

Opponensi vélemény

Dr. Lempel Edina

„A fogászati kompozitok polimerizációval összefüggő tulajdonságainak és klinikai túlélésének vizsgálatai”

című

MTA doktori disszertációjáról

1. Formai és stiláris szempontok

Dr. Lempel Edina doktori értekezése formai és szerkezeti szempontból egyaránt igényes, professzionálisan megszerkesztett munka. A dolgozat teljes terjedelme 213 oldal, amelyből a szövegtörzs 173 oldalt tesz ki (a 8. és a 181. oldal között). A disszertáció logikus, jól tagolt, alapvetően követi az orvostudomány területén elfogadott szerkezetet, amennyiben bevezetés, célkitűzések, anyag és módszer, eredmények, diszkusszió, valamint új tudományos megállapítások és irodalomjegyzék követik egymást. Némileg szokatlan, bár nem zavaró, hogy a köszönetnyilvánítás az irodalomjegyzéket követően kapott helyet.

A dolgozat része egy rövidítésjegyzék is, amely jelentős segítséget nyújt az olvasónak a szövegben előforduló szakkifejezések értelmezésében.

Az irodalomjegyzék 549 hivatkozást tartalmaz, amely mennyiségében és minőségében egyaránt a jelölt kiváló elméleti felkészültségét és a szakirodalom alapos ismeretét tükrözi.

A szövegformálás fegyelmezett, egységes, a szakterület tudományos stílusát követi. A jelölt a terminológiát pontosan, következetesen és helyesen alkalmazza. A fogalmazásmód tankönyvi igényességű: világos, tömör, a szakmai közönség számára könnyen értelmezhető. A gondolatmenet jól strukturált, az érvelés logikus, a szakmai állítások kellő megalapozottsággal jelennek meg.

A dolgozat megértését és áttekinthetőségét jelentős mennyiségű ábra és táblázat segíti. Az illusztrációk számozása a dolgozat fejezetszerkezetéhez igazodik (pl. IV.3.1 ábra). Az ábrák vizuális kivitele igényes, informatív; néhány esetben kissé alacsonyabb felbontású kép is előfordul. Tekintettel az illusztrációs anyag terjedelmére, célszerű lett volna külön ábra- és táblázatjegyzéket is csatolni, ami különösen a témában kevésbé jártas olvasók számára jelentett volna további segítséget. Ennek hiánya azonban nem csökkenti a dolgozat értékét, csupán praktikus szempontból érdemel említést.

Összességében megállapítható, hogy a dolgozat formai és stiláris szempontból is magas szintű igényességgel készült. Szerkezeti felépítése, nyelvezete, valamint vizuális megjelenése a Magyar Tudományos Akadémia doktori értekezéseivel szemben támasztott követelményeknek teljes mértékben megfelel.

2. Tartalmi szempontok

2.1. Témaválasztás és aktualitás

Az értekezés a fogászati kompozitok polimerizációval összefüggő tulajdonságainak és klinikai túlélésének vizsgálatát tűzte ki célul. A választott téma nemcsak aktuális, hanem a fogorvostudományban ma is intenzíven kutatott terület, amely több szinten – anyagtani, biológiai és klinikai – hordoz jelentős kérdéseket. A kompozit restaurációk világszerte a mindennapi fogászati gyakorlat meghatározó részét képezik, és bár technológiai fejlődésük dinamikus, alkalmazásukhoz továbbra is számos gyakorlati és tudományos bizonytalanság kapcsolódik, különösen a polimerizáció hatékonysága, a biokompatibilitás és a hosszú távú túlélés szempontjából.

A disszertáció egyaránt vizsgálja az anyagok fizikai-kémiai viselkedését, azok biológiai hatását, valamint klinikai alkalmazhatóságát is, így a kutatás szemlélete interdiszciplináris, és jól illeszkedik a nemzetközi tudományos diskurzushoz. A téma multidimenzionális megközelítése lehetővé teszi az anyagtani és biológiai vizsgálatok eredményeinek klinikai kontextusban való értelmezését, ami a fogorvostudományban különösen értékes.

