

Doktori (PhD) értekezés

Profilaktikus levegő-abráziós készülékek hatásának vizsgálatai fogászati kompozitokon

Dr. Németh Kinga Dorottya

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

Doktori iskola vezetője: Prof. Dr. Bogár Lajos, egyetemi tanár

Programvezető: Dr. Nagy Ákos Károly, egyetemi docens

Témavezető: Dr. Lempel Edina, egyetemi docens



PTE ÁOK

Orvostudományi és Gyógyszerésztudományi Doktori és Habilitációs Tanács

Pécs, 2025

Tartalomjegyzék

II. Célkitűzések	8
II.1. A levegő-abráziós kezelés és a különböző utópolírozási módszerek hatása a nanofill és mikrohibrid műgyanta-bázisú kompozitok felületi érdességére	8
II.2. A fogászati műgyanta kompozit javító kötése- rősségének összehasonlító értékelése nátrium- bikarbonátos vagy alumínium-oxidos levegő- abráziós kezelés után	9
III. Anyagok és módszerek	11
III.1. A levegő-abráziós kezelés és a különböző utópolírozási módszerek hatása a nanofill és mikrohibrid műgyanta-bázisú kompozitok felületi érdességére	11
III.2. A fogászati műgyanta kompozit javító kötése- rősségének összehasonlító értékelése nátrium- bikarbonátos vagy alumínium-oxidos levegő- abráziós kezelés után	13
IV. Új eredmények összefoglalója	19
IV.1. A levegő-abráziós kezelés és a különböző utópolírozási módszerek hatása a nanofill és mikrohibrid műgyanta-bázisú kompozitok felületi érdességére	19
IV.2. A fogászati műgyanta kompozit javító kötése- rősségének összehasonlító értékelése nátrium- bikarbonátos vagy alumínium-oxidos levegő- abráziós kezelés után	20
V. Publikációk listája	22
VI. Hivatkozások	23
VII. Köszönetnyilvánítás.....	25

I. Bevezetés

A műgyanta-bázisú kompozitok a legelterjedtebb tömőanyagok a mai fogorvosi gyakorlatban. Ezen tömőanyagokkal kapcsolatban számos kutatás folyik napjainkban, melyek a kompozit gyakorlati felhasználását és tartósságát igyekeznek tesztelni és tökéletesíteni. A műgyanta-bázisú kompozitok felszíni szerkezete nagyon különbözik a fogzománc, a szabaddá vált dentin vagy a cement felszínétől. A tömőanyag tulajdonságai szájhüvelyi körülmények között többek között függenek az anyag összetételétől, a monomer-polimer átalakulás fokától, a polírozási folyamattól és a profilaktikus levegő-abráziós kezelések alkalmazásától.¹ A professzionális szájabólás elterjedt eszköze a levegő-abráziós tisztítás, mely során nagynyomással, eltérő minőségű és szemcseméretű porokat fújunk a fogfelszínre, eltávolítva ezzel a fogak felszínére erősen tapadó fogkövet, lepedéket és elszíneződést. Ez a modern technika lehetővé teszi a hatékony és gyors kezelést, miközben a nehezen hozzáférhető fogfelszínek tisztítását is megkönnyíti. Számos levegő-abráziós rendszer áll rendelkezésre a fogorvosi gyakorlatban a supra- és szubgingivális fogfelszínről történő lerakódás eltávolítására. Alkalmazási területe kiterjedt, magába foglalja a fogszabályozó

készülékek, ívek, implantátumok felszíneinek tisztítását is. A profilaktikus levegő-abráziós porok közül a nátrium-bikarbonát volt az első, amelyet forgalomba hoztak, 250 µm-es porszemcse mérettel. Ez a hagyományos típus rendkívül abrazív, károsítja és durvává teszi a restaurációk felszínét, valamint a fogzománcon is maradandó károkat okoz.² A negatív hatások kiküszöbölése érdekében a glicin, a kalcium-karbonát, a kisebb részecske méretű nátrium-bikarbonát és az eritrol-alapú profilaktikus porokat vezették be a 2000-es évek elején.^{3,4} Ezen porok használatával már kielégítő eredményeket érhetünk el az abrazív hatás csökkenése mellett.

