

Rövid üvegszál megerősítésű kompozitok alkalmazása anterior és poszterior fogak direkt restauratív technikákkal történő helyreállítása során

az azonos című PhD tézis értekezései

Dr. Sály Tekla

Témavezető:

Dr. Fráter Márk PhD, M.Sc.



Szegedi Tudományegyetem
Klinikai Orvostudományi Doktori Iskola

Szeged

2021

A tézis alapjául szolgáló publikációk:

- I. **Sáry T**, Garoushi S, Braunitzer G, Alleman D, Volom A, Fráter M. Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fiber-reinforced techniques - An in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019 Oct;98:348-356. doi: 10.1016/j.jmbbm.2019.07.006.
- II. **Sáry T**, Garoushi S, Braunitzer G, Alleman D, Volom A, Fráter M. Corrigendum to "Fracture behaviour of MOD restorations reinforced by various fiber reinforced techniques - An in vitro study" [*J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 98 (2019) 348-356]. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020 Feb;102:103505. doi:10.1016/j.jmbbm.2019.103505. Epub 2019 Nov 4. Erratum for: *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019 Oct;98:348-356. PMID: 31694796.
- III. Fráter M, **Sáry T**, Néma V, Braunitzer G, Vallittu P, Lassila L, Garoushi S: Fatigue failure load of immature anterior teeth: Influence of different fiber post-core systems. *Odontology.* 2020 May 2. doi: 10.1007/s10266-020-00522-y.
- IV. Fráter M, **Sáry T**, Garoushi S. Bioblock technique to treat severe internal resorption with subsequent periapical pathology: a case report. *Restor Dent Endod.* 2020 Aug 18;45(4):e43. doi: 10.5395/rde.2020.45.e43.

Kapcsolódó publikációk:

- I. Forster A, **Sáry T**, Braunitzer G, Fráter M. In vitro fracture resistance of endodontically treated premolar teeth restored with a direct layered fiber-reinforced composite post and core. *J Adhes Sci Technol.* 2016;31:1454–66. <https://doi.org/10.1080/01694243.2016.1259758>.
- II. Balázs Szabó P., **Tekla Sáry**, Balázs Szabó. The key elements of conducting load to fracture mechanical testing on restoration-tooth units in restorative dentistry. *Analecta Technica Szegedinensia.* 2019. Vol. 13., No. 2. doi: 10.14232/analecta.2019.2.59-64
- III. Fráter M, **Sáry T**, Jókai B, Braunitzer G, Säilynoja E, Vallittu PK, Lassila L, Garoushi S. Fatigue behavior of endodontically treated premolars restored with different fiber-reinforced designs. *Dent Mater.* 2021 Mar;37(3):391-402. doi: 10.1016/j.dental.2020.11.026.
- IV. Fráter M, **Sáry T**, Braunitzer G, Balázs Szabó P, Lassila L, Vallittu PK, Garoushi S. Fatigue failure of anterior teeth without ferrule restored with individualized fiber-reinforced post-core foundations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021 Mar 3;118:104440. doi: 10.1016/j.jmbbm.2021.104440.
- V. Fráter M, **Sáry T**, Vincze-Bandi E, Volom A, Braunitzer G, Szabó P B., Garoushi S, Forster A. Fracture Behavior of Short Fiber-Reinforced Direct Restorations in Large MOD Cavities. *Polymers* 2021, 13, 2040. <https://doi.org/10.3390/polym13132040>

Bevezetés

A természettudományokban a mimikri az adaptáció azon formája, amelyben egy minta adott tulajdonságait másoljuk le. A modern biomimetikus restauratív ellátás összefoglalja azokat a törekvéseket, miszerint a természetes fog felépítését és működését megvizsgálva, analizálva hatékonyabban tudjuk megtervezni a destruált fog helyreállítását célzó technikákat és az azok során alkalmazott anyagok kiválasztását. Sőt a biomimetikus fogászat elsődleges célja, hogy mechanikai szempontból leginkább a természetes foganyaghoz hasonlóan viselkedő anyagot használjon fel a minimál invazív helyreállító kezelések során.

A biomimetikus felépítésre egy jellegzetes példa, amikor a fog koronai állományának elvesztett különböző struktúráit más és más anyaggal pótoljuk, a dentin pótlására hagyományos kompozitot, a zománcéra pedig kerámiákat használunk. Erre indirekt ellátás esetén van lehetőségünk. Ez a megoldás bármennyire is logikusnak tűnhet, a gyakorlatban ez nem mindig valósítható meg ilyen könnyen, legtöbbször anyagi vagy technikai okokból.

