

Ph.D. értekezés tézisei

**A MŰGYANTA BÁZISÚ TÖMŐANYAGOK ANYAGTANI ÉS BIODÖRTIBILITÁSI
VIZSGÁLATAI**

dr. Lempel Edina

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

Doktori Iskola vezetője: Prof. Dr. Kovács L. Gábor

Programvezető: Prof. Dr. Olasz Lajos

Témavezető: Prof. Dr. Sümegei Balázs



Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar

Fogászati és Szájsebészeti Klinika, Pécs

2014.

BEVEZETÉS

A műgyanta bázisú tömőanyagok, vagy más néven kompozitok a mai fogorvoslás nélkülözhetetlen anyagai. Kitűnő esztétikájuk és mechanikai tulajdonságaik révén rendkívül széles indikációs területtel bírnak. A 60'-as évek elején történő bevezetésük óta számos fejlesztésen mentek keresztül, melyekkel mind jobban próbálták közelíteni a felhasználó oldal felőli igényeket a kompozit anyagtani tulajdonságaival. A rengeteg fejlesztés ellenére azonban mind a mai napig megoldatlan probléma a kompozit elégtelen polimerizációja, az ezzel együtt járó mechanikai és kémiai degradáció, mely az anyag biokompatibilitását kérdőjelezi meg. A polimerizáció mértékének és a felszabaduló monomerek mennyiségének elsődleges faktorai a megvilágítás minősége (közvetített energia) és az anyag rétegvastagsága. További problémát jelent a mai napig a polimerizációból fakadó zsugorodás és következményes jelenségei. A kompozitok anyagtani vizsgálatai az anyag polimerizációs kinetikájának, biológiai hatásainak, fizikai tulajdonságainak mind szélesebb ismeretét célozzák. A számos *in vitro* kísérlet mellett azonban elenyésző az *in vivo* vizsgálatok száma, pedig ezek nyújtanak releváns adatokat a kompozitok viselése során bekövetkező változásokról. Rövid- és hosszú távú értékelések adatokat szolgáltatnak a leggyakrabban előforduló defektusokról, melyeket aztán a kompozitok további anyagtani fejlesztésével, vagy felhasználói javaslatokkal a gyakorló fogorvos kiküszöbölhet, de legalább minimálisra csökkenthet, tovább növelve ezzel a restauráció élettartamát és páciense megalégedettségét.

CÉLKITŰZÉSEK

PhD értekezésemnek három fő célkitűzése volt, melyek az alábbiak:

- *In vitro* vizsgálatunk célja az volt, hogy meghatározzuk a konverziós ráta és a felszabaduló monomerek mennyisége közötti direkt összefüggést reverz fázisú nagy teljesítményű folyadék kromatográfia (HPLC) és mikro-Raman spektroszkópia segítségével. Vizsgáltuk a megvilágításhoz használt lámpa energiája és a polimerizáció foka/monomer kioldódás mértéke közötti relációt, valamint az anyag rétegvastagságának hatását ugyanezekre a változókra.
- Retrospektív tanulmányunkban 5 éves, II. osztályú kompozit töméseket ellenőriztünk a USPHS kritériumrendszer segítségével. Célunk volt felderíteni a kompozit töméseknél 5 év után jelentkező leggyakoribb hibákat, ezek összefüggéseit a restauráció méretével, valamint felmértük és összehasonlítottuk a moláris és premoláris régióban jelentkező problémák gyakoriságát.
- 10 éves retrospektív vizsgálatunkban négy mikrohibrid kompozitból készült II. osztályú tömések minőségét ellenőriztük a USPHS minőségi kritériumrendszer segítségével. A leggyakoribb hibák felderítése mellett vizsgáltuk az összefüggést a hibák gyakorisága és a kompozit típusa, a restauráció mérete, valamint lokalizációja alapján. A négy mikrohibrid kompozit, bár egyazon anyagcsoportba tartozik, mégis enyhén eltérő mátrix rendszerrel és töltelék részecske típussal rendelkeznek. Fő célkitűzésünk az volt, hogy az azonos anyagcsoportba tartozó, de enyhén eltéréseket mutató kompozitból készült restaurációk hosszú távon mutatnak-e viselésbeli különbségeket.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A kompozitok polimerizációs fokának és a kioldódott monomerek mennyiségének meghatározása HPLC-vel és mikro- Raman spektroszkóppal

Az expozíciós idő hatásának vizsgálatához a Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA, A2 árnyalat) szubmikron hibrid kompozit tömőanyagot 2 üveglap segítségével 2 mm átmérőjű és 2 mm magas sablonba tömörítettük (n = 20), majd a kompozit tetejét és alját is poliészter (Mylar) csíkkal fedtük az oxigén inhibíció elkerülése végett. A mintákat LED polimerizációs lámpával (LED.C, Guilin Woodpecker, China) világítottuk meg 20 s (n = 15) illetve 40 s (n = 5) expozíciós idővel. A lámpa intenzitását radiométerrel (SDS, Kerr, Danbury, CT, USA) ellenőriztük a megvilágítás előtt és után. A lámpa 10 mm átmérőjű csőrét közvetlen a minta fölé pozicionáltuk. A 20 s-ig világított csoportból 5 mintát tovább polimerizáltunk egy xenon polimerizációs kályhában (Dentacolor XS, Heraeus Kulzer GMBH, Németország) 90 s-ig, további 5 mintát 180 s-ig.

Közvetlen a polimerizáció után a mintákat mikro-Raman spektroszkópos vizsgálatnak vetettük alá, majd 72 órán át 75 % etanol/víz oldatban (Spektrum-3D, Debrecen, Magyarország) tároltuk szobahőmérsékleten, teljes sötétségben. 72 óra múlva a kompozit mintákat eltávolítottuk és a reagálatlan monomereket tartalmazó oldatot reverz fázisú HPLC analízisnek vetettük alá (RP-HPLC). A HPLC kromatogram csúcsainak azonosítására Bis-GMA (Bisphenol A diglycidil ether dimethacrylate), UDMA (Urethane-dimethacrylate) és TEGDMA (Tri-ethylene glycol dimethacrylate) (Aldrich, Steinheim, Németország) standard monomereket használtunk. A HPLC szeparálás mobil fázisa acetonitril (ACN) (VWR International, Leuven, Belgium) volt.

A rétegvastagság hatásának vizsgálatához a Filtek Z250 mikrohibrid kompozitot 4 mm magas cilindrikus sablonba töltöttük. A kompozit tetejét és alját poliészter csikkal fedtük és üveglapokkal kompresszáltuk. A fotoaktivációhoz LED polimerizációs lámpát használtunk 20 s-os megvilágítási idővel. A polimerizáció után a kompozit hengert vízhűtéses gyémánt korong forgóműszerrel milliméterenként keresztbe vágtuk. A négy részre vágott minták 1-4 mm-ig a kompozit adott rétegvastagságait reprezentálják a minta tetejétől az aljáig. A szekcionálás után a mintákat a fent ismertetett módon elemeztük.

