

Szegedi Tudományegyetem, Fogorvostudományi Kar, Konzerváló és Esztétikai Fogászati Tanszék*,
Dicom Lab Ltd**

Rövid üvegszál megerősítésű kompozit által kifejtett polimerizációs stressz

Előzetes tanulmány

DR. NÉMA VIKTÓRIA*, DR. SÁRY TEKLA*, SZÁNTÓ LILI FANNI*,
DR. BRAUNITZER GÁBOR**, DR. FRÁTER MÁRK*

Bevezetés: Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy két eltérő tömés technika esetében van-e különbség a rövid üvegszál megerősítésű kompozit (short fiber-reinforced composite, SFRC) tömőanyag zsugorodása miatt kialakult repedések számában.

Anyag és módszer: Két csoportban, 20-20 extrahált bölcsességfogba standardizált nagyságú MOD üreget preparáltunk, majd a fogakat az alábbiak szerint restauráltuk SFRC-vel: 1. csoportnál bulk, rétegzés nélküli technikával, 2. csoportban pedig ferde rétegzéssel 2 mm vastag rétegekben. Mindegyik minta esetén az SFRC-t 1 mm kompozittal fedtük. A tömés elkészítését követően D-Light Pro lámpával megvizsgáltuk a fogzománcot, és a keletkezett repedések számát rögzítettük. Az összrepedésszámot egy hét elteltével is rögzítettük.

Eredmények: A két tömés technika között az eltérés nem szignifikáns a repedésszám tekintetében. 1 héttel később a bulk, rétegzés nélküli csoportban 4,95 (340%-os növekedés), a rétegzéses csoportban 4,30 (410%-os növekedés) volt az átlagos repedésszám. Ez a korábbi adatokhoz képest szignifikáns eltérés ($p = 0,000$). A két tömés technika között a végső összrepedésszám tekintetében nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

Következtetések: SFRC anyag esetén a vizsgált két tömés technikával közel azonos mértékű repedésképződés jön létre, és mindkét esetben jelentősen megnő a repedések száma a posztpolimerizációs időszakban.

Kulcsszó: polimerizációs zsugorodás, repedés, rövid üvegszál kompozit, tömési technika, posztpolimerizáció

Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a fogászati kompozitok jelentős fejlődése figyelhető meg, aminek hatására mind mechanikai, mind esztétikai tulajdonságaikban egyre jobban megközelítik a természetes fog szerkezetének paramétereit. Az egyik, még megoldatlan problémát a kompozitok polimerizációs zsugorodása jelenti. A polimerizációs folyamat során kialakuló zsugorodási stressz számos, klinikailag fontos következménnyel jár, melyek hosszú távon a kezelés sikertelenségéhez is vezethetnek. Ezek közé sorolhatjuk a résképződést, illetve megfelelő adhézió megléte esetén a csücsökelhajlás és zománcrepedés kialakulását [20]. A kialakuló repedések nem csak érzékenységhez vezethetnek, hanem későbbi törések kiindulópontját képezhetik [1, 17]. A zsugorodási stressz mértékét és irányát különböző faktorok, többek között a kavitás mérete, a C-faktor (bondozott és bondozatlan ürgfalak/tömésfelszínek aránya), a kompozit anyagtanai tulajdonsága (töltőanyag típusa, százalékos aránya, töltőanyag mérete), a tömés technika (rétegzéses technika vagy bulk, rétegzés nélküli módszer), a megvilágítási protokoll, a lámpa típusa, a hő-

mérséklet és a páratartalom komplex módon befolyásolja [2, 16]. A kompozit rétegzéssel történő alkalmazása a polimerizációs zsugorodást hivatott csökkenteni a kavitás konfigurációjának rétegenként történő módosítása által, ami egyúttal a C-faktort is befolyásolja [16].