A tisztítás során a porszemcsék azonban elérik a kompozittömések felületét is, melyek keménysége nem éri el az ép zománcét, így nyomot, apró bemélyedéseket hagyhat rajta. A felérdesített felszín pedig további biofilm képződésre ad lehetőséget, rontva így a szájhigiéné fenntarthatóságát.⁵ A fogakon és a tömések mentén jelenlévő dentális biofilm a szekunder káriesz és a periodontális betegségek fő kiváltó oka, így elengedhetetlen a megfelelő, nem plakk retentív felszín kialakítása a restaurációk mentén.⁶ A levegő-abráziós módszerek viszonylag kis irodalmi háttere miatt kevés információnk van

arról, hogy az egyes profilaktikus kezeléseket követően milyen módon érdemes helyreállítani az érdessé vált felszíni struktúrát.⁷ Bár már több tanulmány kimutatta a levegő-abrázió negatív hatását, egyetlen ajánlást sem találtunk a fogzománc vagy a kompozit tömőanyag optimális utópolírozási módjáról, mely biztosítaná a felszín megfelelő helyreállítását, így elősegítené az esztétikailag kedvező megjelenést, illetve a kariológiai és parodontális egészséget. A megfelelő polírozás a kompozitok hosszú távú túlélésének egyik sarokköve, számos módja ismert, lehet egy, illetve többlépcsős a polírozási sor. Vizsgálatunkban egy egylépcsős szilícium-dioxiddal impregnált polírozó kefe és egy kétlépcsős polírozó gumi készlet homokfúvás utáni polírozó hatékonyságát hasonlítottuk össze különböző típusú kompozitokon.

A fentiekben taglalt negatívumként megjelenő érdesítő hatás akár a javunkra is fordítható meghibásodott kompozit tömések javítása esetében. Mivel a friss javítókompozit kötése gyenge a szájbán hosszú időt eltöltött javítandó tömés felületéhez, ezért utóbbi mechanikai érdesítésére van szükség. Annak ellenére, hogy a műgyanta-bázisú kompozit tömőanyagok túlélési rátája magas, 88-98% közötti, erősen technika szenzitív anyagok, illetve a

szájban jelenlévő mechanikai, kémiai és fizikai stressz hatásoknak köszönhetően előfordulhat kisebb-nagyobb meghibásodás az anyagon belül vagy a tömőanyag és a fogzománc határán szekunder káriesz formájában.⁷ Az anyagon belüli kisebb törések, lepattanások esetén, azok javítása az elsődleges cél, a felesleges foganyag veszteség elkerülése érdekében.⁸ Ezen javítási folyamat során ajánlott módszer lehet a levegő-abráziós felszíni érdesítés, az új javító kompozit rétegzését megelőzően. Mivel a javítandó tömés a szájban már hosszabb idő óta jelen van, így szerkezeti, kémiai és fizikai változások történnek az anyagon belül, ezt öregedési folyamatnak hívjuk. Az ideális kötés két kompozit réteg között kémiai, mely a rezin monomerek és a mátrix vagy a szabaddá vált töltőanyagszemcsék kötésén alapul, de gyakorlatban a régi és az új javító kompozit réteg közötti kapcsolat leginkább mikromechanikai úton történik, az új monomerek behatolása és kötése révén, a régi kompozit felszíni egyenetlenségeibe. Ezen egyenetlen felszín kialakítását segíthetik elő levegő-abráziós készülékek.⁹ Kiterjedtebb az irodalmi háttere az alumínium-oxid, illetve szilikával bevont porszemcsés levegő-abráziós kezelés hatásának a régi és a javító kompozit közti megfelelő mikrotenziós kötés vizsgálatának, azonban a klinikai

