

Study of the adhesion of microhybrid and nanohybrid diacrylic composite resins to dental hard tissues

Studiul adeziunii rășinilor diacrilice compozite microhibride și nanohibride la țesuturile dure dentare

Bogdan Mihai Gălbinașu¹, Vlad-Cristian Grigore², Andreea-Nicoleta Ghiță³, Ion Pătrașcu¹

¹Catedra de Tehnologia Protezelor și Materiale Dentare, Facultatea de Medicină Dentară, Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, București, România

²Facultatea de Medicină Dentară, Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol Davila”, București, România

³Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Metale Neferoase și Rare, Pantelimon, România

ABSTRACT

Objective. The aim of the present study is to compare the adhesive capacity of the microhybrid and nanohybrid diacrylic composite resins to enamel, dentin and cement.

Materials and method. Standardized cavities were made at the cervical level on the vestibular surfaces of 8 maxillary third molars without caries or fractures. The cavities were filled with microhybrid (Filtek Z250 – 3M ESPE), respectively nanohybrid composites (Filtek Z550 – 3M ESPE), half of the teeth also receiving an intermediate layer of flowable composite (Gradia Direct LoFlo – GC). All of them were subjected to a thermocycling process (300 cycles in water of 5°C/55°C). After the isolation of the teeth with nail polish, they were introduced into 1% methylene blue for 24 hours. Subsequently, they were embedded in an epoxy resin (EpoThinTM 2 – Buehler), polished and sectioned mesio-distally with Beta Grinder/Polisher-Buehler. Sections were selected where the greatest degree of methylene blue penetration was detected to be analyzed by optical polarized light microscopy (Axio Imager A1m – Zeiss).

Results. All teeth showed microinfiltration of the cement, while only half showed it also in enamel. There are no microinfiltration differences between micro- and nanohybrid composite resins. The intermediate layer of flowable composite does not influence microinfiltration.

Keywords: adhesive capacity, microhybrid, nanohybrid, diacrylic composite resins, enamel, dentin, cement

REZUMAT

Obiectiv. Scopul prezentului studiu este de a evalua comparativ capacitatea adezivă a rășinilor diacrilice compozite micro- și nanohibride la nivelul smalțului, dentinei, respectiv cementului.

Material și metodă. La nivelul a 8 molari trei maxilari, fără carii sau fracturi, au fost realizate cavități standardizate la nivel cervical pe suprafețele vestibulare. Cavitățile au fost obturate cu rășini diacrilice compozite microhibride (Filtek Z250 – 3M ESPE), respectiv nanohibride (Filtek Z550 – 3M ESPE), jumătate dintre acestea având și un strat inter-mediar de compozit fluid (Gradia Direct LoFlo – GC), și supuse unui proces de termociclare (300 de cicluri în apă de 5°C/55°C). După izolarea dinților cu lac, aceștia au fost introduși în albastru de metilen 1% timp de 24 de ore. Ulterior au fost înglobați într-o rășină epoxidică (EpoThinTM 2 – Buehler), lustruiți și secționați mezo-distal cu ajutorul Beta Grinder/Polisher - Buehler. S-au ales secțiunile unde era surprins cel mai mare grad al penetrării albastrului de metilen pentru a fi analizate prin microscopie optică cu lumină polarizată (Axio Imager A1m – Zeiss).

Rezultate. Toți dinții au prezentat microinfiltrație la nivelul cementului, în timp ce doar jumătate au prezentat și la nivelul smalțului. Nu există diferențe din punct de vedere al microinfiltrației între obturațiile cu rășini diacrilice compozite micro- și nanohibride. Stratul intermediar de compozit fluid nu influențează microinfiltrația.

Cuvinte cheie: capacitate adezivă, rășini diacrilice compozite, microhibride, nanohibride, smalț, dentină, cement

INTRODUCERE

Utilizarea rășinilor diacrilice compozite în restaurările directe a avut o creștere importantă în ultime-

le decenii. Acest lucru este pus pe seama evoluției adezivilor, a particulelor anorganice din umplutură și a matricei organice, care au permis obținerea unei legături adezive cu țesuturile dure dentare (1-4).

Corresponding author:

Șef Lucr. Dr. Bogdan Mihai Gălbinașu
E-mail: bogdan.galbinașu@yahoo.com

Article History:

Received: 17 August 2019
Accepted: 28 August 2019

Cu toate acestea, se poate vorbi despre o adeziune eficientă doar la nivelul smalțului, dentinei și cementului, din cauza structurii mai slab mineralizate, și încă reprezintă o provocare încercarea de a realiza o închidere etanșă la nivelul dinte-obturație (5-7). Așadar, principalul eșec al restaurărilor directe cu rășini diacrilice compozite constă în apariția microinfiltrației marginale, consecință a lipsei adeziunii la nivelul tuturor țesuturilor dure dentare (8).