A kompozitok polimerizációját az elasztikus modulus mértéke alapján két stádiumra oszthatjuk: pre- és posztgél fázisra. A pregél fázisban a kompozit még folyékony halmazállapotú, ezáltal képes kompenzálni a kialakuló zsugorodási stresszt. Posztgél állapotban a polimerizációs zsugorodás jelentős belső feszülést, stresszt generál az anyagban [20, 15]. Fontos megjegyezni, hogy a polimerizáció folyamata a fényforrás elzárása után is folytatódik, ezt hívjuk az úgynevezett „sötét” reakciónak. Ez a reakció közvetlenül a fotopolimerizálás megszűnése után kezdődik, az első 10-15 percben a legintenzívebb, és 24 órán, de akár 1 hónapon át is tarthat, és bár csökkenő tendenciában, de a kompozit ez idő alatt is zsugorodik, ezáltal további stresszt generálva a kavitás falaira [19].

A mindennapi gyakorlatban az egyik leggyakoribb és sok szempontból nehézséget jelentő szituáció a konzerváló fogászat területén a moláris fogakban kialakult

nagy méretű, több felszínre kiterjedő defektus restaurálása. Ennek ellátására direkt és indirekt módszert is alkalmazhatunk, de a kompozitok rapid fejlődése és szocioökonómiai okok miatt főként a direkt restauratív irány kerül egyre inkább előtérbe.

Az elmúlt évtizedben megjelent rövid üvegszál megerősítésű kompozit (short fiber-reinforced composite, SFRC) az elvesztett dentin rugalmasságát és stresszelnyelő képességét igyekszik visszaadni. Kiemelkedő erőtörő képessége mellett fontos előnye még a hagyományos kompozitokkal szemben a kisebb polimerizációs zsugorodás, mely a töltőanyagban megtalálható rövid üvegszálaknak tulajdonítható. A gyártói utasítás szerint bulk, rétegzés nélküli technikával alkalmazandó, és 5 mm rétegvastagságban is megfelelően átvilágítható, ezáltal megfelelő választás lehet a hátsó régióban a hiányzó dentin gyors pótlására [8].

Vizsgálatunk során arra kerestünk választ, hogy az SFRC két különböző applikációja során kialakuló polimerizációs zsugorodási stressz milyen mértékben hoz létre a zománcban repedéseket, közvetlenül a tömés készítése és a posztpolimerizációs időszak során. Az összehasonlításra került tömés módszerek a bulk, rétegzés nélküli technika és a ferde rétegzéses technikák voltak.

Nullhipotézisünk a következő: A két tömési módszer között nincsen szignifikáns eltérés a zománcban kialakult repedések tekintetében.

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatunkhoz 40 darab orthodonciai okból extrahált, inaktív bölcsességfogot használtunk (etikai engedély: 4029). A vizsgálatba beválogatott fogak az alábbi koronai dimenziókkal rendelkeztek: oro-vesztibuláris átmérő: 8–10 mm, mezo-disztális átmérő: 9–11 mm, korona magassága zománc-cement határtól: 6–7 mm. A fogakat a teljes vizsgálat időtartama alatt szobahőmérsékleten, fiziológias sóoldatban tároltuk. A kiválasztott moláris fogakba előre meghatározott méretű, mezo-okkluzo-disztális (MOD) kavitást preparáltunk. Az üreg mélysége 5 mm, míg a vesztibuláris és orális falak vastagsága 2,5 mm volt, korábbi kutatásoknál leírtaknak megfelelően [5, 7, 18]. A kavitások kialakítása után a fogakat D-Light Pro (GC Europe) lámpa „detection mode” funkciójának segítségével megvizsgáltuk, hogy kizárhassuk a preparálásból fakadó repedéseket. A gyártói utasításai, javaslata alapján a D-Light Pro „detection mode” üzemmódja ultra-violet fényhez közeli fényt használ, ami lehetővé teszi a szabad szemmel nem látható mikrorepedések detektálását. A kavitások kialakításakor repedést mutató fogak kizárásra kerültek, és másik, repedést nem tartalmazó foggal lettek helyettesítve. A vizsgált fogakat két csoportba osztottuk ($n = 20$).

