

Doktori (PhD) – értekezés tézisei

Az üvegszálás gyökércsapok retenciójának vizsgálata

Dr. Rajnics Zsolt

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

Doktori iskola vezetője: Prof. Dr. Bogár Lajos

Alap- és alkalmazott kutatások fog- és szájbetegségekben

Programvezető: Dr. Nagy Ákos Károly

Témavezető: Prof. Dr. habil. Radnai Márta

SZTE FOK Fogpótlástani Tanszék

Társ témavezető: Dr. Marada Gyula

PTE ÁOK Fogászati és Szájsebészeti Klinika, Fogpótlástani Tanszék



Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar

Fogászati és Szájsebészeti Klinika, Pécs

2024

1. Bevezetés

A fogak endodonciai ellátása lényeges szerepet játszik a megtartó és helyreállító fogászatban. Célja a periodontitis apicalis és szövődményeinek kezelése, illetve megelőzése olyan fogaknál, melyeknél kiterjedt caries, fertőzés vagy sérülés miatt felmerül a pulpai szövet érintettsége. Ez a terápia magában foglalja a pulpa (ép vagy fertőzött) szövetének eltávolítását, a gyökércsatorna rendszer fertőtlenítését és a csatorna lezárását az esetleges reinfekció megakadályozása érdekében.

A helyreállított gyökérkezelt fogak túlélési vizsgálatait azt mutatják, hogy hosszútávon jelentős szerepe van az intakt foganyag mennyiségének és minőségének, valamint a pótlás helyes megválasztásának is. Jelentős foganyag veszteség során nincs elegendő ép foganyag, mely elégséges lenne a definitív pótlás retenciós és ellenállási formájának kialakításához. Ezen fogak kizárólag restauratív tömőanyagokkal hosszú távon nem állíthatók helyre, így szükségessé válik intraradikuláris gyökércsap használata a készülő fogpótlás retenciójának biztosítása érdekében.

Az intraradikuláris csapokat számos szempont alapján osztályozhatjuk. Gyártástechnológia (gyári vagy egyéni készítés), az anyag (fémötvözet, kerámia és rost megerősített kompozit), a forma (párhuzamos, kónikus és cilindrokónikus) és a felszíni jellegzetesség (sima felszínű (passzív), csavarmenetes, szemcsés, recés (aktív) és üreges) mind befolyásolja a csapok tulajdonságait és a különböző klinikai helyzetekben való felhasználást.

Napjaink fogorvosi ellátásában jelentős szerepük van a rost megerősített csapoknak, melyek az 1990-es évek elején jelentek meg a fogászati termékek piacán. Ezek közül is kiemelkednek az üvegszállal megerősített csapok, melyeket a legszélesebb körben használnak fel. Az üvegszál jó esztétikumot, a természetes dentinhez hasonló rugalmasságot, kiemelkedő szakító- és nyomószilárdságot és kiváló biokompatibilitást kínál. További előnyük, hogy a csap a gyökércsatorna előkészítését követően ugyanabban az ülésben adhezív technológiával ragasztható, illetve a csonk is felépíthető. Beragasztást követően a kompozitcsap-adhezív rezin cement-gyökérdentin monoblokk-ként viselkedik, mivel fizikai tulajdonságaik, különösen rugalmassági modulusuk, megegyeznek.

A rost megerősített csappal helyreállított gyökértömött fogak leggyakoribb hibalehetőségét a csap elválása (debonding) okozza a beragasztást követően a gyökércsatorna-dentin és a csap határfelületén. Ezt számos tényező befolyásolja: a csap típusa (anyag, átmérő, forma), ragasztási protokoll, az alkalmazott eljárások (intraradikuláris preparálás, izolálás stb.) és a gyökércsatorna konfigurációja.

Kutatásaink során kettő, a szakirodalomban kevésbé tárgyalt és dokumentált tényezőt vizsgáltunk.

Első vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy okoz-e káros hőmérséklet-emelkedést a gyökércsatornában végzett preparálás. Legtöbb csaprendszer gyártói utasítása szerint intraradikuláris preparálás során nem kell vízhűtést alkalmaznunk. Célunk volt, hogy megvizsgáljuk, illetve összehasonlítsuk a

vízűtés nélküli és különböző hőmérsékletű hűtőfolyadékkal történő preparálás hőmérséklet-változását.