Smalțul este cel mai dur și mineralizat țesut al organismului, din punct de vedere chimic fiind constituit dintr-o parte anorganică (96%), una organică (1%) și apă (3%) (9). Adeziunea se realizează prin intermediul microretențiilor formate la nivelul acestuia în urma gravării acide, lucru posibil datorită structurii specifice, intens mineralizată. Pe lângă acest mecanism principal însă, s-a observat și posibilitatea realizării unei legături chimice cu hidroxiapatita prin reacția de chelare cu ionii de calciu, fosfat sau grupări hidroxil (5,10).

Dentina însă este un țesut dur compus din aproximativ 70% substanță minerală, 20% substanță organică și 10% apă (11). Spre deosebire de smalț, obținerea adeziunii la nivelul dentinei este un proces complex și sensibil. Acest lucru se explică atât prin apropierea de pulpa dentară, substanțele folosite putând avea efecte nedorite asupra acesteia, cât și prin prezența tubulilor dentinari, ce conțin limfa dentinară, a cărei tendință de a se deplasa spre suprafață în urma preparării dintelui a impus dezvoltarea unor adezivi care se pot adapta umidității crescute (6). Astfel, în urma gravării acide a dentinei, detritusul dentar este îndepărtat împreună cu faza minerală a hidroxiapatitei, situată superficial, ducând la formarea unei rețele de fibre de colagen la suprafața dentinei. Hibridizarea se produce prin infiltrarea acestei trame de colagen cu monomerii din primer și rășina adezivă și polimerizarea lor (12).

O adevărată provocare în cadrul cavitațiilor sw clasa a II-a și a V-a o reprezintă adeziunea materialelor la nivelul cementului. Atunci când limita gingivală a cavitațiilor depășește joncțiunea smalț-cement, adeziunea în această zonă este redusă, ducând în timp la microinfiltrație marginală și eșecul tratamentului restaurator (7). Studiile de microscopie electronică demonstrează o compoziție semnificativ diferită a detritusului dentar remanent folosit pentru adeziunea dentinară față de cement, acesta din urmă având un procent crescut de substanțe or-

ganice (50-55% substanță organică și 45-50% substanță anorganică și apă) (13). Astfel, se observă, după demineralizare, la nivelul cementului se formează o rețea de colagen bogată în substanțe organice, care, deși sunt infiltrate cu monomerii rășinici, oferă o capacitate adezivă redusă (14).

SCOPUL STUDIULUI

Scopul prezentului studiu este de a evalua comparativ capacitatea adezivă a rășinilor diacrilice compozite micro- și nanohibride la nivelul smalțului, dentinei, respectiv cementului.

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru atingerea scopului, s-a realizat un studiu experimental, *in vitro*, pe dinți umani extrași.

S-au utilizat 8 molari de minte maxilari extrași în scop ortodontic sau protetic, aleși în urma criteriilor de includere. Dinții au fost spălați, curățați de depozite moi și tartru și păstrați în apă distilată până la preparare.

Criteriile de includere:

- molari de minte maxilari
- lipsa cariilor sau obturațiilor pe suprafețele vestibulare
- lipsa fracturilor coronare ce afectează suprafața vestibulară și/sau camera pulpară.

Dinții au fost împărțiți aleator în două grupuri de câte 4 dinți, în funcție de tipul de particule anorganice al rășinii diacrilice compozite (microhibride sau nanohibride) cu care vor fi obturați, astfel:

- grupul A (4 dinți): compozit cu particule microhibride
- grupul B (4 dinți): compozit cu particule nanohibride.

Ulterior, fiecare grup a fost împărțit egal în două subgrupuri de câte 2 dinți, în funcție de prezența sau absența sub obturație a unei baze de compozit cu consistență fluidă:

- subgrupul A.1 (2 dinți): compozit cu particule microhibride fără bază
- subgrupul A.2 (2 dinți): compozit cu particule microhibride cu bază
- subgrupul B.1 (2 dinți): compozit cu particule nanohibride fără bază
- subgrupul B.2 (2 dinți): compozit cu particule nanohibride cu bază.

