

A ragasztóanyag kiválasztása mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálatokhoz

Choosing the Adhesive for Microtensile Bond Strength Tests

Borhy Levente,^{1,a} Leveles Borbála,^{2,b} Kemény Alexandra^{1,c}

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék, Budapest, Magyarország.

²Medicontur Orvostechikai Kft., Zsámbék, Magyarország.

^aborhy.levente@edu.bme.hu, ^bborbala.leveles@edu.bme.hu, ^ckemeny.alexandra@gpk.bme.hu

Abstract

Dental fillings are one of the most widespread minimal invasive procedures in modern restorative dentistry. Thanks to the advantages of recently developed filling materials, adhesive systems, and filling techniques, it is possible to create high strength, long-lasting dental fillings. Qualifying these structures is a complicated procedure; the most common method is the use of a microtensile bond strength test, for which specimens need to be formed and stabilised with adhesives in special jigs. During our research, three different cyanoacrylates were examined to find the ideal adhesive for bonding the metal and dentin and the metal and EverX short fibre composite, respectively.

Keywords: *composite dental filling, microtensile bond strength test, adhesive systems.*

Összefoglalás

A modern fogászatban a fogtömések alkalmazása az egyik legelterjedtebb minimálinvazív eljárás. Az egyre fejlettebb kompozit tömőanyagoknak, adhezív rendszereknek és tömési technikáknak köszönhetően nagy szilárdságú, időtálló fogtöméseket lehet elkészíteni. Ezen restaurációk minősítése bonyolult feladat, a legelterjedtebb módszer a mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálat, amelynek elvégzéséhez a próbatesteket kell kimunkálni és azokat egyedi befogókba ragasztani. Kutatásunk során három különböző ragasztóanyagot vizsgáltunk meg, hogy meghatározzuk, melyikkel célszerű a fémbefogóhoz ragasztani a dentint, és melyikkel az EverX dentinpótló kompozitot.

Kulcsszavak: *kompozit fogtömés, mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálat, ragasztórendszerek.*

1. Bevezetés

A fog helyreállításával foglalkozó anyagtudomány és a restauráció módszertana dinamikusan fejlődő tudományág. Az újszerű fogászati tömőanyagoknak és fogtömési technikáknak köszönhetően minden korábbinál nagyobb szilárdságú kompozit fogtöméseket lehet létrehozni [1, 2].

Ezekkel az újszerű anyagokkal akár egy lépésben, gyorsan, jó minőségű fogtöméseket lehet elkészíteni, ezzel szemben a hagyományos réteges feltöltéses technika időigényes. Az új típusú tömőanyagok és tömési módszerek különböző

igénybevételekre adott válaszaik számszerűsítésével összehasonlíthatóvá válnak [2].

Érdeemes tehát különböző típusú tömési technikákat és anyagokat vizsgálni, ugyanis a kész fogtömések mechanikai tulajdonságai számos faktortól függenek.

1.1. Fogtömések felépítése

A dentin, amely a fog koronájától a foggyökérig terjed, és a fog fő állományát alkotja, körülbelül 70% szerves, 18% szerves anyagból és 12% vízből tevődik össze. Ennek a szövetnek az összetétele és tulajdonságai lokálisan különbözhetnek [3, 4].

Egy újszerű, egyre nagyobb figyelmet nyerő szakterület a mély, egy lépésben nehezen tömhető üregek restaurálásához a biomimetikus megközelítés, amely során általában rövid üvegszál-erősítésű kompozitot alkalmaznak tömőanyagként. Tipikus biomimetikus megközelítés az olyan típusú anyagok kombinált használata adott szövet pótlására, amelyek tulajdonságai minél jobban megegyeznek az eredeti szövetével [5].

Az ilyen típusú fogtömések egyik legfontosabb tulajdonsága a dentin és a dentinpótló anyag közötti adhéziós kapcsolat. A nem megfelelő adhézió töméselváláshoz és másodlagos szuvasodáshoz vezethet, amelyek a fogtömések leggyakoribb tönkremeneteli okai [5, 6].