Habár a szakirodalomban a retenciót befolyásoló számos faktort vizsgáltak, kevés kutatás foglalkozott a csap átmérőjének szerepével, valamint ehhez kapcsolódóan a gyökérrégiók közötti különbséggel. Második vizsgálatunk ezekre a paraméterekre koncentrált. Kutatásunk során egy csaprendszer különböző átmérőjű csapjainak egységnyi ragasztási felületre számolt kinyomási értékét vizsgáltuk, miközben a többi faktort (gyökércsatorna előkészítés, ragasztási protokoll) nem változtattuk meg. Az átmérők összehasonlításán túl vizsgáltuk az egyes gyökérrégiók közötti esetleges különbségeket is.

2. Célkitűzések

2.1. Navigált gyökércsatorna preparálás során termelődő hőmérséklet *in vitro* vizsgálata

Annak ellenére, hogy a navigált (guided) endodonciai preparálás egy új, magas színvonalú technológia, a tudományos szakirodalomban korlátozott számban érhetőek el az irányított endodonciai fűrés során bekövetkező hőmérséklet-változásokat vizsgáló közlemények. Továbbá azok a kutatások is korlátozottak, melyek a preparálás során bekövetkező hőmérséklet-változást befolyásoló különböző fűrés paraméterek hatásait vizsgálták. Kutatásunk során négy hőmérséklet-

változást befolyásoló paramétert vizsgáltunk: az endodonciai fúrás előtti bemeneti kavitas megléte vagy hiánya, a fúrési sebesség (fordulatszám), a hűtés és a hűtőfolyadék hőmérséklete.

Vizsgálatunk célja a gyökérfelületek hőmérséklet változásainak meghatározása volt navigált gyökércsatorna preparálás során a fent említett különböző fúrési paraméterek alapján.

2.2. Különböző átmérőjű üvegrost megerősített csapok push-out vizsgálata

A szakirodalomban számos közlemény érhető el, mely az intraradikuláris csapok kötési, rögzítési erősségét (bond strength) vizsgálja. A kötőerőt számos tényező befolyásolja. Fontos szerepe van önmagának csapnak (anyag, karakterisztika stb.), a ragasztóanyagnak (típus, vastagság stb.), a ragasztóanyag és a csap közötti kapcsolatnak (melyet befolyásol a csap felületkezelése, felszíne stb.), valamint a ragasztóanyag és a gyökércsatorna fala közötti kapcsolatnak is (melyet befolyásol a bondozás sikere, visszamaradt guttapercha stb.). Ezen vizsgálatok legtöbbször a ragasztási paraméterek megváltoztatásával (felületkezelés, ragasztóanyag stb.) foglalkoznak, illetve különböző gyártók által forgalmazott csapkészleteket hasonlítanak össze. Korlátozott számban érhetőek el olyan vizsgálatok, melyek a ragasztási paraméterek változtatása nélkül, ugyanazon csaprendszer különböző átmérőjű csapjait hasonlítják össze.

Kutatásunk célja az volt, hogy megvizsgáljuk a gyökércsatorna különböző régióiban különböző átmérőjű üvegszál megerősítésű csapok esetében a kötőerőt (bond strength) push-out tesztekkel. Az első nullhipotézisünk azt mondta ki, hogy különböző csapátmérők esetén a kinyomási kötőerő (Push-out bond strength - PBS) ugyanolyan nagyságú lesz. A második nullhipotézisünk azt állította, hogy a gyökércsatorna hossza mentén a PBS egyenletesen oszlik el, a vizsgált régiók között eltérés nem lesz tapasztalható.

3. Anyag és módszer

3.1. Navigált gyökércsatorna preparálás során termelődő hőmérséklet *in vitro* vizsgálata

Ebben a vizsgálatban hetvenkét, egyenes gyökérrel és szűk gyökércsatornával rendelkező humán fogat használtunk fel. A fogakat IV. osztályú, szuperkemény gipszből és akrilátból készült tartóba ágyaztuk, mely biztosította a stabil rögzítést a vizsgálatok során. Összesen hat tartó készült, melyekbe tizenkét-tizenkét, összesen 72 fogat helyeztünk el. A tartó külső oldalán, a gyökerek középső harmadának felszínéig érő csatornák lettek kialakítva a digitális hőmérő hővezető elektródái számára.

Mindegyik tartóról CBCT-felvételt készítettünk Planmeca ProMax 3D képalkotó rendszer segítségével 200 mikron felbontásban és 8×8 mm-es FOV méretben. A CBCT felvételek egy navigált műtéti tervezéshez

használt szoftverbe töltöttük fel, melynek segítségével megterveztük az endodonciai fúrósablonokat. Ezt követően 3D-s nyomtatással, átlátszó műgyanta (rezin) anyagból készültek el a fúrósablonok.

