

UPOREĐIVANJE MIKROPROTICANJA KOD DIREKTNIH I INDIREKTNIH KOMPOZITNIH ISPUNA

MICROLEAKAGE COMPARISON OF DIRECT AND INDIRECT COMPOSITES RESTORATIONS

Goran Tošić

MEDICINSKI FAKULTET U NIŠU, KLINIKA ZA STOMATOLOGIJU, ODELJENJE BOLESTI ZUBA I ENDODONCIJA, NIŠ, SRBIJA
 MEDICAL FACULTY, CLINIC OF STOMATOLOGY, DEPARTMENT OF DENTAL PATHOLOGY AND ENDODONTICS, NIŠ, SERBIA

Kratak sadržaj

Uvod: Cilj ove in vitro studije bio je upoređivanje mikroproticanja kod direktnih kompozitnih ispuna u odnosu na inleje sa fleksibilnog radnog modela, kao i upoređivanje mikroproticanja dva različita kompozita upotrebljenih za izradu kako direktnih, tako i indirektnih ispuna.

Materijali i metode: Odabrano je 60 stalnih premolara na kojima su preparisani standardizovani kaviteti druge klase. Kaviteti su restaurisani i podeljeni u četiri grupe, u skladu sa tehnikom i materijalima korišćenim u ovom eksperimentu. Svi ispuni su urađeni od dva različita dentalna kompozita: Z100, (3M™ ESPE™) i Tetric Ceram, (Vivadent). Za izradu indirektnih kompozitnih inleja, otisak je napravljen sa polieterskom pastom za otiske IMPREGUM F – 3M™ ESPE™. Fleksibilni radni model je napravljen od dvofaznog silikonskog materijala RAPID System – Coltene. Inleji su modelovani i polimerizovani na fleksibilnom radnom modelu. Cementiranje inleja obavljeno je kompozitnim cementom Lute-it, Jeneric-Pentron. Direktno kompozitne restauracije su urađene standardnom procedurom. Restaurisani zubi su podvrgnuti termociklusima, a potom je evaluirano prisustvo i stepen mikroturenja. *Rezultati:* Sve testirane grupe uzoraka pokazale su određene vrednosti mikroproticanja na spoju kompozita i zidova kaviteta. Stepent mikroturenja bio je značajno veći kod direktnih kompozitnih ispuna u odnosu na kompozitne inleje.

Zaključak: Indirektni kompozitni inleji pokazali su bolje rubno zatvaranje u odnosu na direktne kompozite. Mada su testirani materijali pokazali različit stepent mikroproticanja u zavisnosti od primenjene tehnike, nalazi ove studije ukazuju da se oba testirana materijala mogu upotrebiti u izradi indirektnih kompozitnih inleja.

Ključne reči: mikroturenje, indirektni kompozitni inleji, fleksibilni radni model

Abstract

Introduction: Purpose of this microleakage study was to examine and evaluate microleakage under direct composites and indirect composite inlays, and compare these two methods of application in sense of microleakage presence using two different composites.

Materials and methods: 60 class cavities on sixty sound extracted human premolars were prepared, restored, and teeth were divided in four groups of 15 teeth according to material and technique employed in this experiment. All direct composites fillings, as well as indirect composite inlays were made from two dental composites: Z100, 3M™ ESPE™, and Tetric Ceram, Vivadent. For the purpose of this experiment, fabrication of flexible die was employed. Impressions were taken in polyether impression material IMPREGUM F – 3M™ ESPE™. Flexible dies were made of condensation silicon RAPID System – Coltene. Both tested composites were used for inlay fabrication on flexible dies. Inlays were cemented by Lute-it, Jeneric-Pentron composite luting agent. Direct composites were made by standardized procedure. Restorations were thermocycled and the extent of microleakage presence was evaluated.

Results: All tested groups of specimens show certain values of microleakage on resin-tooth interface. Extent of microleakage was significantly greater in direct composite restorations.

Conclusions: Indirect composite inlays were superior than direct composites in the sense of sealing ability. Though the materials tested were not capable of stopping microleakage, either as direct restoration or indirect inlays, findings from this experiment imply that both material could be employed for indirect inlay fabrication.

Key words: microleakage, indirect composite inlays, flexible die

Uvod

Devedesetih godina dvadesetog veka, apsolutni trend restaurativne stomatologije bili su direktni kompozitni ispuni.¹ Uz ogromnu popularnost kako među kliničarima, tako i među

Introduction

Direct composites were an absolute trend in restorative dentistry at the end of the 20th century.¹ They have been associated with undesirable characteristics such as excessive wear, defi-

pacijentima, ove ispune pratile su neke potpuno neželjene karakteristike: prekomerno habanje, problemi aproksimalnog kontakta, polimerizaciono skupljanje, mikrocurenje, i postoperativna senzitivnost.^{2,3,4,5} Kompozitni inleji su početkom osamdesetih propagirani kao metod koji može da prevaziđe nedostatke direktnih kompozitnih ispuna.^{5,6,7,8,9} Indirektni kompozitni ispuni su opisivani kao brzi, manje tehnički osetljivi, lakši za manipulaciju u poređenju sa direktnim kompozitima.^{10,11,12} Kod indirektnih kompozita najveći stepen polimerizacionog skupljanja se odigrava ekstraoralno, a ispravno formiranje morfologije i aproksimalnog kontakta je takođe lakše postići kod inleja modelovanih i polimerizovanih van usne duplje.¹² Krajem devedesetih godina uz sve veću popularnost kompozita uopšte, indirektni kompozitni inleji bili su u značajnoj prednosti u odnosu na direktne kompozitne inleje.^{13,14}

Polimerizaciono skupljanje uslovljava pojavu mikroproticanja – mikrocurenja,¹⁵ a neposredan uticaj na napone koji nastaju u toku polimerizacije ima modul elastičnosti materijala, restaurativna tehnika, i konfiguracija kaviteta ili C-faktor.¹⁶ U slučaju direktnih kompozitnih restauracija, polimerizaciono skupljanje može proizvesti pukotine od 1,67 do 5,68 procenata totalnog volumena ispuna.¹⁷ Što se tiče indirektnih kompozita, ivični prostor se pre cementiranja kreće u rasponu od 20 do 718 μm u zavisnosti od korišćenog materijala, lokacije, i divergencije zidova kaviteta,^{18,19,20} pa je izvesno da je ove faktore lakše kontrolisati indirektnim kompozitnim ispunima.