1.2. Vizsgálati módszer

Az egyik legelterjedtebb eljárás a dentin és a dentinpótló anyag közötti adhéziós kapcsolat minősítésére a kötőszilárdsági vizsgálatok elvégzése. E vizsgálatok közül az egyezményes, mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálatot használják széles körben [7, 8].

Ez a módszer rendkívül kis méretű minták vizsgálatára alkalmas, így egy fogból több mintát is elő lehet állítani hozzá. A vizsgálat során leggyakrabban hasáb alakú próbatesteket alkalmaznak. Egy másik elterjedt módszer a homokóra alakú próbatestek alkalmazása, amelyekkel előre meghatározható a tönkremenetel helye, azonban sokszor korlátot szab a minták törékenysége [4, 6].

A fogtömések minősítésére a korszerű szakirodalomban is a mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálatot alkalmazzák [9–11], így kutatásunk során az alkalmazott befogási módot dolgozzuk ki, ugyanis a szakirodalom nem részletezi a pontos lépéseket.

Az újszerű, biomimetikus fogtöméseknek nagy a kötőszilárdságuk, így vizsgálatuk során fontos, hogy a befogóba való rögzítés szilárdsága nagyobb legyen a dentin és az EverX közötti adhéziónál a fogtömés megfelelő vizsgálatához. Célunk mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálatokat végezni egyes fogmintákon, amelyek különböző kereskedelmi forgalomban kapható cianoakrilát-alapú ragasztóanyagokkal fogászati vizsgálatokban alkalmazott befogókba vannak rögzítve. Ezek segítségével meghatározzuk, hogy mely ragasztókkal érdemes a foganyagot (dentin) és a dentinpótló kompozitot a fém befogóhoz kötni.

Kutatásunk során bölcsességfogakon és a fogorvosok által napi gyakorlatban használt tömőanyagot végeztük el a húzóvizsgálatokat.

2. Anyagok és módszerek

2.1. Felhasznált anyagok

A mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálatokhoz háromféle, cianoakrilát-alapú pillanatragasztót alkalmaztunk.

Az első a Loctite Super Attak Power Easy (LSAPE) típusú, nagy viszkozitású géles ragasztó, amely kialakítása és állaga miatt rendkívül könnyedén kenhető, valamint nagy szilárdságú kötés kialakítására alkalmas ragasztóanyag.

A második a 3M Scotch-Weld Instant Adhesive PR100 (3M) típusú, kis viszkozitású ragasztóanyag, amely kifejezetten nehezen ragasztható polimerek kötésére alkalmas.

Végül pedig a Loctite Super Attak Brush On (LSABO) típusú, ecsetes kialakítású, kis viszkozitású pillanatragasztót használtunk.

Minden ragasztó esetében a fémfelületet acetonnal tisztítottuk, majd Toolcraft márkájú primerrel kezeltük, és a ragasztás végén aktivátorral gyorsítottuk a ragasztó megkötését.

Az EverX Posterior, rövid üvegszál-erősítésű kompozit tömőanyagot dentin pótlására alkalmazzák fogtömések elkészítése során. Ennek a kompozitnak a polimerizációs zsugorodása kismértékű, így résmentes kapcsolat kialakítására alkalmazzák.

A fogmintákat egészségügyi szempontból eltávolított bölcsességfogakból munkálták ki.

2.2. A minták előkészítése

Az eltávolított bölcsességfogakból ~1–1,5 mm oldalhosszúságú, ~8 mm magas, hasáb alakú próbatesteket munkáltunk ki a mikroszakító kötőszilárdsági vizsgálatokhoz. Ehhez Buehler IsoMet 1000 típusú, gyémánttárcsás vágógéppel első lépésben levágtuk a fog gyökerét, ezzel megnyitva a pulpaüreget, amelyet feltöltöttünk Cosmedent Insure White Opaque típusú fogászati kompozittal. Következő lépésben a rágófelszínnel merőlegesen síklapokat vágtunk, majd minden síklapból 2–3 db hasábot munkáltunk ki, ezzel előállítva a próbatesteket.

Az EverX kompozit adhéziós vizsgálatához egy speciális szerszám segítségével formába helyeztük a kompozitot, ott polimerizációs lámpa segítségével térhálósítottuk, majd a formából kivéve ezt több oldalról megismételtük. Következő lépésben a mintát méretre vágtuk, így elkészítve a fogmintákkal azonos méretű, hasáb alakú próbatesteket.