Az értekezés 15 saját közleményre épül, amelyek közül minden esetben a jelölt szerepel első vagy utolsó szerzőként. A publikációk mindegyike a választott témakörhöz tartozik, és az értekezés fő irányvonalait fedik le: az *in vitro* vizsgálatokban a konverziós fok, a polimerizációs protokollok és a monomerkiloldódás, az *ex vivo* vizsgálatokban a hőmérséklet-emelkedés és a biológiai hatások, míg az *in vivo* vizsgálatokban a restaurációk klinikai túlélése és indikációs körének vizsgálata áll a középpontban. A közlemények rangos nemzetközi folyóiratokban jelentek meg, ami nemcsak a téma tudományos érvényességét, hanem annak nemzetközi érdeklődésre számot tartó jellegét is igazolja. A szélesebb értelemben vett téma (azaz a fogászati kompozitok viselkedése, felhasználásának optimalizálása) egyebekben Magyarországon is élénken kutatott terület, más vonatkozásban már MTA doktori disszertáció is foglalkozott vele.

A választott téma aktualitását az is alátámasztja, hogy az értekezésben tárgyalt kérdések – így például az előmelegítés hatása, a gyorsított polimerizációs protokollok, illetve a bulk-fill technikák alkalmazása – jelenleg is aktív kutatási területek a fogorvosi irodalomban. Mindez azt jelzi, hogy a disszertáció nem csupán meglévő ismeretek szintetizálására törekszik, hanem érdemi hozzájárulást kíván nyújtani egy fejlődő szakterületen belül.

Összességében megállapítható, hogy az értekezés témaválasztása korszerű, tudományosan megalapozott, és klinikailag is releváns. A kutatás illeszkedik a nemzetközi tudományos irányvonalakhoz, és a közlemények alapján megítélhetően azokba érdemben be is kapcsolódik.

2.2. Célkitűzések és kutatási kérdések

A doktori értekezés célkitűzései világosan megfogalmazottak, rendszerezettek, és három fő vizsgálati szinten – *in vitro*, *ex vivo*, valamint *in vivo* – fogalmazódnak meg. Az összesen 15 különálló kutatási cél a polimerizáció anyagtani aspektusaitól kezdve a biológiai hatásokon át a klinikai teljesítőképességig ível, és e hármas megközelítés következetesen végigvonul a dolgozaton. Ez a szerkesztési elv nemcsak logikus, de elegáns is.

Az *in vitro* célkitűzések a polimerizáció hatékonyságára, a konverziós fokra, a kioldódó monomerek mennyiségére, illetve a különböző polimerizációs technikák anyagtani hatásaira irányulnak. Az *ex vivo* kérdések között szerepel a pulpakamrában mért hőmérséklet-emelkedés, az anyagok biokompatibilitása, valamint az adaptációs képességek vizsgálata. Az *in vivo* célkitűzések pedig a kompozit restaurációk hosszú távú klinikai teljesítményére és indikációs spektrumára koncentrálnak.

A célkitűzések egymásra épülése jól tükrözi, hogy a szerző nem csupán részkérdéseket kíván vizsgálni, hanem a fogászati kompozitok viselkedésének komplex és többdimenziós megértésére törekszik. A kérdések kellően konkrétak, de egyben elég tágak is ahhoz, hogy több módszertani megközelítést tegyenek lehetővé. Ez lehetőséget ad az eredmények összehasonlító értékelésére, és erősíti az értekezés tudományos konzisztenciáját.

A célkitűzések megfogalmazása nemcsak tudományosan pontos, hanem logikai sorrendjük is következetesen érvényesül a dolgozat főbb fejezeteiben. A szerző minden vizsgálat elején visszautal a releváns célpontra, és az eredmények megbeszélésében is rendszeresen hivatkozik az egyes kutatási kérdésekre. Ez a szerkezeti egységesség segíti az olvasót az összefüggések követésében, és a dolgozatot egy koherens tudományos egészként értelmezhetővé teszi.