S-au realizat la nivelul suprafețelor vestibulare ale dinților cavități clasa a V-a standardizate (3 mm mezio-distal, 2 mm ocluzo-apical și 2 mm vestibulo-

lo-oral), situate la nivelul coletului, atât în smalt, cât și în cement, din punctul de vedere al întinderii ocluzo-apicale. Cavitățile au fost preparate folosind inițial o piatră diamantată efilată pentru a marca joncțiunea smalt-cement, pe o întindere de 3 mm în direcție mezio-distală, iar ulterior folosindu-se o piatră diamantată cilindrică cu inel verde (cu diametrul de 1,8 mm), ambele fiind montate la turbină cu o viteză de 300.000 rpm și răcire continuă cu apă. Dimensiunile cavității au fost verificate cu ajutorul unei sonde parodontale.



FIGURA 1. Cavitate standardizată

Prepararea cavităților a fost urmată de uscarea și degresarea acestora cu o soluție pe bază de acetona și acetat de etil (Hydrol – Septodont). Soluția a fost aplicată pe o buletă de vată sterilă și exprimată, apoi s-a realizat ștergerea pereților cavității timp de 10 secunde.

Pentru obținerea adeziunii, s-a ales un sistem adeziv etch-and-rinse în 2 etape. Demineralizarea s-a efectuat prin gravare acidă totală, timp de 30 de secunde, cu acid ortofosforic 32% (Scotchbond™ Universal Etchant – 3M ESPE). După spălarea agentului demineralizant și uscarea cu bulete de vată sterile, s-a aplicat rășina adezivă (Adper Sin-

gle Bond 2 – 3M ESPE) la nivelul pereților dentinari ai cavității prin intermediul unui aplicator, care a fost ulterior fotopolimerizată cu lampa LED.

Aplicarea rășinii diacrilice compozite a succedat etapa obținerii adeziunii și s-a realizat în funcție de grupurile și subgroupurile menționate anterior. Materialele compozite utilizate sunt prezentate în tabelul 1.

Obturațiile finale au fost lustruite cu gume abrazive montate la piesa contraunghi, la viteze de 30.000 rpm.

După obturare, dinții au fost păstrați în recipiente cu apă distilată la temperatura camerei timp de 24 de ore.

Ulterior, dinții au fost supuși unui proces de termociclare, care a constat în imersia alternantă a acestora în băi de apă la temperatura de 55°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), respectiv în apă la 5°C ($\pm 2^\circ\text{C}$). S-au realizat 300 astfel de cicluri, cu un timp de menținere în apă de 3 secunde și interval între cicluri de 10 secunde. Acest proces de simulare a variațiilor de temperatură de la nivelul cavității orale a fost realizat manual, cu ajutorul unor suporturi metalice pentru vehicularea dinților între băile de apă. De asemenea, s-a utilizat un termometru digital pentru verificarea temperaturii apei și, implicit, reglarea acesteia constant.

Următoarea etapă a constat în acoperirea dinților cu două straturi de lac, lăsând liberă doar o zonă de 1 mm grosime în jurul obturației. Acest procedeu a fost realizat pentru a preveni pătrunderea ulterioară a colorantului prin apexul dintelui.

Uscarea lacului acoperitor a fost urmată de imersia completă a dinților în soluție de albastru de metilen 1%, timp de 24 de ore. Recipientele cu albastru de metilen au fost ferite de lumină, căldură sau alte substanțe ce îi pot afecta proprietățile. Din-

TABELUL 1. Materialele compozite folosite pentru realizarea obturațiilor (conform datelor producătorului)

Compozit/consistență	Matrice organică	Compoziție umplutură	Dimensiuni particule umplutură	Procentul umpluturii raportat la masă/volum	Producător
Filtek Z250™ (consistență chitoasă)	BisGMA, UDMA, BisEMA	Zirconiu/silice	Microhibrid	82/60	3M ESPE
Filtek Z550™ (consistență chitoasă)	BisGMA, UDMA, BisEMA, PEGDMA, TEGDMA	Zirconiu/silice	Nanohibrid	82/68	3M ESPE
Gradia Direct LoFlo (3M ESPE) (consistență fluidă)	UDMA	Silice prepolimerizată	Microhibrid	40/-	GC

ții au fost extrași din soluție, urmând a fi uscați, etapă premergătoare înglobării în rășină.

Dinții uscați au fost înglobați într-o rășină epoxidică (EpoThin™ 2 – Buehler), lustruiți și secționați mezio-distal cu ajutorul Beta Grinder/Polisher – Buehler. S-au ales secțiunile unde era surprins cel mai mare grad al penetrării albastrului de metilen pentru a fi analizate prin microscopie optică cu lumină polarizată (Axio Imager A1m – Zeiss).