Indirektni kompozitni ispuni pokazuju značajno manje mikrocurenje od direktnih kompozita,^{11,12,21-26} jer je proces polimerizacije u potpunosti obavljen na radnom modelu. Kod ovakvog ispuna moguća su česta podešavanja, pasovanja inleja, koja su nepoželjna ali ponekad neminovna.^{18,20} Preciznost ovako napravljenog ispuna zavisi i od preciznosti radnog modela. Osim tradicionalnog gipsanog modela, kompozitni inleji se može napraviti na fleksibilnom radnom modelu.²⁷⁻³³ Ova tehnika podrazumeva otisak preparisanog kaviteta standardnim otisnim materijalima. U otisak se ubacuje, štopovanjem ili injektiranjem, fleksibilni materijal koji može biti isti kao i otisak ili različitog hemijskog sastava. Najčešće preporučivani materijali su ireverzibilni hidrokoloidei, silikonski otisni materijali, polivinil siloksani, i polieterski materijali.²⁷⁻³³ U slučaju da je i otisak i radni

cient interproximal contacts, polymerization shrinkage, microleakage, and postoperative sensitivity.^{2,3,4,5} Indirect composite restorations have been advocated to overcome some of the deficiencies associated with direct composites.^{5,6,7,8,9} Indirect technique has been reported to be quick, less technique-sensitive, and allows improved manipulation of the composite, compared with direct composite placement.^{10,11,12} With indirect composite restoration, the majority of the polymerization shrinkage occurs extraorally and the correct contours can be more easily achieved when the restoration is fabricated outside the mouth.¹² At the end of the 90s, indirect composites became even more popular than direct composite inlays.^{13,14}

Polymerization shrinkage is responsible for the formation of the gap between the resin-based composite, and for microleakage phenomena.¹⁵ Polymerization shrinkage stress is influenced by restorative technique, modulus of resin elasticity, and cavity configuration or "C-Factor".¹⁶ In the case of direct composites, the gap occurred may vary from 1,57 to 5,68 percent of the total restoration volume.¹⁷ Margin adaptation of indirect restorations before cementation has been reported to range between approximately 20 to 718 μm depending on the materials used, location, and cavity wall divergence.^{18,19,20} It is obvious that these factors are easy to control in the indirect technique.

Indirect composite inlays show significantly less leakage than direct composite.^{11,12,21-26} As the consequence of its polymerization on die, indirect composite restoration usually requires some adjustment before it can be fully seated on the tooth.^{18,20} Except plaster die, indirect composite restoration can be made using flexible die materials.²⁷⁻³³ These techniques involve making an impression of a prepared tooth with standard impression materials. The die is fabricated by injecting a flexible die material into the impression. It has been suggested²⁷⁻³³ that an irreversible hydrocolloid, polyethers, a condensation reaction silicone, or polyvinilsiloxane impression can be used with the flexible die technique. The flexible die material sets rapidly, allows the finished restoration to be easily removed from the die, and does not involve specialized laboratory equipment.

model od istog materijala neophodno je izolovati otisak nekim silikonskim separatorom. Radni model se vezuje u roku od par minuta, lako se vadi iz otiska i omogućava izradu inleja u jednoj seansi, bez specijalizovane laboratorijske opreme. Kako su fleksibilni radni modeli za izradu inleja u našoj kliničkoj praksi još uvek nepoznati, jedan od interesa ove studije bio je i evaluacija ovakvih modela u eksperimentu sa mikrocurenjem.

Cilj ove studije bio je:

- upoređivanje mikroproticanja kod direktnih kompozitnih ispuna u odnosu na indirektnu kompozitne ispune sa fleksibilnog radnog modela, i
- upoređivanje mikroproticanja dva kompozita u formi direktnih i indirektnih ispuna.

Materijali i metode

Brižljivo selekcijom odabrano je 60 stalnih premolara od pacijenata sličnog starosnog doba (ekstrakcije iz ortodontskih razloga). Svi zubi su imali klinički intaktne krunice. Zubi su očišćeni i do nastavka tretmana čuvani u veštačkoj salivi.

Svi zubi su preparisani i potom nasumice podeljeni u četiri grupe u skladu sa tehnikom i materijalima korišćenim u ovom eksperimentu. Standardizovani kaviteti druge klase dizajnirani su i preparisani u "adhezivnom stilu".³⁴ Dno kaviteta, unutrašnje ivice i uglovi su zaobljeni. Naspramni zidovi kaviteta su divergirali od 10° do 12°. Cervikalna ivica kaviteta nije ekstenđirana preko gleđno-dentinske granice, tako da je kompletan ivični odnos sa materijalom bio na nivou gleđi. Sve preparacije urađene su visokoturažnim instrumentom sa vodenim hlađenjem, rotirajućim instrumentom – *SS White burs FG 556 type 2*. Zakošavanje ivica kaviteta obavljeno je ručnim strugačima (*Dental Therapeutics AB, S-13145 Nacka, Sweden*). Sve faze preparacije, kontrola zidova i ivica, urađena je pod laboratorijskim uveličavajućim staklom.

The aims of this study were:

- comparison of microleakage between direct composites, and indirect composite inlays,
- testing of two dental composites for direct placement, and inlay fabrication.

Material and methods

Sixty sound human premolars were selected from the assortment teeth that had been stored in water. None of the selected teeth were cracked, restored, carious, or excessively worn. Prepared teeth were randomly divided in to four groups of 15 teeth according to the technique and material employed in this experiment

II class cavities in "adhesive style" 34 were standardly prepared with *SS White burs FG 556 type 2*, to give estimated convergence angles between opposing walls of 10° – 12°. The internal line and point angles were rounded. For all preparations, the cervical margins of the aproximal boxes did not extend as far as the cementoamel junction; therefore, the entire cavosurface margin was prepared in dentoamel.