A tartóban kialakított csatornát termikus anyaggal töltöttük fel, majd a hővezető elektródát a csatornába helyeztük egészen a gyökerek középső harmadának felszínéig. A hővezető elektróda másik végét csatlakoztattuk egy digitális hőmérőhöz. A fogfelszín a perselyen keresztül megjelöltük, a sablon segítségével a zománcot gyémántfúró segítségével eltávolítottuk minden fogról vízhűtés alkalmazása mellett. Egyes, véletlenszerűen kiválasztott tartók esetében eltávolítottuk a dentint is (sablon és vízhűtés használata mellett), létrehozva egy bemeneti kavitást. A bemeneti kavitások kialakítása után az \varnothing 1,0 mm spirál fúró felhasználásával elvégeztük a navigált endodonciai preparálást, mely során regisztráltuk a hőmérséklet-emelkedéseket.

A vizsgálat során négy hőmérséklet-változást befolyásoló paramétert vizsgáltunk: (1) az endodonciai fúrás előtti bemeneti kavitás előkészítése, (2) a fúrási sebesség, (3) a hűtés és (4) a hűtőfolyadék hőmérséklete. Tizenkét fogat osztottunk be a következő tesztcsoportok mindegyikébe:

1. csoport: Navigált fúrás bemeneti kavitás előkészítése nélkül (kizárólag zománc elvétellel) 800 ford./perc sebességgel, hűtés nélkül.

2. csoport: Navigált fúrás bemeneti kavitás előkészítése nélkül (kizárólag zománc elvétellel) 1000 ford./perc sebességgel, hűtés nélkül.

3. csoport: Navigált fúrás bemeneti kavítás előkészítését követően (zománc és dentin elvétel) 1000 ford./perc sebességgel, hűtés nélkül.

4. csoport: Navigált fúrás bemeneti kavítás előkészítését követően (zománc és dentin elvétel) 800 ford./perc sebességgel, hűtés nélkül.

5. csoport: Navigált fúrás bemeneti kavítás előkészítését követően (zománc és dentin elvétel) 1000 ford./perc sebességgel, 21 °C fokos hűtőfolyadékkal való hűtéssel.

6. csoport: Navigált fúrás bemeneti kavítás előkészítését követően (zománc és dentin elvétel) 1000 ford./perc sebességgel, 4-6 °C fokos hűtőfolyadékkal való hűtéssel.

A statisztikai elemzéseket az SPSS elemző szoftverrel végeztük. A Kolmogorov-Szmirnov tesztet alkalmaztuk az adatok eloszlásának normalitás vizsgálatára. A hőmérséklet-változásokat az egyes csoportok között egyutas ANOVA-val, majd a Tukey-féle HSD post hoc teszttel hasonlítottuk össze. A 0,05 alatti P értékeket szignifikánsnak tekintettük.

3.2. Különböző átmérőjű üvegrost megerősített csapok push-out vizsgálata

A vizsgálatban negyven egygyökerű, ép mandibuláris premoláris fogat használtunk. A fogak koronáját a cement-zománc határnál szeparáltuk a gyökerektől egy gyémántbevonatú körfűrészszel, bőséges vízűtés mellett. A gyökércsatorna hosszának standardizálása érdekében az

összes gyökeret 14 mm hosszúságúra vágtuk. Ezt követően elvégeztük a gyökerek endodonciai ellátását az alábbi paraméterek szerint: #40 méretű apikális stop, #60 méretű step-back, laterál kondenzációs technikával történő végleges gyökértömés. A bemeneti kavitást fényrekötő ideiglenes tömőanyaggal zártuk.

A gyökereket véletlenszerűen négy vizsgálati csoportra osztottuk, a vizsgált csapok átmérője szerint: Ø 1,0 mm (1. csoport), Ø 1,2 mm (2. csoport), Ø 1,5 mm (3. csoport) és Ø 2,0 mm (4. csoport). Minden csoport tíz-tíz gyökeret tartalmazott.

A végleges gyökértöméseket #3 Gates-Glidden fúróval távolítottuk el, kivéve az apikális harmadban található utolsó 4 mm-t. Mindegyik gyökércsatornát a minták okkluzális felszínétől számított 10 mm-es munkahosszon készítettük elő. A csapragasztást minden esetben a gyártó utasításai szerint végeztük (Futurabond DC SingleDose bond, QuickMix Rebuilda DC beragasztó- és csonkfelépítő cement).