gyakorlatban leggyakrabban a profilaktikus, nátrium-bikarbonát porszemcsés gépek vannak használatban.¹⁰ Ennek ellenére nem találtunk olyan irodalmi hivatkozást, mely a nátrium-bikarbonátos levegő-abráziós módszer által kifejtett hatást vizsgálná, a régi és új kompozit közötti mikrotenziós kötés erősségre. Az egyes levegő-abráziós kezelések következtében a felszíni struktúra nagyban változik, de emellett porszemcsék is visszamaradhatnak a felszínbe ágyazódva, befolyásolva a kémiai és fizikai kapcsolat kialakulását a javító kompozittal, így szükség lehet a levegő-abráziós kezelést követően, valamilyen felülettisztítási eljárást alkalmazni, mint foszforsavas vagy EDTA-val való lemosás. A felületi tulajdonságok mellett fontos befolyásoló tényező lehet az adhezív bond anyag használata az egyes kompozit rétegek között, így ennek jelenléte vagy hiánya, illetve típusa nagyban befolyásolja a mikrotenziós szakítószilárdságot.¹¹

II. Célkitűzések

II.1. A levegő-abráziós kezelés és a különböző utópolírozási módszerek hatása a nanofill és mikrohibrid műgyanta-bázisú kompozitok felületi érdességére

Vizsgálataink első fázisa a levegőabráziós készülékek érdesítő hatását vizsgálja különböző típusú fogászati kompozitok felszínén atomi erő mikroszkóppal.

Vizsgálatunk célkitűzései:

- (1) a kalcium-karbonát alapú profilaktikus levegő-abráziós módszer hatásának vizsgálata nanofill és mikrohibrid fogászati kompozit (RBC) tömőanyagokon, valamint a fogzománcon;
- (2) a kezelt minták felületi érdességében bekövetkezett változások összehasonlítása atomi erő mikroszkóp segítségével;
- (3) egy- és kétlépéses utópolírozási módszerek hatékonyságának vizsgálata a felületi simaság helyreállításában.

Vizsgálatunk nullhipotézisei a következők voltak: (1) nincs különbség a műgyanta-bázisú kompozitok és a natív zománc felületi érdessége között a kalcium-karbonáttal történő levegő-abráziós polírozás előtt és után; (2) nincs különbség a felületi érdességben az eltérő méretű töltőanyagot tartalmazó kompozitok között a kalcium-karbonáttal történő levegő-abráziós polírozás után; (3) nincs különbség a felületi érdességben a kompozitok között és a zománc felszínén a különböző utópolírozási eljárások után.

II.2. A fogászati műgyanta kompozit javító kötéseerősségének összehasonlító értékelése nátrium-bikarbonátos vagy alumínium-oxidos levegő-abráziós kezelés után

Kutatásunk következő fázisában egy viselés közben sérült kompozit tömés javítását szimuláltuk egy javító kompozitréteg alkalmazásával. A különböző típusú és szemcseméretű abrazív vagy profilaktikus porokkal kezelt, valamint termociklusos öregítésnek alávetett régi kompozitminták és a friss javító kompozit közötti kötőerőt mikrotenziós biaxiális szakítószilárdság-mérő berendezéssel vizsgáltuk.

A tanulmány célja volt, hogy:

(1) összehasonlítsa a nátrium-bikarbonátos levegő-abráziós és az általánosan ajánlott alumínium-oxid levegő-abráziós felszíni előkészítés hatását a mikrotenziós szakítószilárdságra;

(2) megvizsgálja a foszforsav, mint erős sav, illetve az etilén-diamin-tetraecetsav (EDTA), mint kelátképző tisztító hatását, valamint adhezív bond anyag jelenlétének és típusának jelentőségét a mikrotenziós szakítószilárdság szempontjából a felszín kezelése esetén.