All direct composite fillings, as well as indirect composite inlays were made from two dental composites: Z100, 3M™ ESPE™, and Tetric Ceram, Vivadent. Direct composite restorations were in groups marked as A1 and A2. Indirect composite inlays were in groups marked as B1 and B2 (Table 1).

Direct composite restorations

The enamel cavity walls were etched for 30 seconds with 35% phosphoric acid, and dentinal

Tabela 1. Testirani materijali i tehnike
Table 1. Materials and techniques tested

Direktni kompozitni ispuni Direct composites	Indirektni kompozitni ispuni Indirect composites
Grupa A1: <i>Filtek Z100 3M</i> Group A-1: <i>Filtek Z100 3M</i>	Grupa B1: <i>Filtek Z100</i> Group B-1: <i>Filtek Z100</i>
Grupa A2: <i>Tetric Ceram</i> Group A-2: <i>Tetric Ceram</i>	Grupa B2: <i>Tetric Ceram</i> Group B-2: <i>Tetric Ceram</i>

Za izradu direktnih i indirektnih ispuna, korišćeni su dentalni kompoziti dva različita proizvođača: Z100, 3M™ ESPE™, i Tetric Ceram, Vivadent. Direktno kompozitne restauracije testirane su u eksperimentalnim grupama označenim kao A1 i A2. Indirektni kompozitni ispuni testirani su takođe u dve grupe od po 15 zuba označene kao B1 i B2 (tabela 1).

Direktni kompozitni ispuni

Gleđni rubovi preparisanih kaviteta tretirani su 35% fosfornom kiselinom 30 sekundi, a dentinski delovi kaviteta 15 sekundi. Kiselina je ispirana mlazom vode 30 sekundi i osušena blagim mlazom komprimovanog vazduha sa posebnom pažnjom od presušivanja dentina. Pripremljeni kaviteti tretirani su dentin vezujućim sredstvom SYNTAC SC, Vivadent, strogo po uputstvu proizvođača. Kompozitni materijal je aplikovan i polimerizovan 40 sekundi po inkrementu (dva sloja u svakom kavitetu) iz okluzalnog i aproksimalnog smera. Polimerizacija je obavljena aparatom za svetlosnu polimerizaciju *Coltolux 4, Coltene* sa ugrađenim digitalnim svetlomerom koji je omogućio periodičnu kontrolu svetlosnog intenziteta. Poliranje je obavljeno pod vodenim mlazom Soflex discs (3M, St Paul, MN, USA).

Indirektni kompozitni ispuni

Otisak kaviteta napravljen je jednofaznom polieterskom pastom IMPREGUM F (3M™ ESPE™), plastičnim modlama 15x15 mm. Fleksibilni radni model za izradu indirektnih kompozitnih inleja, urađen je od silikonskog otisnog materijala RAPID system, (Coltene). Neposredno po stvrdnjavanju, u otisak je višefazno štopovan RAPID Puty. Korekturna niskoviskozna pasta RAPID Liner, nanošena je na prvu fazu radnog modela i ponovo utiskivana u otisak kaviteta. Nikakav oblik separacije između otisnih materijala nije korišćen, niti je korišćen bilo kakav separator između radnog modela i kompozita. Na fleksibilni radni model unosen je kompozitni materijal u dva sloja sa vremenom polimerizacije od 40 sekundi. Po završenom

part of cavity was etched for 15 seconds. The acid gel was then washed-off with copious water spray for a further 30 seconds and cavity was treated with Syntac (Vivadent) according to manufacturer instructions. The cavity was filled incrementally (two increments) and each increment was light cured for forty seconds with *Coltolux 4, Coltene* light unite. The light was directed toward proximal and occlusal aspects. Each aspect received a 40 seconds exposure. Polishing was done with Soflex discs (3M, St Paul, MN, USA) with water spray.

Indirect Composite Inlays

The impression for inlay fabrication was taken with a highly viscous single-phase polyether material **Impregum F** - 3M ESPE. Condensation silicone impression material **RAPID, Putty** – Coltene, was inserted into impression and after setting, second phase **RAPID Liner** – Coltene was applied onto putty, and inserted into impression. After setting, die was easily removed from impression. Die was not coated with any isolating material. Composites were applied and cured in the same manner as direct inlays were fabricated. After try in samples in cavities, inlays were etched for 35 seconds, washed out and dry. Cavities were treated by the same procedure as described for direct restorations.

Lute-it, Jeneric-Pentron, – dual cured luting resin composite cement was applied to the cavity and inside of the inlay with a disposable brush. The inlays were quickly inserted with pressure and excess cement was removed. Proximal and occlusal aspects were each given a 60 seconds exposure from the *Coltolux 4, Coltene* light-curing unit.

Leakage testing

After all restorations were completed, teeth were stored in 100% humidity at 37°C for 1 week. Restored teeth were sealed and completely coated with a double layer of nail varnish, except for a 1 mm wide window around the restoration margins, before thermocycling.

modelovanju inlejš je polimerizovan po 60 sekundi iz okluzalnog i aproksimalnog pravca, kao i 60 sekundi sa unutrašnje strane. Polimerizacija je obavljena *Coltolux 4* (Coltene). Posle probe u svojim kavitetima, inlejši su tretirani 60 sekundi 35% fosfornom kiselinom, isprani vodom i osušeni komprimovanim vazduhom pre cementiranja. Kaviteti su pripremljeni na isti način kao i za direktnu aplikaciju kompozita.

Cementiranje inlejša obavljeno je kompozitnim cementom *Lute-it*, *Jeneric-Pentron*, koji je nanošen četkicom kako na inlejš, tako i u kavitet. Inlejš je uz pritisak unešen u kavitet, a višak cementa otklonjen. Polimerizacija cementa je obavljena po 60 sekundi iz okluzalnog i aproksimalnog smera. Poliranje je urađeno na isti način kao i kod direktnih kompozita.