Minden fog esetén, a kavitást határoló zománcszéleket 15 másodpercig szelektíven savaztuk 37%-os ortofoszforsavval, amit vízzel mostunk le. A standard adhezív kezelést egy lépéses önsavazó rendszerrel (G-premio

Bond, GC Europe, Leuven, Belgium), a gyártói utasításának megfelelően végeztük el. Ezt követően 60 másodpercig világitottuk Optilux 501 kvarc-tungsten-halogén lámpával (Kerr Corp., Orange, CA, USA). A lámpa teljesítménye $800 \pm 40 \text{ mW/cm}^2$, digitális teljesítménymérővel mérve.

A II. osztályú MOD kavitásokat a centripetális technikának megfelelően először I. osztályúvá alakítottuk az approximális falak felépítésével, hagyományos kompozit tömőanyag (G-aenial PA3, GC Europe) felhasználásával.

Az előkezelt fogakat a restauráció kivitelezése szerint a következő két csoportba osztottuk:

1. csoport: bulk, rétegzés nélküli technika: A kavitást 4 mm vastagságban SFRC-vel egy rétegben töltöttük fel, majd 40 másodpercig világitottuk meg.

2. csoport: ferde rétegzéses technika: A kavitást 2 mm vastagságú SFRC rétegekkel, összesen 4 mm vastagságban töltöttük fel. A mélyebben fekvő rétegeket 40, az okkluzális felszínhez közelebbi réteget 20 másodpercig világitottuk meg.

Az okkluzális 1 mm-t mind a két csoportnál hagyományos kompozittal (G-aenial PA3) fedtük, majd 20 másodpercig világitottuk.

A fogakat a végső polimerizációs fázist követően, majd egy hét fiziológias sóoldatban való tárolás elteltével is megvizsgáltuk a repedések tekintetében. A repedések detektálását 4,3-szoros nagyításban, két független vizsgáló végezte lupe (Zeiss EyeMag Pro loupe) és D-Light Pro lámpa segítségével.

A statisztikai számításokat SPSS.23.0 (SPSS ver. 23, IBM Corp., Somers, NJ, USA) programmal végeztük. Az adatokat páros T-próbával és ANOVA varianciaanalízissel elemeztük.

Eredmények

A repedések számát a tömés elkészítése előtt, után és 1 héttel később is rögzítettük. Kiindulási állapotban a fogak repedésmentesek voltak. A kapott eredményeket az *1. táblázat* foglalja össze. Az első mérési időpontban (t_1) a bulk, rétegzés nélküli technikával ellátott csoportnál átlagosan 1,45, míg a rétegzéses csoportnál átlagosan 1,05 darab repedés volt megfigyelhető. A két csoport között közvetlenül a tömés után szignifikáns eltérés nem volt ($p = 0,383$). A második mérési időpontban (t_2), az egyhetes posztpolimerizációs időszakot követően, a bulk, rétegzés nélküli csoportnál 4,95, míg a ferde rétegzéses technika esetén 4,30 volt az átlagos repedésszám. Ez a bulk, rétegzés nélküli csoportnál átlagosan 340%-os növekedést, a második csoportnál 410%-os növekedést jelent közvetlen a tömés elkészülte utáni állapothoz képest. Ez mindkét restaurációs eljárás esetén szignifikáns különbséget mutat a t_1 és t_2 időpont között (bulk, rétegzés nélkül $p = 0,000$,

rétegzéses $p = 0,000$). A két tömés technika között t_2 időpontban nincs szignifikáns különbség a repedések számában ($p = 0,448$).

