

Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet

Luka Šimunović

Bruno Špiljak

Utjecaj ionizacijskog zračenja na restaurativne materijale s učinkom otpuštanja fluora

Zagreb, 2021.

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Eve Klarić Sever, dr.med.dent. i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2020./2021.

Lektor za hrvatski jezik: Kristina Dilica

Lektor za engleski jezik: Dijana Posedi

Popis kratica

CEN - Cention N

EQ - Equia Forte HT

PF - Tetric PowerFill

EC- Tetric EvoCeram

Gy- Grej

SIC- staklenoionomerni cement

UDMA- uretan dimetakrilat

Bis-GMA- bisfenol-A-glicidil metakrilat

HV - Vickers hardness

CIEL*a*b* - Commission Internationale de l'Eclairage

Sadržaj rada

1. Uvod.....	1
2. Hipoteze	3
3. Materijali i metode, uzorci.....	4
4. Rezultati	16
5. Rasprava.....	21
6. Zaključci	24
7. Zahvale.....	25
8. Popis literature	26
9. Sažetak	29
10. Summary	30

1. Uvod

Radioterapija ima ključnu ulogu u liječenju ranih i uznapredovalih faza karcinoma glave i vrata u rasponu doza od 54 do 70 Gy, primijenjenih sa standardnim rasporedom fracioniranja od 2 Gy po frakciji s 5 frakcija tjedno (1). Iako je tehnološki napredak doveo je do širenja indikacija radioterapije u svakodnevnoj kliničkoj praksi, primjena radioterapije u području glave i vrata još uvijek je obilježena nizom akutnih i kasnih nuspojava koje imaju utjecaj na stanice brojnih anatomskih struktura u području usne šupljine, glave i vrata (2–5). Osim toga, samo zračenje također može utjecati na restorativne materijale koji uzrokuju klinički značajne promjene ovisne o samim svojstvima materijala (6,7). Kompozitni materijali i staklenoionomerni cementi uvelike su pronašli svoju uporabu kao restorativni materijali zbog svoje odgovarajuće kliničke učinkovitosti (8). Međutim, brojni čimbenici, među kojima je i ionizirajuće zračenje mogu utjecati na svojstva materijala i doprinijeti ranim strukturnim deformacijama (9,10). Liječnici često preporučuju stomatološko liječenje pacijentima neposredno prije radioterapije glave i vrata (11–13). Takva obrada obično zahtijeva zamjenu amalgamskih ispuna kompozitnim materijalima i staklenoionomernim cementima s obzirom da u prisustvu amalgama dolazi do interakcije ionizacijskog zračenja s amalgamskim ispunom što za posljedicu pojačava zračenje te može dovesti do nastanka lokaliziranog mukozitisa (10,12,14). Ovo sekundarno zračenje uglavnom ovisi o atomskom broju iz komponenti materijala (14) zbog čega bi se taj učinak trebao smanjiti primjenom kompozita i staklenoionomernih cemenata s obzirom da oni sami imaju sposobnost apsorpcije zračenja. U današnje doba, izbor restorativnih materijala u pacijenata na radioterapiji glave i vrata trenutno se primarno temelji na osobnim kliničkim preferencijama, a ne znanstvenim dokazima (15,16). Zbog činjenice da su restaurativni ispuni također unutar područja primarnog polja zračenog tumora, postavlja se pitanje osjetljivosti istih na izravne učinke radioterapije. Pojedine in vitro studije pokazuju negativnu interakciju između ionizirajućeg zračenja i amalgamskih ispuna, povećavajući pritom izvornu dozu zračenja zbog velike gustoće, atomskog broja i vodljivosti (17,18). Nadalje, pojedini autori navode kako su mehanička svojstva i klinički vijek restorativnih dentalnih materijala, poput konvencionalnih staklenoionomernih cemenata te smolom modificiranih staklenoionomernih cemenata ozbiljno pogođeni neizravnim učinkom hiposalivacije usko povezanim s radijacijskim oštećenjem žlijezda slinovnica (19,20). S obzirom na navedeno, kompozitni materijali čine se kao materijal izbora: uz izvrsna optička svojstva, oni također imaju i modul elastičnosti sličan caklini i dentinu koji omogućava ravnomjerniju raspodjelu opterećenja žvačnih sila te pokazuju veću biokompatibilnost u usporedbi s amalgamskim ispunima (21). Ova su pitanja relevantna tijekom restorativnog liječenja pacijenata oboljelih od karcinoma glave i vrata, a podvrgnutih radioterapiji. Jedan od temelja današnje restaurativne dentalne medicine je težnja očuvanja zdravih tvrdih zubnih tkiva u što je moguće većem opsegu uz ostvarenu odgovarajuću čvrstoću sveze, izbjegavajući zamjenu restaurativnog ispuna nakon početka radioterapije. Međutim, kao što je ranije pokazano u niz studija,

radioterapija tumora u maksilofacijalnoj regiji ima izravni i neizravni utjecaj na restorativne ispune u ozračenom području (18, 19, 22). Nažalost, do sada još uvijek ne postoji konsenzus o učincima radioterapije na mehanička svojstva materijala s učinkom otpuštanja fluora. Također, još se uvijek vode rasprave o tome koji je za primjenu najprikladniji restaurativni materijal u bolesnika koji se liječe radioterapijom glave i vrata.

2. Hipoteze

1. Ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu mase materijala
2. Ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu površinske hrapavosti materijala
3. Ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu mikrotvrdoće materijala
4. Ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu boje materijala

3. Materijali i metode, uzorci

3.1 Materijali

U istraživanju smo koristili uzorke materijala s efektom otpuštanja fluora te kompozite: Equia Forte HT (GC, Japan), Cention N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Tetric EvoCeram te Tetric PowerFill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

3.1.1. EQUIA Forte HT

EQUIA Forte je restaurativni materijal nastao kombinacijom staklenoionomernih cementa (SIC) i niskoviskoznog premaza (EQUIA Forte Fil i EQUIA Forte Coat) te predstavlja najnoviju generaciju mikrolaminiranih SIC-a. EQUIA Forte Fil je viskoviskozni, hibridni staklenoionomerni cement. Zahvaljujući ultra finim i visokoreaktivnim česticama stakla raspršenim unutar punila, povećana je raspoloživost iona i stvaranje mnogo snažnije strukture matrice što rezultira boljim fizičkim svojstvima, većom otpornošću na trošenje te poboljšanim otpuštanjem fluorida (23,24). Prašak ovih SIC-a (fluoro-aluminij-silikatno staklo) kombinira čestice različitih veličina, slično kao i hibridni kompoziti (23). Većim česticama stakla (25 µm) dodane su manje (otprilike 4 µm), visoko reaktivne čestice koje ojačavaju restauraciju (23). Zahvaljujući manjim visokoreaktivnim česticama povećano je otpuštanje metalnih iona, odnosno reaktivnost stakla što potiče povezivanje lanaca poliakrilne kiseline. EQUIA Forte Fil materijalu također je dodana poliakrilna kiselina visoke molekularne težine što cementnu jezgru čini snažnijom i kemijski stabilnijom (23).