Vizsgálatunk nullhipotézisei a következők voltak: (1) A levegő-abráziós porok típusa (nátrium-bikarbonát vs. alumínium-oxid) nincs hatással a mikrotenziós biaxiális szakítószilárdságra kompozitok javítása során; (2) nincs hatása a foszforsavas vagy EDTA oldatos felülettisztítási módszer alkalmazásának a javítási mikrotenziós biaxiális szakítószilárdságra; (3) nincs további hatása az alkalmazott bond típusának a javítási mikrotenziós biaxiális szakítószilárdságra.

III. Anyagok és módszerek

III.1. A levegő-abráziós kezelés és a különböző utópolírozási módszerek hatása a nanofill és mikrohibrid műgyanta-bázisú kompozitok felületi érdességére

A vizsgálathoz szükséges, 2 mm vastag, 8 x 5 mm-es zománc szeleteket orthodonciai okból extrahált bölcsességfogak felhasználásával preparáltuk. Dezinfekciót követően 0,9%-os fiziológiás sóoldatban tároltuk a mintákat a kiszáradás elkerülése érdekében. A nanofill (FiltekUltimate, 3M ESPE, St.Paul, MN, USA) és mikrohibrid (Enamel Plus HRi, Micerium, Avegno, Olaszország) műgyanta-bázisú kompozit mintákat egy 6 mm átmérőjű és 2 mm magas sablon segítségével készítettük, a gyártói előírásnak megfelelően. Az elkészült mintákat véletlenszerűen 5 csoportba osztottuk (n=5x5). A kezeletlen minták alkották a kontroll csoportot (1. csoport). A 2. csoportba tartozó mintákat levegő-abráziós készülékkel políroztuk (Prophy-Mate Neo, NSK-Nakanishi Co., Kanuma, Tochigi, Japán) 54 µm szemcseméretű kalcium-karbonát profilaktikus porral (Mohs Keménységi index: 3) (Prophy-Mate Profilactic Powder, NSK-Nakanishi Co., Kanuma, Tochigi, Japán) 5 másodpercig 20 fokos szögben, 5 mm távolságból. A 3. csoport mintáit 10 másodpercig

levegő-abráziós készülékkel políroztuk ugyanazokkal a paraméterekkel. A 4. és 5. csoportba tartozó mintákat levegő-abráziós kezelés után utópolíroztuk: a 4. csoportban kétlépéses gumipolírozó szettel (finomszemcseméret-8-32 μm , 10 s, Kenda Nobilis, Kenda AG, Vaduz, Liechtenstein; majd extra finomszemcseméret-4-8 μm , 10 s, Kenda Unicus, Kenda AG, Vaduz, Liechtenstein) políroztuk. Az 5. csoportba tartozó mintákat 10 másodpercig egy lépéses, szilícium-oxiddal impregnált polírozókefével (Occlubrush cup, KerrHawe SA, Bioggio, Svájc) utópolíroztuk.

A mintákat előzetes vizsgálatként pásztázó elektronmikroszkópos (JSM-6300 JEOL, Tokió, Japán) vizsgálattal elemeztük. Minden, a kezeletlen mintákhoz viszonyított destruktív felszíni elváltozást klinikailag szignifikáns eltérésnek tekintettünk.

A mintákat kvantitatív módon atomi erő mikroszkóppal (Asylum Research, Santa Barbara, CA, USA) Olympus epifluoreszcens mikroszkóppal (Olympus, Tokió, Japán) szinkronizálva elemeztük. Ily módon információhoz juthatunk a pontos felületi topográfiáról, valamint az irreguláris felszín átlagos magassági értékek, azaz a felületi érdesség változásairól. Az átlagos

magassági értékeket Gauss-görbe alapján határoztuk meg. Minden egyes mintáról $30\ \mu\text{m} \times 30\ \mu\text{m}$ méretű területet szkenneltünk be, három véletlenszerűen kiválasztott területről, 512×512 pixel felbontással. Az átlagos felületi érdességet (R_a) és a 3 dimenziós képeket az atomi erő mikroszkópba épített szoftver (Igor Pro 6, Wave Metrics Inc., Lake Oswego, OR, USA) algoritmusával elemeztük.