Test mikrocurenja

Restaurisani zubi su ostavljeni u termostatskom kupatilu 7 dana na 37°C u uslovima 100% vlažnosti. Posle sedam dana obavljeno je testiranje u termociklusima na sledeći način:

- urađeno je 1000 ciklusa za svaku testiranu grupu;

- trajanje jednog ciklusa je bilo 60 sec (po 15 sekundi u svakom od četiri kupatila, prikazanim na slici 1);

- temperature četiri odvojena kupatila su održavane na: 37°C, 5°C, 37°C, 55°C.

Po završetku termociklusa, svi zubi su osušeni i potom celom površinom premazani lakom za nokte 1mm do ivice restauracije. Zubi su bili 72 časa u 0,5% baznom fuksinu. Po vađenju iz rastvora zubi su oprani, osušeni i pripremljeni za sečenje dijamantskim diskom 3"x0.10"x16 uz vodeno hlađenje. Rađena su po tri preseka u mezio-distalnom pravcu, koja su radi očitavanja naznačena kao bukalni, centralni, oralni. Opservacija mikroproticanja je obavljena na stereoskopnom mikroskopu (pod uvećanjem 40x).

Linearni prodor indikatora, prisustvo i indeks mikroproticanja, očitavani su po indeksu prikazanom na tabeli 2.

Rezultati su statistički upoređeni, a statistička značajnost je određena t-testom.

Svi eksperimentalni radovi u ovoj studiji (preparacije kavita, izrada svih ispuna, testiranje u termociklusima), kao i kompletna obrada



Slika 1. Oprema za termocikluse sa vodenim kupatilima
Figure 1. Thermocycling device

All tested specimens were thermocycled according to the following protocol:

- All tested groups were thermocycled 1000 times;

- Tested groups were immersed 60 seconds per one cycle (15 seconds for each of four baths, in thermocycling device shown in Figure 1);

- Four different baths which have been tempered on: I=37°C, II=5°C, III=37°C, IV=55°C.

After thermocycling teeth were immersed in 0.5% basic fuchsine for 72 hours. Teeth were sectioned in three mesiodistal cuts. The linear penetration of dye was measured under a stereomicroscope 11 at x40 magnification, and extent of dye penetration was scored upon principles from table 2.

The data were statistically analyzed by t-test.

Whole experiment including cavity preparations, fillings, leakage testing, sectioning, and statistical evaluation, has been performed in Micromechanical Laboratory at Department of Operative Dentistry, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

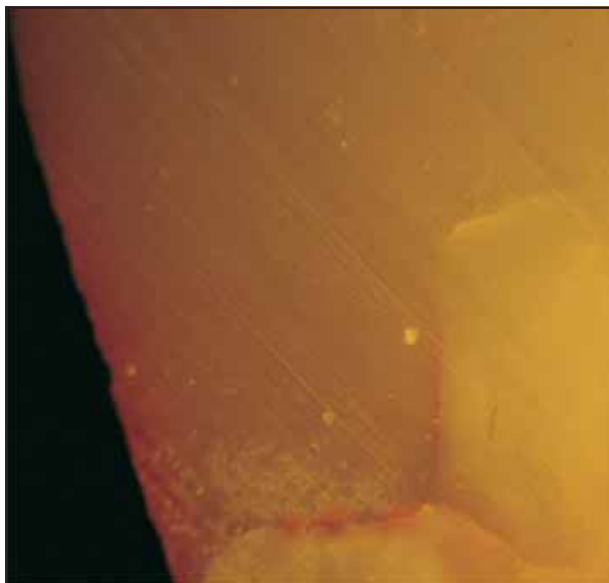
Results

The data of this study were statistically analyzed and the leakage of tested groups were compared by a paired comparison t-test. Mean values and standard deviation of tested groups are shown in Tables 3, 4.

All groups of specimens have shown a certain degree of microleakage at the restoration-tooth interfaces (Figures 2,3,4,5). Dye penetration at composite-luting agent was not found at any specimen (Figures 6,7).

Tabela 2. Tabela za očitavanje indeksa
Table 2. Table for index readings

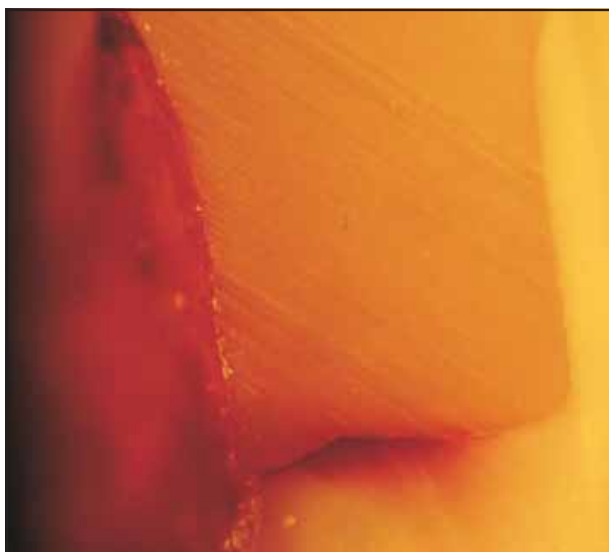
	I N D E K S
sve površine "čiste" / Absence of dye	0
prisustvo rastvora na jednoj površini / Presence of dye on one surface	1
prisustvo rastvora na dve površine / Presence of dye on two surfaces	2
prisustvo rastvora na tri površine / Presence of dye on three surfaces	3
prisustvo rastvora na četiri površine / Presence of dye on four surfaces	4