A csapok push-out vizsgálatához minden gyökeret három részre szeleteltünk egy 0,5 mm vastag gyémántbevonatú körfűrész felhasználásával. A szeletelés 1 mm-rel CEJ alatt kezdődött. Minden régióból egy-egy szeletet választottunk ki 1, 4 és 7 mm mélységben, létrehozva egy koronális („C” régió), egy középső („B” régió) és egy apikális („A” régió) szeletet, egyenként 2 mm vastagsággal, jelölve az apikális felszínüket. A szeletelést követően 116 mintaszelet állt rendelkezésünkre. Mindegyik szeletet egy elkülönített és felcímkézett, steril sóoldatot tartalmazó Eppendorf-mintacsőbe helyeztük és a Budapesti Műszaki és

Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar Anyagtudomány és Technológia Tanszékére szállítottuk, ahol elvégezték push-out méréseket. A szeleteket egyenként rögzítették egy speciális tartóban, amelyet kifejezetten erre a vizsgálatra terveztek és gyártottak. A tartó geometriájának és funkciójának köszönhetően a szeletek optimális helyzetben voltak rögzíthetőek a teljes push-out vizsgálat során. Az üvegszál erősítésű csapok kinyomásához acél (X210Cr12) csapvégű rudakat használtak, különböző átmérőkkel, csapok átmérőjének megfelelően. A terhelést apiko-koronális irányból alkalmazták a gyökércsatorna konicitása miatt.

A push-out vizsgálatokat egy kereskedelmi forgalomban kapható Instron® 5965 szakítógéppel végezték el. Az erőket az elmozdulás függvényében valós időben rögzítette a szakítógép szoftvere, majd meghatározta a csúcserőket. Az MPa-ban kifejezett kinyomási (push-out) kötőerő kiszámításához a regisztrált csúcserőket (N) elosztottuk a ragasztási felület nagyságával, ami pontosabb összehasonlítást tesz lehetővé, mivel az erőt egységnyi ragasztási felületre számolja.

Az adatok statisztikai értékeléséhez SPSS elemző szoftver használtunk. Az adatok eloszlásának ellenőrzésére Kolmogorov-Smirnov tesztet és Shapiro-Wilk tesztet használtunk. Tukey post-hoc tesztet és faktoriális ANOVA-t használtunk a független csoportok összehasonlítására a gyökércsatorna három régiója és a négy különböző méretű oszlop között.

4. Eredmények

4.1. Navigált gyökércsatorna preparálás során termelődő hőmérséklet *in vitro* vizsgálata

A legmagasabb átlaghőmérsékletet az előzetes bemeneti kavitás előkészítése nélküli preparálásnál figyeltük meg. Ebben a kísérleti összeállításban a 800 RPM-es fűrési sebesség (1. csoport) magasabb átlaghőmérsékletet ($14,62\text{ °C} \pm 0,63$) eredményezett, mint az 1000 RPM-es fűrési sebesség (2. csoport) ($13,76\text{ °C} \pm 1,24$). A két csoport közötti különbség statisztikailag nem volt szignifikáns ($p = 0,243$), de mindkét csoport szignifikánsan magasabb ($p < 0,01$) hőmérsékletet mutatott, mint bármelyik, bemeneti kavitással rendelkező csoport (3., 4., 5. és 6. csoport).

Azokban a csoportokban, ahol bemeneti kavitást preparáltunk (3. és 4. csoport), szignifikánsan alacsonyabb ($p < 0,01$) átlaghőmérsékletet ($10,09\text{ °C} \pm 1,32$, illetve $8,90\text{ °C} \pm 0,50$) mértünk a bemeneti kavitással nem rendelkező csoportokhoz képest (1. és 2. csoport). A 3. és 4. csoport azonban szignifikánsan magasabb átlaghőmérsékletet mutatott azokhoz a csoportokhoz képest, melyekben hűtést alkalmaztunk (5. és 6. csoport; $p < 0,01$). Ebben a kísérleti elrendezésben (bemeneti kavitás előkészítése, hűtés nélküli preparálás) szignifikáns hatása volt a fűrősebességnek: 1000 RPM szignifikánsan magasabb átlaghőmérsékletet eredményezett, mint 800 RPM ($p < 0,05$).

A hűtés szignifikánsan csökkentette ($p < 0,01$) az átlaghőmérséklet-emelkedést mind az 5. ($4,01 \text{ °C} \pm 0,22$) és 6. ($1,60 \text{ °C} \pm 1,17$) csoportban a nem hűtött csoportokhoz képest (1., 2., 3. és 4. csoport). A hűtőfolyadék hőmérséklete szignifikánsan befolyásoló tényező volt ($p < 0,01$): a hűtött hűtőfolyadék ($4\text{-}6\text{°C}$, 6. csoport) előnyösebb volt, mint a szobahőmérsékletű folyadék (21 °C , 5. csoport) alkalmazása azonos fűrási fordulatszámon (1000 RPM) történő preparálás során.