2.3. Mérési módszerek

A megfelelő ragasztóanyag kiválasztásához húzóvizsgálatokat végeztünk Instron 5965 típusú univerzális elektromechanikus anyagvizsgáló berendezésen, 5 kN-os erőmérő cellával és 1 mm/min keresztfejsebességgel.

A méréshez a mintákat a különböző pillanatragasztókkal rögzítettük egyezményes vizsgálati módszerek során használt befogókba.

A vizsgálat után nyíró- és húzófeszültséget is számítottunk. Azokban az esetekben, amikor a minta tönkremenetele bekövetkezett a mérés során, az anyagra jellemző húzófeszültségi értéket megkaptuk a minta keresztmetszetéből és maximális húzóerőből számítva. Amikor a minta kicsúszott a befogásból, akkor a befogón fekvő keresztmetszetéből és a befogás hosszából számítottunk nyírófeszültséget, amellyel a ragasztóanyagot minősítettük.

A mérés során célunk volt a mikroszakító kötészilárdság-vizsgálatokhoz olyan ragasztóanyag kiválasztása, amelynek a próbatesttel létrehozott adhéziója nagyobb nyíróterhelést bír el, mint amekkora húzóterhelést a ragasztóval rögzített minta.

3. Eredmények

Húzóvizsgálatot végeztünk el az előkészített, hasáb alakú próbatesteken mind a fogminták, mind az EverX kompozit esetében.

Háromféle ragasztóanyaggal 5-5 mintán végeztük el a vizsgálatokat mindkét mintatípussal.

Az **1. ábra** szemlélteti a vizsgálataink eredményeit.

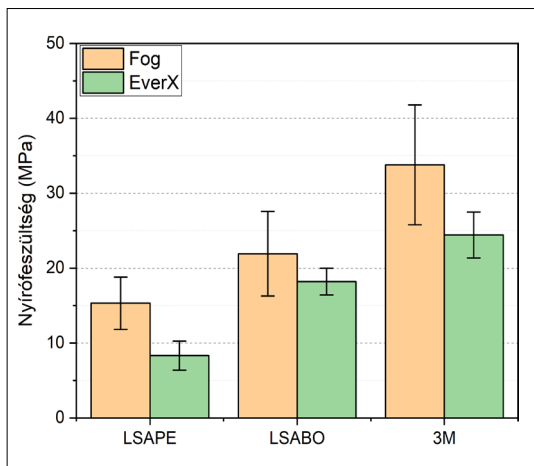
3.1. Bölcsességfogak vizsgálata

A vizsgálat számszerű eredményein felül érdemes megjegyezni, hogy az LSABO-ragasztó esetében az egyik minta elszakadt a mérés közben, a 3M esetében pedig mindegyik minta előbb szakadt el, mint hogy a ragasztott kötés ment volna tönkre.

3.2. Az EverX tömőanyag vizsgálata

A kvantitatív eredményeken felül fontos, hogy a 3M ragasztóval befogott minták esetében mindegyik minta elszakadt, az LSABO esetében egy mintát kivéve mindegyik elszakadt, az LSAPE alkalmazása során pedig minden alkalommal a ragasztott kötésnél következett be a tönkremenetel.

Az eredményekből megfigyelhető, hogy minden vizsgált ragasztóanyag nagyobb szilárdságú kötetést hoz létre a foggal, mint az EverX kompozittal, azonban a fog egyedisége miatt ezek az eredmé-



1. ábra. A vizsgált ragasztóanyagokkal kapott nyírófeszültség-értékek

nyek jobban szórnak. A 3M és LSABO ragasztóanyagok esetében az átlagosan elérhető nyíró kötészilárdság nagyobb, mint a számított érték, hiszen nem a kötés ment tönkre, hanem anyagban elszakadtak a minták.

Az elszakadt mintáknak köszönhetően meg tudtuk határozni a bölcsességfogak teherbírását és az EverX tömőanyag szakítószilárdságát is. A fogak teherbírása 74 ± 16 MPa. Az EverX minták esetében 63 ± 6 MPa szakítószilárdsági értéket kaptunk.