Az adatok elemzéséhez ANOVA, Tukey-féle post-hoc tesztet, többváltozós elemzést és hatásnagyság statisztikát használtunk ($p < 0,05$) SPSS v. 26.0 programban (SPSS, Chicago, IL, USA).

III.2. A fogászati műgyanta kompozit javító kötése-erősségének összehasonlító értékelése nátrium-bikarbonátos vagy alumínium-oxidos levegő-abráziós kezelés után

A mintaelőkészítés első lépéseként kompozit (Filtek Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) blokkokat készítettünk ($n=16$), melyek a javítandó restaurációt szimulálták. Ezt követően a tömböket öregítési eljárásnak, majd a különböző típusú felület kondicionálásának vetettük alá, mielőtt a friss, "javító" kompozittal javítottuk volna. Egy egyedi készítésű lézervágott, átlátszó, termoplasztikus poli(metil-metakrilát) (Perspex,

Chelmsford, Egyesült Királyság) sablont - amelynek belső mérete 8 mm magas, 8 mm széles és 20 mm hosszú - használtunk a minták előkészítéséhez. Az elkészült javítandó kompozit blokkok termociklusos öregítési eljárason mentek keresztül (8 hét, ioncserélt vízben, Cultura inkubátor, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), kivéve a pozitív kontrollként szolgáló csoport mintáit, ahol a javító kompozitot egyből rétegeztük. A kompozit blokkokat 16 csoportra osztottuk. A javítandó, „öreg” kompozit minta a sablon felét töltötte ki, míg másik felét addig egy 10 mm hosszú poli(metil metakrilát) blokkal zártuk. A felületkezelési eljárásokat követően (1-16 csoport) a minták visszakerültek a sablonba és a blokk eltávolítását követően került rétegzésre a javító, friss kompozit.

1. csoport: Levegő-abráziós polírozással nem kezelt, öregítés és felületi kondicionálás nélküli próbatestek szolgáltak pozitív kontrollként.

2. csoport: Levegő-abráziós polírozással nem kezelt, öregítési eljárason átesett, felületi kondicionálás nélküli próbatestek szolgáltak negatívkontrollként.

3. csoport: 53 μm -es alumínium-oxid (Al_2O_3 , Aqua Abrasion, Velopex International, London, Egyesült Királyság) részecskékkel történő levegő-abrázióval (Aquacare Twin, Velopex International, London, UK) polírozott és öregített minták felületi kondicionálás nélkül.

4. csoport: A 3. csoportban leírt módon kezelt minták felületét 35%-os foszforsavval (H_3PO_4) kondicionáltuk 15 másodpercig, majd alaposan leöblítettük, szárítottuk.

5. csoport: A 4.csoportban leírt eljárást követően vékony réteg kétlépéses, teljes savazásos („etch and rinse”) adhezív bondot (Adper Single Bond 2) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

6. csoport: A 4. csoportban leírt eljárást követően vékony réteg univerzális bondot (Scotchbond Universal Plus Adhesive) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

7. csoport: A 3. csoportnál leírtak szerint kezelt minták felületét 15%-os EDTA-val tisztítottuk 1 percig, majd alaposan leöblítettük, szárítottuk.

8. csoport: A 7.csoportban leírt eljárást követően vékony réteg kétlépéses bondot (Adper Single Bond 2) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

9. csoport: A 7. csoportban leírt eljárást követően vékony réteg univerzális bondot (Scotchbond Universal Plus Adhesive) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

10. csoport: 65 µm-es nátrium-bikarbonát (NaHCO_3 , Aqua Polishing, Velopex International, London, Egyesült Királyság) részecskékkel történő profilaktikus levegő-abrázióval (Aquacare Twin, Velopex International, London, Egyesült Királyság) polírozott és öregített minták felületi kondicionálás nélkül.