A hagyományos kompozitok egyre elterjedtebb felhasználása mind anterior, mind pedig a poszterior régióban szükségessé tette a piacon elérhető anyagok fejlődését, megújulását. Annak ellenére, hogy mind az amalgám, mind pedig a kompozit anyagok alkalmasak I. és II. osztályú üregek ellátására, mégis a legtöbb környező országban a kompozit restaurátumok csaknem teljesen felváltották az amalgám töméseket. Magne és munkatársai I. és II. osztályú tömással ellátott fogakat vizsgálva megállapították, hogy az amalgámmal helyreállított fogak nem tudják biomechanikai szempontból ideálisan helyreállítani az anyaghíányt. Ezzel szemben a kompozit felépítmények jó eredményeket mutatnak, főleg kis és közepes üreggel rendelkező moláris fogakban nagyjából 1-3% közötti éves sikertelenségi aránnyal. Mindemellett a nagyobb kiterjedésű kompozit tömással rendelkező fogak sikertelensége mechanikai, töréssel kapcsolatos gondokra vezethető vissza, csökkentve a felépítmények élettartamát. Az irodalomból kiderül, hogy a kompozit tömések sikertelenségét leggyakrabban a tömésen belüli törés, a széli zárás elégtelensége és a szekunder káriesz okozzák poszterior fogakban. A törések egy része a restauratív anyagok anyagtani és mechanikai tulajdonságaira vezethetők vissza, név szerint a hajlító szilárdságra (flexural strenth) és a töréssel szembeni szívósságra (fracture toughness). Biomimetikai szempontból tehát arra törekszünk, hogy az elvesztett foganyagot hasonló tulajdonságokkal rendelkező mesterséges anyagokkal helyettesítsük. A már említett töréssel szembeni szívósság tekintetében a mikro- és nanohybrid kompozitok értékei alacsonyabbak, mint a helyettesíteni kívánt dentiné. Továbbá, a hibrid kompozitokban töltőanyag részecskék vannak rezin mátrixba ágyazva, míg a természetes dentin szövetben nem szemcsék, hanem kollagén rostok vannak hidroxipatit mátrixba ágyazva. Ennek analógiáján és a természetet figyelmesebben utánozva hatékonyabb lehetne a dentin pótlása egy szálal erősítésű anyaggal, mint egy töltelékanyaggal töltöttel. Így nem véletlen találunk egyre több olyan vizsgálatot, amelyben az elvesztett dentint szálal erősítésű anyagokkal próbálják pótolni. Ezen kívül az az anyag, amelynek magas a töréssel szembeni szívóssága, jóval

hatékonyabban tudja megakadályozni a törések kialakulását és tovaterjedését. Számos tanulmány arról számol be, hogy a töréssel szembeni szívósság segítségével fontos következtetéseket vonhatunk le az anyag fáradásával, vagyis hosszútávú működésével kapcsolatban. Több tanulmányban is azt olvashatjuk, hogy a milliméteres méretű üvegszálakkal erősített anyagok rendkívül hatékonyan erősítik meg a meggyengült struktúrát, emellett csökkentik a tömőanyag zsugorodását, magasabb töréssel szembeni szívósságot, hajlítószilárdságot kölcsönöznek az anyagnak. Összességében sokkal jobban hasonlítanak a dentin tulajdonságaihoz, mint más tesztelt bulk-fill vagy hagyományos kompozitok. Mára bizonyítást nyert, hogy a rövid üvegszál megerősítésű kompozit (short fiber reinforced composite, SFRC) képes volt ellenállni mind a statikus, mind a dinamikus fárasztási terheléses vizsgálatoknak. Ezt a rendkívül hatékony megerősítő hatást főleg két faktornak köszönheti: a milliméteres üvegszálaknak, amik megfelelnek a kritikus szálhosszúság méreteinek, és a bennük rejlő szemi-interpenetráló polimer mátrix (semi-IPN) szerkezetnek.

A dolgozatban leírt tanulmányok célja annak vizsgálata volt, hogy a szálerősítésű kompozit (FRC) anyagok hogyan használhatók a leghatékonyabb módon a meggyengült struktúra megerősítésére vitális és gyökérkezelt esetekben egyaránt.

Anyag és módszer

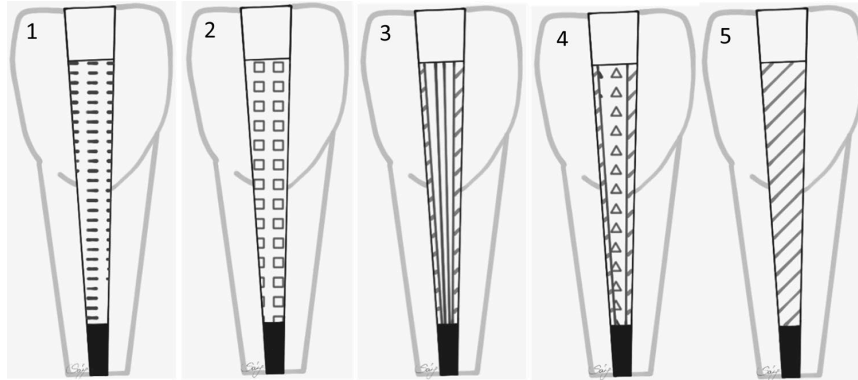
Az **anterior** fogak vizsgálatához 400 szarvasmarha felső metszőfogát gyűjtöttünk és eltávolítás után azonnal 0,5% -os kloramin-T-oldatba helyeztük őket. A vizsgálatba beválogatott fogak a koronai állományuk oro-vesztibuláris és mezio-disztális dimenziói, a koronai rész zománc-cement határtól (CEJ) mért magassága, valamint a gyökéri rész oro-vesztibuláris és mezio-disztális dimenziói alapján lettek standardizálva. A mérések szerint ebbe a vizsgálatba csak azokat a fogakat vontuk be, amelyek meghatározott átlagtól maximálisan 10%-kal tértek el (n=180).