4.2. Különböző átmérőjű üvegrost megerősített csapok push-out vizsgálata

A legkisebb csúcserő értékeket (N) az apikális („A” régió) csap szeleteiben kaptuk, míg a legmagasabb értékeket a középső („B” régió) szeleteiben (az $1,0 \text{ mm}$ -es csap kivételével). Átlagosan a $2,0 \text{ mm}$ átmérőjű csapoknál volt a legmagasabb csúcserő érték, $111,99 \pm 10,40 \text{ N}$, míg az $1,0 \text{ mm}$ átmérőjű csapoknál volt a legalacsonyabb, $99,98 \pm 8,05 \text{ N}$.

Az eredmények változtak, amikor a csúcserőket elosztottuk az egyes csap régiók számított ragasztási felületével. Az átlagos MPa érték a legmagasabb az $1,0 \text{ mm}$ -es csapok esetében volt ($18,20 \pm 1,67 \text{ MPa}$), míg a legalacsonyabb a $2,0 \text{ mm}$ -es csapok esetében ($12,08 \pm 1,05 \text{ MPa}$).

Mind a Kolmogorov-Szmirnov, mind a Shapiro-Wilk teszt normál eloszlást mutatott az adatokra ($p < 0,200$ és $p < 0,140$).

A csapok szeleteinek régiónkénti összehasonlítása nem mutatott szignifikáns különbséget az átlagos kinyomási kötőerő értékek között a három csoportban ($p = 0,219$, a faktoriális ANOVA elemzésnél), míg a csapok méretének összehasonlításakor a faktoriális ANOVA szignifikáns különbséget mutatott az átlagos kinyomási kötőerő értékek között a négy csoportban ($p < 0,002$). A Tukey post-hoc teszt többes összehasonlítása 5%-os szignifikancia szint mellett szignifikáns különbséget mutatott az 1,0 mm – 1,5 mm ($p < 0,023$) és az 1,0 mm – 2,0 mm ($p < 0,003$) csapok között.

5. Megbeszélés

5.1. Navigált gyökércsatorna preparálás során termelődő hőmérséklet *in vitro* vizsgálata

Bár különféle anatómiai változók, köztük a gyökércsatorna hossza és átmérője, valamint a gyökércsatornán belüli elmeszesedett szövet mind hozzájárulhatnak a hőtermeléshez, ezek nem változtatható tényezők, nem általánosíthatók. Az eljárási tényezők, melyeket változtathatunk, mint például a használt fúró típusa és újszerűsége (kopás mértéke), megfelelően előkészített bemeneti kavitás megléte, fúrési sebesség, hűtés, a hűtőfolyadék hőmérséklete szintén hozzájárulhatnak a hőtermeléshez. Ezeknek az eljárási tényezőknek a fontosságát és hatását azonban a tudományos kutatások nem vizsgálták teljeskörűen.

Az eredményeink azt mutatják, hogy ebben az *in vitro* vizsgálatban mind a négy vizsgált fúrási paraméter befolyásolta a hőtermelést. Kísérletünkben a navigált endodonciai preparálás előtti bemeneti kavitás előkészítésének hiánya káros hatású volt, mivel több, mint 10 °C-kal növelte a gyökérfelszín hőmérsékletét az alkalmazott fúrási sebességtől függetlenül.

Adataink azt mutatják, hogy a fúrás sebessége is nagy hatással van a hőtermelésre, azokban az esetekben is, mikor preparálás előtt előkészítettünk bemeneti kavitást. Úgy tűnik, hogy az alacsonyabb fordulatszám (800 RPM) kevesebb hőtermelést okoz, mint a nagyobb sebességű (1000 RPM) fúrás. Méréseink során átlaghoz közeli hőmérséklet értéket mértünk alacsonyabb fordulatszámú preparálásnál. Ez arra is utalhat, hogy az alacsonyabb sebességű preparálás kevésbé érzékeny a különféle gyökércsatorna-anatómiákra.

A fúró hűtése, valamint a hűtőfolyadék hőmérséklete szintén jelentős hatással volt a hőtermelésre, még a magasabb fúrási sebességek használata esetén is. A legmagasabb, hűtéssel mért hőmérséklet-emelkedés továbbra is alacsonyabb volt, mint a hűtés nélküli legalacsonyabb hőmérséklet-emelkedés. Hűtött hűtőfolyadék alkalmazásával két esetben a teljes fúrási folyamat során egyáltalán nem volt megfigyelhető hőmérséklet-emelkedés. Ezért feltételezhető, hogy a fúró hűtése a leginkább befolyásolható módszer a járulékos hőkárosodás csökkentésére. Vizsgálatunk 5. csoportjának átlaghőmérsékleti adatai ($4,01\text{ °C} \pm 0,22$) (bemeneti kavitás előkészítését követő, 1000 fordulat/perc sebességgel és szobahőmérsékletű hűtőfolyadék hűtéssel

történő preparálás) összhangban voltak publikált, navigált endodonciai preparálás csoportjának vizsgált átlaghőmérséklet adataival (5,07 °C).

