

## **Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**A gyökércsatorna morfológia hatása a gyökércsatorna  
megmunkálásra és a gyökértömés minőségére**

Dr. Juhász Alexander

Témavezető: Dr. Dobó Nagy Csaba

Dr. Hegedűs Csaba



DEBRECENI EGYETEM

Fogorvostudományi Doktori Iskola

Debrecen, 2023

# A gyökércsatorna morfológia hatása a gyökércsatorna megmunkálásra és a gyökértömés minőségére

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében

a Klinikai orvostudomány tudományágban

Írta: Dr. Juhász Alexander okleveles fogorvos

Készült a Debreceni Egyetem Fogorvostudományi Doktori Iskolája

keretében

Témavezető: Dr Dobó Nagy Csaba

Dr. Hegedűs Csaba

Az értekezés bírálói:

Dr. Vág János PhD

Dr. Sarang Zsolt PhD

A bírálóbizottság:

elnök: Dr. Nánási Péter MTA doktora

tagok: Dr. Marada Gyula PhD

Dr. Kökényesi Sándor PhD

Az értekezés védésének helye és időpontja: Debreceni Egyetem  
Fogorvostudományi Kar, 213-as terem  
2024.03.07. 14 óra.

## 1. Bevezetés

A gyökérkezelés fő célja, hogy megállítsa a baktériumok propagációját a gyökércsatornán túlra, vagy a már a periapikális térbe jutott kórokozók által okozott gyulladásos folyamatok következményeit gyógyítsa. Ennek legfontosabb módja az, hogy a gyökércsatornában és a környező dentintubulusokban lévő baktérium kolonizációk számát a lehető legkisebbre lecsökkentve és a gyökércsatorna teljes falánál jól záró gyökértömést készítve lehessen megakadályozni a későbbi baktérium/bomlástermékek penetrációját a gyökércsatornában.

A gyökércsatorna egy komplex, lefutásában elágazásokkal és összeolvadásokkal rendelkező rendszer, mely a gyökércsúcs végéig érve számtalan variációval bírhat. A kezelő orvos szempontjából nagyon fontos tényező az, hogy a gyökércsatorna lefutása milyen? Mert egy relatíve egyenes lefutású gyökércsatornát technikailag könnyebb feltágítani az 'ideálishoz' megközelítő formához, mint a görbe lefutásút. A gyökércsatornák egyenességének vagy görbeségének leírására sok klasszifikáció létezik.

Még az egyenes gyökércsatornában sem képzelhető el igazán, hogy a megmunkáló műszer minden része érintkezik a gyökércsatorna egyik és másik oldali falával egyszerre és ezáltal szimmetrikusan preparál a gyökércsatornában. Ezzel szemben, a görbe gyökércsatornában biztosan vannak olyan területek, amelyek nem találkozhatnak a megmunkáló műszerrel normális működési szituációban. Ezen kívül, a mechanikus megmunkálásból adódóan egyre nagyobb átmérőjű és ezáltal egyre kevésbé flexibilis műszerek egyre intenzívebb kiegyenesedési hajlamot mutatnak a görbe gyökércsatornában. Ott, ahol érintkezik a megmunkáló műszer a gyökércsatorna falával, dentint távolít el. Ott, ahol nincs érintkezés, a gyökércsatorna fala megmunkálatlan marad. Ezért aszimmetrikus preparálás jön létre a gyökércsatorna egyik (külső görbületi ív), illetve másik (belső görbületi ív) falán. Ha ez a jelenség a gyökér apikális részén fordul elő, apikális transzportációnak (AT) hívja a szakirodalom. Az apikális transzportáció a műszerek tulajdonságából és pozíciójából kifolyólag legtöbbször a gyökér külső görbületi ívén jelentkező megmunkálási hiba.

Számtalanszor említett tény az endodonciai szakirodalomban, hogy csak a jól megmunkált gyökércsatornában lehet jó gyökértömést készíteni. Következésképpen, az endodonciai sikeresség egyik alapköve a jól megmunkált gyökércsatorna kell, hogy legyen. Mind a mindennapi alkalmazott rutinban, de még inkább a kísérletes körülmények között szükség van arra, hogy adekvátabb, érzékenyebb vizsgáló módszerekkel lehessen meghatározni a gyökértömések sikerességét.

A gyökértömések legfőbb komponense a szilárd, de megfelelő manipulációval ideiglenesen puhává tehető, majd a csatornában visszaszilárduló, anyagösszetételében állandó guttapercha. Mivel ez az anyag nem képes kitöltheti teljesen a gyökércsatornát, ezért szükséges alkalmazni egy másik fázist is, amely képes lehet baktérium penetráció mentes megfelelő zárást biztosítani a guttapercha poénok között (technika függően), valamint a guttapercha csúcs(ok) és a gyökércsatorna fala közt is. Ezt az eleinte folyékony fázisú, majd megkeményedő gyökértömő anyagot hívjuk sealernek. Ezeknek a sealeknek anyagtani tulajdonságaiknak köszönhetően fontos befolyása lehet a gyökértömő anyag és rendszer mikrobiológiai zárásának tekintetében, ami rosszabb esetben mikroszivárgást eredményezhet a gyökértömés és a gyökércsatorna fala mentén.