A polimerizált mintákat Labram HR 800 konfokális Raman spektrométerrel (HORIBA Jobin Yvon S.A.S., Longjumeau Cedex, Franciaország) analizáltuk. A mikro-Raman mérésekhez a következő paramétereket állítottuk be: 632,817 nm hullámhosszúságú, 20 mW He-Ne lézer, térbeli felbontás ~1,5 μm , spektrális felbontás ~2,5 $1/\text{cm}$, nagyítás 100 x (Olympus UK Ltd., London, UK). Minden mérést az egyes minták három tetszőlegesen kiválasztott pontjában végeztünk, 10 s felvételi időt és 10 darab akkumulált felvétel számot választottunk. A spektrumok felvétele az 1300-1800 $1/\text{cm}$ -es tartományon történt. A spektrumok további feldolgozásához LabSpec 4.18 softwaret (HORIBA Jobin Yvon Ltd., Stanmore, Middlesex, UK) alkalmaztunk, valamint a sávok pontos illesztését a Levenberg-Marquardt módszer segítségével végeztük. A monomerek kettős kötéseinek és a polimerek kovalens kötéseinek arányát a következő egyenlettel számoltuk ki, mely így megadta a polimerizáció százalékos értékét:

$$DC \% = (1 - (R_{polimerizált} / R_{polimerizálatlan})) \times 100$$

ahol R a 1639 $1/\text{cm}$ és 1609 $1/\text{cm}$ intenzitások aránya, mely az alifás, aromás (nem konjugált és konjugált) C-C kötések arányát jelzi a polimerizált és polimerizálatlan kompozitban.

Az RP-HPLC készülék egy Dionex P680 gradiens pumpából, Rheodyne 8125 injekciós szelepből és Dionex UVD 170U UV-Vis detektorból áll (Germering, Németország). Az adatgyűjtést a Chromeleon software 6.60 SP3 Build 1485 verziója segítségével végeztük. Az elválasztás Kovasil (szemcseméret: 6 μm , pórus méret: 11 nm, Zeochem, Uetikon, Svájc) ODS (C₁₈) oszlopon gradiens elúcióval történt. Az "A" eluens 40 v/v % acetonitrilt (ACN), míg a "B" eluens 95 v/v % ACN-t

tartalmazott. A grádiens kialakulásához 30 percre volt szükség, miközben a "B" eluens tartalma 20-ról 100 %-ra emelkedett. A „flow rate” 1,2 ml/min. A szeparációt regenerációs fázis követte. 30-31 perc elteltével a "B" eluens tartalma 100 %-ról 20 %-ra csökkent, majd 31-46 perc elteltével a rendszer át lett mosva 100 % "A" eluenssel. A kromatogramok monitorozását 205 nm-en végeztük.

A BisGMA, UDMA és TEGDMA reziduális monomerek mennyiségét kalibrációs görbe ($R^2 \approx 0,998$) segítségével számoltuk ki. Az adott retenciós időnél kapott csúcs alatti területek nagysága a szeparált monomer mennyiségére utal. A retenciós időket standard monomerek felhasználásával határoztuk meg. A Bis-GMA retenciós ideje 7,59 percnél, az UDMA monomeré 11,34 percnél, míg a TEGDMA retenciós ideje pedig 13,50 percnél található. Az összes mérést szobahőmérsékleten végeztük.

A statisztikai analízist SPSS (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, USA) software segítségével végeztük el. A konverziós ráta értékei és a kioldódott monomerek mennyisége közötti különbséget Tukey's és Dunnett's T3 próbával kiegészített ANOVA-teszttel néztük. A szignifikancia szintet 5%-ban ($p < 0,05$) határoztuk meg.

5 éves direkt kompozit restaurációk retrospektív vizsgálata USPHS kritériumrendszer alapján

Az adatgyűjtést és az ellenőrző vizsgálatokat a páciensek írásban rögzített egyetértésével, a PTE-OEKK Regionális Kutatás-Etikai Bizottsága engedélyével (3410.1./2009.) végeztük.

A PTE ÁOK Fogászati és Szájsebészeti Klinikán végzett retrospektív vizsgálatunkban 85 páciens (52 nő, 33 férfi) vett részt. 65 premoláris és 175 moláris fogba helyezett - összesen 240 – mezio-okkluzális (MO), okkluzo-disztális (OD) és mezio-okkluzo-disztális (MOD) restaurációt ellenőriztünk. A tömések 2004 áprilisa és 2005 májusa között készültek (szerző által). Páciensenként 1-4 restauráció (1 tömés $n=22$, 2 tömés $n=6$, 3 tömés $n=22$, 4 tömés $n=35$) készült, Filtek Z250 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) hibrid kompozit tömőanyagból, csücsök-felépítő rétegzéses technikával.

Az 5 éves töméseket az USPHS által kiadott minőségi kritériumok alapján értékeltük. Vizsgáltuk a színbeli eltérést, marginális elszíneződést, szekunder káriesz jelenlétét, anatómiai formát, marginális integritást, felszíni simaságot és a restaurációk intaktságát. A szempontok értékelésénél az alábbi kritériumokat követtük:

Alfa (A) – a restauráció hibátlan.

Bravo (B) – a restaurációban történt változás klinikailag elfogadható, nincs szükség a tömés cseréjére, esetleg apró javítás megengedett.

Charlie (C) – a tömés hibás, a nagyfokú eltérés miatt azt ki kell cserélni, mert az klinikailag elfogadhatatlan.

A statisztikai analízishez az SPSS 17.0 programot (SPSS, Chicago, IL, USA) használtuk. A változók közötti összefüggéseket kétváltozós modellünkben Pearson Chi-négyzet és Fisher's Exact tesztek segítségével vizsgáltuk. A szignifikancia szintet 5%-ban ($p < 0,05$) határoztuk meg.

II. osztályú kompozit tömések 10 éves retrospektív vizsgálata USPHS kritériumrendszer alapján

A retrospektív vizsgálathoz 2001. január és 2003. december között a PTE Fogászati Klinikán restoratív ellátásban részesült 225 felnőtt pácienszt választottunk ki előzetesen meghatározott kritériumok szerint, melyek a következők voltak: jó szájhigiéne, egészséges pulpa és parodontális szövetek, a páciens ne legyen allergiás a fogászati kompozitokra, a tömésterápia során az izolálás kivitelezhető legyen. Továbbá a vizsgálathoz szelektált páciensek teljes fogazattal, normál okklúzióval rendelkezzenek és éves rendszerességgel 9-11 éven keresztül felülvizgálatra járjanak, más fogorvos látogatása nélkül. A kompozit tömések készítésének oka a primer szuvasodás volt és a páciens igénye esztétikus restaurációra. A kompozit tömés készítésének további feltételei a következők: a kavitás oro-vesztibuláris átmérője ne haladja meg az oro-vesztibuláris csücsök csücsök távolság $2/3$ -át, az üreg széleit mindenhol zománc határolja, ne legyen hiányzó csücsök. A páciensek 1-4 kompozit tömést kaptak maradó premoláris vagy moláris fogakba. A restaurációk anyagaként négy mikrohibrid kompozitot (Filtek Z250, Gradia Direct, Herculite XR, Renew) használtunk enyhén eltérő anyagtani tulajdonságokkal.

A vizsgálatot a PTE Regionális Kutatási Etikai Bizottságának engedélyével végeztük (3410.1./2009). A páciensek írásos beleegyező nyilatkozatban járultak hozzá a vizsgálathoz. A szükséges klinikai vizsgálatokat 2 orvos végezte. A páciensek 701 II. osztályú (490 két- és 211 háromfelszínű) tömését ellenőriztük. A páciens csoport 86 férfiből és 139 nőből állt. Életkoruk 21-55 évig terjedt. 342 tömés moláris-, míg 359 premoláris fogba készült.