Meg kell jegyezni, hogy ezek az adatok csak a jelen tanulmányhoz használt konkrét fűrotípusra vonatkoznak. A fűró anyaga, átmérője, alakja és a vágóél konfigurációja szintén hozzájárulhat a hőtermeléshez, azonban ezeknek a paramétereknek a tanulmányozása túlmutat vizsgálatunk keretein.

5.2. Különböző átmérőjű üvegrost megerősített csapok push-out vizsgálata

Vizsgálatunkban a csapok retencióját befolyásoló faktorok közül több változatlan maradt (endodonciai ellátás lépései, gyökércsatorna előkészítés, csap forma, ragasztási és cementezési protokoll, beavatkozási eljárások), addig a csapok átmérőjét megváltoztattuk. Összesen négy különböző átmérőjű rost megerősített csapot (\varnothing 1,0 mm, \varnothing 1,2 mm, \varnothing 1,5 mm és \varnothing 2,00 mm) használtunk fel és vizsgáltunk ebben a kísérletben.

Tanulmányunk alátámasztja más szerzők megállapításait: az egyes csapok kinyomási kötőereje az átmérők függvényében változik, illetve az előkészített gyökércsatornához jobban illeszkedő, annak alakjához jobban adaptálódó csapok érték el a legmagasabb eredményeket. A nagyobb kötőerő azzal magyarázható, hogy kisebb mennyiségű és vékonyabb rétegű ragasztó cement szükséges a csap felszíne és a dentinfal közötti tér

kitöltéséhez. Kevesebb ragasztócement felhasználásával az anyag polimerizációs zsugorodása minimálisra csökken, és kisebb feszültség keletkezik a kötőfelületen. A ragasztó cementek különböző fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek (például viszkozitás és folyás), amelyek a kötőerőt is befolyásolják: a nagyobb folyással rendelkező és kisebb viszkozitású anyagok tökéletesebben tudják kitölteni a tereket, ami jobb kötést eredményez. Más tényezők, mint például a gyökércsatorna előkészítés, a csapok felületkezelése és a különböző csaprendszerek, ugyancsak hozzájárulnak a kötőerőhöz. Gyakorlati szempontból a legpontosabban illeszkedő csapot kell ragasztani az előkészített gyökércsatornába, anélkül, hogy túlpreparálnánk és ezzel gyengítenénk a maradék fog- és a gyökérstruktúrát, valamint ezzel optimalizálva a ragasztócement vastagságát.

A gyökércsatornák régióinak összehasonlítása nem mutatott szignifikáns különbséget a három csoport átlagos értékei között ($p < 0.219$). Eredményeink hasonlóak a korábbi kutatásokhoz, a gyökércsatorna régiók között nem találtunk statisztikai különbséget, míg más vizsgálatok a legalacsonyabb kötőerőt az apikális harmadban, a legmagasabbat a középső harmadban érték el. Az apikális szegmensekben tapasztalható kisebb regisztrált kötőerő a bondozás gyakorlati megvalósítása (megfelelő mennyiségű bondanyag felvitele és szárítása), valamint a fűrő kilengése miatti megnövekedett dentinfal és csap közötti térrel magyarázható, mely vastagabb cementréteg kialakulásához és fokozott polimerizációs zsugorodáshoz vezet.

A csapok retenciójához hozzájáruló egyéb tényezőket széleskörűen kutatták, azonban korlátozott számú tudományos közlemény található, ahol a tanulmány ugyanazon csaprendszer különböző átmérőjű csapjaira és a gyökérrégiókra összpontosított. A különböző átmérőjű csapok és gyökérrégiók összefüggései még további kutatásra szorulnak ahhoz, hogy megfelelően megbízható következtetést lehessen levonni belőlük.

6. Következtetések és eredményeink összefoglalása

Első vizsgálatunk alapján megállapítható, hogy az előzetes kavitás preparálás, a megfelelő fúrósebesség kiválasztása, valamint a hűtés és annak hőmérséklete is szignifikáns különbséget jelentett preparálásunk során. Az 1000 RPM-et meg nem haladó fúrási fordulatszámom végzett irányított endodonciai preparálás egy bemeneti kavitás előkészítését követően, állandó hűtéssel, szobahőmérsékletnél hidegebb folyadékkal biztosította a legjobb eredményt a járulékos hőkárosodás elkerülésében. A hűtés szükségessége ellentmond számos rendszer gyártói ajánlásával, így szükséges a téma további kutatása, amelynek eredményei a szakmai protokollok és utasítások esetleges felülvizsgálat is szükségessé tehetik.