11. csoport. A 10. csoportnál leírt módon kezelt minták felületét 35%-os H_3PO_4 -val kondicionáltuk 15 másodpercig, majd alaposan leöblítettük, szárítottuk.

12. csoport. A 11.csoportban leírt eljárást követően vékony réteg kétlépéses bondot (Adper Single Bond 2) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

13. csoport. A 11. csoportban leírt eljárást követően vékony réteg univerzális bondot (Scotchbond Universal Plus Adhesive) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

14. csoport. A 10. csoportnál leírtak szerint kezelt minták felületét 15%-os EDTA-val tisztítottuk 1 percig, majd alaposan leöblítettük, szárítottuk.

15. csoport: A 14.csoportban leírt eljárást követően vékony réteg kétlépéses bondot (Adper Single Bond 2) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

16. csoport: A 14. csoportban leírt eljárást követően vékony réteg univerzális bondot (Scotchbond Universal Plus Adhesive) vittünk fel a javítandó kompozit felszínre.

A felületkezelt és javított kompozit blokkok feszülési szakítószilárdságát mértük. Az eljáráshoz az elkészült blokkokat hosszában 1mm x 1mm x 20 mm pálcákra szeleteltük (SIEG SX3, Shanghai SIEG Machinery Co., Shanghai, Kína). Minden kompozit pálcát egyenként ragasztottuk (Super Bond, Henkel Loctite, Düsseldorf, Németország) egy egyedi gyártású mikrotenziós szakítószilárdsági próbatesthez. A próbatestek 3D nyomtatással készültek (Markforged X7, Montreal, QC, Kanada)

Markforged Onyxból (MarfkorgedX7, Montreal, Quebec, Kanada). A próbatestet egy biaxiális szakítószilárdságot mérő gépen 5 kN-os terhelésnek vetettük alá (Zwick/Roell Z5.0, Zwick Roell, Ulm, Németország). Az alkalmazott terhelési erő (N) és a ragasztási felszín (mm²) hányadosa adta meg a mikrotenziós szakítószilárdságot (MPa).

Ezt követően a szakítási felszínt pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatnak vetettük alá elemezve a szakítási típust: adhezív (a javítási felszínnek közötti), kohezív (anyagon belüli), vegyes (javítási felszíni és anyagon belüli).

A felszíni struktúra további pásztázó elektronmikroszkópos (JEOL JSM-IT500HR, JEOL, Tokió, Japán) elemzéséhez újabb kompozit minták készültek a fent említett 2, 3, 4, 7, 10, 11, 14 csoportban leírt módszerek szerint, azzal az eltéréssel, hogy a minták felét egy fémcsíkkal takartuk le, ezzel megőrizve az eredeti felszíni struktúrát. Ilyen módon objektív összehasonlítást kapunk a kezelések okozta felszíni változásról. Ezen felül energia-diszperzív röntgenspektroszkópiával (FEG-SEM-EDS; JEOL JSM-IT500HR, JEOL, Tokió, Japán) a vizsgált felszín elemi összetevőiről kaptunk információt, így lehetővé téve a felszín kémiai karakterizációját.

IV. Új eredmények összefoglalója

IV.1. A levegő-abráziós kezelés és a különböző utópolírozási módszerek hatása a nanofill és mikrohibrid műgyanta-bázisú kompozitok felületi érdességére

Első, *in vitro* vizsgálatunk limitációja mellett az alábbi következtetések vonhatók le:

- A kalcium-karbonát profilaktikus porral történő levegő-abrázió a zománc felületén koptató hatással bírhat és növelheti mind a nanofill, mind a mikrohibrid RBC-ok felületi érdességét.
- A hosszabb idejű (10 s) levegő-abráziós polírozás destruktív hatása jelentősebb a zománcra az 5 s-os levegő-abrázióhoz képest; ez a tényező azonban nem befolyásolta a RBC-ok felületi érdességét.
- Hatáserősség vizsgálat alapján az *Anyag* (rezin-bázisú kompozit típusa) és *Kezelés* (levegő-abráziós kezelés és utópolírozás) faktoroknak a felületi érdességre gyakorolt hatása nagy.
- Az utópolírozás gumipolírozó sorozattal jelentős mértékben csökkentheti a felületi érdességet RBC-ok

levegő-abráziós polírozása után; ezért a kompozitok utópolírozása gumipolírozó sorozattal ajánlott levegő-abráziós polírozást követően.