A kompozit töméseket egy orvos készítette (szerző) 2001 és 2003 között a kompozit tömés készítésének előírásai szerint, csücsök-felépítő technikával. A tömések státuszáról elsőként a fogászati dokumentációból tájékozódunk. Amennyiben egy adott tömést javítani, cserélni, vagy a fogat gyökérkezeltetni kellett, az adatokat, időpontokat rögzítettük és az adott tömést sikertelennek ítéltük. Ha az adott fogon primer karieszt kellett kezelni, mely a vizsgált restaurációtól független volt, az a tömés szempontjából nem minősült sikertelen esetnek. Majd a töméseket két kalibrált vizsgáló ellenőrizte 2012. október és 2012. december közötti időszakban. Az értékelés a USPHS követelményrendszert követte. A következő szempontokat vizsgáltuk és értékeltük: szekunder kariesz, törés, színbeli eltérés, széli elszíneződés, anatómiai forma, széli zárás, felszíni simaság. A szempontok értékelésénél a

korábban említett kritériumokat követtük. A felszíneket puszter segítségével leszárítottuk a vizsgálathoz (kivéve a színbeli eltérés meghatározásához) és a tömést minden oldalról szonda és tükör segítségével megvizsgáltuk, az interproximális felszíneket, kontaktpontokat fogselyemmel és Gottlieb szondával ellenőriztük. Röntgenfelvételt csak abban az esetben készítettünk, ha azt a klinikai vizsgálat alapján indokoltnak véltük (páciens panaszai alapján; széli résképződés alapján, elsősorban gingiválisan; tömés mentén, az ép zománc alatt jelentkező árnyék jelenlétekor; approximális ételbeékelődés esetén; nagyfokú plakk-képződés esetén, elsősorban approximálisan) és szükséges volt a klinikai vizsgálat kiegészítésére.

Az adatgyűjtést és statisztikai vizsgálatot az SPSS 17.0 software-rel (SPSS, Chicago, IL, USA) végeztük. A vizsgált kritériumok előfordulási gyakoriságának és a sikertelenség okainak meghatározására leíró statisztikát alkalmaztunk. A USPHS kritériumokon alapuló kvalitatív analízist végeztünk a 7 szempont összehasonlítására. A vizsgálati szempontok szerinti eltérések összehasonlítására a négy anyag között Fisher's Exact tesztet alkalmaztunk. Továbbá, Pearson Chi-négyzet teszt adaptálásával értékeltük az anyagok, fogtípus és tömésméret hatását a bekövetkező változásokra. A szignifikancia szintet 5 %-ban határoztuk meg. A restaurációk túlélését Kaplan-Meier módszerrel adtuk meg.

EREDMÉNYEK

A kompozitok polimerizációs fokának és a kioldódott monomerek mennyiségének meghatározása

A polimerizáció foka különböző megvilágítási idővel a következő sorrendet mutatta: 46,28 % 20s-os LED lámpás megvilágítással, 53,99 % 40s-os LED polimerizációval, 54,87 % 20s LED, majd 90s polimerizációs kályhás expozícióval, valamint 55,3 % 20s LED, majd 180s kályhában történő polimerizációval. A polimerizáció hatása nyomon követhető a 1639 1/cm-es Raman csúcs esésén, míg érzékelhető növekedés figyelhető meg a 1609 1/cm-es Raman csúcson. Ezt a spektrumban történő változást az alifás kötések aromássá történő konverziója okozza, mely a polimer struktúra képződésére utal. A megvilágítási idő polimerizációra kifejtett hatását vizsgálva a Raman csúcs intenzitásának növekedése 1609 1/cm-en hirtelen történik, míg a másik csúcs intenzitása lassan csökken. A DC %-ban bekövetkező különbség szignifikáns volt ($p < 0,05$) a 20 s és 40 s expozíciós idők között, azonban a kályhában történő poszt-polimerizálás nem növelte szignifikáns mértékben a DC %-ot.

A polimerizáció mértékének átlagos értékei a következők voltak a rétegvastagság függvényében: a felső 1 mm-en 56,68%, 2 mm-nél 50,42%, 3 mm mélyen 45,13%, míg 4 mm mélységben 17,78%. Az egyes rétegvastagságokban mért polimerizációs értékek között statisztikailag szignifikáns volt a különbség ($p < 0,05$). A Raman mérések során a csúcsok változása jól nyomon követhető a

rétegvastagság növekedése során. Minél vastagabb réteget kellett átvilágítani, úgy csökkent a polimerizáció mértéke.

A megvilágítás ideje a következőképpen befolyásolta a kioldódó monomerek mennyiségét, melyek 1 mg kompozitra vonatkoznak: 20 s megvilágításnál 0,05 µg TEGDMA, 0,25 µg UDMA és 0,5 µg BisGMA oldódott ki; 40 s esetén 0,04 µg TEGDMA, 0,19 µg UDMA, 0,37 µg BisGMA eluálódott; 20 s + 90 s kályhában történő polimerizálás esetén 0,04 µg TEGDMA, 0,22 µg UDMA, 0,42 µg BisGMA szabadult fel; 20 s + 180 s kályhában történő megvilágítás után 0,03 µg TEGDMA, 0,18 µg UDMA és 0,34 µg BisGMA oldódott ki a kompozit mintákból. Megvilágítási időtől függetlenül az UDMA oldódott ki legnagyobb mennyiségben, kétszer annyi, mint Bis-GMA-ból és tízszer több mint TEGDMA-ból. A 20 s és 40 s expozíciós időket nézve az eluált UDMA és Bis-GMA monomerek mennyiségében szignifikáns eltérés adódott ($p < 0,05$). A megvilágítási idő további emelése nem befolyásolta szignifikánsan a felszabaduló monomerek mennyiségét. Érdekes módon a TEGDMA kioldódására az expozíciós idő nem volt érzékelhető hatással.

A különböző rétegvastagságokból kioldódott monomerek mennyiségei a következők voltak 1 mg kompozitra vonatkoztatva: 0-1 mm rétegvastagságból 0,07 µg TEGDMA, 0,82 µg UDMA és 0,43 µg BisGMA oldódott ki; 1-2 mm esetén 0,23 µg TEGDMA, 2,57 µg UDMA, 1,33 µg BisGMA eluálódott; 2-3 mm mélységből 0,67 µg TEGDMA, 6,28 µg UDMA, 3,21 µg BisGMA szabadult fel; 3-4 mm rétegvastagságnál 1,71 µg TEGDMA, 11,67 µg UDMA és 5,81 µg BisGMA oldódott ki a kompozit mintákból. Mindegyik rétegvastagság esetén 50 %-kal több UDMA szabadult fel, mint Bis-GMA, míg a TEGDMA elúció minimálisnak mondható. Az egyes rétegvastagságokat vizsgálva mindegyik csoport között szignifikáns eltérés adódott ($p < 0,05$). Minél mélyebben elhelyezkedő réteget vizsgáltunk, annál több monomer oldódott ki. Az egyes rétegvastagságoknál felszabaduló monomer mennyiségek között megközelítőleg kétszeres volt a különbség.