1. táblázat

Repedések száma a két eltérő tömés technika esetén a tömések elkészülte után és 1 héttel később

		Tömés előtt	Tömés után (t_1)	1 hét elteltével (t_2) (poszt-polimerizáció)
Bulk, rétegzés nélkül	Darabszám	20	20	20
	Átlag	0,00	1,45*	4,95*
	SD	0,000	1,504	2,834
	Medián	0,00	1,00	4,50
	Minimum	0	0	1
	Maximum	0	6	10
Rétegzéses	Darabszám	20	20	20
	Átlag	0,00	1,05*	4,30*
	SD	0,000	1,356	2,515
	Medián	0,00	0,50	4,50
	Minimum	0	0	1
	Maximum	0	4	11

Megbeszélés

Jelen vizsgálat az SFRC polimerizációs zsugorodása által létrehozott repedések kialakulását vizsgálta eltérő tömés technikák esetén. A korábbi vizsgálatok ellentmondásos eredményeket mutatnak a rétegzés zsugorodásra gyakorolt előnyös tulajdonságáról a bulk, rétegzés nélküli technikával szemben. Kaisarly és munkatársai a II. osztályú kavitások esetén vizsgálták a két tömés módszer zsugorodását, és a centripetális technika kombinálását a rétegzéssel találták a legkedvezőbbnek [11]. Más vizsgálatok eredménye viszont azt mutatja, hogy a kompozit rétegenként történő alkalmazása során a kavitás nagyobb mértékben deformálódik, mint bulk, rétegzés nélküli technika esetén, így a kompozit-fog strukturális komplexben nagyobb feszültséget generál [12, 23].

A 2013-ban forgalomba hozott everX Posterior a moláris régió ellátására kifejlesztett bulk, rétegzés nélküli technikával alkalmazandó SFRC anyag. Összetételét tekintve rezin mátrix (bis-GMA, TEGDMA és PMMA interpenetráló háló), inorganikus rezin és random elhelyezkedésű E-üvegszál (5–15%) alkotja [8]. A töltőanyagként alkalmazott rövid üvegszálak nemcsak mechanikailag javítják a kompozitot, de hatással vannak a zsugorodás mértékére és annak irányára is. Az üvegszálak orientációja befolyásolja a zsugorodás irányát, ugyanis az anyag nem képes az üvegszál hossza mentén zsugorodni, míg az üvegszálak között elhelyezkedő polimer mátrix zsugorodását nem befolyásolja [9]. Garoushi és munkatársai vizsgálata szerint az SFRC-ben megtalálható üvegszál megnöveli az anyag mikrorepedésekkel szembeni ellenálló képességét, és jelentősen csökkenti

a polimerizációs reakció során kialakuló stresszt, összehasonlítva más hagyományos kompozittal [10]. Ezt igazolja Bocalon és munkatársainak eredménye is, ami arról számol be, hogy az üvegszálak 30–72%-kal csökkentik a posztgél fázisban jelentkező zsugorodást [4]. Tsujimoto és munkatársai vizsgálata hasonló eredményeket mutat, miszerint az SFRC polimerizáció során kialakuló térfogat zsugorodása (1,15%) jelentősen kisebb mértékű, mint más hagyományos kompozit (1,3–2,4%) [22].

Jelen vizsgálatban az SFRC kétféle alkalmazása között, a polimerizációs zsugorodás által kialakult zománcrepedések tekintetében nem jelentkezett szignifikáns eltérés. Ez idáig más vizsgálat nem foglalkozott a kompozit tömőanyag applikációs technikájával és az általa kifejezett zsugorodási stressz okozta zománcrepedések kapcsolatával. Fráter és munkatársai korábbi kutatásában vizsgálták az SFRC eltérő applikálásának a tömés mechanikai tulajdonságaira kifejtett hatását, de itt a repedések nem voltak vizsgálva [6].

A tömés készítés közben és azt követően kialakuló zománcrepedéseket először 2013-ban Batalha-Silva és munkatársai vizsgálták mint indirekt, nem invazív vizsgálati módszert a kompozit zsugorodásának megfigyelésére [1]. Vizsgálatukban MOD felszínre kiterjedő, direkt és indirekt restaurációkat hasonlítottak össze. Eredményeik alapján az indirekt módszerrel (inlay) kevesebb repedést detektáltak, mint a rétegzett kompozit tömés esetén.