A fogakat véletlenszerűen 6 vizsgálati csoportba osztottuk szét (n=30). Egy csoportot érintetlenül hagytunk, amely később kontrollként szolgált (6. csoport). A többi fogat (1.-5. csoport) alacsony fordulatszámmal gyémántkoronggal, vízhűtés mellett 12 mm hosszúságúra vágtuk a CEJ alatt. Továbbá, az apikális rész levágása után minden fogat nagyítással megvizsgáltuk, hogy a beavatkozás nem okozott-e repedést vagy törést. A hozzáférési nyílást kialakítása után a gyökércsatornát 1-6 méretű Gates Glidden fúrókkal tágítottuk bőséges vízhűtés mellett, amíg az ISO #140-es méretnek megfelelő fúró passzívan átvezethető volt az apexen. Ezután minden csatornát 1,6-os méretű GC Fiber Post csap-előfúróval (GC Europe, Leuven, Belgium) készítettünk elő, hogy egy ki nem fejlődött apexű, fiatal, vékony falú fogat szimuláljunk. Minden fogba 4 mm vastag szürke Pro-Root MTA (mineral trioxid aggregate) (Dentsply Maileffer, Tulsa, OK, USA) apikális dugót helyeztünk el MAP rendszerrel (Dentsply Maileffer). Az MTA teljes megkötése után a fogak további restaurálása következett. A gyökércsatornai dentint Gates Glidden fúrókkal érdesítettük fel, az üreg szélén levő zománcot 37%-os orthofoszforsavval szelektíven előkészítettük majd az egész üreget klór-hexidinnel és fizsóval átmostuk. Teljes szárítás után a gyári

utasításoknak megfelelően standardizált módon egy duál kötésű adhezív rendszerrel kezeltük a kavitást (G-Premio Bond és DCA (Dual Cure Activator), GC Europe, Leuven, Belgium) amelyet 60 szekundumig világítottunk Optilux 501 kvarc-volfram-halogén polimerizációs lámpával (Kerr Corp., Orange, CA, USA).

A mintafogak felépítési technikáit az 1. ábra szemlélteti:

1. Ábra: Az anterior kutatás vizsgálati csoportjait mutató sematikus rajzok (1–5 csoport).



1. csoport: A fogakat a Fráter és munkatársai által leírt 'Bioblock technikával' restauráltuk, direkt rétegzett üvegszálcsap és csomkfelépítéssel (everX Posterior, GC Europe). Az okkluzálisan fennmaradó 2 mm-t hagyományos kompozittal (G-aenial Posterior PJ-E, GC Leuven, Belgium) zártuk a gyári utasításoknak megfelelően.

2. csoport: A fogakat folyékony SFRC (EverX Flow bulk shade, GC Europe) segítségével restauráltuk az 1. csoportban leírtak szerint.

3. csoport: a fogak egy 1,5 mm átmérőjű rugalmas üvegszálcsapot kaptak (everStickPOST, GC Europe). A csap beragasztása és a csomkfelépítés duál kötésű kompozittal történt (Gradia Core, GC Europe) a csap körül. A Gradia Core közvetlen gyökércsatornába való juttatásához "precíziós csőrt" használtuk saját automix patronnal. A csap behelyezése után a kompozit felépítményt a csap teteje felől Optilux 501 polimerizációs lámpával polimerizáltuk 60 másodpercig mindkét oldalról (összesen 240 s/fog). Az okkluzálisan fennmaradó 2 mm-t hagyományos kompozittal zártuk a gyári utasításoknak megfelelően, mint az 1. csoportban.

4. csoport: a fogak egy 1,6 mm átmérőjű hagyományos üvegszálcsapot kaptak (GC Fiber Post, GC Europe). A csapragasztás és csomkfelépítés a 3. csoportnál leírtaknak megfelelően történt.

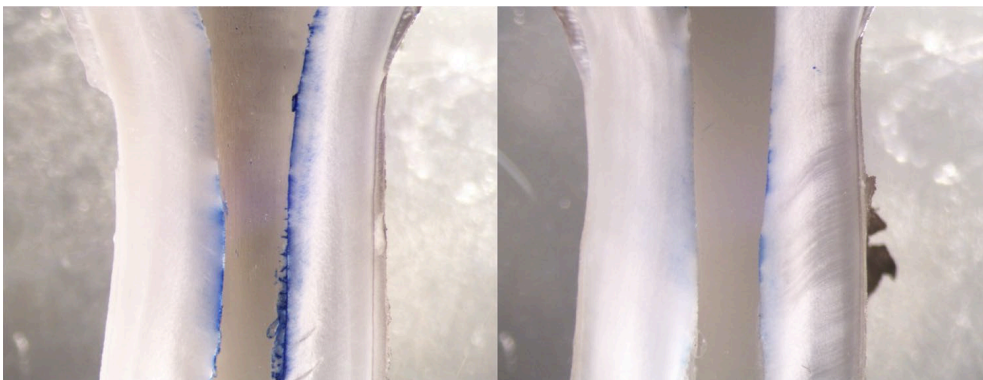
5. csoport: A fogak restaurálása üvegszálcsap megerősítés nélkül duál kötésű csomkfelépítő anyaggal történt (Gradia Core).

A minták elkészülte után a parodontális ligamentumok szimulálása érdekében minden fog gyökérfelszínét a beágyazás előtt egy réteg folyékony latex szeparáló anyaggal vontuk be. Minden mintát gyorsan kötő metakrilát gyantába ágyasztunk be a CEJ-től 2 mm-re a fiziológiás csontszintnek megfelelően. A beágyazás után terheléses vizsgálatot végeztünk minden csoportból 25 fagon (n=150), és minden restaurált csoportból 5 fognál (n=25) szekcionálás után, mikroszivárgás- és mikrokeményiség-vizsgálatot végeztünk.