Két különböző anyagú és szerkezetű felület találkozási felszínét határfelületnek nevezzük. A határfelületek illeszkedése a közöttük lévő rés miatt nem tökéletes. Ebben a résben speciális fizikai-kémiai folyamatok zajlanak (diffúzió, penetráció, kapillaris hatás stb.) Kiemelkedő jelentőséggel bírnak a képződött rések a gyökértömött fogak esetében a gyökércsatorna fala és a gyökértömő anyag, valamint a guttapercha csúcsok között, mivel az itt kialakult térben baktériumok, azok bomlástermékei, toxinok, különböző molekulák, ionok akadály nélkül vándorolhatnak. Sok tanulmány hangsúlyozza, hogy a tömőanyagok nem fix, inert anyagok átjárhatatlan határfelületekkel, hanem dinamikus mikrohasadékokkal rendelkeznek, melyeket akár a mindennapos artikulációs terhelés indukál és változtat meg. Bár ezekben a mikrorésekből a szivárgás klinikailag detektálhatatlan, de a sikeres endodonciai terápiára ható fontos faktor, mert biológiai hatásai révén akár a gyökértömés sikertelenségét is okozhatja.

A folyadékfiltrációs vagy folyadéktranszport (fluid filtration or fluid transport) módszert Pashley (1983) dolgozta ki és Wu és mtsai. (1993) tették alkalmassá az endodontiai mikroszivárgás kérdésének vizsgálatára. A Hagen-Poiseuille egyenletből adódóan következtetni lehet a gyökértömés „passzázsának” legkisebb átmérőjére, ezáltal ez a módszer megmutatja, hogy a gyökértömés teljes hossza mentén milyen mértékű lehet a baktérium penetráció.

A nagy felbontású CT (mikro-CT vagy  $\mu$ CT) felvételek térbeli rekonstrukciói lehetnek akár a csont, vagy a fogak szerkezetének is. A CBCT-hez hasonlóan egy voxel alapú adatállományra történő röntgensugár általi leképezésének, melyben minden egyes képponthoz egy számérték rendelhető. Ez a szám arányos a vizsgált anyag megfelelő szerkezetének sugárgyengítési tényezőjével, így az anyag adott pontban megadott sűrűségével. A kapott szürkeárnyalatos adatállományból szegmentálással kijelölhetjük a vizsgálandó objektumot. A szegmentálás során manuálisan, vagy speciális software segítségével automatikusan sávokra bontható a teljes vizsgált anyag skála, a szürke szín véges számú árnyalatával ábrázolva és tartományokba sorolva a különböző struktúrájú röntgen elnyelő anyagokat, mint pl. zománc, dentin, gyökércsatorna stb.

A mikro-CT készülékek szoftverei alkalmasak a röntgensugarak által létrehozott 2D sorozatképek 3D alakítására, mérésre és prezentációra (SMI, A, V, alak faktor stb.) úgy, hogy az anyag külső és belső képleteit nem kell rontcsolni.

Az emberi fogak esetén nehéz standardizálni és megismételni a gyökércsatorna morfológiát, mert minden fog más és más belső struktúráját tekintve. Ha nem csak tanulási, gyakorlási, hanem kísérleti felhasználásra alkalmazzuk ezeket, tudnunk kell, hogy minden emberi fog egyedi és megismételhetetlen morfológiai szerkezettel bír, ami nem segít abban, hogy kísérletes körülmények között azonos beosztású csoportokban szerepeljenek. Ezért alkalmaznak endodonciai kísérletekben műanyag endodonciai blokkokat is. Ezek a műanyag blokkok standartizált gyökércsatorna lefutást biztosítanak mind a görbület, mind a keresztmetszet tekintetében.

Az extrahált emberi fog és az endodonciai műanyag blokkok anyagtani tulajdonságai természetesen különbözőek, de mégis

összehasonlítás alapját kell képezniük. A dentin mikrokeményisége 350-400 N/mm<sup>2</sup>, míg a műanyag endodonciai blokkoknál ez az érték 200-220 N/mm<sup>2</sup>, nagyjából a fele. Ráadásul a forgó mozgás kapcsán generálódó hő puhíthatja a műanyag szerkezetét. Ez is befolyásolhatja a mérési eredményeket. Valamint az is befolyásoló tényező lehet, hogy a megmunkálás által keletkezett, a gyökércsatorna/műanyag blokk falából levágott piciny forgács (dentin chips, resin chips) nem identikus méretű egymással.