II.osztályú kompozit tömések 5 éves retrospektív vizsgálata

Az 5 éves retrospektív vizsgálatban 240 darab II. osztályú kompozit tömést (85 páciens) – 65 premoláris (27,0%), 175 moláris (73,0%) – ellenőriztünk. A restaurációk közül 96 darab terjedt ki három fogfelszínre (MOD), míg 144 kétfelszínű (MO, vagy OD) volt. Valamennyi vizsgált szempontot együttesen figyelembe véve 127 tömés (52,9 %) bizonyult kifogástalannak (41. ábra). 84 (35,0%) restaurációt egyetlen szempontból, 25-öt (10,4 %) két, míg 4 tömést (1,7 %) három szempontból találtunk kifogásolhatónak. A vizsgált 240 tömésből 3 restauráció (1,3%) bizonyult sikertelennek, mert azok a követelményrendszer alapján „nem elfogadható” kategóriába estek.

A sikertelenség oka két esetben (0,8%) szekunder káriesz, míg egy tömés esetén (0,4%) fraktúra volt. A tömések színbeli eltérését vizsgálva, 210 (87,5%) esetben találtuk a restauráció színét a maradék

foganyagával megegyezőnek („A” kód), míg 30 (12,5%) restauráció színe enyhén eltért a maradék foganyag, illetve a szomszédos fogak színétől („B” kód). Marginális elszíneződés tekintetében, 190 (79,2%) tömés bizonyult kifogástalannak („A” kód), míg 50 (20,8%) tömésnél a foganyag és a restauráció találkozásánál enyhe elszíneződést („B” kód) találtunk. 204 (85,0%) restauráció megfelelően követte a fog anatómiai kontúrjait, csak esetenként volt megfigyelhető enyhe alul-kontúrozottság, de ezt a minimális eltérést még „A” kóddal jelölhettük. 36 (15,0%) esetben a restaurációk a kopás következtében mérsékelten, de egyértelműen alul-kontúrozottá váltak, illetve a kontaktpont enyhén megnyílt („B” kód). A tömések marginális integritását 219 (91,3%) esetben találtuk sértetlennek („A” kód), 21 (8,8%) restaurációnál viszont szondával történő vizsgálattal enyhe résképződést tapasztaltunk a tömés-fog határánál („B” kód). A restaurációk felszíni simasága 234 (97,5%) tömésfelszínnél a polírozott zománcéhoz volt hasonló („A” kód), míg 6 (2,5%) esetben a felszín enyhén érdesnek találtuk („B” kód).

Vizsgáltuk, hogy a fog típusa (premoláris vagy moláris) szerint van-e különbség a tömések minőségét illetően. A „kifogástalan („A” kód) – nem teljesen kifogástalan („B” kód) összehasonlításban (χ^2 -teszttel) egyedül a színbeli eltérésnél ($p = 0,031$) volt statisztikailag kimutatható különbség a moláris és premoláris fogak tömései között.

A restauráció mérete szerint csoportosítva a töméseket (kétfelszínű MO, OD, vagy háromfelszínű MOD), több szempont esetén szignifikáns eltérést tapasztaltunk. A színbeli eltérésnél ($p = 0,015$), a marginális elszíneződésnél ($p < 0,001$) és az anatómiai formánál ($p = 0,002$) egyaránt a többfelszínű, vagyis az MOD töméseknél találtunk szignifikánsan több „B” kódot.

II. osztályú kompozit tömések 10 éves retrospektív vizsgálata

Retrospektív vizsgálatunkban 701 poszterior kompozit tömést értékeltünk. A tömés behelyezésének időpontja és a tömés sikertelenségét okozó meghibásodás időpontját a dokumentáció segítségével rögzítettük. A 701 restaurációból 15-öt (2,1 %) ítéltünk elfogadhatatlannak. A sikertelenség okai között szerepel a szekunder kariesz, fraktúra és az adott fog endodonciai kezelése. Minden tömés, mely „C” kódot kapott, sikertelenként lett regisztrálva. Az endodonciai kezelést igénylő esetek sikertelenségnek számítottak, de a USPHS rendszer szerinti értékelésből kizártuk, mert a kódrendszer nem tartalmazza vizsgálati szempontként.

A 10 éves sikerességi arány 97,86 %. A sikertelenségi arány Filtek Z250 és Herculite XR esetén állandónak bizonyult (0,9 % és 1,36 %) a 10 éves vizsgálati periódusban, míg Renew (7,81 %) és Gradia Direct (8,57 %) esetén ez fokozódott és szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést mutatott a Filtek Z250-hez és Herculite XR-hez képest. 349 (50,2 %) restauráció bizonyult hibátlannak (A kód), míg 346 (49,8 %) esetben legalább 1 eltérést találtunk (B vagy C kód) (47. ábra). Az eltérések incidenciája (B

és C kódok) 60% volt a Filtek Z250-ból készült tömésekénél, míg 72% Renew, 81% Herculite XR és 82% Gradia Direct esetén. A B és C kódok számában kapott differencia Filtek Z250 és Herculite XR között ($p = 0,015$) valamint Filtek Z250 és Gradia Direct ($p = 0,013$) között statisztikailag szignifikáns volt a megfigyelési időszakban. A Pearson's Chi-négyzet teszt statisztikailag szignifikánsan több színbeli eltérést mutatott Gradia Direct ($p = 0,02$) esetén és fraktúrát Renew ($p = 0,005$) esetén. Azonban meg kell említeni, hogy a 61 Renew töméseknél 2 tömés fraktúrája már szignifikánsnak mutatkozott a Renew alacsonyabb esetszáma miatt. Filtek Z250 tömőanyagánál szignifikánsan több eltérés adódott az MOD tömésekénél ($p < 0,001$). Bár hasonló tendencia figyelhető meg a másik három tömőanyagánál is, ezeknél a különbség nem volt szignifikáns. Továbbá, az MOD tömések között – anyagtól függetlenül – szignifikánsan több B kódot találtunk a széli elszíneződést ($p = 0,001$) és az anatómiai formát ($p = 0,02$) vizsgálva. Az összes vizsgált szempont közül leggyakrabban a széli elszíneződés fordult elő (B kód) ($p = 0,027$). A fogcsoportokat vizsgálva a moláris fogakba és a premoláris fogakba készült tömések hibái közel hasonló arányúak voltak.