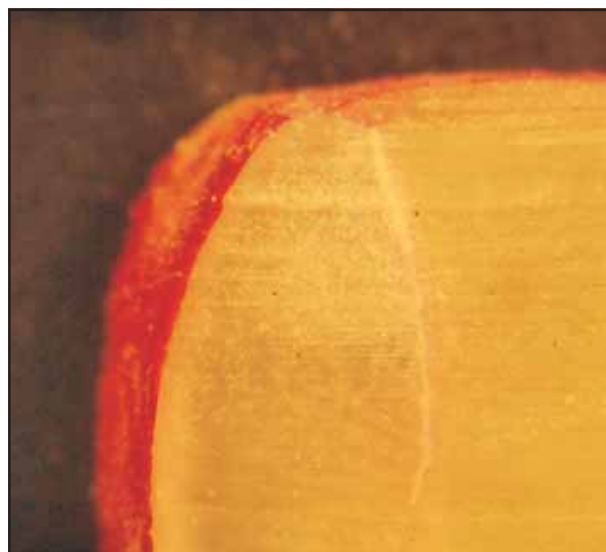
Slika 2. Mikroproticanje na gingivalnom stepeniku i aksijalnom zidu – indeks 2, direktni kompozitni ispun **Filtek Z100 3M**
Figure 2. Microleakage in aproximal box and axial wall – index 2, Direct composite filing **Filtek Z100 3M**



Slika 3. Mikroproticanje na mezijalnom zidu i na dnu kaviteta – indeks 2, direktni kompozitni ispun **Tetric Ceram**
Figure 3. Microleakage in mesial wall and pulpal floor – index 2, Direct composite filing **Tetric Ceram**



Slika 4. Mikroproticanje na gingivalnom stepeniku – indeks 1, indirektni kompozitni ispun **Filtek Z100 3M**
Figure 4. Microleakage in aproximal box – index 1, Indirect composite filing **Filtek Z100 3M**



Slika 5. Mikroproticanje na okluzalnom delu kaviteta – indeks 1, indirektni kompozitni ispun **Tetric Ceram**
Figure 5. Microleakage in occlusal part – index 1, Indirect composite filing **Tetric Ceram**

uzoraka obavljena je u Mikromehaničkoj laboratoriji Stomatološkog fakulteta u Solunu. (Micromechanical Laboratory at Department of Operative Dentistry, Dental School, Aristotle University of Thessaloniki, Greece).

Rezultati

Na osnovu apsolutnih vrednosti očitanih indeksa mikroocurenja, statističkom obradom određena je srednja vrednost, standardna devijacija, p-vrednosti (tabela 3,4).

Average linear extent of dye penetration for direct composites was 1 mm, and 0.6 mm for indirect inlays. Leakage was much greater at the gingival margins, and less at occlusal cavity segment for all experimental groups.

Microleakage found in both tested groups of direct composites was significantly greater than microleakage found in groups of indirect composite inlays (Figures 2,3).

There was no significant difference comparing two different materials tested for direct composites ($p < 0,05$) (Table 3). Indirect composite inlays fabricated from different materials also showed no significant differences ($p < 0,05$) (Table 4).

Tabela 3. Direktni kompozitni ispuni
Table 3. Direct composite fillings

Direktni kompozitni ispuni Direct composites	Srednja vrednost indeksa propuštanja Microleakage index (mean value)	Sd indeksa propuštanja Microleakage index Sd	<i>p</i>
A1: <i>Filtek Z100</i>	1.8	0.7	0.21
A2: <i>Tetric Ceram</i>	1.5	0.6	

Tabela 4. Indirektni kompozitni ispuni
Table 4. Indirect composite fillings

Indirektni kompozitni ispuni Indirect composites	Srednja vrednost indeksa propuštanja Microleakage index (mean value)	Sd indeksa propuštanja Microleakage index Sd	<i>p</i>
B1: <i>Filtek Z100</i>	0.33	0.54	1
B2: <i>Tetric Ceram</i>	0.38	0.48	

Discussion

Sve testirane grupe uzoraka pokazale su određeni stepen mikroproticanja na spoju kompozitnog materijala i zidova kaviteta (slike 2,3,4,5). Ni na jednom uzorku indirektnih kompozitnih inleja nije nađen prodor rastvora na spoju kompozit – kompozitni cement (slike 6,7). Prosečan stepen mikropropuštanja za direktne kompozitne ispune bio je 1mm. Prosečan stepen mikropropuštanja za indirektnu kompozitnu inleju bio je 0,6mm.

Kod svih ispitivanih grupa lokalizacija mikroproticanja bila je veća na nivou gingivalnog stepenika u odnosu na okluzalne delove kaviteta.

Stepen mikroproticanja bio je značajno veći u obe grupe sa direktnim kompozitnim resta-

It is difficult to ensure perfect marginal adaptation either on gingival or occlusal enamel cavosurface margins. Enamel is a highly mineralized tissue and has a modulus of elasticity higher than that of dentin, resulting in a lower flexibility and decreased ability in relief of shrinkage stress. When bonding composite to enamel two unfavorable events may happen:

1. Marginal adaptation seems to be correct, and the bonding interface remains intact but microcracks developed just outside the cavosurface margins due to the stress of polymerization shrinkage.^{35,36,37,38} This later phenomenon is particularly common in high C16 factor restorations and composites with high

uracijama u odnosu na testirane uzorke indirektnih kompozitnih inleja (slike 2,3).

Nije bilo statistički značajne razlike među direktnim kompozitnim restauracijama u odnosu na različite materijale ($p < 0,05$) (tabela 1). Takođe nije nađena značajna razlika u testiranim grupama indirektnih kompozitnih inleja urađenih različitim materijalima ($p < 0,05$) (tabela 2).