- A gumipolírozókkal történő utópolírozásnak nincs kifejezett hatása a zománcra levegő-abráziót követően; az impregnált polírozó kefével történő polírozás pedig negatív hatással van a kezelt zománc felületére, jelentősen megnövelve annak felületi érdességét.

Klinikai jelentőség: a levegő-abrázió ronthatja a zománc és a RBC restaurációk felületi simaságát; azonban a kétlépéses gumipolírozókkal történő utópolírozás helyreállíthatja a felületi simaságot, így elkerülhető a fokozott mértékű biofilm felhalmozódás és az elszíneződés.

IV.2. A fogászati műgyanta kompozit javító kötése-erősségének összehasonlító értékelése nátrium-bikarbonátos vagy alumínium-oxidos levegő-abráziós kezelés után

Második, *in vitro* vizsgálatunk limitációi mellett, az öregített RBC javítási folyamatát befolyásoló különböző felület kezelések elemzése alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- Az alkalmazott felületelőkészítés, a tisztítási módszer és a köztes ragasztóréteg jelenlétének különböző kombinációja jelentősen befolyásolja az elért kötés szakítószilárdságát sérült kompozitok javítása során.
- A széles körben elérhető és rutinszerűen alkalmazott profilaktikus tisztítási módszer, nevezetesen a nátrium-bikarbonátos levegő-abráziós polírozás, majd EDTA-tisztítás és univerzális bond alkalmazása, hasonló javítási kötőszilárdságot biztosíthat, mint az általánosan elterjedt kompozit javításra ajánlott alumínium-oxidos levegő-abrázió foszforsavas tisztítással és/vagy bond használatával vagy a nélkül.

Klinikai jelentőség: a nátrium-bikarbonátos levegő-abráziós polírozás, amelyet EDTA-tisztítás és univerzális bond alkalmazása követ, életképes alternatíva lehet a kompozitok javítási protokolljaként.

V. Publikációk listája

- Németh K. D., Haluszka D., Seress L., Lovász B. V., Szalma J., Lempel E. Effect of Air-Polishing and Different Post-Polishing Methods on Surface Roughness of Nanofill and Microhybrid Resin Composites. *Polymers (Basel)*. **2022**;14(9):1643. doi: 10.3390/polym14091643.
SJR indicator: Q1, IF: 5.0, *Citations: 10 (independent citations: 9)*
- Németh K. D., Told R., Szabó P., Maróti P., Szénai R., Pintér Z. B., Lovász B. V., Szalma J., Lempel E. Comparative Evaluation of the Repair Bond Strength of Dental Resin Composite after Sodium Bicarbonate or Aluminum Oxide Air-Abrasion. *Int J Mol Sci*. **2023**; 24(14):11568. doi: 10.3390/ijms241411568.
SJR indicator: D1, IF: 4.9, *Citations: 1 (independent citations: 1)*
- Lempel E.; Németh K. D.; Lovász B. V.; Szalma J. Adhesive management of anterior tooth wear in combination with the Dahl concept: a 27-months observational case-series. *Oper Dent*. **2021** 46:594-608. doi: 10.2341/20-190.

SJR indicator: Q1, IF: 2.937, Citations: 5 (*independent citations: 5*)

- Lempel E.; Gyulai S.; Németh K. D. Lokalizált frontfog kopás adhezív rehabilitációja Dahl-koncepcióval kombinálva. Eset sorozat-tanulmány. *Fogorv Szle.* **2022**; 115:80-93. doi: 10.33891/FSZ.114.2.80-93.