Pe baza analizei gradului de penetrare a traserului chimic la nivelul interfeței dinte-obturație, s-a realizat o scară pentru cuantificarea și posibilitatea comparației acestora la nivelul grupurilor și subgrupurilor.



FIGURA 2. Scara gradului de penetrare a traserului chimic

REZULTATE

În urma analizei secțiunilor la microscopul optic cu lumină polarizată, s-au detectat microinfiltrații la nivelul tuturor dinților, preponderent la nivelul peretelui gingival al obturației.

Rezultatele arătate în tabelul 2 indică o egalitate a scorurilor microinfiltrației marginale atât între subgrupuri, cât și între grupuri.

TABELUL 2. Scorul microinfiltrației marginale

Grup	Subgrup	SCOR DINTE 1		SCOR DINTE 2		SCOR TOTAL
		Peretele ocluzal	Peretele gingival	Peretele ocluzal	Peretele gingival	
GRUP A	A.1	0	1	1	1	3
	A.2	1	1	0	1	3
GRUP B	B.1	0	1	1	1	3
	B.2	0	1	1	1	3

Este de remarcat faptul că scorul nu depășește în niciunul dintre cazuri valoarea 1.

În cadrul fiecărui subgrup există un dinte cu scorul 1 la nivelul peretelui ocluzal, însă toți dinții prezintă această valoare la nivelul celui gingival.

Subgrupurile cu strat intermediar compozit fluid sunt identice atât cu cele fără strat intermediar, dar obturate cu același tip de compozit (microhibrid sau nanohibrid), cât și cu cele cu strat intermediar și obturat cu alt tip de compozit.

DISCUȚII

O adevărată provocare în cadrul cavităților clasa a II-a și a V-a o reprezintă adeziunea materialelor la nivelul cementului. În prezent, există un număr restrâns de studii despre acest subiect, rezultatele fiind, de asemenea, contradictorii. Cercetarea realizată de van Dijken et al. (1998) indică o adeziune excelentă a obturațiilor la nivel cervical în cavitățile de clasa a II-a, deși studiile *in vitro* indică microinfiltrații medii sau severe la acest nivel (7,15). Studiul lui Narayana V. et al. (2014), realizat *in vitro* pe 24 de molari extrași, arată că atât compozitele hibride, cât și cele cu nanoparticule prezintă microinfiltrații la nivelul cementului, cu rezultatele cele mai bune în favoarea nanocompozitelor, însă este nevoie de mai multe cercetări în acest domeniu pentru înțelegerea exactă a adeziunii la cement (16).

Studiul de față este o dovadă în plus că adeziunea la nivelul cementului este precară, comparativ cu cea obținută la nivelul smalțului. Comparând microinfiltrația marginală a pereților ocluzali, respectiv gingivali ai obturației, rezultatele sunt identice la nivelul celor două tipuri de compozit. Astfel, la toți dinții utilizați s-a observat o microinfiltrație cu scorul 1 a peretelui gingival, în timp ce doar la 4 dinți s-a înregistrat același scor și la nivelul peretelui ocluzal (2 dinți obturați cu compozit microhibrid și 2 dinți cu compozit nanohibrid). Infiltrarea tuturor dinților poate fi explicată de lipsa adeziunii rășinilor diacrilice compozite la nivelul cementului și dificultatea obținerii unei adeziuni dentinare. Cu toate acestea, s-a observat că la nivel gingival nu a fost depășit în niciunul dintre cazuri scorul 1 al microinfiltrației, aspect extrem de important din cauza frecvenței crescute a cariilor sau abraziunilor la acest nivel și necesității existenței unui material