Diskusija

Uspostavljanje idealnog rubnog zatvaranja kompozitnim materijalima teško se postiže zbog snažnih sila polimerizacionog skupljanja kompozitnog ispuna koje prevazilaze amortizacionu sposobnost neelastičnih zidova kaviteta. Kod polimerizacije direktnih kompozitnih ispuna, polimerizacione sile manje afektiraju dentin u odnosu na gleđ. Visok modul elastičnosti gleđi dovodi do nesposobnosti gleđi da amortizuje napone usled polimerizacije kompozita, što se najčešće manifestuje na sledeći način:

1. Marginalni pripoj izgleda intaktan, ali se naprasline i mikropukotine stvaraju neposredno iza/spolja u gleđi kao posledica napona usled polimerizacionog skupljanja.^{35,36,37,38} Ovaj fenomen je čest kod ispuna sa visokim C faktorom¹⁶, kod kompozita sa visokim modulom koji prenose snagu skupljanja na zub. U ovom slučaju, adhezivna sredstva odlažu ovaj fenomen samo privremeno.

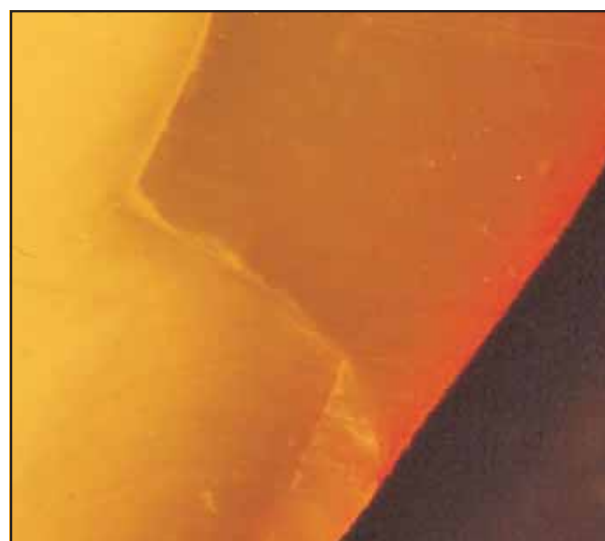
2. Loša marginalna adaptacija se javlja zbog nekorektne aplikacije adhesiva (klinička greška).

Kod izrade kompozitnog inleja, sile skupljanja su redukovane polimerizacionim procesom van kaviteta, a naponi koji se javljaju usled skupljanja kompozitnog cementa u toku cementiranja, ne mogu dovesti do inicijalnog stvaranja pukotina. Kompromitovanje veze na spoju cement-kompozit je ipak moguća zbog osobina samog medijuma za cementiranje (mehanička svojstva cementa, trošenje, rastvorljivost).^{39,40}

Svi ispuni urađeni u ovom eksperimentu su bili izloženi brojnim i drastičnim temperaturnim promenama u termociklusima. Ovakav test nije imao za cilj simulaciju oralnog okruženja.⁴¹ Cilj ove procedure bio je stvaranje napona u testiranim materijalima i biološkom supstratu, koji realno utiču na vezu: smola – tvrda tkiva zuba.⁴²



Slika 6. Odsustvo mikroproticanja na spoju cement-kompozit – indeks 0, indirektni kompozitni ispun **Filtek Z100 3M**
Figure 6. Absence of microleakage on composite – luting agent interface – index 0, Indirect composite filing **Filtek Z100 3M**



Slika 7. Odsustvo mikroproticanja na spoju cement-kompozit – indeks 0, indirektni kompozitni ispun **Tetric Ceram**
Figure 7. Absence of microleakage on composite – luting agent interface – index 0, Indirect composite filing **Tetric Ceram**

modulus of elasticity. The use of a composite sealer may delay this phenomenon only partly.

2. Poor marginal adaptation and seal occur due to incorrect application of bonding adhesive procedure (clinical error).

Considering indirect composite inlay, the majority of the polymerization shrinkage occurs when the restoration is polymerized extra orally on a die. Polymerization stresses developed by luting agent may not produce gap formation initially, but some new problems arised: wear, solubility and bond strength between the cement and composite inlay.^{39,40}

Rezultati ovog eksperimenta pokazuju relativno nizak stepen mikrocurenje u svim testiranim grupama. I pored sveopšte prihvaćenog stava da je savremenim adhezivnim sistemima ivično zatvaranje na nivou gleđi apsolviran problem,^{43,44,45} mikrocurenje je detektovano u svim testiranim grupama.

Dobijeni rezultati pokazali su značajno manji stepen mikropropuštanja kod indirektnih ispuna u odnosu na direktne kompozitne ispune, što je u skladu sa rezultatima dobijenim u sličnim studijama.^{5,10,11,12,46} Nasuprot nalazima većine istraživača, Sherer 1990. izveštava o manjem stepenu mikrocurjenja kod direktnih kompozita u poređenju sa direktnim kompozitnim inlejjima.⁴⁷ U pomenutoj studiji se navodi da je stepen curjenja bitno veći kod ivica ispod cementno gleđne granice, nego kod ivica iznad CG granice. Kako su sve ivice kaviteta u ovom eksperimentu na nivou gleđi (iznad CG granice) komparacija sa pomenutom studijom može se smatrati bez značaja. Shortall, u sličnoj studiji takođe detektuje ekstenzivan stepen mikropropuštanja na cervikalnom delu inleja II klase.²³

Rezultati koje je objavio Hasegawa²⁵ idu u prilog urađenom eksperimentu. U studiji koju je uradio Hasegawa, prosečan stepen mikrocurjenja kod testiranih MOD inleja bio je nešto veći (oko 1mm). Zanimljivo je da je u pomenutoj studiji režim termociklusa (500 ciklusa), bio značajno manji nego u ovom eksperimentu (1000 ciklusa).

Istraživanja navedenih autora pokazuju različitu efikasnost korišćenih materijala u odnosu na sposobnost rubnog zatvaranja, za razliku od testiranih materijala u ovom eksperimentu. Testirani materijali u ovom eksperimentu nisu pokazali međusobnu razliku ni kao direktni, ni kao indirektni ispuni, iz čega se može izvesti zaključak da je oba testirana materijala moguće koristiti i za izradu indirektnih inleja. Izvesno je da su jednostavnija forma i male dimenzije kaviteta, kao i precizna izrada inleja, faktori koji su uticali na mali stepen mikropropuštanja u ovom eksperimentu.