Második vizsgálatunk eredményei szakirodalmi adatokkal alátámaszthatók: a csapok átmérőjének növelése nem növeli a kinyomási kötőerőt, sőt, arra negatív hatást fejt ki. A gyökércsatorna régiók közötti különbségről a szakirodalomban is ellentétes

következtésekről lehet olvasni. Egyes vizsgálatok nem találtak, míg más vizsgálatok kimutattak szignifikáns különbséget az egyes régiók között. Kutatásunk nem mutatott ki szignifikáns különbséget a három csoport között. Gyakorlati szempontból mindig a legpontosabban illeszkedő csapot kell ragasztani az előkészített gyökércsatornába, anélkül, hogy túlpreparálnánk és ezzel gyengítenénk a maradék fog- és a gyökérstruktúrát, valamint ezzel optimalizálva a ragasztócement vastagságát is.

Vizsgálataink korlátként említhető, hogy mindkét esetben *in vitro* kutatást végeztük, nem *in vivo*-t. Ezen korlátok miatt tanulmányunk és a témával kapcsolatos egyéb tanulmányok hiánya miatt további kutatásokra és adatokra van szükség ezekben a témákban.

7. Publikációs lista

7.1. PhD értekezéssel összefüggő publikációk listája

Rajnic Z, Mandel I, Nagy Á, Turzó K, Mühl A, Marada G. Effect of different parameters utilized for image guided endodontic root canal preparation on temperature changes: an in vitro study. *BMC Oral Health*. **2024**;24(1):76. Published 2024 Jan 13. doi:10.1186/s12903-023-03799-x

Q1; IF₂₀₂₃ 2.6

Rajnic Z, Pammer D, Kőnig-Péter A, Turzó K, Marada G, Radnai M. Push-Out Bond Strength of Glass Fiber Endodontic Posts with Different Diameters. *Materials (Basel)*. **2024**;17(7):1492. Published 2024 Mar 25. doi:10.3390/ma17071492

Q2; IF₂₀₂₃ 3.1

7.2. PhD értekezéshez nem kapcsolódó publikációk listája

Markovics D, Szendi R, Vicko K, Rajnic Z, Marada G, Radnai M. A kombinációs szindróma gyakorisága a Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ Fogpótlástani Tanszékén a 2009 és 2014 között készült orthopantomogramok alapján [Incidence of combination syndrome based on the orthopantomograms made between 2009 és 2014 at the Department of Prosthodontics,

University of Pécs, Hungary]. *Fogorv Sz.* **2016**;109(1):23-27. doi:10.33891/FSZ.109.1.23-27

Rajnicz Zs, Marada G, Moetaz E, Radnai M. Effects of Silane on the Push-out Bond Strength of Fiber-reinforced Resin Posts luted with different Self-adhesive Resin Cements. *Int J Experiment Dent Sci.* **2017**;6(1)22-25. doi:10.5005/jp-journals-10029-1148

Rajnicz Z, Radnai M. The effect of Periogen solution on dental calculus in vitro: A pilot study. *Int J Experiment Dent Sci.* **2017**;6(1):33-34. doi:10.5005/jp-journals-10029-1150

7.3. PhD értekezéssel összefüggő konferencia előadások és poszter prezentációk listája

Rajnicz Zs, Pammer D, Marada Gy, Radnai M. Rebuilda üvegrost megerősített csapok retenciójának push-out vizsgálata. Fogpótlástani Napok: Magyar Fogorvosok Egyesülete Fogpótlástani Társaságának XXI. kongresszusa és továbbképző tanfolyamai, Pécs, Magyarország 2015.09.24. - 2015.09.26. – **Előadás (saját) – magyar**

Zsolt Rajnicz, Dávid Pammer, Anikó Péter, Gyula Marada, Márta Radnai. Push-out study of the retention of

Rebilda glass fiber-reinforced posts (PP 105). 40th European Prosthodontic Association (EPA) 65th German Society for Prosthetic Dentistry and Biomaterials (DGPro) Annual Conference. Halle, Németország 2016.09.15. - 2016.09.17. – **Poszter (saját) – angol**

Rajnicz Zsolt, Pammer Dávid, König-Péter Anikó, Marada Gyula, Radnai Márta. Különböző átmérőjű Rebilda üvegrost megerősített csapok retenciójának push-out vizsgálata. MAASZT XXI. Kongresszusa, Magyar Fogorvosok Egyesülete Fogpótlástani Társaságának XXII. Kongresszusa Debrecen, 2017. 09. 28-30. – **Előadás (saját) – magyar**