MEGBESZÉLÉS

Számos tényezőt tartanak számon, melyek befolyással vannak a tömés minőségére és ez által tartósságára. Ilyenek a kompozit anyagotani tulajdonságai, a páciens, valamint az operatőr által meghatározott faktorok, a tömés mérete és a tömést hordozó fog típusa, elhelyezkedése. Az anyagotani paramétereket számos *in vitro* vizsgálatban tesztelték és bebizonyították, hogy a kompozit fizikai, kémiai, mechanikai tulajdonságaira erős hatást gyakorolnak és az egyes kompozit típusok között tulajdonságbeli eltéréseket eredményeznek, de kiugró különbségeket nem lehet demonstrálni. Legfőbb befolyásoló tényező a kompozit anorganikus partikulumokkal való töltöttségének mértéke, a partikulum anyaga, morfológiája, mérete és a szerves mátrix minőségi és mennyiségi összetétele. A kompozit tömés tartósságának egyik kulcsfontosságú eleme a kompozit polimerizációjának mértéke, hiszen ez a paraméter döntően meghatározza az anyag mechanikai, kémiai és biológiai tulajdonságait. Mivel az egyes kompozit márkák összetétele – ha kis mértékben is, de - más és más, ezért az adott anyag polimerizációs mértéke és kinetikája azonos feltételek mellett is különböző lesz. A polimerizáció hatékonysága többek között a közölt összenergia mennyiségétől függ. Az alkalmazott fény intenzitása és a kompozit megvilágítási ideje fontos tényezők a polimerizáció mértéke és a polimerizációs mélység szempontjából. Egyes vizsgálatok szerint a maximális monomer átalakuláshoz megközelítőleg $21-24 \text{ J/cm}^2$ szükséges 2 mm rétegvastagságú anyag esetén. A rétegvastagság növelésével csökken az anyagon áthaladó fény mennyisége, így csökken az aktivált fotoiniciátor koncentráció, mely végül az anyag gyengébb mértékű polimerizációját eredményezi. Ennek következtében romlik az kompozit strukturális stabilitása, mely a mechanikai tulajdonságok gyengülését vonja maga után. Az elégtelen polimerizáció révén az anyagban maradt monomerek

esélye megnő a nyálban való kioldódásra. A szabad monomerek és azok degradációs termékei bizonyítottan negatív hatással lehetnek a szervezetre nézve.

Vizsgálatunkban Filtek Z250 mikrohibrid kompozittal közölt fényenergia és a rétegvastagság hatásait értékeltük a monomer kioldódásra és a polimerizáció fokára nézve. A mintákból kioldódó monomerek mennyisége és a konverziós ráta közötti összefüggést kutattuk. Eredményeink szerint a detektált UDMA mennyisége számottevően nagyobb volt, mint a reziduális BisGMA és TEGDMA mennyiség. Ennek lehetséges magyarázata a molekulatömegekből adódó különbség (Bis-GMA>UDMA>TEGDMA), valamint az adott monomer teljes mennyisége a kompozitban (Bis-GMA>UDMA>TEGDMA). A Filtek Z250 kompozit tömőanyagban a TEGDMA monomer tartalma minimális, mátrixa többnyire Bis-GMA és UDMA alapú. Tanaka és mtsai kimutatták, hogy a kis molekulású monomerek – mint például a TEGDMA - nagyobb mennyiségben extrahálódnak, mint a nagyobbak, mert fokozottabb mobilitással bírnak. Mivel a Bis-GMA molekulatömege nagyobb, mint az UDMA-é, ezért azonos időintervallumon belül kevesebb oldódik ki. Továbbá, ennek a két monomernek kevesebb kettőskötése van tömegegységként, így nehezen érnek el nagyfokú polimerizációt, több reziduális monomer marad a polimer hálóban. A polimerizációs lámpa egyes tulajdonságai, mint a lámpa által közölt energia és az emissziós spektruma nagy befolyással vannak a végső DC értékre. Rueggeberg és mtsai, valamint Emami és mtsai szerint szoros összefüggés mutatható ki a lámpa által közölt energia és a DC % között. Peutzfeldt és mtsai szintén azt feltételezik, hogy minél nagyobb az alkalmazott polimerizációs lámpa által közölt energia, annál nagyobb mértékű a monomerek polimerré történő átalakulása. Azonban saját eredményeink szerint a közölt energiának egy adott határán felül nincs szignifikáns DC növekedés. A DC értékekben (46,28 % és 53,99 %) történő növekedés a vártnak megfelelt 40 J/cm² közölt energia szintig, azonban ennél magasabb energia szint felett a konverziós rátában (53,99 %, 54,87 % és 55,83 %) bekövetkező növekedés már nem volt szignifikáns. Ezek szerint, a 40 s expozíciós idővel világított minták DC %-a 7,71 %-kal volt magasabb, mint a 20 s idővel világított mintáké, ugyanakkor szignifikáns változást nem hozott a polimerizációs kályhában történő 90 és 180 s-os megvilágítás a nagyobb közölt energia ellenére sem. Összhangban a DC % változásával, az egyes csoportokból történő UDMA és Bis-GMA felszabadulás hasonló mintát követett, tehát ahogy emelkedett a mintákkal közölt energia, úgy csökkent az eluálódott monomerek mennyisége, bár a TEGDMA-nál ez nem volt szignifikáns mértékű. A Filtek Z250 anyagnál ezen a közölt energia szinten bekövetkező konverziós szaturáció okaként felmerülhet a limitált fotoiniciátor koncentráció, vagy az anorganikus szemcsékkel való töltöttség foka.

A különböző anyagvastagságot, illetve mélységet reprezentáló minták konverziós rátájában jelentős csökkenés figyelhető meg (56,68 % - 17,78 %) a minta tetejétől az aljáig. Ennek általános magyarázata a fény gyengülése az anyagban, visszaverődés, szóródás és elnyelődés révén. Obici és mtsai, valamint Yap és mtsai szerint, vékony rétegvastagság esetén (1 mm) a fény intenzitásában nincs veszteség, így megfelelő konverzió érhető el. Ezzel ellentétben, mélyebb rétegekben (3-4 mm) a fény

penetrációja és intenzitása nagymértékben csökken, így csökken a polimerizáció mértéke és megnő a felszabaduló monomerek mennyisége. Eredményeink szerint az anyag felszíni 1 mm-ében mért DC% 56,68 %, míg 2 és 3mm mélyen a DC % 50,42 % és 45,13 %, mely ~5%-os csökkenést jelent minden egyes rétegvastagságnál az anyag felszínétől 3 mm mélységig. Az anyag legmélyén (4 mm-es rétegvastagságnál) a DC % csupán 17,78 % volt, ami már az előző réteghez képest közel 30 %-os esést jelent a polimerizáció mértékében. A polimerizációs mélység és a felszabaduló monomerek mennyisége között is szoros az összefüggés. Ahogy növeljük a rétegvastagságot, úgy emelkedik a reagálatlan monomerek mennyisége és ez által az elúció mértéke. Amikor a rétegvastagságot 1-ről 2 mm-re, illetve 2-ről 3 mm-re növeltük, a kioldódó UDMA, Bis-GMA monomerek arányának fokozódása 30-35 % volt, azonban ez az arány 55 %-ra emelkedett, amint a rétegvastagságot 3-ről 4 mm-re növeltük. A kioldódó TEGDMA aránya konstansan 37% körüli értéken mozgott.

In vitro vizsgálataink bizonyítják, hogy a magas fokú polimerizáció elérése érdekében fontos a megfelelő megvilágítás és a vékony anyagrétegek alkalmazása, mellyel a polimerizálatlan monomerek mennyiségét csökkenthetjük és az anyag fizikai tulajdonságait fokozhatjuk. De kérdésként merül fel, hogy ezek az anyagok in vivo körülmények között hogy viselkednek.