3.1.2. Cention N

Cention N novi je restaurativni materijal koji se svrstava u grupu Alkasite. Alkasite je kategorija materijala za ispune, koji su, kao i kompomeri ili ormoceri, podskupina kompozitnih smola. Cention N dvokomponentni je sustav. Sastoji se od praha i tekućine koji se ručno miješaju u omjeru 1 : 1. Tekućina je samostvrdnjavajuća i sastoji se od četiri križnosvezujuća metakrilatna monomera, inicijatora i stabilizatora. Kombinacija UDMA-e sa ostalim tvarima rezultira jakim mehaničkim svojstvima i dobrom dugoročnom stabilnošću. UDMA daje čvrstoću i krutost. Prah sadrži barij-aluminij silikatno staklo, iterbij trifluorid, kalcij-barij-aluminij fluorosilikatno staklo, kalcij-fluorosilikatno staklo, amortizere stresa nakupljanja i inicijatore. Zahvaljujući iterbij trifluoridu, Cention N je radioopaktni i dobro vidljiv na rendgenskoj slici. Relativno je translucentan materijal (transparencija 11 %), u usporedbi s drugim materijalima baziranim na staklenim ionomerima. (25)



Slika 1. EQUIA Forte



Slika 2. Cention N

3.1.3. Tetric Evo Ceram

Tetric Evo Ceram (u daljnjem tekstu EC) je nanohibridni, visokoviskozni kompozit s klasičnom dimetakrilatno monomernom matricom i anorganskim punilom (79-81%). Posjeduje fotoinicijator kamforkinon te je predviđen za postavljanje u slojevima debljine do 2 mm.

3.1.4. Tetric Power Fill

Tetric PowerFill je svjetlom-polimerizirajući radioopakni kompozit za direktne restauracije na stražnjim zubima. Sastoji se od barijevog stakla, kopolimera, Si-Zr miješanih oksida, Bis-GMA, iterbij trifluorid i UDMA što rezultira jakim mehaničkim svojstvima i dobrom dugoročnom stabilnošću. Ukupan sadržaj anorganskih punila: 53–54% volumena, a veličina čestice anorganskih punila: između 0,11 μm i 15,46 μm .



Slika 3. Tetric EvoCeram



Slika 4. Tetric PowerFill

3.2 Metode

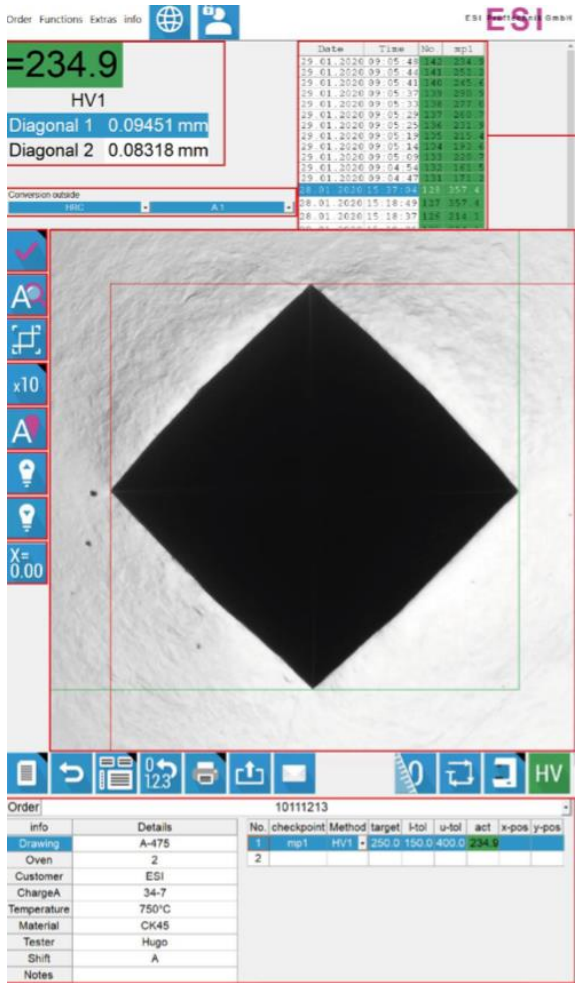
3.2.1 Mikrotvrdoća

Tvrdoća je otpornost materijala na prodiranje. Po definiciji, tvrdoća predstavlja otpornost materijala prema prodiranju nekog drugog znatno tvrdog tijela. Vickers je svojom metodom uklonio glavne nedostatke Brinell-ove metode, pa je po ovoj metodi moguće mjeriti i najtvrdije materijale, a nadalje kod Vickersa tvrdoća nije ovisna o primijenjenoj sili. Prvi nedostatak uklonjen je primjenom najtvrdog materijala, dijamanta za penetrator, a drugi geometrijom penetratora. Naime kod Vickersa je penetrator istostrana četverostrana piramida s kutem između stranica od 136° . Ovakav kut nije odabran nasumce, već se utiskivanjem penetratora s tim kutem, dobivaju vrijednosti tvrdoće neovisne o primijenjenoj sili, stoga se tvrdoća mekih materijala i tvrdih materijala može mjeriti primjenom iste sile, a isto tako se tvrdoća istog materijala može mjeriti s različitim opterećenjima. Utiskivanjem ovakvog penetratora u materijalu ostaje otisak oblika piramide. S pomoću mjernog mikroskopa mjere se dijagonale (d_1 , d_2) baze piramide otisnute u materijalu, a tvrdoća se određuje prema izrazu :

$$HV = F \times 0,189 / d^2$$

gdje je F primijenjena sila u N, d aritmetička srednja vrijednost dijagonala baze piramide u mm ($d=(d_1+d_2)/2$).

Mikrotvrdoća mjerena je tvrdmjerom po Vickersu (ESI Prüftechnik GmbH, Njemačka) za svaku grupu materijala prije i nakon ionizacijskog zračenja. Mjerenja su se izvršila na tri različita mjesta udaljenosti 100 μm i izračunata je srednja vrijednost.