Magne és munkatársai kutatásukban a „szuper-zárt szendvics technikát” (adhezíven kezelt kavitásban üvegionomer „dentinmag” kompozit töméssel fedve) hasonlították össze hagyományos kompozit töméssel a polimerizációs zsugorodás és mechanikai tulajdonságok tükrében [14]. Az üvegionomer polimerizációs zsugorodása elenyésző a kompozithoz képest, így alkalmazása során kevesebb zománcrepedés alakult ki, és mechanikailag sem gyengítette meg a fogrestaurátum egységét. Ez idáig egyedül Soares és munkatársai vizsgálták az SFRC repedések kialakulására kifejtett hatását [21]. Eredményeik arról számolnak be, hogy SFRC alkalmazásával készített direkt tömés esetén lényegesen több repedés jött létre, mint indirekt technikával készült restaurátum (inlay) esetén. Ez logikus, ugyanis az indirekt restaurátum nem mutat zsugorodást a kavitáson belül. Sajnos az említett 3 vizsgálat egyike sem hasonlította össze precízen a restaurátum elkészítésekor és egy hét elteltével tapasztalható repedések számát.

Vizsgálatunk során egy hét elteltével szignifikáns növekedést tapasztaltunk a repedések számában, az első csoportnál átlagosan 340%-os, a második csoportnál 410%-os növekedést. A fotopolimerizáció során nem a teljes polimerizációs folyamat megy végbe, minden esetben maradnak aktivátorok és monomerek a kompozitban, melyek egy lassabb folyamat során, de folytatják a polimerizációs reakciót. Ez a mechanizmus egy önkorlátozó folyamat, melyet nem a teljes konverzió, ha-

nem a monomerek diffúziója és mobilitása határoz meg. A poszt-polimerizációs fázisban is keletkezik zsugorodási stressz, mely a reakció lassulásával arányosan csökkenő tendenciát mutat. A folyamat mértékét többek között meghatározza a polimerizáció kezdeti intenzitása, a hőmérséklet, a kompozit összetétele, főként az iniciátor rendszer, mely a polimerek struktúráját szabja meg [3]. A „sötét” reakció időtartamát 24 óra és 1 hónap között határozzák meg az irodalomban [19, 22].

A repedések klinikai relevanciája, azaz hogy milyen mértékben befolyásolják a kezelés sikerességét, nem egyértelmű, de zömében kialakult mikrorepedések jó indikátorai a csücsökelhajlásnak [3]. Magne 2008-ban megjelent cikkében felhívja a figyelmünket a fog ép koronai állományának méretével összefüggő megfigyelésére, miszerint minél nagyobb a destrukció, annál nagyobb stressz keletkezik a fogban polimerizáció során [13]. Egy MOD kavitás restaurációja során gyakran megfigyelhető a csücsök alapjánál kialakuló horizontális repedés. A vizsgálatunkban ennek megfelelően mi is nagy kiterjedésű anyagiellátását vizsgáltuk, mely egy gyakori probléma a mindennapi gyakorlatban. Emellett a kialakult repedések későbbi fáradásos törések kiindulópontjai lehetnek.

A kutatás korlátai között fontos megemlíteni, hogy nem alkalmaztunk kontrollcsoportot. Célszerű lenne egy nem üvegszál megerősített, bulk, rétegzés nélkül alkalmazandó kompozitot, valamint hagyományos kompozitot is megvizsgálni a kialakuló repedések tekintetében, így pontosabb képet kaphatnánk arról, hogy az üvegszálaknak van-e jótékony hatása a repedések kialakulásában.

Konklúzió

A vizsgálatunk korlátain belül megállapíthatjuk, hogy nagy kiterjedésű MOD kavitásokban biztonsággal alkalmazhatjuk az SFRC-t 4 mm rétegvastagságban bulk, rétegzés nélküli technikával, mivel a repedések tekintetében nem jelent hátrányt a rétegzéssel szemben. A polimerizáció során kialakuló zömáncrepedések detektálása alkalmas módszer a zsugorodás hatásának, következményének megfigyelésére.