A tanulmányunkban vizsgált II. osztályú direkt kompozit restaurációk sikeressége 5 év elteltével ~99%, mely a nemzetközi tanulmányokban megjelent 94-99%-os 5 éves sikerességgel összevetve, hasonlóan kedvező. Sikertelennek tekintjük a tömést, amikor az nem alkalmas a funkció, vagy az esztétika betöltésére, illetve a környező szöveteket károsítja („C” kódok, szekunder kariesz esetén pedig „B” kód). Retrospektív vizsgálatunkban sikertelenséget a tömés törése (0,42%), illetve szekunder kariesz megjelenése (0,83%) okozott. Bár az általunk tapasztalt sikertelenség kismértékű, mégis érdemes megemlíteni, hogy 5 évesnél hosszabb távú vizsgálatoknál is ez a két tényező, azaz a törés és a szekunder kariesz okozza a legtöbb sikertelenséget. A többi szempont vizsgálatkor is adódtak hibák, de ezek kismértékűek voltak és nem igényeltek feltétlenül korrekciót, hiszen sem a funkciót, sem az esztétikát nem zavarták és a környező szöveteket sem károsították. A színeltérést vizsgálva, ha a két-, illetve a többfelszínű töméseket hasonlítjuk össze, akkor szignifikánsan több elszíneződést találunk az MOD töméseknél, akárcsak a premoláris fogaknál. A színbeli eltérést okozhatja a tömőanyag fotoiniciátorának kémiai változása, de okozhatja organikus anyagok degradációs termékeinek a penetrációja is. Az MOD tömések kiterjedése, C-faktora nagyobb, mint az MO, vagy OD töméseké, így nagyobb stressz manifesztálódhat ezekben a restaurációkban. Az így keletkező mikrorepedésekbe az ételek/italok színezőanyagai, degradációs termékek penetrálnak s a tömés elszíneződését okozzák. Szignifikáns eredményt kaptunk a marginális elszíneződés kapcsán is. A tömés-fog határfelületen képződő minimális mértékű rést ugyan még szondával nem lehet tapintani, de a különböző elszínező anyagok számára már átjárható. A legtöbb széli elszíneződés az előnytelen kavítás-konfigurációval rendelkező, valamint nagy rágóerőnek kitett moláris fogak nagyméretű MOD

töméseinél jelentkezett. Ugyancsak az MOD restaurációknál találtunk szignifikánsan több formai eltérést, mely kizárólag enyhe okkluzális alul-kontúrozottságból és enyhén megnyílt kontaktpontokból adódott. A felszíni simaság 97,5%-ban volt kifogástalan, tehát a használt mikrohibrid tömőanyag polírozhatósága és polírozottságának megtartottsága nagyon jónak mondható a tömés elkészítése után 5 évvel.

Hosszú távú – több, mint 10 éves - retrospektív vizsgálatunkban négy mikrohibrid kompozit klinikai tartósságát értékeltük. Fő célkitűzésünk az volt, hogy a hasonló töltelékanyag mérettel és aránnyal, ugyanakkor különböző típusú partikulumokkal, eltérő összetételű mátrix-szal rendelkező négy mikrohibrid kompozit hosszú távú alkalmazhatóságát, változásait összehasonlítsuk. Vizsgálatunk eredményei alapján átlagosan 97,86 %-os a II osztályú kompozit tömések túlélési aránya. Az éves sikertelenség aránya a négy kompozitra nézve átlagosan 0,52 % (0,08 – 0,71 %). Osdam és mtsai szerint a randomizált vizsgálatok pozitívuma a standardizált módszerekben és operatőrökben rejlik. Többek között ez is magyarázza, hogy a randomizált vizsgálatok miért mutatnak jobb eredményeket, mint a retrospektív vizsgálatok. Frankenberg és mtsai 8 év elteltével 98,5%-os sikerességről, míg van Dijken és mtsai 2,4 %-os összesített sikertelenségről számoltak be 12 év után. Eredményeink a randomizált vizsgálatok eredményeivel inkább összevethetőek, mint más retrospektív vizsgálatokkal, köszönhetően az egy operatőrnek és a protokollok gondos követésének. Több vizsgálat is konklúzióként vonja le, hogy a páciensek jó szájhygiénéje, a jó szociális körülmény és az előírások pontos betartása határozza meg elsősorban a tömés élettartamát, míg az anyagfajta tulajdonságok csupán másodlagos tényezők. Hasonlóan más kutatási eredményekhez és az 5 éves vizsgálati eredményeinkhez, a sikertelenség leggyakoribb oka a szekunder káriesz, a tömés törése és az endodonciai kezelés szükségessége; azonban ezek gyakorisága a mi vizsgálatunkban alacsony értéken maradt. Összességében elmondható, hogy a kompozit tömőanyag hosszú távon alkalmas poszterior régió restaurálására, viszonylag alacsony sikertelenségi rátával, bár az évek múlásával ebben enyhe növekedés volt megfigyelhető két anyagnál is (8,37 % a Gradia Direct-nél és 7,81 % a Renew-nál). Az adott megfigyelési időszakban a Filtek Z250 és a Herculite XR anyagoknál szignifikánsan jobb és konstansabb túlélési arányt találtunk, mint a másik két anyagnál. A sikertelenség egyik vezető oka a tömés fraktúrája. Ez a hiba Renew esetén volt szignifikáns mértékű, ami magyarázata az anyag magasabb elasztikus modulusa lehet. Gradia Direct esetén szignifikánsan több színbeli eltérést találtunk, mint a többi vizsgált kompozitnál, melynek lehetséges magyarázatát a nagyobb méretű partikulumok adják, mely fokozott extrinszik elszíneződést eredményezhet. Továbbá a reagálatlan mátrix monomerek és iniciátorok, akcelerátorok további magyarázattal szolgálhatnak az elszíneződést tekintve. Más vizsgálatokkal összhangban, a mi eredményeink is azt mutatják, hogy a restaurált kavitás mérete, a tömés felszínének nagysága erősen befolyásolja a tömések hosszú távú minőségét. Filtek Z250 tömések esetén szignifikánsan több B kódot találtunk az MOD töméseknél, függetlenül a vizsgált szemponttól. Anyagtól függetlenül pedig az anatómiai eltérésben mutatkozott több minimális

eltérés a három-felszínű restaurációknál, mely okkluzális felszíni és kontaktfelszíni kopásban manifesztálódott. Nagyobb tömőanyag felszín estén jobban érvényesülnek az abrazív és attríciós hatások. Hasonlóan Gordan és mtsai eredményeihez, anyagtól függetlenül a széli elszíneződés volt a tömések leggyakoribb eltérése, bár klinikailag elfogadhatóak maradtak. Általánosságban a marginális határfelület minőségét erősen befolyásolják a szájüregben zajló fiziológiás és kémiai interakciók, mely a tömés széli részének degradációjához, valamint az adhézió romlásához vezet. A fogtípust illetően azonban az eredmények ellentmondásosak. Egyes vizsgálatok szerint a premoláris fogakba készülő tömések túlélése szignifikánsan jobbnak bizonyult, mint a moláris fogak tömései. Ennek magyarázata a moláris régió nagyobb rágóerő terhelése lehet. Mások szerint, mivel a moláris fogakhoz nehezebb a hozzáférés, eleve a készülő tömés minősége rosszabb, mely kihatással van annak életidejére. A mi eredményeink azonban nem támasztják alá ezt a megfigyelést. Aoyama és mtsai hozzánk hasonlóan nem találtak szignifikáns eltérést a premoláris és moláris fogakba készült tömések minőségében.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