Slika 5. Uređaj za mjerenje mikrotvrdoće po Vickersu (preuzeto s dopuštenjem Operating manual, Software HmeWin-Touch for hardness testing machines, ESI Prüftechnik GmbH, Njemačka)



Slika 6. Otisak piramide na površini materijala

3.2.2. Profilometrija

Mjerenje hrapavosti površine uzorka provedeno je visoko preciznim profilometrom (Mitutoyo, Japan). Ovim ispitivanjima određeni su parametri hrapavosti Ra i Rz nakon poliranja prije zračenja te nakon ionizacijskog zračenja svih grupa materijala s ciljem da bi se odredio utjecaj zračenja na vrijednosti površine. Osim hrapavosti na površini su prisutna i druga odstupanja poput valovitosti oblika te površinske greške u obliku pora. Hrapavost se može definirati kao sveukupnost mikrogeometrijskih nepravilnosti na površini predmeta. Ove nepravilnosti posljedica su postupaka obrade ali i nekih drugih utjecaja.

Parametri hrapavosti općenito mogu biti:

- vertikalni,
- horizontalni,
- hibridni.

a) Vertikalni parametri hrapavosti:

R_y = R_{max} – najveća visina neravnina profila

R_a – srednje aritmetičko odstupanje profila

R_z – visina neravnina profila u 10 točaka

b) Horizontalni parametri hrapavosti:

$R_m = 5 \cdot m$ – srednji korak neravnina profila

P_c – broj vrhova profila

c) Hibridni parametri hrapavosti:

R_{pk} – reducirana visina vrhova

R_k – dubina jezgre hrapavosti

R_{vk} – reducirana dubina dolova

Za ispitivanja u ovom radu u obzir je uzet vertikalni parametar hrapavosti Ra i Rz. Parametar Ra predstavlja srednje aritmetičko odstupanje profila. To znači da se na jediničnoj dužini površine od

ukupnih iznosa amplituda hrapavosti izračuna srednja vrijednost. Parametar Rz predstavlja visinu neravnina profila u 10 točaka. To znači da se na jediničnoj dužini površine uzima 5 točaka najvišeg brijega i najdublje doline te se iz njih računa srednja vrijednost koja predstavlja Rz (26).



Slika 7. Profilometar

3.2.3. Mjerenje promjene boje

Boja restaurativnih materijala mjerena je VITA Easyshade (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Njemačka) spektrometrom. To je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju duž valnih duljina vidljivog dijela spektra. Spektrometar mjeri boju uzorka na temelju CIEL*a*b* sustava boja koji omogućuje da boja bude određena u trodimenzionalnom sistemu određivanja boja. L* predstavlja vrijednost svjetline ili tame, a* vrijednost označava vrijednost tj. zastupljenost crvene boje (pozitivni a*) ili zelene (negativni a*). Vrijednost b* je mjera žute boje (pozitivni b*) ili plave (negativni b*). Razlika u boji prije i nakon zračenja (ΔE) izračunata je koristeći formulu $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. Mjerenje je napravljeno za (n=30) svih materijala (CEN, EQ, PF, EC) nakon čega su podijeljeni u 3 grupe - kontrola, zračenje 35 dana s 2 Gy/dnevno i zračenje 70Gy odjednom. Nakon provedenih zračenja, materijali su ponovno mjereni tako da je vrh spektrometra, koji je bio presvučen zaštitnom folijom za sprječavanje infekcije i kontaminacije, usmjeren na sredinu površine uzorka. Mjerenja su ponovljena tri puta i instrument je zatim automatski uprosječio mjerenja za svaki uzorak, a ona su zatim korištena za sveukupnu analizu podataka. Sva mjerenja proveo je isti istraživač, pod jednakim uvjetima.



Slika 8. VITA Easyshade spektrometar

3.2.4. Mjerenje mase

Mjerenje mase uzorka izvedeno je pomoću precizne vage Mettler Toledo (Columbus, Ohio, SAD). Skupine uzoraka izvagane su prije i poslije ionizirajućeg zračenja kako bi se mogla usporediti promjena u masi uzrokovana takvim tipom iradijacije. Svaki uzorak mjereno je tri puta, od čega je izračunata aritmetička sredina.



Slika 9. Precizna vaga Mettler Toledo

3.2.5. Zračenje

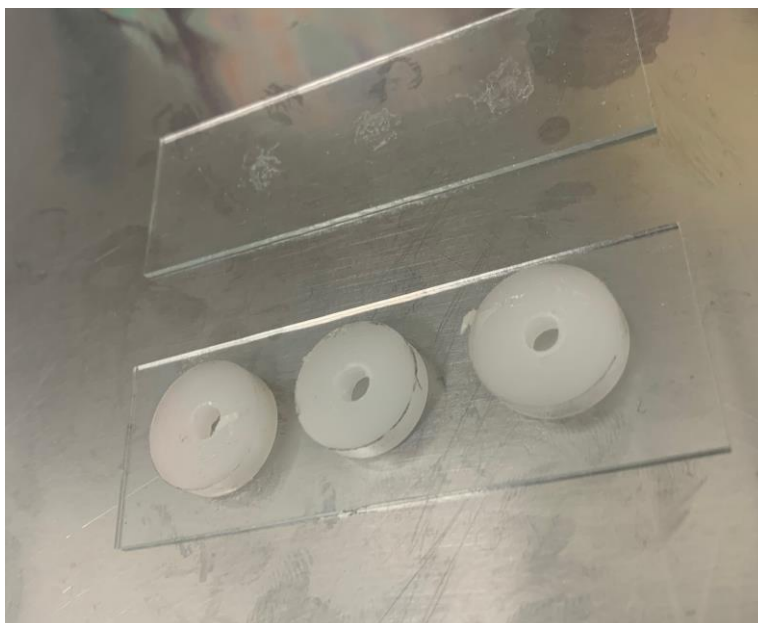
Pripremljeni uzorci zračeni su ukupnom dozom od 70 Gy, s 2 Gy dnevno, 5 dana u tjednu, u ukupno 35 frakcija prema protokolu radioterapijskog liječenja raka glave i vrata te udarnom dozom od 70 Gy. Zračenje je izvedeno na Odjelu za onkologiju Sveučilišnog bolničkog centra Zagreb pomoću linearnog akceleratora Siemens Primus (Siemens Healthineers AG, Erlangen, Njemačka). Snop zračenja od 6 MV korišten je s SSD-om (udaljenost od izvora do površine) od 100 cm za ozračivanje uzorka. Dva centimetra nadogradnog materijala postavljeno je iznad i ispod uzoraka kako bi se osigurali dovoljno dobri uvjeti raspršivanja.