SJR indicator: Q4

Cumulative impact factor: 12,837

VI. Hivatkozások

1. Nyvad, B. & Kilian, M. Microbiology of the early colonization of human enamel and root surfaces in vivo. *European J Oral Sciences* 95, 369–380 (**1987**).
2. Graumann, S. J., Sensat, M. L. & Stoltenberg, J. L. Air polishing: a review of current literature. *J Dent Hyg* 87, 173–180 (**2013**).
3. Müller, N., Moëne, R., Cancela, J. A. & Mombelli, A. Subgingival air-polishing with erythritol during periodontal maintenance: Randomized clinical trial of twelve months. *J Clinic Periodontology* 41, 883–889 (**2014**).
4. Flemmig, T. F. *et al.* Subgingival Debridement Efficacy of Glycine Powder Air Polishing. *Journal of Periodontology* 78, 1002–1010 (**2007**).

5. Bühler, J., Amato, M., Weiger, R. & Walter, C. A systematic review on the effects of air polishing devices on oral tissues. *Int J Dental Hygiene* 14, 15–28 (2016).
6. Giti, R., Dabiri, S., Motamedifar, M. & Derafshi, R. Surface roughness, plaque accumulation, and cytotoxicity of provisional restorative materials fabricated by different methods. *PLoS ONE* 16, e0249551 (2021).
7. Lempel, E. *et al.* Long-term clinical evaluation of direct resin composite restorations in vital vs. endodontically treated posterior teeth — Retrospective study up to 13 years. *Dental Materials* 35, 1308–1318 (2019).
8. Blum, I. R., Jagger, D. C. & Wilson, N. H. F. Defective dental restorations: to repair or not to repair? part 1: direct composite restorations. *Dent Update* 38, 78–84 (2011).
9. Rathke, A., Tymina, Y. & Haller, B. Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Investig* 13, 317–323 (2009).
10. Baena, E., Vignolo, V., Fuentes, M. V. & Ceballos, L. Influence of repair procedure on composite-to-composite microtensile bond strength. *Am J Dent* 28, 255–260 (2015).
11. Loomans, B. & Özcan, M. Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Operative Dentistry* 41, S68–S78 (2016).

VII. Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni hálás köszönetemet témavezetőmnek, **Dr. Lempel Edina** egyetemi docensnek, aki kutatásom során rendkívül magas szintű szakmai tudásával és rendíthetetlen támogatásával segített, időt és energiát nem kímélve. Elkötelezettsége a tudományos tevékenység iránt és a részletekre való precíz odafigyelése jelentős mértékben formálta a disszertációt. Bátorítása és segítsége nélkül ma nem lehetnék itt.

Hálával tartozom továbbá **Dr. Seress László** emeritusz professzornak, a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Központi Elektronmikroszkópos Laboratóriumából, valamint **Dr. Szabó Péternek**, a Pécsi Tudományegyetem Szentágothai János Kutatóközpontjából, és **Dr. Haluszka Dórának**, a Semmelweis Egyetem Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet adjunktusának, akik segítséget nyújtottak a kutatásomhoz szükséges pásztázó elektronmikroszkópos és atomi erő mikroszkópos vizsgálatokban.

Köszönettel tartozom a Pécsi Tudományegyetem 3D Nyomtatási és Vizualizációs Központ munkatársainak, különösen **Told Rolandnak** és **Dr. Maróti Péter** egyetemi docensnek.

Köszönet illeti továbbá **Dr. Szénai Rékát** és **Dr. Pintér Zsoltot**, akik segítettek a kutatás előkészítésében, valamint **Lovász Bálintot**, aki a publikációim végső nyelvi lektorálását végezte.

Végül, de nem utolsósorban szeretném megköszönni **családomnak** – a **lányomnak, férjemnek és szüleimnek** – a támogatást, amellyel végig kísérték ezen az úton.