1. A kompozitok polimerizációs fokának és a kioldódott monomerek mennyiségének, valamint e két változó összefüggéseinek meghatározása

A Filtek Z250 kompozit polimerizációjakor az anyaggal közölt energia és a rétegvastagság befolyásoló hatását vizsgáltuk a polimerizáció fokára és a kioldódott monomerek mennyiségére, valamint e két utóbbi paraméter közti direkt összefüggéseket kerestük. *Filtek Z250* mikrohibrid kompozitnál 40 J/cm^2 közölt energiával, 1 mm rétegvastagság esetén érhető el a legnagyobb fokú monomer konverzió és a legkisebb mértékű monomer elúció. A DC % és a kioldódott monomerek mennyisége között direkt – arányszámmal meghatározható - összefüggés mutatható ki. *1%-nyi DC növekedés 3%-os csökkenést eredményez a kioldódott monomerek (BisGMA, UDMA) mennyiségében Filtek Z250 kompozit esetén.* Mivel a gyártó által megadott polimerizációra vonatkozó adatok nem energia mennyiséget, csupán megvilágítási időt tartalmaznak, fontos lenne azt módosítani és a maximális konverzióhoz szükséges energia értéket megadni, ugyanakkor a javasolt rétegvastagságot a javasolt $2,5 \text{ mm}$ -ről 1 mm -re csökkenteni.

2. II.osztályú kompozit tömések 5 éves retrospektív vizsgálata

A II.osztályú kompozit tömések rövidtávú retrospektív vizsgálatával a töméseknél 5 év elteltével jelentkező leggyakoribb hibákat és sikertelenséghez vezető okokat próbáltuk feltárni. *Filtek Z250* kompozit tömések esetén 5 év után $98,8 \%$ -os volt a sikeresség. A színbeli eltérést vizsgálva szignifikánsan gyakrabban fordult elő enyhe eltérés a *kisörlő fogaknál*, mint a nagyörlők töméseinél. A *háromfelszínű (MOD) töméseknél* szignifikánsan többször fordul elő elváltozás, ezek közül is leggyakoribb a *színbeli eltérés, a marginális elszíneződés és az anatómiai forma eltérése.*

3. Különböző mikrohibrid kompozitból készült tömések 10 éves retrospektív vizsgálata

Négy, enyhén eltérő összetételű mikrohibrid kompozit felhasználásával készült tömések közti eltéréseket vizsgáltuk elsőként 10 év elteltével. Tudomásunk szerint ez az első hosszútávú klinikai vizsgálat, mely több, azonos anyagtani csoportba tartozó kompozit tömőanyag között jelentkező eltéréseket kutatja. A hosszú távú (*9-12 éves*) vizsgálati periódus alatt a *négy különböző mikrohibrid kompozitból* készült II. osztályú tömések átlagosan $97,86 \%$ -os túléléssel bírtak, mely klinikailag *mind a négy anyagra nézve sikeresnek* mondható. A USPHS kritériumok szerinti értékelés alapján több B és C kód fordult elő a *Renew (fraktúra) és Gradia Direct (színbeli eltérés)* anyagokból készült restaurációk esetén. A *leggyakoribb eltérés a tömések széli elszíneződése* volt, mind a négy kompozitnál. Több felszínű, azaz *MOD töméseknél szignifikánsan több elváltozást* találtunk, mint kétfelszínű restaurációk esetén; ezek közül is az *anatómiai formában* való eltérés volt jelentős.

PUBLIKÁCIÓK

A PhD értekezéssel összefüggő publikációk

- **LEMPEL E**, CZIBULYA ZS, KUNSÁGI-MÁTÉ S, SZALMA J, SÜMEGI B, BÖDDI K: Quantification of Conversion Degree and Monomer Elution from Dental Composite Using HPLC and Micro-Raman Spectroscopy. *Chromatographia* 2014; 77: 1137-1144 doi: 10.1007/s10337-014-2647-3. **IF₂₀₁₃ 1.37**
- **LEMPEL E**, TÓTH Á, FÁBIÁN T, KRAJCZÁR K, SZALMA J: Retrospective evaluation of four microhybrid posterior direct resin composite restorations: 10-Year findings. *Dent Mater* 2014 (In Press) doi: 10.1016/j.dental.2014.11.001 **IF₂₀₁₃ 4.16**
- **LEMPEL E**, SZALMA J, JEGES S, KENDE D, KRAJCZÁR K, NAGY ÁK, TÓTH V: Direkt kompozit restaurációk retrospektív vizsgálata USPHS kritériumrendszer alapján. *Fogorvosi Szle* 2012; 105:47-52.
- **LEMPEL E**, TÓTH V, SZALMA J, SZABÓ GY: Minőségi követelményrendszer alkalmazása kerámia restaurációk ellenőrző vizsgálatában. *Fogorvosi Szle* 2006; 99: 3-8.

Idézhető konferencia absztraktok

- **Lempel E**, Böddi K, Szalma J, Barla-Szabó P, Sümegi B, Takátsy A: The degree of conversion of composites using different light-curing sources. *Journal of Dental Research* 2011; 90: (Spec. Iss. B.) Paper N° 316. **IF 3.486**

Egyéb közlemények

- **LEMPEL E**: Filtek Supreme XT nanokompozit bemutatás. *Magyar Fogorvos* 2010; 19: 82.

A PhD értekezéshez nem kapcsolódó publikációk

- SZALMA J, BATA ZS, **LEMPEL E**, JEGES S, OLASZ L: Quantitative pixel gray measurement of the “high-risk” sign, darkening of third molar roots: a pilot study. *Dentomaxillofac Rad* 2013; 42: 20130160. doi:10.1259/dmfr.20130160 **IF 1.271**
- SZALMA J, BÖDDI K, **LEMPEL E**, SIEROSLAWSKA AF, SZABÓ Z, HARFOUCHE R, OLASZ L, TAKÁTSY A, GUTTMAN A: Proteomic and Scanning Electron Microscopic Analysis of Submandibular Sialoliths. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 1709-1717. doi: 10.1007/s00784-012-0870-6 **IF₂₀₁₂ 2.285**

- SZALMA J, VAJTA L, **LEMPEL E**, JEGES S, OLASZ L: Darkening of Third Molar Roots on Panoramic Radiographs: Is it really predominantly Thinning of the Lingual Cortex? *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 43: 483-488. Epub 2012 Jul 24. doi: 10.1016/j.ijom.2012.06.018 **IF 1.359**
- SZALMA J, **LEMPEL E**, JEGES S, OLASZ L: Digital versus conventional panoramic radiography in predicting inferior alveolar nerve injury after mandibular third molar removal. *J Craniofac Surg.* 2012; 23: e155-e158. doi: 10.1097/SCS.0b013e31824cdca8 **IF 0.686**
- SZALMA J, **LEMPEL E**, CSUTA T, VAJTA L, JEGES S, OLASZ L: A jellegzetes panorámaröntgen jelek szerepe a nervus alveolaris inferior sérülések várható megítélésében alsó bölcsességfogak eltávolításakor. *Fogorv Szle.* 2011; 104: 27–33.
- SZALMA J, **LEMPEL E**, JEGES S, OLASZ L: Darkening of Third Molar Roots: Panoramic Radiographic Associations with Inferior Alveolar Nerve Exposure. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69: 1544-1549. **IF 1.64**
- SZALMA J, **LEMPEL E**, CSUTA T, BÁRTFAI D, JEGES S, OLASZ L: A panorámaröntgen szerepe a nervus alveolaris inferior sérülések várható megítélésében alsó bölcsességfogak eltávolítása előtt. A gyökérgörbület és a gyökércsúcs- canalis mandibulae átfedésének hatása a rizikóbecslésre. *Fogorv Szle.* 2010; 103: 43-48.
- OLASZ L, SZALMA J, **LEMPEL E**, ORSI E, NYÁRÁDY Z: An application of platysma based transpositional flap for through and through facial defect when the facial artery circulation is blocked or compromised. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69: 1242-1247. **IF 1.64**
- SZALMA J, **LEMPEL E**, JEGES S, SZABÓ G, OLASZ L: The Prognostic Value of Panoramic Radiography of Inferior Alveolar Nerve Damage after Mandibular Third Molar Removal. Retrospective study of 400 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109: 294-302. **IF 1.499**