Slika 10. Postavljanje snopa za ozračivanje uzorka

3.3. Uzorci

Materijale smo pripremili u teflonskim kalupima veličine 4x4x3 mm te smo koristili na tržištu nove materijale Equia Forte HT (GC, Japan), Cention (Ivoclar, Liechtenstein), Tetric EvoCeram te Tetric PowerFill (Ivoclar, Liechtenstein). Bilo je potrebno napraviti 30 uzoraka svakog materijala, kako bismo imali 10 uzoraka (n=10) u svakoj kategoriji - 1. grupa - uzorci zračeni 35 dana s 2 Gy/dnevno; 2. grupa - uzorci zračeni jednokratnom udarnom dozom od 70 Gy; 3. grupa - kontrolna skupina. Ukupno n=120 uzoraka. Uzorci su se postavili u kalup, ispod kojega se postavilo staklo, zatim su se zamiješali materijali u automatskoj miješalici (Septodont, Francuska) u trajanju od 10 sekundi i unijeli u kalup te se ponovno pritislili staklom da se istisne višak materijala. Uzorci su nakon toga polimerizirani 20 sekundi sa svake strane LED polimerizacijskom lampom Style (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) snage 1100 mW/cm². Površina uzorka ispolirala se finim brusnim papirom i prahom veličine 300, 600 i 1200 mikrometara na mehaničkoj polir mašini (LeCube, Francuska). Uzorci su se zatim nasumično podijelili u skupine od 10 uzoraka (n=10). Jedna skupina iz svake grupe se koristila kao kontrola (bez zračenja), a druga skupina se tretirala ionizacijskim zračenjem. Kao izvor zračenja koristio se gama izvor zračenja koji se koristi za potrebe zračenja glave i vrata (Zavod za radioterapiju, KBC Rebro) s ukupnom dozom 70 Gy .



Slika 11. Teflonski kalupi za uzorke

3.4. Statistička obrada

Rezultati istraživanja prikazani su deskriptivno u obliku aritmetičkih sredina, standardnih devijacija i 95%-tnih intervala pouzdanosti. Početna mjerenja, mjerenja nakon 35 dana zračenja te nakon udarnog zračenja uspoređena su zasebno za svaki parametar. Promjene uzrokovane zračenjem prikazane su Wilcoxon rank testom, s obzirom na to da promjene izmjerenih parametara nisu pratile normalnu distribuciju, što je potvrđeno testom normalnosti - Shapiro-Wilk i Kolmogorovim testom za svaki parametar. Također, pokazatelja asimetrije i zaobljenosti, ukazali su na nenormalnu distribuiranost. Promjene parametara boja pokazale su normalnu distribuciju te je test izbora bio T-test for Dependent Samples. Rezultati su se smatrali statistički značajnim na razini značajnosti od 0,05. Analiza je provedena korištenjem Statistica programskog paketa (TIBICO Statistica Version 13.5.0.17.).

\

4. Rezultati

1.1. Masa

Tablica 1. Promjena mase nakon zračenja 35 dana s 2 Gy/dnevno

Materijal	Wilcoxon Matched Pairs Test Marked tests are significant at $p < .05000$			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Cention	10	13,000000	1,4779768551 6911	0,1394149574 26722
Equia	10	0,00	2,803060	0,005062
PowerFill	10	14,000000	1,3760474168 8159	0,1688079161 6
EvoCeram	10	0,00	2,803060	0,005062

Tablica 2. Promjena mase nakon udarnog zračenja sa 70Gy

Materijal	Wilcoxon Matched Pairs Test Marked tests are significant at $p < .05000$			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Cention	10	16,000000	1,17218854030 654	0,24112224083 9376
Equia	10	0,00	2,803060	0,005062
PowerFill	10	0,00	2,803060	0,005062
EvoCeram	10	3,000000	2,497271	0,012516

Cention N pokazao je najveću otpornost na promjenu mase prilikom udarne doze ionizacijskog zračenja. Kod dugoročnog izlaganja gama zrakama kroz 35 dana, Cention N i PowerFill nisu prikazali statistički značajne promjene u masi.

4.2. Površinska hrapavost

Usporedbom mjerenja parametra Ra prije i nakon izlaganja materijala zračenju, nije pronađena statistički značajna promjena ni u jednoj grupi (Tablica 3.,4.)

Tablica 3. Promjena površinske hrapavosti (Ra) nakon zračenja 35 dana s 2 Gy/dnevno

Materijal	Wilcoxon Matched Pairs Test Marked tests are significant at $p < .05000$			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Cention	10	19,00000	0,866400	0,386271
Equia	10	19,00000	0,866400	0,386271
PowerFill	10	15,00000	1,274118	0,202623
EvoCeram	10	15,00000	1,274118	0,202623

Tablica 4. Promjena površinske hrapavosti (Ra) nakon udarnog zračenja sa 70Gy

Materijal	Wilcoxon Matched Pairs Test Marked tests are significant at $p < .05000$			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Cention	10	17,00000	1,070259	0,284504
Equia	10	16,00000	1,172189	0,241122
PowerFill	10	17,00000	1,070259	0,284504
EvoCeram	10	18,00000	0,968330	0,332880

4.3. Mikrotvrdoća

Tablica 5. Deskriptivna statistika mikrotvrdoće po Vickersu (HV.01) prije i nakon zračenja 35 dana s 2 Gy/dnevno

Materijal		Deskriptivna statistika - tvrdoća po Vickersu prije/poslije zračenja				
		Valid N	Mean	Std.Dev.	Confidence SD (-95.000%)	Confidence SD (+95.000%)
Cention N	prije zračenja	10	51,17000	5,178599	3,562023	9,45410
	nakon zračenja	10	51,01176	5,022123	3,454393	9,16844
Equia	prije zračenja	10	98,84000	18,81077	12,93871	34,34112
	nakon zračenja	10	98,02797	18,41779	12,66841	33,62371
PowerFill	prije zračenja	10	71,81000	15,88832	10,92855	29,00588
	nakon zračenja	10	71,72763	15,26303	10,49845	27,86435
EvoCeram	prije zračenja	10	64,53000	8,97491	6,173259	16,38469
	nakon zračenja	10	64,29315	8,82615	6,070937	16,11311

Tablica 6. Promjena mikrotvrdoće po Vickersu (HV.01) nakon zračenja 35 dana s 2 Gy/dnevno

Materijal	Wilcoxon Matched Pairs Test Marked tests are significant at p <.05000			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Cention	10	17,00000	1,070259	0,284504
Equia	10	1,000000	2,701130	0,006911
PowerFill	10	24,00000	0,356753	0,721277
EvoCeram	10	17,00000	1,070259	0,284504