A mechanikai tesztelés a restaurált fogakon egy módosított gyorsított fárasztásos vizsgálati protokollnak megfelelően történt egy hidraulikus terhelőgépen, a fogak hosszanti tengelyéhez képest 135 fokos szögben. A ciklikus-izometrikus terhelést a fogak palatális csücskén alkalmaztuk egy kerek fém hegy segítségével. A ciklikus terhelést 5 Hz-es frekvenciával alkalmaztuk, fokozatosan növekvő statikus terheléssel 5 másodperc alatt 100 N-ig, majd ciklikus terhelés folytatva 100 N, 200 N, 300 N, 400 N, 500 N és 600 N fokozatokban, egyenként 5000 ciklusig. A mintákat törésig vagy összesen 30 000 elviselt ciklusig terheltük, ami a teljes vizsgálati protokollt jelentette. A túlélési elemzésekhez pontosan feljegyeztük azon ciklusok számát, amelyeknél a fogak eltörtek.

A mikroszivárgás vizsgálatához a fogakat szagittálisan, a mezio-disztális sík közepén metszettük és alkoholos filccel festettük meg. A festék beszivárgását az egyes metszetek csap és csonkfelépítés peremén két gyakorlott klinikus egymástól függetlenül, 6,5-szeres nagyítással, sztereomikroszkóppal (Heerbrugg M3Z, Heerbrugg, Svájc) értékelte. A festék beszivárgásának mértékét mm-ben jegyeztük fel, amit később a teljes határfelület hosszának százalékos arányában számoltunk ki (2. ábra).

2. Ábra: A 4. és 5. csoportok mintafogainak metszetei, amelyek szivárgást mutatnak a csap-és csonkfelépítés és a gyökércsatorna határfelületén.

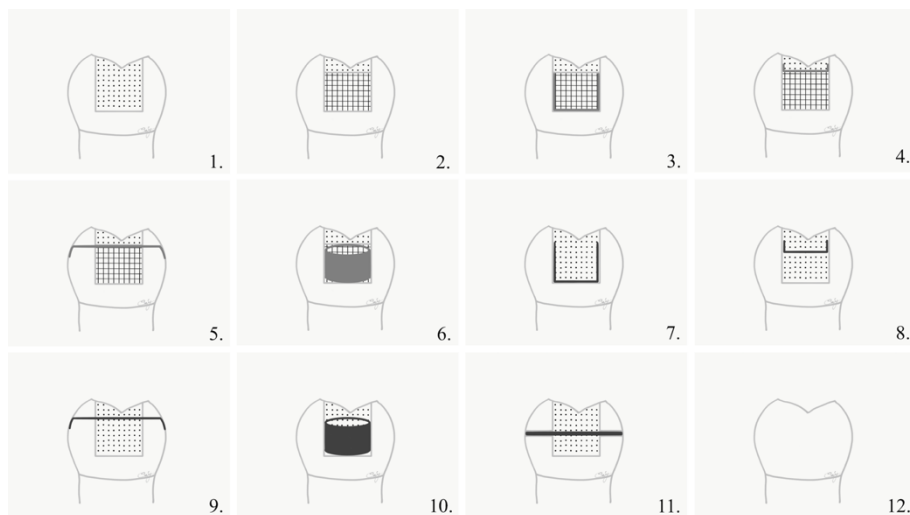


A ragasztó-cement és az SFRC mikrokeményiségét a csatornán belül a Struers Duramin keménységi mikroszkóppal (Struers, Koppenhága, Dánia) mértük 40-es objektívvel és 1,96 N terheléssel 10 másodpercig.

A **poszterior** fogak vizsgálatához 240 alsó bölcsességfogot választottunk ki, amelyeket parodontális vagy orthodonciai okokból távolítottak el. A frissen kihúzott fogakat azonnal 5,25%-os NaOCl-ba helyeztük 5 percre, majd 0,9%-os sóoldatban tároltuk szobahőmérsékleten a felhasználásig, mindegyiket a foghúzást követő maximum 2 hónapon belül. A felvételi kritériumok ugyanazok voltak, mint az anterior vizsgálatban.

A fogakat véletlenszerűen osztottuk el 12 vizsgálati csoportba (n=20). Egy csoportot érintetlenül hagytunk, hogy később kontrollként szolgáljon (12. csoport). A többi fogba standardizált kiterjedésű MOD üregeket alakítottunk ki. Az oro-vesztibulárisan megmaradó falak 2,5 mm vastagságúak, az üreg mélysége pedig 5 mm mély volt, amelyet ugyanaz a gyakorlott operátor fűrt ki, mint ahogyan azt Forster és munkatársai leírták. Az üregeket standardizált adhezív kezelés után centripetális technikával I. osztályúvá alakítottuk és ezt követték a különböző direkt restaurálási technikák. Az üregek helyreállítása a következőképpen történt (3. ábra):

3. Ábra: A moláris kutatás csoportjainak sematikus rajzai (1-12 csoport).



1. csoport: Az üregek helyreállítása hagyományos mikrohibrid kompozittal történt.

(G-aenial Posterior PJ-E, GC Europe), amelyet ferdén rétegezve Z-technikával alkalmaztunk, 2 mm-es rétegvastagsággal.

2. csoport: Az fogakat SFRC-vel (everX Posterior) restauráltuk, bulk-fill technikával. 40 másodperces megvilágítás után az üreget 2 mm vastag kompozit réteggel (G-aenial Posterior PJ-E) fedtük.