Anyagi támogatás

„Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatás, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”, Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/701/20/5)

Irodalom

1. BATALHA-SILVA S, DE ANDRADA MAC, MAIA HP, MAGNE P: Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite

resin restorations: Direct versus CAD/CAM inlays. *Dent Mater* 2013. 0 1.; 29 (3): 324–331.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.11.013>

2. BICALHO AA, DE SOUZA SJB, DE ROSATTO CMP, TANTBIROJN D, VERSLUIS A, SOARES CJ: Effect of temperature and humidity on post-gel shrinkage, cuspal deformation, bond strength and shrinkage stress – Construction of a chamber to simulate the oral environment. *Dent Mater* 2015. 0 1.; 31 (12): 1523–1532. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.023>
3. BICALHO AA, VALDÍVIA ADCM, BARRETO BCF, TANTBIROJN D, VERSLUIS A, SOARES CJ: Incremental filling technique and composite material – part II: shrinkage and shrinkage stresses. *Oper Dent* 2014. április; 39 (2): E83–92. <https://doi.org/10.2341/12-442-L>
4. BOCALON ACE, MITA D, NARUMYA I, SHOUHA P, XAVIER TA, BRAGA RR: Replacement of glass particles by multidirectional short glass fibers in experimental composites: Effects on degree of conversion, mechanical properties and polymerization shrinkage. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* 2016. szeptember; 32 (9): e204–210. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.06.008>
5. FORSTER A, BRAUNITZER G, TÓTH M, SZABÓ BP, FRÁTER M: In Vitro Fracture Resistance of Adhesively Restored Molar Teeth with Different MOD Cavity Dimensions. *J Prosthodont* 2019; 28 (1): e325–331. <https://doi.org/10.1111/jopr.12777>
6. FRÁTER M, FORSTER A, KERESZTÚRI M, BRAUNITZER G, NAGY K: In vitro fracture resistance of molar teeth restored with a short fibre-reinforced composite material. *J Dent* 2014. szeptember; 42 (9): 1143–1150. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.004>
7. FRÁTER M, SÁRY T, VINCZE-BANDI E, VOLOM A, BRAUNITZER G, SZABÓ P. B., et al: Fracture Behavior of Short Fiber-Reinforced Direct Restorations in Large MOD Cavities. *Polymers* 2021. január; 13 (13): 2040. <https://doi.org/10.3390/polym13132040>
8. GAROUSHI S, GARGOUM A, VALLITTU PK, LASSILA L: Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature. *J Investig Clin Dent* 2018. 0; 9 (3): e12330. <https://doi.org/10.1111/jicd.12330>
9. GAROUSHI S, SÄILYNÖJA E, VALLITTU PK, LASSILA L: Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* 2013. 0; 29 (8): 835–841. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.04.016>
10. GAROUSHI S, VALLITTU PK, WATTS DC, LASSILA LVJ: Polymerization shrinkage of experimental short glass fiber-reinforced composite with semi-inter penetrating polymer network matrix. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* 2008. február; 24 (2): 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.04.001>
11. KAISARLY D, LANGENEGGER R, LITZENBURGER F, HECK K, EL GEZAWI M, RÖSCH P, et al: Effects of application method on shrinkage vectors and volumetric shrinkage of bulk-fill composites in class-II restorations. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* 2022; 38 (1): 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.10.013>
12. KUJIS RH, FENNIS WMM, KREULEN CM, BARINK M, VERDONSCHOT N: Does layering minimize shrinkage stresses in composite restorations? *J Dent Res* 2003; 82 (12): 967–971. <https://doi.org/10.1177/154405910308201206>
13. MAGNE P, MAHALLATI R, BAZOS P, SO W-S: Direct Dentin Bonding Technique Sensitivity When Using Air/Suction Drying Steps. *J Esthet Restor Dent* 2008; 20 (2): 130–138. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2008.00164.x>
14. MAGNE P, SILVA S, ANDRADA M DE, MAIA H: Fatigue resistance and crack propensity of novel “super-closed” sandwich composite resin restorations in large MOD defects. *Int J Esthet Dent* 2016; 11 (1): 82–97.
15. MILOSEVIC M: Polymerization Mechanics of Dental Composites – Advantages and Disadvantages.