Tablica 7. Promjena mikrotvrdoće po Vickersu (HV.01) nakon udarnog zračenja sa 70Gy

Materijal	Wilcoxon Matched Pairs Test Marked tests are significant at p <.05000			
	Valid (N)	T	Z	p-value
Cention	10	15,00000	1,274118	0,202623
Equia	10	15,00000	1,274118	0,202623
PowerFill	10	1,000000	2,701130	0,006911
EvoCeram	10	26,00000	0,152894	0,878482

4.4. Boja

Uvrštavanjem izmjerenih parametara u formulu $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, dobiveni su rezultati eksperimentalnih (CEN 7,25, EQ 5,99, PF 5,28 i EC 5,30) i udarnih uzoraka (CEN 9,88, EQ 7,97, PF 8,18 i EC 10,30) u intervalu 2-10, što govori da je promjena u boji “perceptible at glance” (“vidljiva pri pogledu”). Iznimka je udarni EC E*=10,30 pa ne spada u isti interval. Definira se kao “Colors more similar than opposite”. Uspoređujući parametre L, a i b pojedinačno dobili smo:

- parametar L (luminance)

U skupini koja je zračena 35 dana s 2 Gy/dnevno (eksperimentalna skupina) nije došlo do statistički značajne promjene ni kod jednog materijala. Dok je u skupini koja je primila udarnu dozu zračenja od 70 Gy prisutna statistički značajna promjena kod svih materijala osim kod PF.

Tablica 8. Promjena parametra L nakon zračenja 35 dana s 2 Gy/dnevno

Variable	T-test for Dependent Samples Marked differences are significant at p < .05000									
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv.	t	df	p	Confidence	Confidence
LprijeCEN	68,6400 0	3,712801								
LposlijeCEN	67,4600 0	5,763718	10	1,180000	8,086862	0,46142 6	9	0,655442	-4,60499	6,964992
LprijeEQ	57,8100 0	4,383923								
LposlijeEQ	57,2600 0	5,040988	10	0,550000	6,628767	0,26238 0	9	0,798936	-4,19193	5,291934
LprijePF	69,6900 0	2,679739								
LposlijePF	67,9100 0	4,779923	10	1,780000	4,870044	1,15581 2	9	0,277519	-1,70382	5,263820
LprijeEC	65,1300 0	2,897144								
LposlijeEC	67,7500 0	4,678853	10	-2,62000	5,003954	-1,65572	9	0,132161	-6,19961	0,959613

T-test for Dependent Samples Marked differences are significant at $p < .05000$										
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv.	t	df	p	Confidence	Confidence
LprijeCEN	68,64000	3,712801								
LposlijeCEN	77,73000	2,807549	10	-9,09000	5,088211	-5,64935	9	0,000314	-12,7299	-5,45011
LprijeEQ	57,81000	4,383923								
LposlijeEQ	63,14000	2,275082	10	-5,33000	5,052183	-3,33617	9	0,008713	-8,94411	-1,71589
LprijePF	69,69000	2,679739								
LposlijePF	70,58000	5,211696	10	-0,890000	5,332802	-0,527758	9	0,610430	-4,70486	2,924857
LprijeEC	65,13000	2,897144								
LposlijeEC	74,14000	3,678224	10	-9,01000	4,788052	-5,95067	9	0,000215	-12,4352	-5,58483

Tablica 9. Promjena parametra L nakon zračenja udarnom dozom od 70 Gy

- parametar a (red-green axis)

U eksperimentalnoj skupini pronađena je statistički značajna razlika kod EQ i PF, dok je kod udarne skupine prisutna kod svih materijala.

- parametar b (blue-yellow axis)

Isto kao i kod parametra b, u eksperimentalnoj skupini pronađena je statistički značajna razlika kod EQ i PF, dok je kod udarne skupine prisutna kod svih materijala.

5. Rasprava

U ovom istraživanju ispitivao se učinak zračenja na nekoliko svojstava restaurativnih dentalnih materijala. Korištena su dva modusa zračenja: 35 dana po 2 Gy dnevno i 70 Gy udarne doze u istom danu. Smatramo kako su za kliničku praksu značajni podatci vezani uz dugoročno zračenje (prvi modus). S obzirom na to da se pacijenti na radioterapiji glave i vrata upravo izlažu takvoj vrsti i intenzitetu terapije. To nije slučaj s udarnom dozom, međutim smatrali smo da je od iznimne važnosti provjeriti ima li isti intenzitet zračenja u kraćem vremenskom periodu isti ili različiti učinak na promatrana svojstva već spomenutih materijala. U tablicama 1. i 2. prikazane su promjene mase prilikom oba modusa zračenja. Uočeno je da skupina uzoraka Cention N pokazuje najveću stabilnost odnosno otpornost na promjenu mase uzrokovanu 1-dnevnom i 35-dnevnom iradijacijom, dok je PowerFill pokazao isto samo u slučaju dugoročnog zračenja, čime djelomično odbacujemo prvu hipotezu, ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu mase materijala. To ide u prilog namjeni samih materijala (distalna regija, 1., 2. i 5. razred po Black-u) zbog mogućnosti podnošenja većeg okluzijskog opterećenja i manje vjerojatnosti nastanka mikropropuštanja, odnosno rubne pukotine ispuna. Oba materijala u svom sastavu sadrže isti fotoinicijator na bazi germanija (Ivocerin), što dopušta polimerizacijskom svjetlu da penetrira u slojeve dublje od 2 milimetra, odnosno do 4 milimetra. Sljedeći promatrani parametar bila je površinska hrapavost iskazana u parametru Ra. U tablicama 3. i 4. vidljivo je da nema statistički značajne razlike ovog parametra niti u jednoj od ispitnih skupina tretiranih iradijacijom. Time prihvaćamo drugu postavljenu hipotezu, ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu površinske hrapavosti materijala. Pod pojmom hrapavosti, podrazumijeva se funkcija mikrostrukture i morfologije stvorena nizom fizikalnih i kemijskih procesa koji modificiraju površinu materijala te predstavlja jedan od glavnih kriterija za određivanje i predviđanje kliničkog vijeka restorativnog ispuna (27-29). Od iznimne su važnosti površinske karakteristike ispuna s obzirom na to da hrapavost površine pogoduje brzom kolonizaciji mikroorganizama i nakupljanju plaka, što u konačnici dovodi do povećanog rizika od karijesa (30). Dakle, povećana hrapavost površine restauriranog zuba dovodi do veće akumulacije plaka, nastanka sekundarnog karijesa, gingivitisa i gubitka parodontnog pričvrstka što posljedično rezultira gubitkom sjaja i boje restauracije, koja postaje estetski neprihvatljiva (31). Samim time želimo istaknuti kako smatramo da je ispravno poliranje nužan korak u izradi ispuna jer povećava trajnost i estetiku ispuna te je izravno povezano s trošenjem i marginalnim integritetom restauracije (32,33). Pacijenti na radioterapiji glave i vrata osobito su izloženi navedenim promjenama, zbog pojave hiposalivacije odnosno smanjenog lučenja sline uslijed destrukcije žljezdanih acinusa žlijezda slinovnica koje produciraju seroznu slinu (19,20). Takva mucinozna slina, ljepljiva je i ima manju sposobnost otplavlivanja štetnih mikroorganizama i njihovih metabolita. U tablici 5. prikazana je deskriptivna statistika mikrotvrdoće materijala prije i nakon 35-dnevnog zračenja, dok su same promjene prikazane u tablici 6. i 7. Iako je Equia Forte kao materijal inicijalno pokazala najveću čvrstoću, jedino je u iste uočen statistički značajni pad mikrotvrdoće nakon iradijacije 70 Gy kroz 35