3. csoport: Egy 3 mm széles, előimpregnált üvegszálháló (everStickNET, GC Europe) darabot vágtunk, amelynek mérete körülbelül megegyezett a megmaradt üreg méretével, és az üreg aljára fektettük bukko-lingvális irányban. A hálót úgy helyeztük el, hogy ne érje el az üreg szélét, maradjon

kb. 1,5-2 mm a későbbi okkluzális kompozitréteg számára. 40 másodperces megvilágítás után az üreget SFRC-vel, a 2. csoportban leírtak szerint restauráltuk.

4. csoport: Először az üregeket a 2. csoportban leírtak szerint SFRC-vel töltöttük fel. Amikor az üregben okkluzálisan már csak kb. 1,5-2 mm hely maradt, egy 3 mm széles, előimpregnált üvegszál háló (everStickNET) darabot fektettünk az üreg tetejére bukko-lingválisan úgy, hogy ne érje el az üreg peremét. 40 másodperces megvilágítást követően az üreget a 2. csoporthoz hasonlóan egy utolsó réteg okkluzális kompozittal zártuk.

5. csoport: Az üregeket SFRC-vel és egy okkluzális záró réteg kompozittal restauráltuk, mint a 2. csoportban. A restauráció befejezése után a tömés okkluzális felületén a csücskök között bukko-lingvális irányból egy 4 mm széles és 1,5 mm mély barázdát készítettünk gyémánt fúróval vízhűtés mellett. A kialakított barázda két vége a fogak bukkális és lingvális falának koronális egyharmadán végződött. Az említett területet ismételt szelektív zománcsavazás után adhezíven kezeltük. Az előkészített barázda méretének megfelelő előimpregnált üvegszál hálóból (everStickNET) egy darabot vágunk, és azt a barázdába fektettük. 40 másodperces polimerizálást követően a fennmaradt üreget hagyományos kompozittal restauráltuk.

6. csoport: 1 darab 3 mm széles, előimpregnált üvegszál hálót (everStickNET) helyeztünk az üreg falára körkörösén. A hálót úgy helyeztük el, hogy az fedje az axiális falakat, de ne érje el az üreg szélét. 40 másodperces megvilágítás után az üreget SFRC-vel töltöttük fel és egy utolsó réteg okkluzális kompozittal zártuk, mint a 2. csoportban.

7. csoport: 1 darab 3 mm széles polietilén szalagot (Ribbond-Ultra THM; Ribbond Inc., Seattle WA, USA) fektettünk bukko-lingválisan az üreg aljára, 3. csoporthoz hasonló elhelyezkedéssel. Minden olyan csoportban, ahol polietilén szálakat használtunk, a szálakat először adhezív rezinnel (StickRESIN, GC Europe) impregnáltuk, a felesleget kézi műszerrel eltávolítottuk, majd flow kompozit (G-aenial Universal Flo, GC Europe) ágyba helyeztük. A szálakat úgy fektettük az üregbe, hogy az ne érje el a kavitás peremét. 40 másodperces megvilágítás után az üreget az 1. csoporthoz hasonlóan mikrohibrid kompozittal töltöttük fel, ferde rétegzéssel.

8. csoport: Az üregeket ferdén rétegzett Z technikával, mikrohibrid kompozittal restauráltuk 2 mm-es rétegekkel. Amikor már csak kb. 1,5-2 mm hely maradt az üregben okkluzálisan, 1 darab 3 mm széles polietilén szalagot (Ribbond-Ultra THM) vágunk és bukko-lingvális irányban a megmaradt üregbe helyeztünk ugyanúgy, mint a 4. csoportban az üvegszál hálóval, csak itt Ribbondot használva. 40 másodpercig tartó polimerizáció után az üreget az 1. csoporthoz hasonlóan egy végső réteg okkluzális kompozittal restauráltuk.

9. csoport: az üreget mikrohibrid kompozittal restauráltuk, mint az 1. csoportban. A tömés befejezése után az okkluzális felületen a csücskök között, bukkális és lingvális irányban, gyémántfúróval vízhűtés

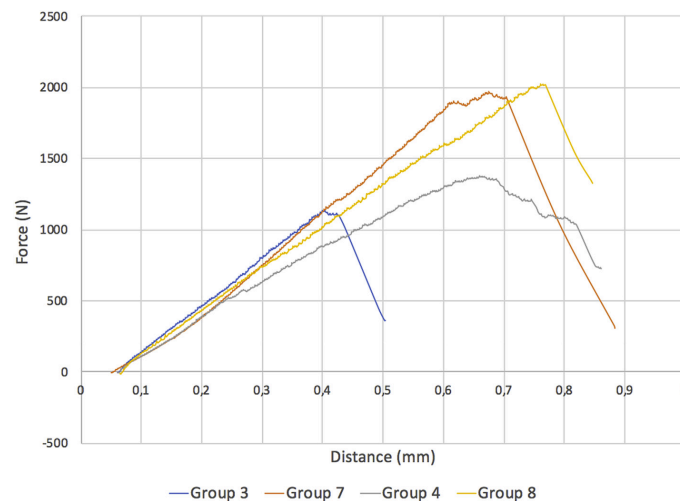
mellett egy 4 mm széles és 1 mm mély barázdát alakítottunk ki. A barázda két vége a fogak bukkális és lingvális falának koronális egyharmadán végződött. Megfelelő adhezív kezelés után egy darab polietilén szalagot (Ribbond-Ultra THM) helyeztünk a barázdába. 40 s-os megvilágítás után az üreget egy utolsó réteg okkluzális kompozittal zártuk.