- Procedia Eng* 2016. 0 1.; 149: 313–320.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.672>
16. OHMORI K, TASAKI T, KIMURA S, HORI A, SAKAEDA N, HANABUSA M, et al: Residual polymerization stresses in human premolars generated with Class II composite restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020. April; 104: 103643.
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103643>
 17. POTTIER JG, GREGG A, AREGAWI W, NASIRI E, FOK A, LIU Y, et al: A standardized method to determine the effect of polymerization shrinkage on the cusp deflection and shrinkage induced built-in stress of class II tooth models. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020. 0 1.; 111: 103987.
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103987>
 18. SÁRY T, GAROUSHI S, BRAUNITZER G, ALLEMAN D, VOLOM A, FRÁTER M: Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fibre-reinforced techniques – An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019. október; 98: 348–356.
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.07.006>
 19. SCHNEIDER LFJ, CONSANI S, OGLIARI F, CORREER AB, SOBRINHO LC, SINHORETI MAC: Effect of Time and Polymerization Cycle on the Degree of Conversion of a Resin *Composite. Oper Dent* 2006. 0 1.; 31 (4): 489–495.
<https://doi.org/10.2341/05-81>
 20. SOARES CJ, FARIA-E-SILVA AL, RODRIGUES M DE P, VILELA ABF, PFEIFER CS, TANTBIROJN D, et al: Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know? *Braz Oral Res* 2017; 31 (suppl 1): e62.
<https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0062>
 21. SOARES LM, RAZAGHY M, MAGNE P: Optimization of large MOD restorations: Composite resin inlays vs. short fiber-reinforced direct restorations. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* 2018. április; 34 (4): 587–597.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.01.004>
 22. TSUJIMOTO A, BARKMEIER WW, TAKAMIZAWA T, LATTI MA, MIYAZAKI M: Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber-reinforced resin composite. *Dent Mater J* 2016; 35 (3): 418–424.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2015-280>
 23. VERSLUIS A, DOUGLAS WH, CROSS M, SAKAGUCHI RL: Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 1996. március; 75 (3): 871–878.
<https://doi.org/10.1177/00220345960750030301>

NÉMA V, SÁRY T, SZÁNTÓ LF, BRAUNITZER G, FRÁTER M

Polymerization shrinkage-stress of short fiber-reinforced composite

Pilot study

Background: Polymerization shrinkage-related stress of dental composite materials is a clinically relevant problem. In the presence of proper adhesion, shrinkage produces stress in the remaining tooth structure. The greater the destruction, the less the tooth structure is available to withstand the stress; thus, causing cracks in the enamel. The purpose of this in vitro study was to investigate the number of cracks caused by polymerization shrinkage using two different filling techniques utilising short fibre-reinforced composite (SFRC).

Materials and methods: 40 extracted wisdom teeth, prepared with standardized MOD cavity (5 mm deep and 2,5 mm wall thickness) were used. After adhesive treatment, teeth were divided into two groups, each restored with SFRC as follows: Group 1: Bulk-fill technique; Group 2 oblique layering technique (with 2 mm increments). In all specimens, the SFRC was covered with 1 mm packable composite resin. After completion of the restoration, the enamel was examined using a D-Light Pro lamp, and the cracks were documented. In addition, the number of the cracks was further documented after 1 week period.

Results: There was no significant difference between the groups in respect of the cracks' number. After 1 week, the average number in group 1 was 4.95 showing 340% increase, and in Group 2: 4.30 showing the same 340% increase, which significantly differs to the previously obtained values ($p = 0.000$). There is no significant difference between the techniques regarding total sum of cracks after 1 week.

Conclusions: In both techniques, almost an equal number of cracks is developing. During the post-polymerization period, the number of cracks grows significantly irrespective of the chosen technique.

Keywords: Polymerization shrinkage, cracks, short fiber-reinforced composite, filling-technique, post-polymerization