Összességében a dolgozat célkitűzései világosan megfogalmazottak, módszertanilag alátámasztottak és egységes koncepciót követnek. A szerző olyan kérdésekre keres választ, amelyek tudományosan relevánsak, a nemzetközi szakirodalomban jelenleg is vizsgált problémákhoz kapcsolódnak, és klinikai gyakorlatban is jelentőséggel bírnak.

2.3. Módszertan

Az értekezés módszertani szempontból kiemelkedően sokszínű és magas színvonalú vizsgálati apparátust vonultat fel. Az *in vitro* vizsgálatok során a szerző többek között mikro-Raman spektroszkópiát, HPLC-t, mikro-CT-t, illetve zsugorodási feszültségmérést alkalmazott. Ezek a technikák nemcsak korszerűek és nemzetközi szinten elfogadottak, hanem lehetővé teszik a vizsgált jelenségek – például a konverziós fok, a monomerkioldódás, illetve a térfogatváltozás – precíz kvantifikálását is. Az *ex vivo* vizsgálatokban hőelemes mérésekkel detektált pulpális hőmérséklet-emelkedés, valamint sejttenyésztéses vizsgálatok (pl. kolorimetriás életképességmérés) és mikro-CT-alapú adaptációs vizsgálatok is szerepelnek. A szerző a módszerek alkalmazásával a biológiai hatások objektív mérésére törekedett, ami jól szolgálja a kompozit anyagok klinikai kockázatainak feltárását. Az *in vivo* vizsgálatok retrospektív klinikai adatok elemzésére épülnek, három különböző indikációs csoportban: posterior, frontfog, illetve kopásos esetekben alkalmazott restaurációk hosszú távú túlélését vizsgálva. A klinikai értékelés a nemzetközileg validált értékelési rendszeren alapul. A vizsgálatok során rögzített változók, a statisztikai feldolgozás, valamint a restaurátumok csoportosítása részletesen és transzparensszerűen kerül bemutatásra.

A vizsgálatok dokumentáltsága, a választott módszerek indokoltsága és a különféle vizsgálati szintek közötti összhang mind azt jelzik, hogy a szerző a kutatások tervezését és kivitelezését magas szintű tudományos igényességgel végezte. A módszertani leírások részletessége lehetővé teszi az eljárások megértését, és adott esetben reprodukcióját is.

2.4. Eredmények

Az értekezés külön fejezetben (183–187. oldal) összegzi az új tudományos megállapításokat. Ezek, a korábbiaknak megfelelően, három szinten – *in vitro*, *ex vivo* és *in vivo* – kerülnek felsorolásra, és jól tükrözik az elvégzett vizsgálatok tematikus súlypontjait. A megállapítások kellően visszafogott nyelvezetűek, nem túlzóak, és szorosan a vizsgálatok adataira épülnek. A doktori értekezésben bemutatott vizsgálatok közvetlenül a célkitűzésekre épülnek, és ezekre részletes, statisztikai módszerekkel alátámasztott válaszokat adnak. A kutatás eredményei több szinten járulnak hozzá a fogászati kompozitokkal kapcsolatos ismeretekhez: új adatokkal bővítik az anyagok polimerizációs viselkedéséről, feltárják egyes klinikai eljárások biológiai és technikai hatásait, és hosszú távú klinikai tapasztalatokkal egészítik ki az elméleti eredményeket.

Az *in vitro* vizsgálatok során nyert adatok alapján a dolgozat számos, jelenleg is vitatott kérdésben nyújt objektív tájékozódási pontot. Ilyen például az előmelegítés, a gyorsított polimerizáció, illetve a bulk-fill technika hatása a konverziós fokra, a porozitásra és a monomerkiodódásra. A szerző olyan részletes laboratóriumi összehasonlításokat végez, amelyek a nemzetközi szakirodalomban is relevánsak, és több esetben új, anyagspecifikus megfigyelésekkel egészítik ki a korábbi tudást.