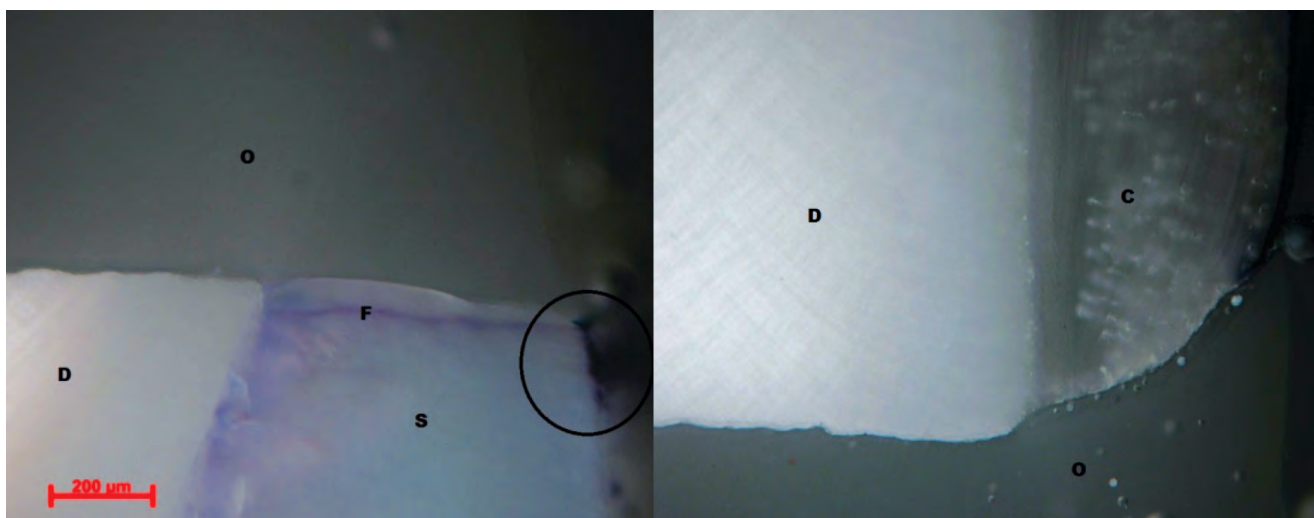


FIGURA 3. Subgrup A1. Secțiuni microscopice la nivelul pereților ocluzal (stg.) și gingival (dr.). O – obturație, S – smalț, D – dentină, F – fisură, C – cement, cerc – zonă demineralizată și microinfiltrație redusă (lumină polarizată cu nicoli încrucișați)

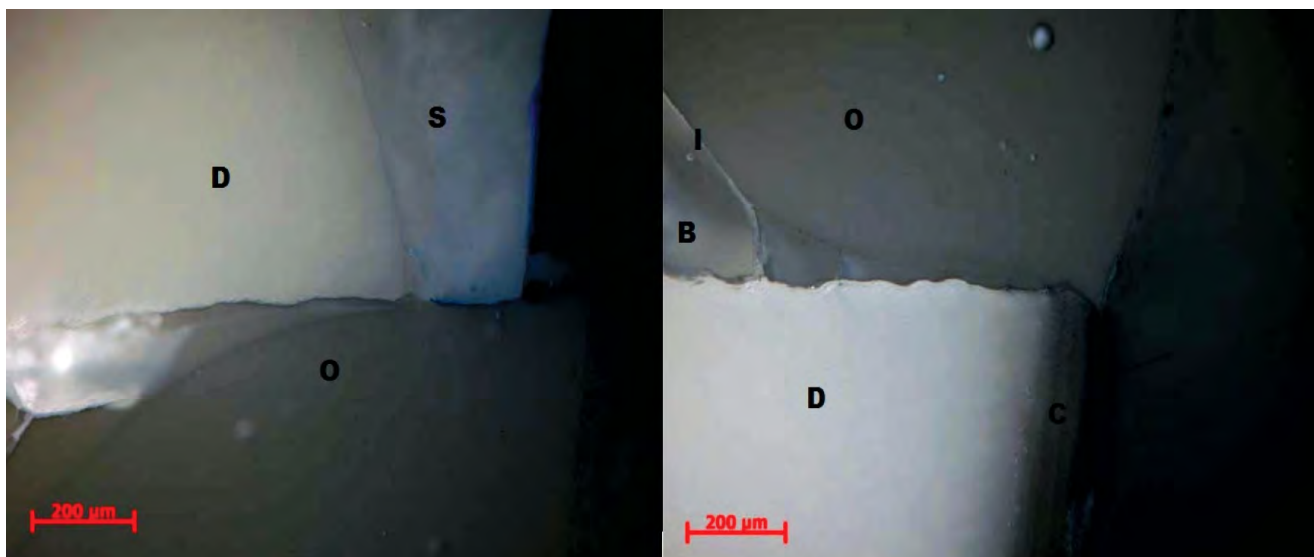


FIGURA 4. Subgrup A2. Secțiuni microscopice la nivelul peretelui ocluzal (stg.) și gingival (dr.). O – obturație, S – smalț, D – dentină, C – cement, B – bază, I – interfața obturație-bază (lumină polarizată cu nicoli încrucișați)