10. csoport: egy polietilén szalagot (Ribbond-Ultra THM) vágunk le és helyeztünk el az üreg falán körkörösén a 7. csoporthoz hasonlóan elrendezésben flow kompozit ágyba fektetve. 40 s megvilágítás után az üreget az 1. csoporthoz hasonlóan mikrohibrid kompozittal restauráltuk.

11. csoport: először a mintafog megmaradó bukkális és lingvális falain az ekvátor felett a fal koronai harmadában egy apró lyukat fűrtünk. Adhezív kezelést követően egy 1 mm széles polietilén szalagot (Ribbond Ultra Orthodontic; Ribbond Inc., Seattle WA, USA) fűztünk át a korábban kifűrt lyukakon. A szalagot először az egyik falnál rögzítettük flow alappal majd ezt követően az ellentétes oldalon lévő barázdában a szalag másik végét feszülés alatt szorosan pozícionálva polimerizáltuk. Ezáltal egy "transzkoronális sínezést" hoztunk létre. Minden behelyezett réteget 40 másodpercig világítottuk, az üreg fennmaradó részét pedig az 1. csoporthoz hasonlóan mikrohibrid kompozittal állítottuk helyre.

A helyreállított mintákat fiziológiás sóoldatban tároltuk, majd az anterior kutatásban leírtak szerint beágyaztuk. Közvetlenül a beágyazás után minden mintát mechanikai tesztelésnek vetettünk alá. A fogak statikus törési ellenállását 2 mm/perc sebességű keresztfejével, a fog hossz tengelyével párhuzamosan, univerzális vizsgálógépben (5848 MicroTester1, Instron, Norwood, MA, USA) teszteltük, amíg el nem törtek. Minden esetben akkor határoztuk meg a statikus törési ellenállási értéket, amikor az erő-távolság görbe hirtelen változást mutatott, ami a fog terheléssel szembeni ellenállásának hirtelen csökkenését jelezte – a fog eltört, tovább nem terhelhető (4. ábra).

4. Ábra: Az egyes vizsgálati csoportok mintafogainak erő-távolság görbéi. A görbe csúcsa a maximális terhelés mértékét jelzi.



A törések rögzítése után minden egyes mintát megvizsgáltunk a törés típusának és helyének (helyreállítható vagy nem helyreállítható törés) megállapítására. Helyreállítható, egyben kedvezőbb törésnek számít, ha a törésvonal a CEJ felett fut és nem helyreállíthatónak – ezáltal kedvezőtlennek – ha az alatt.

A statisztikai elemzést az SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) programmal végeztük.

Az **anterior** vizsgálatban a túlélési ciklusok számát csoportonként deskriptív statisztikával, valamint a Kaplan-Meier-módszerrel elemeztük (Breslow-tesztel a páronkénti elemzést). A helyreállítható és nem helyreállítható törések gyakoriságát minden csoportra vonatkozóan kiszámítottuk.

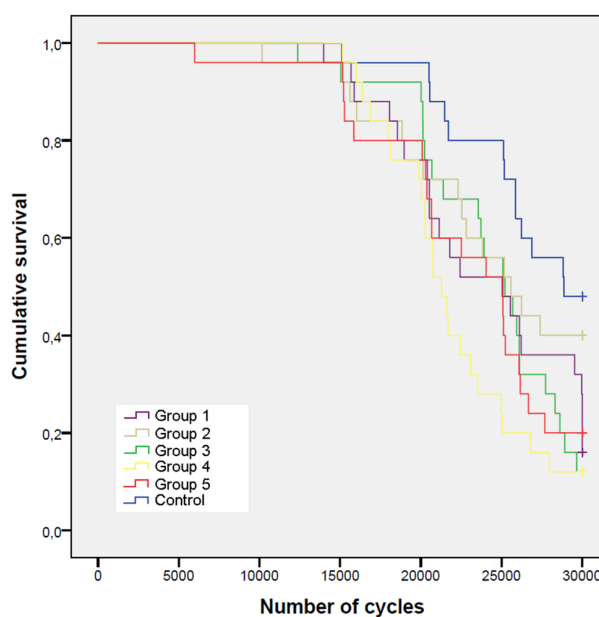
A **moláris** vizsgálatban a csoportok közötti összehasonlításokhoz ANOVA-t alkalmaztunk Tukey HSD post-hoc tesztet alkalmazva.

Az általános szignifikancia szintet mindkét vizsgálatban $\alpha=0,05$ -ben határoztuk meg.

Eredmények

Az **anterior kutatás** eredményeinek Kaplan-Meier-túlélési görbéit az 5. ábra, a csoportonkénti összehasonlítás p-értékeit pedig az 1. táblázat mutatja. Az anterior vizsgálatban a 2. csoport túlélési aránya nem különbözött szignifikánsan az ép fogakétól (kontrollcsoport). A többi front csoport túlélési aránya szignifikánsan alacsonyabb volt a kontrollcsoportéhoz képest. Az összes restaurált csoportban kizárólag kedvezőtlen törések fordultak elő, míg a kontrollcsoportban volt néhány olyan, amely helyreállítható volt, de a legtöbb törés ebben a csoportban is kedvezőtlennek bizonyult (2. táblázat).

5. Ábra: Kaplan–Meier túlélési görbék mind a 6 anterior csoportra (x: ciklusok száma, y: kumulatív túlélés.).



1. Táblázat: p-értékek a páronkénti log-rank post hoc összehasonlítások után (Kaplan-Meier túlélést becsülő, majd log-rank teszt a törésig tartó ciklusokra vagy a fárasztás végéig mind a 6 csoportban).

