dent.* **31**, 520–528 (2019).
- Vidal, M. L., Pecho, O. E., Collares, K., Brandeburski, S. & Della Bona, A. Color change of resin-based composites after in vitro bleaching protocols: a systematic review and meta-analysis. *Oper Dent.* (2022).
- Bayraktar, Y., Karaduman, K., Ayhan, B. & Karsiyaka Hendek, M. The effect of SARS-CoV-2 effective mouthwashes on the staining, translucency and surface roughness of a nanofill resin composite. *Am J Dent.* **34**, 166–170 (2021).
- Festuccia, M. S., Garcia Lda, F., Cruvinel, D. R. & Pires-De-Souza Fde, C. Color stability, surface roughness and microhardness of composites submitted to mouthrinsing action. *J Appl Oral Sci.* **20**, 200–205 (2012).
- Yew, H. Z., Berekally, T. L. & Richards, L. C. A laboratory investigation of colour changes in two contemporary resin composites on exposure to spices. *Aust Dent J.* **58**, 468–477 (2013).
- Antonov, M. et al. Changes of color and fluorescence of resin composites immersed in beer. *J Esthet Restor Dent.* **28**, 330–338 (2016).

31. Miletic, V., Stasic, J. N., Komlenic, V. & Petrovic, R. Multifactorial analysis of optical properties, sorption, and solubility of sculpt-able universal composites for enamel layering upon staining in colored beverages. *J Esthet Restor Dent.* **33**, 943–952 (2021).
32. Domingos, P. A., Garcia, P. P., Oliveira, A. L. & Palma-Dibb, R. G. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *J Appl Oral Sci.* **19**, 204–211 (2011).
33. Morais Sampaio, G. A., Rangel Peixoto, L., Vasconcelos Neves, G. & Nascimento Barbosa, D. D. Effect of mouthwashes on color stability of composite resins: A systematic review. *J Prosthet Dent.* **126**, 386–392 (2021).
34. Kangwankai, K. et al. Monomer conversion, dimensional stability, strength, modulus, surface apatite precipitation and wear of novel, reactive calcium phosphate and polylysine-containing dental composites. *PLoS ONE* **12**, e0187757 (2017).
35. Johnston, W. M., Ma, T. & Kienle, B. H. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont.* **8**, 79–86 (1995).
36. Luo, M., Cui, G. & Rigg, B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color. Res. Appl.* **26**, 340–350 (2001).

## Zahvale

Avtorji se zahvaljujejo dr. Filipu Vujoviću za tehnično pomoč pri laboratorijskem delu.

## Prispevki avtorjev

T.D.R. – zasnova raziskave, analiza podatkov, priprava osnutka rokopisa; J.J.S., J.V.T.N., D.W.L. – priprava vzorcev, zbiranje in analiza podatkov; V.M. – nadzor raziskave, zasnova raziskave, recenzija osnutka referata in priprava končne različice rokopisa.

## Konkurenčni interesi

Avtorji izjavljajo, da nimajo konkurenčnih interesov.

## Dodatne informacije

**Korespondenco** in zahteve za gradivo je treba nasloviti na V.M.

**Informacije o ponatisih in dovoljenjih** so na voljo na [www.nature.com/reprints](http://www.nature.com/reprints).

**Opomba izdajatelja** Springer Nature ostaja nepristranski v zvezi s sodnimi zahtevki glede objavljenih podatkov in institucionalnih povezav.