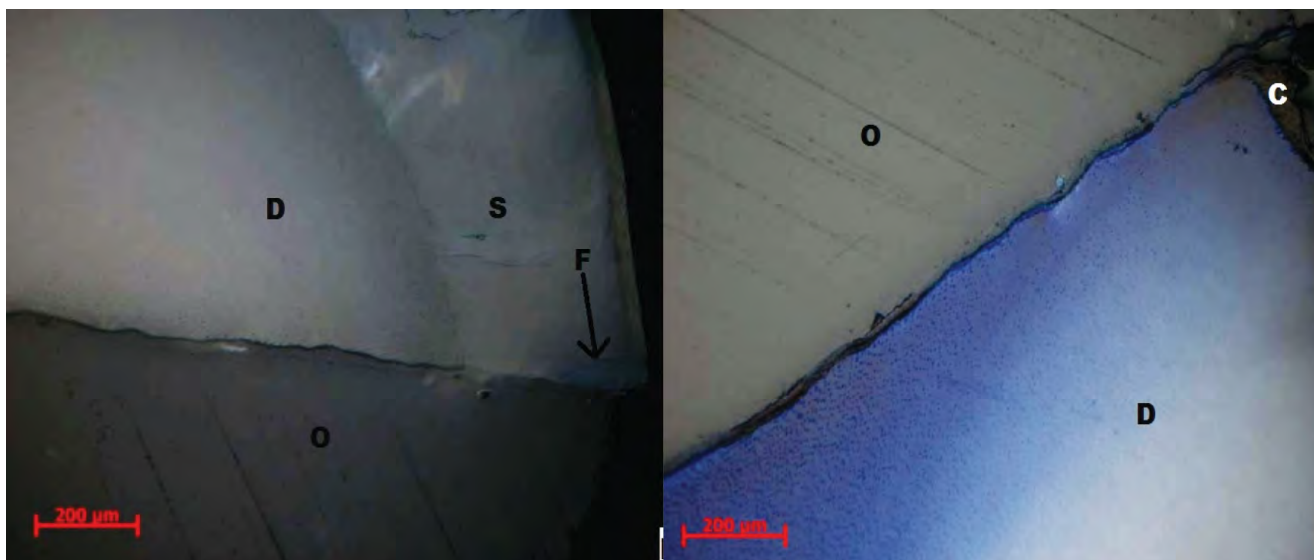


FIGURA 5. Subgrup B1. Secțiuni microscopice la nivelul pereților ocluzal (stg.) și gingival (dr.). O – obturație, S – smalț, D – dentină, F – fisură, C – cement (lumină polarizată cu nicoli încrucișați)

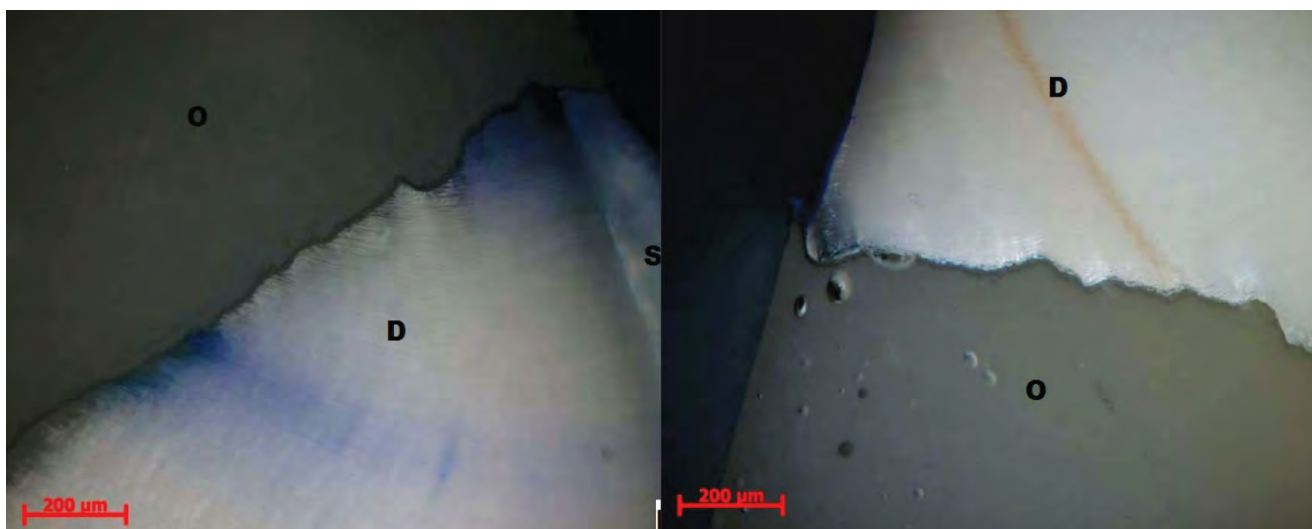


FIGURA 6. Subgrup B2. Secțiuni microscopice la nivelul pereților ocluzal (stg.) și gingival (dr.). O – obturație, S – smalt, D – dentină (lumină polarizată cu nicoli încrucișați)

care să prevină infiltrarea salivei și a florei orale la interfața dinte-obturație.