dana, dok je PowerFill pokazao statistički značajan pad nakon udarne doze zračenja. Zbog navedenih razloga, djelomično odbacujemo treću hipotezu, ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu mikrotvrdoće materijala. Brandeburski SBN i Bona AD (34) u svojoj studiji dobili su povećanje mikrotvrdoće kod Vitremera, odnosno smolom modificiranog stakloionomera, što nije slučaj kod Equia-e u ovoj studiji. Međutim, rezultate je teško uspoređivati s obzirom da nije korištena ista metoda mjerenja (Knoopova metoda). U istraživanju Billingham NC (35) prikazano je da na tvrdoću i modul elastičnosti mogu utjecati ioni zračenja zbog stvaranja slobodnih radikala, koji mogu ili povećati ili prekinuti umreženje ovih materijala, što je moguće objašnjenje ovdje novonastalih promjena. Tetric EvoCeram pokazao je povećanje mikrotvrdoće nakon zračenja udarnom dozom. Cruz i sur. (36) u svom istraživanju konstatiraju kako ionizacijsko zračenje potiče ekscitaciju odnosno pobuđivanje molekula, što može za posljedicu imati bolju povezanost lanaca nakon svjetlosne aktivacije. Nadalje, kontinuiranom polimerizacijom kisikom inhibiranog površinskog sloja kao i čestica niskomolekularne mase u matriksu materijala, može dovesti do povećanja tvrdoće materijala (37). Bala i sur. (38) istraživali su utjecaj površinske hrapavosti na mikrotvrdoću SIC-eva, međutim nisu pronašli korelaciju, što vidimo i u našem istraživanju, gdje promjenom mikrotvrdoće Equia-e nije došlo do promjene i njene površinske hrapavosti. Uvrštavanjem izmjerenih parametara u formulu ΔE dobivena je promjena u intervalu od 2-10 što predstavlja promjenu boje vidljivu oku, zbog čega odbacujemo četvrtu hipotezu, ionizacijsko zračenje nema učinka na promjenu boje materijala (tablice 8. i 9.). Parametar L odnosno svjetlina nije se značajno promijenila nakon zračenja od 35 dana niti kod jednog materijala, dok su parametri a i b statistički promijenili kod Equia-e i Power Fill-a (promjena kromatičnosti). Kod udarnih doza promjene boje bile su značajnije. Svjetlina materijala pala je kod svih materijala osim kod PF, a kromatičnost se mijenjala u svim materijalima. Stabilnost svjetline PF kod obiju doza može se objasniti stabilnošću matrice i punila samog materijala. Meena i sur. (39) prikazali su da su nano-hibridni kompozitni materijali manje skloni promjenama boje u različitim tekućinama od ostalih ispitivanih kompozitnih materijala. U ovom istraživanju također je potvrđeno da je ΔE dobivena za EvoCeram (nano-hibridni kompozit) preko 10, što promjenu boje opisuje kao "Colors more similar than opposite".

S obzirom na to da je svrha ovog rada bila upoznati se s promjenama spomenutih svojstava restaurativnih materijala nakon dugoročnog zračenja dozom od 2 Gy kako bi se dobivenim spoznajama približili materijalu izbora za pacijente na radioterapiji glave i vrata, smatramo da je nužno sumirati dobivene rezultate nakon 35 dana zračenja u nekoliko rečenica:

Stabilnost u masi prikazali su Cention i Power Fill, dok se površinska hrapavost nije mijenjala ni kod koje ispitivane skupine. Otpornost na promjenu mikrotvrdoće pokazali su Cen, PF i EC, a promjena boje je bila značajna kod svih skupina. Svjetlina se nije mijenjala ni u jednoj skupini, a otpornost na promjene kromatičnosti pokazali su Cen i EC.

Uzevši u obzir sve navedeno, mišljenja smo kako je Cention N pokazao najveću stabilnost u svim mjerenim parametrima nakon zračenja 35 dana s 2 Gy. Osim toga, važno je istaknuti kako je

Cention materijal koji posjeduje antikarijesni učinak. Ako je pH nizak, primjerice zbog aktivnog biofilma plaka, tj. visoko aktivnih kariogenih bakterija, Cention N oslobađa veću količinu iona nego kad je pH neutralan. Dodatno, oslobođeni hidroksilni ioni mogu neutralizirati pojavu kiselosti (regulacija pH) uzrokovanu prisutnošću kariogenih bakterija (25). To je od osobite važnosti za ovu skupinu pacijenata u kojih dolazi do ireverzibilnog oštećenja slinovnica (pojava kserostomije). Serozne žlijezde, radiosenzitivnije su od mukoznih žlijezda zbog čega je obujam zračenja parotidne žlijezde jedan od glavnih faktora razvoja kserostomije. Doze zračenja od 60 Gy smanjuju lučenje sline za 80%. Kserostomija se očituje kvalitativnim i kvantitativnim promjenom (količine i sastava) sline. Dolazi do smanjenja pH sline zbog pada koncentracije bikarbonatnih iona u slini te promjene bakterijske mikroflore s obzirom na povećanje broja acidogenih bakterija. Takvi novonastali uvjeti u usnoj šupljini idu u prilog nastanku kronične nuspojave radioterapije u području glave i vrata - radijacijskog karijesa (40-42). Naravno, ovo istraživanje ima i određena ograničenja. Naime, in vitro ispitivanje nikad ne može u potpunosti imitirati uvjete koji su prisutni u usnoj šupljini in vivo. Sukladno tome, potrebno je imati na umu da uzorci materijala koji su testirani nisu bili izloženi puferskom učinku sline ili izloženi temperaturnim promjenama ili cikličkom mehaničkom opterećenju. Potrebna su daljnja istraživanja čiji bi dizajn još više oponašao in vivo uvjete kojima su izloženi restaurativni materijali. Usprkos navedenim limitacijama, smatramo kako bi Cention N trebao biti materijal izbora u pacijenata podvrgnutih radioterapiji glave i vrata zbog najveće stabilnosti mehaničkih svojstava samog materijala uz prisutni depo učinak otpuštanja fluorida.