Nizak stepen mikrocurjenja definisan u ovom eksperimentu u odnosu na slične studije svakako je i posledica načina izrade radnog modela od fleksibilnog materijala.^{26-33,46} Iako je fleksibilni radni model skuplji od gipsanog modela, ova tehnika ima značajne prednosti: vreme za izradu

The extent of microleakage was low for all tested groups. The thermal stressing procedure adopting was not meant to simulate the range and duration of temperature change likely to be encountered clinically,⁴¹ but was simply adopted to produce a stress on the resin/tooth bond.⁴²

Despite universally accepted attitude that the marginal seal generally can be preserved around enamel cavosurface margins with contemporary adhesive systems, microleakage was found in all tested groups.^{43,44,45}

Results obtained showed significantly lower extent of microleakage in indirect composite inlay, which is in favor with findings in similar studies.^{5,10,11,12,46} Although the majority of experiments detected lower extent of microleakage in indirect inlays, Sherer 1990. reported lower microleakage extent in direct composite inlays, then in indirect inlays.⁴⁷ They reported significantly greater extent of microleakage bellow CEJ, then above CEJ. However, since all cavosurface margins in this study were above CEJ, findings of Sherer are irrelevant and out of significance for current experiment. Shortall also reported more extensive leakage at cervical margins of Class II inlays.²³

Considering results of investigation by Hasegawa²⁵, who found extent of linear dye penetration to be about 1mm in MOD tested inlays, was a little bit bigger than average dye linear penetration of 0.5mm for indirects in this study. It is interesting that thermocycling regime was significantly lower (500 cycles by Hasegawa), than regime in this study (1000 cycles).

Results of these studies show that the efficiency of the inlay marginal seal of the raised according to materials tested. Their findings contrast results of this study. Materials tested in current experiment show no significant differences when they are employed neither direct restoration or indirect inlay. That clearly implies that both materials can be used for indirect inlay fabrication successfully. It is likely that the simple cavity form, small dimensions, as well as precise production of inlays are factors which have contributed to the low degree of microleakage in this experiment.

A significant finding from the current study is that the inlay fabrication on a flexible die had an important influence on the extent of microleakage comparing to the studies where plaster die was employed.^{26-33,46} Even more expensive than plaster, flexible dies have significant ad-

modela je kraće, modelovanje ispuna (posebno aproksimalnih površina) je udobnije, vađenje inleja kod fleksibilnog radnog modela je lako i jednostavno bez rizika od oštećenja inleja ili radnog modela, peskiranje inleja nije potrebno.

Zaključak

- Sve testirane grupe uzoraka (A1, A2, B1, B2) pokazale su određene vrednosti mikroproticanja na spoju kompozita i zidova kaviteta.
- Step en mikroturenja bio je značajno veći kod direktnih kompozitnih ispuna u grupama A1, A2 u odnosu na uzorke indirektnih kompozitnih inleja u grupama B1, B2.
- Nije utvrđena statistički značajna razlika u intenzitetu mikroproticanja između direktnih kompozitnih restauracija u odnosu na različite materijale ($p < 0.05$).
- Nije nađena značajna razlika ni kod indirektnih kompozitnih inleja urađenih različitim materijalima ($p < 0.05$).

Mada su testirani materijali pokazali različit step en mikroproticanja u zavisnosti od primenjene tehnike, nalazi ove studije ukazuju da se oba testirana materijala mogu upotrebiti u izradi kompozitnih inleja.

Indirektni kompozitni ispuni su pokazali superiornost u odnosu na direktne kompozitne ispune u smislu pojave mikroproticanja. Ukoliko se uzme u obzir lakoća i udobnost izrade fleksibilnog radnog modela primenjenog u ovoj studiji, tehnika izrade kompozitnih inleja na fleksibilnom radnom modelu, nameće se kao metoda izbora kako u istraživanjima tako i u kliničkoj praksi.

advantages: setting time is much faster than plaster, shaping and modeling is easy, especially in proximal areas, inlay removing is without risk of fracture, avoiding sand blasting.

Conclusion

- All tested groups of specimens (A1, A2, B1, B2) exhibit variety extent of microleakage on resin-tooth interface.
- Extent of microleakage was significantly greater in direct composite restorations in groups A1, A2, comparing indirect composite inlays tested in groups B1, B2.
- Materials tested showed no significant differences in microleakage as direct composite restorations ($p < 0.05$).
- Materials tested showed no significant differences in microleakage as indirect composite inlay ($p < 0.05$).

Though none of the materials tested were capable to stop microleakage, either as direct restoration or indirect inlays, findings from this experiment imply that both materials could be employed for indirect inlay fabrication.

Indirect composite inlays were significantly superior comparing to direct composite restoration in the sense of microleakage presence. Regarding high comfort of inlay fabrication on a flexible die presented in this study, this technique could be recommended as a method of choice either for research or clinical practice.

LITERATURA / REFERENCES

1. Reis-Schmidt T. Trends in dentistry. Dent Prod Rep 1998;4:33-9.
2. Kidd EAM. Microleakage: a review. J Dent 1976; 4:199-206.
3. Browne RM, Tobias RS. Microbial microleakage and pulp inflammation: a review. Endodont Dent Trumat 1986; 2:177-83.
4. Brannstrom M. Communication between oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. Oper Dent 1984;9:57-68.
5. Burke FJT, Wilson MA. Current status and rationale for Composite Inlays and onlays. BJD 1991; 6:269-273.
6. Donly KJ. Composite resin inlays: a single appointment technique. Am J Dent 1990;3:181-4.