Referitor la tipurile de compozit utilizate, atât cel cu particule microhibride, cât și cel cu nanohibride au prezentat microinfiltrație marginală, în ambele cazuri înregistrându-se un scor total de 6 pentru fiecare dintre grupuri. Cu toate acestea, în niciunul dintre cazuri nu s-a depășit scorul 1. Astfel, nu există nicio diferență între cele două materiale (Z250 – microhibrid și Z550 – nanohibrid) din punctul de vedere al microinfiltrației marginale. Acest rezultat este în concordanță cu studiul lui Ebrahim Yarmohamadi et al. (2018), care a concluzionat că nu există o diferență statistică semnificativă între microinfiltrația marginală a compozitelor cu particule microhibride, nanohibride și ormoceri (17). Aceleași rezultate au fost confirmate și de Saumya et al. (2017), într-un studiu *in vitro* pe 160 de dinți umani extrași, folosind compozite fluide (18).

Cercetările din domeniu au arătat faptul că folosirea unui strat intermediar (bază) de compozit fluid are influențe pozitive asupra obturației (19,20). Reducerea microinfiltrației marginale, a contracției de polimerizare și creșterea adaptării interne a compozitului reprezintă avantaje ale folosirii stratului intermediar de compozit fluid datorită conceptului peretelui elastic (21). Există însă și studii ce contrazic existența acestor avantaje (22,23).

În prezentul studiu, s-a arătat că nu există diferențe ale gradului de microinfiltrație între obturațiile cu particule microhibride și cele nanohibride

care au primit straturi intermediare de compozite fluide. Astfel, în ambele subgrupuri (A.2 și B.2), microinfiltrația marginală a ajuns la scorul 1 la nivelul tuturor dinților în peretele gingival, în timp ce în fiecare subgrup a existat un dinte care a prezentat scor 1 și la nivelul peretelui ocluzal. De asemenea, comparând subgrupurile între ele la nivelul aceluiași grup (A.1 față de A.2 și B.1 față de B.2), se constată că nu există nicio diferență din punctul de vedere al microinfiltrației între dinții fără, respectiv cu strat intermediar.

Așadar, se remarcă egalitatea rezultatelor subgrupurilor și, astfel, lipsa diferențelor dintre cele două tipuri de rășini diacrilice compozite în ceea ce privește microinfiltrația marginală. Rezultatele sunt însă optimiste; penetrarea trasorului chimic mai puțin de jumătate din grosimea dentinei adiacente obturației, precum și existența unor dinți cu scor 0 la nivel ocluzal indică o adeziune satisfăcătoare și posibilitatea utilizării acestor materiale în cavitățile de clasa a V-a.

Trebuie ținut cont, în ciuda egalității microinfiltrației dintre cele două categorii de compozite, și de lustruirea superioară de care dau dovadă rășinile diacrilice compozite cu particule nanohibride, care se realizează fără desprinderea unor fracțiuni mari de umplutură ce lasă suprafețe poroase sau chiar microcavități în apropierea interfeței dinte-obturație, spații propice pentru penetrarea microorganismelor (24).

Cercetările continuă însă în încercarea de a obține un grad de adeziune optim la nivelul tuturor țe-

suturilor dure dentare. Astfel, s-a descoperit faptul că tratarea cementului cu o soluție apoasă de hipoclorit de sodiu, anterior adezivului, poate duce la reducerea procentului crescut de substanțe organice. Datorită lipsei de mineralizare a fibrelor intrinseci, acțiunea hipocloritului poate fi sporită prin acțiunea de frecare. Așadar, o soluție de hipoclorit de sodiu 10% poate acționa ca un condiționant pentru cement (7).

Prezentul studiu are o serie de limitări. Eșantionul folosit este redus, împiedicând o evaluare amplă a microinfiltrației. De asemenea, trebuie menționate și lipsa folosirii unui proces tehnologic pentru termociclare și lipsa controlului asupra perioadei

de timp parcurse de la extracția dintelui până la preparare.

CONCLUZII

Cu toate limitele prezentului studiu, putem concluziona că adeziunea celor două tipuri de rășini diacrilice compozite este optimă la nivelul smalțului, cementul prezentând grade avansate de microinfiltrație.