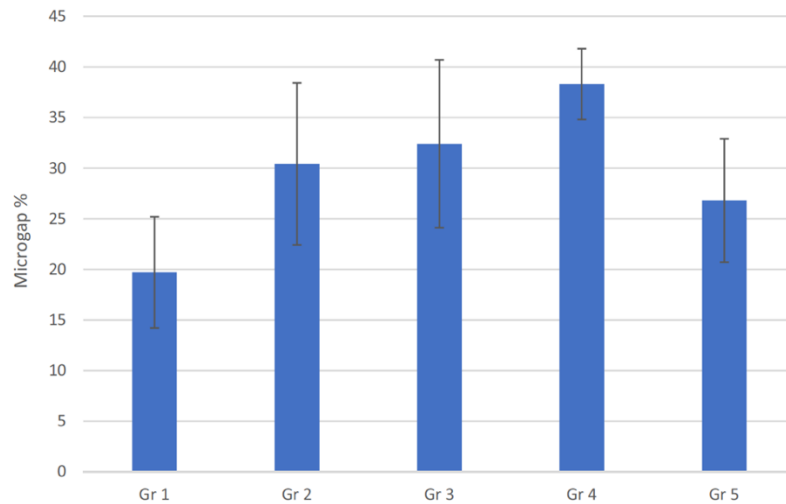
CSOPORTOK	Kontroll		1.csoport		2.csoport		3.csoport		4.csoport		5.csoport	
	Chi square	Sig.	Chi square	Sig.	Chi square	Sig.	Chi square	Sig.	Chi square	Sig.	Chi square	Sig.
Kontroll – ép fogak	-	-	5,551	0,018	1,722	0,189	6,208	0,013	13,801	0,000	7,083	0,008
1.csoport	5,551	0,018	-	-	0,793	0,373	0,000	1,000	1,434	0,231	0,143	0,705
2.csoport	1,722	0,189	0,793	0,373	-	-	0,355	0,551	3,401	0,065	1,003	0,316
3.csoport	6,208	0,013	0,000	1,000	0,355	0,551	-	-	3,467	0,063	0,254	0,614
4.csoport	13,801	0,000	1,434	0,231	3,401	0,065	3,467	0,065	-	-	1,027	0,311
5.csoport	7,083	0,008	0,143	0,705	1,003	0,316	0,254	0,614	1,027	0,311	-	-

2. Táblázat: Törésmintázat eloszlása a csoportokon belül (n = 25)

TÖRÉS-MINTÁZAT	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	ép fogak
Helyreállítható	0	0	0	0	0	2
Nem helyreállítható	18	15	22	22	20	11
Eltört fogak	18	15	22	22	20	13
El nem tört fogak	7	10	3	3	5	12

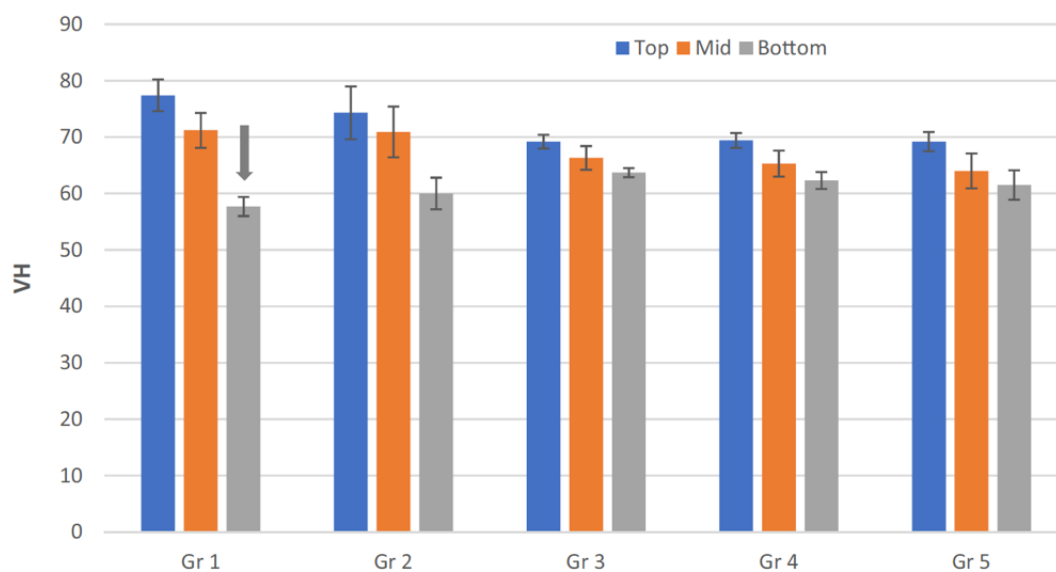
Az öt helyreállított anterior csoport esetén a mikrorés százalékos arányának átlagértékeit és standard deviációját a csap/csonk-gyökércsatorna határfelületen a 6. ábra mutatja be. Eredményeink szerint a Bioblock-technikánál (1. csoport) a többi csoporthoz képest alacsony volt a résképződés aránya (19,7%), míg a 4. csoportban feltűnően magas volt a mikrorések száma (38,3%) a gyökércsatorna vizsgált határfelületén.

6. Ábra: A restaurált anterior csoportokban megfigyelt mikrorések átlagos százalékos aránya (x: csoportok, y: részképződés százalékos értékei)



A ragasztócement és az SFRC felületi keménysége (Vickers-keménység) a mélység növekedésével fokozatosan csökkent egy határozott tartományon belül (7. ábra). Az adatok nem mutattak különbséget a Vickers-keménység értékeiben a vizsgált duál kötésű ragasztók és az SFRC között a csatorna felső és középső szakaszán. Az apikális részen azonban a tömöríthető SFRC (1. csoport) mutatta a legdrasztikusabb csökkenést a Vickers-keménységi értékeket is tekintve.