7. Beesing C, Lundquist P. A 1-year clinical examination of indirect composite resin inlays: a preliminary report. *Quint Int* 1991;22:153–7.
8. Shannon A. Clinical guidelines for indirect resin restorations. *J Can Dent Assoc* 1997;63:432–7.
9. Rees JS, Jacobsen PH. The restoration of posterior teeth with composite resin 2: indirect-placement composite. *Dent Update* 1997;24:35–40.
10. Plasmans PJ, van't Hof MA, Creugers NH. Fabrication times for indirect composite resin restorations. *J Dent* 1992; 20:27–32.
11. Douglas WH, Fields RP, Fundingsland J. A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *J Dent* 1989; 17:184–8.
12. Llana Puy MC, Navarro LF, Faus Llacer VJ, Ferrandez A. Composite inlays: a study of marginal adaptation. *Quint Int* 1993;24:429–33.
13. Watson MT. Trends in dentistry. *Dent Prod Rep* 1999; 12:26.
14. Oram DA, Pearsnon GJ. A survey of current practice into the use of aesthetic inlays. *Br Dent J* 1994;176:457–62.
15. Craig RG (1985). Overview of posterior composite resins for use in clinical practice. (Eds. G Vnherle & DC Smith) p 199 Peter Syule Publ Co. The Netherlands.
16. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987;66:1636–9.
17. Davidson CL, de Gee AAJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984;63:1396–9.
18. Peutzfeldt A, Asmussen E. A comparison of accuracy in seating and gap formation for three inlay-onlay techniques. *Oper Dent* 1990;15:129–35.
19. Mitchem JC, Wagner PC, Ferracane JL. Marginal adaptation of the Concept inlay system. *Am J Dent* 1994; 7:232–4.
20. Reid JS, Saunders WP, Baidas KM. Marginal fit and microleakage of indirect inlay systems. *Am J Dent* 1993; 6:81–4.
21. Milleding P. Microleakage of indirect composite inlays. An in vitro comparison with the direct technique. *Acta Odontol Scand* 1992;50:295–301.
22. Robinson PB, Moore BK, Swartz ML. Comparison of microleakage in direct and indirect composite restorations in vitro. *Oper Dent* 1987; 12:113–6.
23. Shortall AC, Baylis RL, Baylis MA, Grundy JR. Marginal seal comparisons between resin bonded Class II porcelain inlays, posterior composite restorations, and direct composite resin inlays. *Int J Prosthodont* 1989;2:217–23.
24. Liberman R, Ben Amar A, Herteanu L, Judes H. Marginal seal of composite inlays using different polymerization techniques. *J Oral Rehabil* 1997; 24:26–9.
25. Hasegawa EA, Boyer DB, Chan DC. Microleakage of indirect composite inlays. *Dent Mater* 1989; 5:388–91.
26. Cassin AM, Pearsno GJ. Microleakage studies comparing a one visit indirect inlay system and a direct composite restorative technique. *J Oral Rehabil* 1992;19:265–70.
27. Roberts DB. Flexible casts used in making indirect interim restorations. *J Prosth Dent* 1992; 68:372–4.
28. Moulding MB, Loney RW, Ritso RG. Marginal accuracy of indirect provisional restorations fabricated on poly (vinyl siloxane) models. *Int J Prosthodont* 1994;7:554–8.
29. Rada RE. In office fabrication of indirect composite resin restorations. *Pract Periodontic Aesthet Dent* 1992;4:25–9.
30. Liebenberg WH. Direct – indirect resin restoration: a case report of acceptable compromise. *J Can Dent Assoc* 1997;63:265–72.
31. Settembrini L, Gultz G, Scherer W, Kain J. A 30-minute in-office indirect composite inlay technique. *J Am Dent Assoc* 1998;129:366–7.
32. Trushkowsky RD. One visit composite onlay utilising a new flexible model material. *Am J Dent* 1997;10:55–6.
33. Price RB, Gerrow JD. Margin adaptation of indirect composite inlays fabricated on flexible dies. *J Prosth Dent* 2000;83:306–313.
34. Hinoura, K et al. Cavity Design and Placement Techniques for Class 2 Composites. *Oper Dent*, 1988; 13, 12–19.
35. Kanca J 3rd, Suh BI. Pulse activation: reducing resin based composite contraction stresses at the cavosurface margins. *Am J Dent* 1999;12(3):107–12.
36. Suh BI. Controlling and understanding the polymerization shrinkage – induced stresses in light-cured composites. *Compend Contin Educ Dent* 1999;20 (supplement 25): S34–S41.
37. Han L, Okamoto A, Iwaku M. The effects of various clinical factors on marginal enamel micro-cracks produced around composite restoration. *Dent Mater J* 1992;11(1):26–37.
38. Prati C, Simpson M, Mitchem J, Tao L, Pashley DH. Relationship between bond strength and microleakage measured in the same Class I restorations. *Dent Mater* 1992;8(1): 37–41.
39. Van Meerbeek B et al. Marginal adaptation of four tooth-coloured inlay systems in vivo. *J Dent* 1992;20:18–26.
40. Martin FE. The composite resin inlay as an alternative to amalgam. *NZ Dent J* 1991;87:43.
41. Longman C M, Pearson GJ. Variations in tooth temperature in the oral cavity during fluid intake. *Biomaterials* 1987; 8, 411–414.
42. Bullard RH, Leinfelder KF, Russell CM. Effect of coefficient of thermal expansion on microleakage. *J Am Dent Assoc* 1988; 116, 871–874.
43. Swift EJ Jr, Perdigao J, Heyman HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quint Int* 1995;26(2):95–110.
44. Perdigao J, Lopes M. Dentin bonding: state of the art 1999. *Compend Contin Educ Dent* 1999; 20:1151–64.
45. Carvalho RM et al. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent* 1996;21(1):17–24.
46. Tošić G. Upoređivanje mikroproticanja kod direktnih i indirektnih kompozitnih restauracija. Magistarska teza, Medicinski fakultet, Niš, 1997.
47. Scherer W et al. Comparison of microleakage between direct placement composites and direct composite inlays. *Gen Dent* 1990; maj-june: 209.

Adresa za korespondenciju:

Ass. dr sci. Goran Tošić
Sindelićev Trg 20/24
18000 Niš
Srbija i Crna Gora

Address for correspondence:

Ass Dr Goran Tosić, D.D.S., MSD, PhD
20/24 Sindelićev Trg
18000 Niš
Serbia and Montenegro