Nu există diferențe între microinfiltrația marginală a obturațiilor cu, respectiv fără strat intermediar de compozit fluid.

BIBLIOGRAFIE

1. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P & Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry* 1998. 26(1) 1-20.
2. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dental Materials* 2005. 21(9) 864-881.
3. Forss H, Widström E. From amalgam to composite: selection of restorative materials and restoration longevity in Finland. *Acta Odontologica Scandinavica* 2001. 59(2) 57-62.
4. Mjör IA, Shen C, Eliasson ST, Richter S. Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Operative Dentistry* 2002. 27(2) 117-123.
5. Sakaguchi R, Powers J. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th ed: Mosby; 2012. p. 135-45, 61-82, 327-33.
6. Nicholson JW. *The Chemistry of Medical and Dental Materials*. Cambridge: RSC Materials Monographs; 2002. p. 149-58.
7. Tziafas D, Eliades G. Strategies for Bonding to Root Dental Structures. In: Eliades G, Watts D, Eliades T, editors. *Dental Hard Tissues and Bonding*. Berlin: Springer-Verlag; 2005.
8. Shabayek NM, Hassan FM, Mobarak EH. Effect of using silorane-based resin composite for restoring conservative cavities on the changes in cuspal deflection. *Oper Dent*. 2013;38:42-49.
9. Fehrenbach M, Popowics T. *Illustrated Dental Embryology, Histology, and Anatomy*. 4th ed. Missouri: Elsevier Saunders; 2015. p. 147-52.
10. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Archives of Oral Biology*. 1967;12:1615.
11. Nanci A. *Oral Histology: Development, Structure and Function*. St. Louis: Mosby; 2003.
12. Özcan M, Dundar M, Erhan M. Adhesion aspects in dentistry: Tooth and restorative materials. *Journal of Adhesion Science and Technology*, Volume 26, 2012 - Issue 24, 2661-2681.
13. Popa M, Bodnar DC, Vârlan CM. *Manual de odontoterapie restauratoare*. Editura Universitară „Carol Davila”, București, 2007. p. 21-87.
14. Eliades G, Palaghias G, Vougiouklakis G. Bonding composites to cementum by Gluma: surface characterization and bond strength. *J Dent Res*. 1991;70:383.
15. van Dijken JW, Hörstedt P, Waern R. Directed polymerization shrinkage versus a horizontal incremental filling technique: Interfacial adaptation in vivo in class II cavities. *American Journal of Dentistry*. 1998;11(4):165-72.
16. Narayana V, Ashwathanarayana S, Nadig G, Rudraswamy S, Doggalli N, Vijai S. Assessment of Microleakage in Class II Cavities Having Gingival Wall in Cementum using Three Different Posterior Composites. *Journal of International Oral Health: JIOH*. 2014; 6(4):35-41.
17. Yarmohamadi E, Jahromi P, Akbarzadeh M. Comparison of Cuspal Deflection and Microleakage of Premolar Teeth restored with Three Restorative Materials. *J Contemp Dent Pract* 2018;19(6):684-9.
18. Saumya., Dhingra R, Gupta A, Karunanand B. Comparative Evaluation of Fracture Resistance and Microleakage of Reattached Anterior Tooth Fragment Using Two Different Flowable Composites- An in vitro Study. *British Journal of Medicine and Medical Research*. 2017; 21 1-10.
19. Tung F, Estafan D, Scherer W. Microleakage of a condensable resin composite: An in vitro investigation. *Quintessence International*. 2000; 31(6):430-4.
20. Peutzfeldt A, Asmussen E. Composite restorations: influence of flowable and self-curing resin composite linings on microleakage in vitro. *Operative dentistry*. 2002;27(6):569-75.
21. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res*. 1990;69(6):1240-3.
22. Güngör HC, Canoğlu E, Cehreli ZC. The effects of dentin adhesives and liner materials on the microleakage of class II resin composite restorations in primary and permanent teeth. *J Clin Pediatr Dent*. 2014 Spring; 38(3):223-8.
23. Boruziniat A, Gharaee S, Sarraf Shirazi A, Majidinia S, Vatanpour M. Evaluation of the efficacy of flowable composite as lining material on microleakage of composite resin restorations: A systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int*. 2016 Feb;47(2):93-101.
24. Magdy NM, Kola MZ, Alqahtani HH, Alqahtani MD, Alghmlas AS. Evaluation of Surface Roughness of Different Direct Resin-based Composites. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2017 May-Jun; 7(3):104-109.