4. Következtetések

Vizsgálati eredményeink alapján jól összehasonlíthatóvá válnak az egyes ragasztóanyagok mind a foggal, mind az EverX-szel való adhéziójának erősségét tekintve. Mindkét esetben egyértelműen látszik, hogy a 3M típusú ragasztóanyag értékei nagymértékben felülmúlják a többi, általunk vizsgált ragasztó kötési erősségének értékeit; továbbá, hogy a vizsgált ragasztóanyagok közül ez a legalkalmasabb első osztályú fogtömések mikroszakító kötészilárdsági vizsgálatára.

Eredményeink megmutatják, hogy bár minden kutatócsoport cianoakrilát alapú ragasztót használ a fogtömések anyagvizsgálatához, még megfelelő minta-előkészítéssel is időt kell szánni a megfelelő ragasztó kiválasztására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a IV/8518-1/2021/EKU ügyiratszámú TUKEB-engedély elfogadta. Az eredmények közzétételéhez anyagi hozzájárulást nyújtott a BME Tudományos Diákköri Bizottságának TDK-pályázata.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Salim F. M.: *Tribological and mechanical characteristics of dental fillings nanocomposites*. Energy Procedia, 157. (2019) 512–521.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.215>
- [2] Ajaj R. A., Farsi N. J., Alzain L., Nuwaylati N., Ghurab R., Nassar H. M.: *Dental bulk-fill resin composites polymerization efficiency: A systematic review and meta-analysis*. Journal of Composite Science, 5/6. (2021) 149.
<https://doi.org/10.3390/jcs5060149>
- [3] Giannini M., Soares C. J., De Carvalho R. M.: *Ultimate tensile strength of tooth structures*. Dental Materials, 20/4. (2004) 322–329.
[https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(03\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(03)00110-6)
- [4] Hosoya Y., Kawada E., Ushigome T., Oda Y., Garcia-Godoy F.: *Micro-tensile bond strength of sound and caries-affected primary tooth dentin measured with original designed jig*. Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials, 77B/2. (2006) 241–248.
<https://doi.org/10.1002/jbm.b.30433>
- [5] Garoushi S., Gargoum A., Vallittu PK., Lassila L.: *Short fiber-reinforced composite restorations: A review of the current literature*. Journal of Investigative and Clinical Dentistry, 9/3. (2018) e12330.
<https://doi.org/10.1111/jicd.12330>
- [6] El Mourad A. M.: *Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods: A Review of Literature*. The Open Dentistry Journal, 12. (2018) 664–678.
<https://doi.org/10.2174/1745017901814010664>
- [7] De Munck J., Luehrs A. K., Poitevin A., Van Ende A., Van Meerbeek B.: *Fracture toughness versus micro-tensile bond strength testing of adhesive-dentin interfaces*. Dental Materials, 29/6. (2013) 635–644.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.03.010>
- [8] Sano H., Chowdhury A., Saikaew P., Matsumoto M., Hoshika S. & Yamauti M.: *The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing*. The Japanese Dental Science Review, 56/1. (2020) 24–31.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2019.10.001>
- [9] Alhenaki A. M., Attar E. A., Alshahrani A., Farooq I., Vohra F., Abduljabbar T.: *Dentin bond integrity of filled and unfilled resin adhesive enhanced with silica nanoparticles - an SEM, EDX, micro-Raman, FTIR and micro-tensile bond strength study*. Polymers (Basel), 13/7. (2021) 1093.
<https://doi.org/10.3390/polym13071093>
- [10] Dao Luong M. N., Shimada Y., Turkistani A., Tagami J., Sumi Y., Sadr A.: *Fractography of interface after microtensile bond strength test using swept-source optical coherence tomography*. Dental Materials, 32/7. (2016) 862–869.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.03.019>
- [11] Ahmed M. H., De Munck J., Van Landuyt K., Peumans M., Yoshihara K., Van Meerbeek B.: *Do universal adhesives benefit from an extra bonding layer?* Journal of Adhesive Dentistry, 21. (2019) 117–132.
<https://doi.org/10.3290/j.jad.a42304>