7. Ábra: Vickers-keménység átlagértékei a gyökércsatorna felső (koronális), középső és alsó (apikális) harmadában lévő kompozitok esetében. Az 1. csoport harmadik/alsó oszlopa feletti nyíl jelzi, hogy a csoport Vickers-keménysége a koronális rész értékének 80%-a alá esett. A függőleges vonalak a standard deviációt (SD) jelölik.(x: csoportok, y: Vickers keménység)



[illegible]

3. csoport		0,041	-		0,001	0,000	0,009	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000
4. csoport				-		0,002		0,049	0,007		0,000	0,000
5. csoport			0,001		-							
6. csoport			0,000	0,023		-						
7. csoport			0,009				-				0,026	
8. csoport			0,000	0,049				-				
9. csoport			0,000	0,007					-			
10. csoport			0,002							-		
11. csoport	0.000	0.005	0.000	0.000			0.026				-	
12. csoport	0.033		0.000	0.000								-

4. Táblázat: Törésmintázat csoportok szerint. A megfigyelések száma és százalékos aránya a csoportokon belül. Az értékelés szabályai megegyeznek az 1. táblázatban szereplővel.

	1. cs	2. cs	3. cs	4. cs	5. cs	6. cs	7. cs	8. cs	9. cs	10. cs	11. cs	12. cs
Helyreállítható	4 (20%)	16 (80%)	8 (40%)	14 (70%)	13 (65%)	14 (70%)	8 (40%)	10 (50%)	10 (50%)	12 (60%)	4 (20%)	18 (90%)
Nem helyreállítható	16 (80%)	4 (20%)	12 (60%)	6 (30%)	7 (30%)	6 (30%)	12 (60%)	10 (50%)	10 (50%)	8 (40%)	16 (80%)	2 (10%)

Megbeszélés és következtetés

- Az fejletlen anterior fogak helyreállítása folyékony SFRC felhasználásával, mint csap és csonkfelépítési anyaggal (Bioblock technika) ígéretes teljesítményt mutatott a fáradással szembeni ellenállás és a túlélés szempontjából.
- Úgy tűnik, hogy a gyökércsatornán belüli mikrorések kialakulása nem mutat közvetlen összefüggést a fáradásos túlélési értékekkel a fejletlen anterior fogak esetében.
- A gyökércsatornán belül a vizsgált restauratív anyagok felületi mikrokeménységi értékei a gyökércsatorna mélységének növekedésével csökkentek.
- A Bioblock technikában használt SFRC anyagok felületi mikrokeménységi értékei a gyökércsatornán belül hasonlóak voltak a duál kötésű anyagokéval.
- A vitális moláris fogak mély MOD üregei megerősíthetők direkt helyreállító technikákkal szálerősítésű anyagok alkalmazásával.

- A statikus törési ellenállás tekintetében úgy tűnik, hogy a polietilén szálak használata mindig előnyös a vitális, mély MOD üreggel rendelkező molárisok kompozit tömással történő helyreállításában, függetlenül az üregen belüli pozíciójuktól.
- A statikus törési ellenállás tekintetében az SFRC-vel együtt használt üvegszálalás háló hatékonysága a mély MOD kavitással rendelkező, nem gyökérkezelt molárisok helyreállításában nagymértékben függ a hálónak az üregen vagy a restauráción belüli helyzetétől, így nem mindig jótékony hatású.
- A kompozittal borított, bulk-fill módon applikált SFRC megerősítheti a mély MOD üregeket nem gyökérkezelt molárisok esetén.
- Ha a nem gyökérkezelt molárisok mély MOD üregének helyreállítására használt direkt kompozit-restauráción belül törés következik be, az túlnyomórészt kedvezőtlen (nem helyreállítható) törés.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani Dr. Fráter Márk témavezetőmnek az évek óta tartó segítségéért, támogatásáért és szakmai felügyeletéért. Véget nem érő útmutatása és motivációja felbecsülhetetlen.

Szeretném megköszönni Dr. Néma Viktória és Jókai Blanka segítségét a mintafogak restaurálásában.

Köszönöm szépen Dr. Volom Andrásnak a moláris vizsgálatunkban való közreműködését.

Külön köszönet Dr. Szabó P. Baláznak, hogy lehetővé tette a fogak mechanikai tesztelését.

Köszönet Dr. Braunitzer Gábornak a statisztikai számításokban nyújtott segítségéért.

Kutatásom nem jöhetett volna létre Dr. Lippo Lassila, Dr. Pekka Vallittu és Dr. Sufyan Garoushi nagyszerű együttműködése és szakmai irányítása nélkül.

Külön köszönet Elekes Attilának és a GC Magyarország csapatának a kutatási tevékenységemben nyújtott folyamatos támogatásért.

Mindig hálás leszek Dr. Gerlóczy Pálnak, aki inspirált és motivált, hogy olyan precíz, türelmes és ambiciózus legyek, amilyenre csak törekedni lehet.

Köszönöm továbbá Dr. Makó János fogtechnikus mesternek, hogy megmutatta nekem, mennyi örömet okozhat az anatómia és a funkció pontos megértése a fogorvosi gyakorlatban.

Örökké hálás vagyok szüleimnek és testvéreimnek, hogy minden lépésemben támogattak.