Idézhető konferencia absztraktok

- SZALMA J, **LEMPEL E**, CSUTA T, NYÁRÁDY Z, JEGES S, OLASZ L: The Effect Of The Extent Of Root Curvature And Inferior Alveolar Canal-Root Tip Overlap To The Risk Assessment After Mandibular Third Molar Surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 2010; 36: 211 **IF 1.54**
- SZALMA J, BÖDDI K, **LEMPEL E**, SZABÓ Z, NYÁRÁDY Z, OLASZ L, TAKÁTSY A: Protein Identification From Submandibular Salivary Stones With Maldi-Tof Mass Spectrometry. *J Craniomaxillofac Surg* 2010; 36: 211 **IF 1.54**

- SZALMA J, BÖDDI K, **LEMPEL E**, SZABÓ Z, NAGY Á, OLASZ L, TAKÁTSY A : Structural analysis and protein identification from submandibular salivary stones. Journal of Dental Research 2011; 90: (Spec. Iss. B.) Paper N° 391. **IF 3.486**

Tankönyvfejezet

5 könyvfejezet 2 nyelven (magyar, angol), **4 fejezet csak angol** és **1 német nyelven** „A magyarországi fogorvosképzés módszertani és tartalmi modernizációja korszerű hosszanti digitális tananyagfejlesztéssel három nyelven” című fogorvostan-hallgatók számára készülő digitális oktatási anyagban, esztétikus fogászat és endodoncia témában:

Az endodontia modern koncepciója (angol)

Endodontiai vizsgáló módszerek, differenciál diagnózisok (angol)

Pulpa megbetegedések és diagnosztikájuk (angol)

A pulpa és a periapicalis tér pathológiája (magyar, angol)

Step-back technika, step-down technika (angol)

A kompozitok összetevői, szint befolyásoló hatásuk (magyar, angol)

Polimerizációs stressz, rétegzéses technikák moláris fogakon (magyar, angol)

Direkt héj készítése különböző technikákkal (magyar, angol, német)

A kerámiák anyagtana (magyar, angol)

(TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0095; ISBN 978-963-642-603-3; ISBN 978-963-642-604-0; ISBN 978-963-642-605-7; <http://www.fogorvostamop.aok.pte.hu>)

Előadások (mint előadó)

- **LEMPEL E**, TÓTH Á, FÁBIÁN T, KRAJ CZÁR K, SZALMA J: Mikrohibrid kompozit tömések 10 éves retrospektív követése – endodonciai kezelés, mint a sikertelenségek egyik vezető oka. MFE Magyar Endodontiai Társaság és Dento-Maxillo-Faciális Radiológiai Társaság III. Kongresszusa, Ráckeve, 2014.09.04-06.
- **LEMPEL E**, BÖDDI K, SZALMA J, BARLA-SZABÓ P, SÜMEGI B, TAKÁTSY A: The degree of conversion of composites using different light-curing sources. 45th Meeting of the Continental European Division of the International Association for Dental Research (CED-IADR) with the Scandinavian Division, Budapest, 2011
- **LEMPEL E**, FÁBIÁN T, SZALMA J, KRAJ CZÁR K, JEGES S: II. Osztályú kompozit tömések 10 éves retrospektív vizsgálata USPHS kritériumrendszer alapján. MFE Árkövy Vándorgyűlése, Pécs, 2012.09.20-22.
- **LEMPEL E**, SÁNDOR B, SZABÓ GYT, BÁN Á, SZALMA J: Fraktúrált nagymetszők restaurálása anatómikus rétegzéses felépítéssel – képekben. MFE Árkövy Vándorgyűlése, Pécs, 2012.09.20-22.

- **LEMPEL E, FÁBIÁN T, SZALMA J, KRAJCZÁR K, JEGES S:** Direkt kompozit restaurációk 5 éves retrospektív vizsgálata USPHS kritériumrendszer alapján. MFE Árkövy Vándorgyűlése, Pécs, 2012.09.20-22.
- **LEMPEL E:** Fémmentes kerámia koronák. MFE Fogpótlástani Társaság XV., a Magyar Fogorvosok Implantológiai Társaságának V. és a Magyar Parodontológiai Társaság XIII. Közös Fogászati Kongresszusa, Budapest, 2003.
- **LEMPEL E:** Fémmentes kerámia koronák alkalmazása. Szeged, 2005.05.17.
- **LEMPEL E:** Direkt kompozit restaurációk retrospektív vizsgálata USPHS kritériumrendszer alapján. MFE MET-DMFRSZ kongresszus. Ráckeve, 2004.06.03.
- **LEMPEL E:** Modern anyagok és technikák alkalmazása a fogászatban. 3M-Espe Konferencia, Budapest, 2006.05.26.

A szerző impaktfaktor adatai:

A dolgozat alapjául szolgáló publikációk impakt faktorai: Σ IF: **5,53**

Publikációk összesített impakt faktorai: Σ IF: **15,883**

Idézhető konferencia absztrakt: Σ IF **10, 052**

Összesített (független) citációk: **60**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, **Dr. Sümegi Balázs** professzor úrnak.

Hálás köszönetemet fejezem ki szerzőtársaimnak, **Dr. Böddi Katalinnak**, **Dr. Czibulya Zsuzsannának** és **Dr. Fábíán Tamásnak**, hogy fáradhatatlan kitartásukkal és önzetlenségükkel segítettek publikációimat és az értekezés létrejöttét.

Köszönet illeti **Dr. Jeges Sára** tanárnőt, hogy a statisztikai útmutatás mellett, időt és fáradságot nem kímélve segítette publikációimat.

Köszönetem fejezem ki **Dr. Szalma József** adjunktus úrnak a rengeteg segítség nyújtásért, javaslatért, ösztönzésért és támogatásért, mellyel publikációim és értekezésem létrejöttét elősegítette.

Szintén köszönettel tartozom a **konzerváló fogászati részleg dolgozóinak**, különös tekintettel **Dr. Krajcár Károlyra** és **Magori Zsuzsára**, hogy kutatásaim során mindenben segítségemre voltak és támogattak.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm **kislányomnak**, **férjemnek**, **szüleimnek**, **testvéremnek**, hogy tolerálták a megannyi tőlük rabolt és munkára fordított szabadidőt, erőt adtak és támogattak.