6. Zaključci

U okviru ovog *in vitro* istraživanja moguće je zaključiti sljedeće:

1. Ionizacijsko zračenje ima statistički značajan učinak na promjenu mase materijala Equia Forte i Tetric EvoCeram
2. Ionizacijsko zračenje nema statistički značajan učinak na promjenu površinske hrapavosti materijala
3. Ionizacijsko zračenje ima statistički značajan učinak na promjenu mikrotvrdoće materijala Equia Forte
4. Ionizacijsko zračenje ima statistički značajan učinak na promjenu boje svih ispitivanih materijala

7. Zahvale

Zahvaljujemo se svojoj dragoj mentorici izv. prof. dr. sc. Evi Klarić Sever, dr. med. dent. na prenesenom znanju, strpljenju i optimizmu kojim nas je vodila kroz cijelo istraživanje. Posebno smo joj zahvalni na povjerenju i izdvojenom vremenu bez kojih ovaj rad ne bi bio izvediv. Također, veliko hvala na pomoći Majani Nasoče, dr. med., specijalististici onkologije i radioterapije te Timoru Grego, dipl. ing. fizike, oboma djelatnicima Odjela za onkologiju Sveučilišnog bolničkog centra Zagreb.

8. Popis literature

1. National Comprehensive Cancer Center Network, editor. NCCN Guidelines for Head and Neck Cancers 2018.
2. Gernhardt CR, Kielbassa AM, Hahn P, Schaller HG. Tensile bond strengths of four different dentin adhesives on irradiated and non-irradiated human dentin in vitro. *J Oral Rehabil.* 2001;28:814–20.
3. Soares CJ, Castro CG, Neiva NA, Soares PV, Santos-Filho PC, Naves LZ, et al. Effect of gamma irradiation on ultimate tensile strength of enamel and dentin. *J Dent Res.* 2010;89:159–64.
4. Kielbassa AM, Hinkelbein W, Hellwig E, Meyer-Luckel H. Radiation-related damage to dentition. *Lancet Oncol.* 2006;7:326–35.
5. De Sanctis V, Bossi P, Sanguineti G, Trippa F, Ferrari D, Bacigalupo A, et al. Mucositis in head and neck cancer patients treated with radiotherapy and systemic therapies: literature review and consensus statements. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2016;100:147–66.
6. Naves LZ, Novais VR, Armstrong SR, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Effect of gamma radiation on bonding to human enamel and dentin. *Support Care Cancer.* 2012;20:2873–8.
7. Yesilyurt C, Bulucu B, Sezen O, Bulut G, Celik D. Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dent Mater J.* 2008;27:695–701.
8. Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, Loguercio AD, Moraes RR, Bronkhorst EM, et al. 22-year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dent Mater.* 2011;27:955–63.
9. Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitao J, et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2007;138:775–83.
10. Silva AR, Alves FA, Berger SB, Giannini M, Goes MF, Lopes MA. Radiation-related caries and early restoration failure in head and neck cancer patients. A polarized light microscopy and scanning electron microscopy study. *Support Care Cancer.* 2010;18:83–7.
11. Andrews N, Griffiths C. Dental complications of head and neck radiotherapy: part 2. *Aust Dent J.* 2001;46:174–82.
12. Hancock PJ, Epstein JB, Sadler GR. Oral and dental management related to radiation therapy for head and neck cancer. *J Can Dent Assoc.* 2003;69:585–90.
13. Shaw MJ, Kumar ND, Duggal M, Fiske J, Lewis DA, Kinsella T, et al. Oral management of patients following oncology treatment: literature review. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2000;38:519–24.
14. Cruz A, Sinhoreti M, Ambrosano G, Rastelli A, Bagnato V, Bóscolo F. Effect of therapeutic dose X rays on mechanical and chemical properties of esthetic dental materials. *Mater Res.* 2008;11:313–8.
15. Beech N, Robinson S, Porceddu S, Batstone M. Dental management of patients irradiated for head and neck cancer. *Aust Dent J.* 2014;59:20–8.

16. Galetti R, Santos-Silva AR, Antunes AN, Alves Fde A, Lopes MA, de Goes MF. Radiotherapy does not impair dentin adhesive properties in head and neck cancer patients. *Clin Oral Investig.* 2014;18:1771–8.
17. Chin DW, Treister N, Friedland B, Cormack RA, Tishler RB, Makrigiorgos GM, et al. Effect of dental restorations and prostheses on radiotherapy dose distribution: a Monte Carlo study. *J Appl Clin Med Phys.* 2009;10:80–9.
18. Reitemeier B, Reitemeier G, Schmidt A, Schaal W, Blochberger P, Lehmann D, et al. Evaluation of a device for attenuation of electron release from dental restorations in a therapeutic radiation field. *J Prosthet Dent.* 2002;87:323–7.
19. De Moor RJ, Stassen IG, van 't Veldt Y, Torbeyns D, Hommez GM. Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head- and neck-irradiated cancer patients. *Clin Oral Investig.* 2002;15:31–8.
20. McComb D, Erickson RL, Maxymiw WG, Wood RE. A clinical comparison of glass ionomer, resin-modified glass ionomer and resin composite restorations in the treatment of cervical caries in xerostomic head and neck radiation patients. *Oper Dent.* 2002;27:430–7.
21. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater.* 2011;27:29–38.
22. Germano F, Melone P, Testi D, Arcuri L, Marmioli L, Petrone A, et al. Oral complications of head and neck radiotherapy: prevalence and management. *Minerva Stomatol.* 2015;64:189–202.
23. Miletić I. Modern solutions for direct posterior restorations. *GC Get Connected.* 2015;4:32-6.
24. Baraba A, Miletić I. Healing deep caries lesions in the posterior region with the new micro-laminated glass ionomer cement. *GC Get Connected.* 2015;5:21-4.
25. Masnov D. Cention N - nova alternativa amalgamu (prikaz slučaja) [Diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 2020 [pristupljeno 17.06.2021.] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:749537>
26. Kolemen, U.: Analysis of ISE in microhardness measurements of bulk MgB₂ superconductors using different models, *J. Alloys Compd.* 425, 429-435 (2006)1.
27. Sidhu SK, Sheriff M, Watson TF. *In vivo* changes in roughness of resin-modified glass ionomer materials. *Dent Mater.* 1997;13(3):208-13.
28. Yip HK, Lam WTC, Smales RJ. Fluoride release, weight loss and erosive of modern aesthetic restoratives. *Br Dent J.* 1999;187(5):265-70.
29. Yip HK, Lam WTC, Smales RJ. Surface roughness and weight loss of esthetic restorative materials related to fluoride release and uptake. *J Clin Pediatr Dent.* 1999;23(4):321-26.
30. Rios D, Honório HM, Araújo PA, Machado MAA. Wear and superficial roughness of glass ionomer cements used as sealants, after simulated toothbrushing. *Braz Oral Res.* 2002;16(4):343-8.
31. Warren DP, Colescott TD, Henson HA, Powers JM. Effects of four prophylaxis pastes on surface roughness of a composite, a hybrid ionomer and a compomer restorative material. *J Esthet Rest Dent.* 2002;14(4):245-51.
32. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Dias CTS. The effect of six polishing systems on the surface roughness of two packable resin-based composites. *Am J Dent.* 2002;15(3):193-7.