Rajnicz Zsolt, Mühl Attila, Marada Gyula. Navigált gyökércsatorna preparálás során termelődő hőmérséklet in vitro vizsgálata. Magyar Fogorvosok Fogpótlástani Társasága XXV. és Magyar Gnathológiai Társaság I. Konferenciája. Pécs, 2023. szeptember 21-23. – **Poszter (saját) - magyar**

Rajnicz Zsolt, Mandel Iván, Nagy Ákos, Turzó Kinga, Mühl Attila, Marada Gyula. Navigált gyökércsatorna preparálás során termelődő hőmérséklet in vitro vizsgálata. Magyar Élettani Társaság (MÉT) 86. Vándorgyűlése és a Magyar Mikrocirkulációs és Vaszkuláris Biológiai Társaság 2024. évi Konferenciája. Debrecen, 2024. május 29-31. – **Előadás (saját) - magyar**

7.4. PhD értekezéshez nem kapcsolódó konferencia előadások és poszter prezentációk listája

Rajnicz Z, Marada G, El-Hag M, Radnai M. Bond strength of fibre-reinforced resin posts. 39th Annual Conference of the European Prosthodontic Association. Prága, Csehország 2015.09.03. - 2015.09.05. – **Poszter (saját) – angol**

Markovics D, Szendi R, Vicko K, Rajnicz Z, Marada G, Radnai M. Incidence of combination syndrome over a five-year period at the University of Pécs, Department of Prosthodontics. 39th Annual Conference of the European Prosthodontic Association. Prága, Csehország 2015.09.03. - 2015.09.05. – **Poszter (nem saját) – angol**

Markovics D, Szendi R, Vicko K, Rajnicz Z, Marada Gy, Radnai M. A kombinációs szindróma gyakorisága a Pécsi Tudományegyetem Fogorvostudományi Szak Fogpótlástani Tanszékén az elmúlt öt évben készült panoráma röntgenek alapján. Fogpótlástani Napok : Magyar Fogorvosok Egyesülete Fogpótlástani Társaságának XXI. kongresszusa és továbbképző tanfolyamai, Pécs, Magyarország 2015.09.24. - 2015.09.26. – **Előadás (nem saját) – magyar**

Rajnicz Zsolt, Horváth Olivér, Gelencsér Gábor, Olasz Lajos, Radnai Márta. Az állcsonttörések gyakoriságának

és típusainak elemzése a Pécsi Tudományegyetem Szájsebészeti Klinikáján 2011 és 2015 között megjelent betegek adatai alapján. A Magyar Fogorvosok Egyesületének Árkövy Vándorgyűlése. Perspektívák a paro-implantológiában és a komprehenzív fogászatban. Szeged, 2016. május 5 – 7. – **Előadás (saját) – magyar**

Rajnicz Z, Radnai M. The effect of periogen solution on dental calculus In-vitro – a pilot study (PP 112). 40th European Prosthodontic Association (EPA) 65th German Society for Prosthetic Dentistry and Biomaterials (DGPro) Annual Conference. Halle, Németország 2016.09.15. - 2016.09.17. – **Poszter (saját) – angol**

Rajnicz Zsolt, Horváth Olivér, Gelencsér Gábor, Olasz Lajos, Radnai Márta. Etiology and incidence of maxillofacial trauma at University of Pécs between 2011 and 2015. 21st Congress of the European Association of Dental Public Health. Budapest, Magyarország 2016.09.29. - 2016.10.01. – **Előadás (saját) - angol**

Szerzői IF adatok

PhD értekezésben felhasznált közlemények: 5.7

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszöni témavezetőm, Prof. Dr. habil. Radnai Márta és társ témavezetőm, Dr. Marada Gyula segítségét a kutatások, vizsgálatok, közlemény- és PhD-értekezés írása során nyújtott elméleti és gyakorlati segítségükért.

Továbbá szeretném hálámat kifejezni szerzőtársaimnak (Kőnigné Dr. Péter Anikó, Dr. Turzó Kinga, Dr. Mandel Iván, Dr. Mühl Attila, Dr. Nagy Ákos Károly, Pammer Dávid), akik nélkül a dolgozatban felhasznált közlemények nem készülhettek volna el.

Köszönöm szépen a PTE KK Fogászati és Szájsebészeti Klinika dolgozóinak segítségét, akik bármilyen formában (mintagyűjtés, eszközhasználat, fényképek stb.) segítették kutatásainkat és az értekezés elkészülését.