Az *ex vivo* vizsgálatok a pulpális hőmérséklet-emelkedés mértékére, a sejt vitalitásra és az adaptációs képességekre vonatkozóan nyújtanak új adatokat. A különféle polimerizációs technikák biológiai hatásának vizsgálata során a dolgozat olyan méréseket alkalmaz, amelyek közvetlen klinikai relevanciával bírnak, különösen az atraumatikus restaurációs technikák megítélése szempontjából.

Az *in vivo* eredmények retrospektív klinikai vizsgálatokon alapulnak, amelyek során három eltérő indikációs csoportban került sor restaurátumok túlélésének értékelésére. Az eredmények alapján egyértelműen megfogalmazhatók olyan klinikai ajánlások, amelyek segítik az indikációhoz illeszkedő anyagválasztást és restaurációs technikát. A kutatás megerősíti, hogy a vitális fogakban alkalmazott direkt kompozit restaurációk túlélése hosszabb távon kedvezőbb, mint a gyökérkezelt fogaké, és hogy a minimálinvazív, ún. „Dahl-koncepción” alapuló frontfog restaurációk is eredményesen alkalmazhatók, jó betegelégedettséggel.

Összességében elmondható, hogy az értekezés tudományos eredményei jelentős mértékben bővítik a polimerizációval összefüggő anyagtani, biológiai és klinikai ismereteket. A dolgozat gyakorlati jelentősége is megkérdőjelezhetetlen, különösen az anyagválasztás, technológiai protokollok és indikációs döntések szempontjából. A kutatás tehát nemcsak tudományos szempontból értékes, hanem közvetlenül is hozzájárul a fogászati gyakorlat megalapozottabbá tételéhez.

3. Összegzés

Dr. Lempel Edina doktori értekezése formai és tartalmi szempontból egyaránt igényes, tudományos szempontból megalapozott és releváns munka. A dolgozat felépítése logikus, a szerkezeti felépítés az orvostudomány területén megszokott konvenciókat követi. A szöveg nyelvileg és stílusban is jól kidolgozott, a terminológia használata pontos, a tudományos stílus következetes és világos. A közlés módja professzionális, az illusztrációk esztétikusak, informatívak, a dolgozat egészének kivitelemesen magas szintű szakmai igényességet tükröz.

A tartalmi értékelés alapján megállapítható, hogy a jelölt olyan tudományos kérdéskört választott, amely napjainkban is élénk hazai és nemzetközi érdeklődés tárgya. A fogászati kompozitok polimerizációs viselkedésének és klinikai teljesítményének kutatása mind alapkutató, mind alkalmazott szempontból kiemelt jelentőséggel bír. A dolgozat három szinten – *in vitro*, *ex vivo* és *in vivo* – végzett kutatásaival komplex képet nyújt a vizsgált anyagokról és technikákról, ezzel átfogó megértést kínál egy gyakorlati jelentőségű, mégis tudományosan összetett problémakörrel.

Az értekezés célkitűzései világosak, rendszerezettek és a fejezetek szerkezetében is jól tükröződnek. A kutatási kérdések a szakirodalmi háttérből logikusan következnek, és a módszertani megvalósításuk magas tudományos színvonalat képvisel. A dolgozatban alkalmazott mérési technikák korszerűek, a vizsgálatok reprodukálhatók és jól dokumentáltak. A klinikai vizsgálatok validált módszertani háttérrel és elegendő esetszámmal támasztják alá a levont következtetéseket.

Az értekezés tudományos eredményei közvetlen választ adnak a megfogalmazott kutatási kérdésekre, új adatokkal gazdagítják a szakirodalmat, és olyan következtetéseket fogalmaznak meg, amelyek nemcsak elméleti szempontból relevánsak, hanem a klinikai gyakorlat szintjén is alkalmazhatók. A dolgozat új tudományos megállapításai világosan elkülönítve, strukturáltan kerülnek bemutatásra, a nyelvezet tárgyyszerű, a következtetések mértéktartóak és adatalapúak.