- 33.Ryba TM, Dun NWJ, Murchison DF. Surface roughness of various packable composites. *Oper Dent.* 2002;27:243-7.
- 34.Brandeburski SBN, Della Bona A. Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials. *Dent Mater.* 2018 Feb;34(2):221-227. doi: 10.1016/j.dental.2017.10.006. Epub 2017 Nov 6. PMID: 29102159.
- 35.Billingham NC. Degradation and stabilization of polymers. *Materials science and technology.* Hoboken: Wiley-VCH; 2013. p. 469–507.
- 36.Cruz A, Sinhoreti M, Ambrosano G, Rastelli A, Bagnato V, Bóscolo F. Effect of therapeutic dose X rays on mechanical and chemical properties of esthetic dental materials. *Mater Res.* 2008;11:313–8.
- 37.von Fraunhofer JA, Curtis Jr P, Sharma S, Farman AG. The effects of gamma radiation on the properties of composite restorative resins. *J Dent.* 1989;17:177–83.
- 38.Bala O, Arisu HD, Yikilgan I, Arslan S, Gullu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *Eur J Dent.* 2012;6(1): 79–86.
- 39.Meena B, Hasija M, Wadhvani K K, Wadhwa D. Spectrometric analysis of intentionally stained hybrid and nanohybrid composites – An In vitro study. *J Int Clin Dent Res Organ.* 2019;11:76-82
- 40.Perić M, Perković I, Brailo V. Zračenje glave i vrata i komplikacije u usnoj šupljini. *Sonda.* 2012;13(23):99-103.
- 41.Lončar Brzak B, Mravak Stipetić M. Ljestvice za procjenu oralnog mukozitisa. *Medix.* 2014;20(109/110):213-6.
- 42.Dirix P, Nuyts S. Evidence - based organ - sparing radiotherapy in head and neck cancer. *Lancet Oncol.* 2010;11(1):85-91

9. Sažetak

Utjecaj ionizacijskog zračenja na restaurativne materijala s učinkom otpuštanja fluora

Luka Šimunović

Bruno Špiljak

Svrha rada: Radioterapija ima ključnu ulogu u liječenju ranih i uznapredovalih faza karcinoma glave i vrata. Iako obilježena nizom akutnih i kasnih nuspojava koje imaju utjecaj na stanice brojnih anatomskih struktura u području usne šupljine, glave i vrata, ista pokazuje utjecaj i na restaurativne materijale. Do sada još uvijek ne postoji konsenzus o učincima radioterapije na mehanička svojstva materijala s učinkom otpuštanja fluora.

Materijali i metode: U istraživanju smo koristili uzorke materijala s efektom otpuštanja fluora te kompozite: Equia Forte HT (GC, Japan), Cention N (Ivoclar, Liechtenstein), Tetric EvoCeram (Ivoclar, Liechtenstein) te Tetric PowerFill (Ivoclar, Liechtenstein). Ispitivani parametri bili su masa, površinska hrapavost, mikrotvrdoća te promjena boje.

Rezultati: Stabilnost u masi pokazali su Cention N i Tetric PowerFill, dok se površinska hrapavost nije mijenjala ni kod koje ispitivane skupine. Otpornost na promjenu mikrotvrdoće pokazali su Cention N, Tetric PowerFill i Tetric EvoCeram, a promjena boje je bila značajna kod svih skupina. Svjetlina se nije mijenjala ni u jednoj skupini, a otpornost na promjene kromatičnosti pokazali su Cention N i Tetric EvoCeram.

Zaključak: Dobivenim rezultatima, naslućuje se kako je Cention N materijal izbora u pacijenata podvrgnutih radioterapiji glave i vrata zbog mehaničke stabilnosti materijala te depo-učinka otpuštanja fluorida. Međutim, potrebna su daljnja istraživanja.

Ključne riječi: radioterapija, dentalni materijali, mikrotvrdoća, površinska hrapavost

10. Summary

Influence of ionizing radiation on restorative materials with fluoride release effect

Luka Šimunović

Bruno Špiljak

Purpose: Radiotherapy plays a key role in the treatment of the early and advanced stages of head and neck cancer. Although marked by a series of acute and late side effects that affect the cells of numerous anatomical structures in the area of the oral cavity, head and neck, it also shows an impact on restorative materials. To date, there is still no consensus on the effects of radiotherapy on the mechanical properties of fluoride-releasing materials.

Materials and Methods: In the research, we used samples of materials with the effect of releasing fluoride and composites: Equia Forte HT (GC, Japan), Cention N (Ivoclar, Liechtenstein), Tetric EvoCeram (Ivoclar, Liechtenstein) and Tetric PowerFill (Ivoclar, Liechtenstein). The examined parameters were mass, surface roughness, microhardness and color change.

Results: Cention N and Tetric PowerFill showed stability in the mass, while the surface roughness did not change in any of the examined groups. Resistance to microhardness change was shown by Cention N, Tetric PowerFill and Tetric EvoCeram and color change was significant in all groups. The brightness did not change in any group, while resistance to chromaticity changes was demonstrated by Cention N and Tetric EvoCeram.

Conclusion: The obtained results suggest that Cention N material choice in patients was confirmed by head and neck radiotherapy due to the mechanical stability of the material and the depot effect of fluoride release. However, further research is needed.

Key words: radiotherapy, dental materials, microhardness, surface roughness