Mindent összevetve megállapítható, hogy a benyújtott doktori mű kivitelében, nyelvezetében és tartalmában is megfelel az MTA doktori értekezésekkel szemben támasztott és támasztható írott és íratlan elvárásoknak.

Az értekezés megállapításait kivétel nélkül elfogadom, ugyanakkor ezek tételes ismertetésétől e helyen eltekintek, figyelemmel arra is, hogy a jelölt ezeket a disszertációban jól áttekinthető formában, külön kiemelve ismerteti.

Dr. Lempel Edina doktori értekezését a fentiek alapján nyilvános vitára alkalmasnak tartom, eredményes nyilvános vitát követően az MTA doktora fokozat odaítélését Dr. Lempel Edina részére támogatom. A nyilvános vita alkalmával a jelölt által megválaszolandó kérdéseimet alább ismertetem.

Kérdések a jelölthöz

1. A dolgozatában a kompozitok polimerizációs átalakulásának mértékét mikro-Raman spektroszkópiával és nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával (HPLC) határozta meg. Mi indokolta ezen módszerek választását a lehetséges alternatívákkal (például FTIR spektroszkópia a konverzióhoz, vagy más extrakciós módszerek a monomerkoldódáshoz) szemben?

2. Számos kutatás rámutat, hogy a kompozitok felmelegítése növeli a monomer–polimer konverzió mértékét, javítja az anyag mechanikai tulajdonságait, sőt bizonyos esetekben csökkentheti a polimerizációs zsugorodást is. Ugyanakkor az előmelegítésnek vannak gyakorlati korlátai: például az előmelegített anyagot gyorsan fel kell használni, és a gyakori melegítés csökkentheti a kompozit eltarthatóságát a fecskendőben. A jelölt szerint a

laboratóriumi eredmények (magasabb konverziós arány, kevesebb kioldódó monomer stb.) elegendő előnyt jelentenek ahhoz, hogy a mindennapi klinikai gyakorlatban is rutineljárássá váljon az anyagok előmelegítése? Milyen óvintézkedéseket vagy kompromisszumokat tart szükségesnek ennek alkalmazásakor (például a melegített anyag okozta pulpakárosodás kockázatának minimalizálása vagy a gyorsabb munkavégzés betartása)?

3. A dolgozat számos *in vitro* vizsgálatot mutat be a bulk-fill kompozitok 4 mm-es rétegvastagságban történő alkalmazásáról, konverziós fokáról és monomerkioldódásáról, illetve ezek összefüggéseiről. Ugyanakkor az *ex vivo* és különösen az *in vivo* környezetben a fényáteresztő közeg (pl. zománc, dentin, vér, nyál, műszerárnyék) jelentősen csökkentheti a valóban elért konverziós értékeket. A jelölt szerint az *in vitro* mérések eredményei mennyiben és milyen korlátokkal általánosíthatók klinikai körülményekre? Vannak-e olyan körülmények (pl. mély MOD üreg, sötét fogszín, gyenge fényvezetés), amelyekben a 4 mm-es bulk technika ellenjavallt lenne a saját eredményeik alapján?

4. A dolgozatban különböző LED polimerizációs lámpák (mono- vs. polywave) hatását vizsgálják a konverzióra, monomerelúcióra és zsugorodásra, különösen AFCT-molekulás anyagok esetén. Mivel ezek az anyagok gyakran tartalmaznak fotoiniciátorokat, amelyek csak bizonyos spektrumban aktívak, a kérdés az: a dolgozat alapján milyen következtetés vonható le arra vonatkozóan, hogy adott kompozithoz milyen típusú lámpát célszerű választani? Lát-e a jelölt olyan kockázatot, hogy a piacon széles körben elérhető, de spektrálisan nem megfelelő lámpák mellett bizonyos kompozitok alulpolimerizáltak maradnak, és ez klinikai hibához vezethet?

Kelt: Szeged, 2025. augusztus 15.

Prof. Dr. Nagy Katalin, DDS, PhD, DSc

egyetemi tanár

az MTA doktora