Viszont, ha műanyag blokkokat használnak a kutatók, speciális, standardizált körülmények között tudják vizsgálni gyökércsatorna megmunkáló eszközök viselkedését, akár meghatározott görbületi szögek esetén is. A megmunkáló eszközök alapvető működése követhető így, bár a működési tulajdonságok csak megszorításokkal extrapolálhatóak a valódi fogakra! Ezért, kellő körültekintéssel kell követnünk minden olyan elemzést, amely szoros összehasonlítást említ a műanyag blokkok és az emberi fogak megmunkálásának összehasonlításában.

Dolgozatomban arra kerestem a választ, hogy a gyökértömések sikerességét milyen számos tényező befolyásolhatja. Vajon relevánsak-e ezek a később említett módszerek, ha in vitro kísérleti körülmények között végezzük? Vajon hűen modellezik, vagy értékelik azokat a történéseket, amik nem kísérletes körülmények között, hanem az élő szervezet fogaiban és környezetében fordul elő, történik? Jobb-e egy kísérleti folyamat adott pillanatban történő feltérképezése, vagy a hosszú távú követés nyújt-e relevánsabb információt ennek tanulmányozásához?

## 2. Célkitűzés

1. Meg kívánjuk határozni, hogy a gyökércsatorna forma hogyan befolyásolja a preparációs hibákat Flexofile műszerrel végzett step-back megmunkálás esetén.
2. Longitudinális folyadékfiltrációs vizsgálattal kívánjuk meghatározni, hogy a gyökércsatorna forma, vagy a gyökértömő anyag tulajdonsága van-e nagyobb hatással a gyökértömés rövid illetve hosszú távú zárási tulajdonságára.
3. Igazolni szeretnénk, hogy a folyadékfiltrációs kísérletünkben jelen lévő több változó (gyökércsatorna forma, gyökértömő anyag, szivárgási kategória, idő) együttes elemzésére alkalmas a fogászatban eddig még nem alkalmazott Rudas-féle Mixture Index of Fit ( $\pi^*$ ) statisztikai módszer.
4. Modellezni kívánjuk, hogy a háromdimenziós képalkotóval végzett preparációs változások kiértékelésére elfogadott SMI érték hogyan módosul az alkalmazott műszer szekvenciák használata folyamán.
5. Összehasonlító vizsgálattal szeretnénk igazolni, hogy a SMI módszernél hatékonyabb módszernek bizonyulhat a mikromorfológiai analízisre használt paraméterekből képzett  $\Delta A/\Delta V$  arányszám.

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1. Gyökércsatorna apikális transzportáció (AT) vizsgálata

##### 3.1.1. Gyökércsatorna megmunkálás és gyökértömés

Negyven egy gyökerű, egy gyökércsatornájú záródott apexű emberi fogat választottunk a kísérletünkhöz. A fogakat puffertartós formaldehid oldatban (pH 7,25) tartottuk a kísérlet kezdetéig. Minden fog gyökerét egy 15X15X20 mm-es műanyag blokkba ágyaztuk be. Minden egyes blokk sarkaiba két különböző átmérőjű acél csapágygolyót helyeztünk be, a későbbi röntgenes detektálhatóság érdekében. A fogak trepanálása és a pulpa Donaldson-tűvel történt exstirpálása (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Svájc) után digitális röntgen felvételeket (RVG, Trophy, Franciaország) készítettünk a fogakról mind bukkális, mind approximális nézetből. A radiológiai felvételek alapján a fogakat két csoportba osztottuk be. Az egyikbe 20 egyenes, a másik csoportba 20 görbe gyökércsatornájú fog került négy fokozatú polinomiális approximációs komputer grafikai klasszifikáció alapján.

Ezek a felvételek egyben a megmunkálatlan gyökércsatorna falait is mutatták. Ez alapján történt a gyökércsatorna tengelyének a két dimenziós meghatározása mindkét nézetben (bukkális, approximális). Az egyenes és a görbe gyökércsatornák megmunkálását ugyanaz a személy végezte Flexofile reszelőkkel (Dentsply-Maillefer Ballaigues, Svájc) step-back megmunkálás szerint. A mester file (MAF) mérete minden esetben ISO 30 volt. A csatornában utoljára használt reszelő mérete ISO 45 volt. A műszerek öt csatornánként cserélve lettek a műszertörés elkerülése illetve a tágitási hatékonyság megtartása érdekében. A kemo-mechanikus megmunkálás során folyamatos gyökércsatorna átöblítés történt minden műszer használata után 2.6%-os nátrium-hipoklorit oldat segítségével. (Hystolith, Lege Artis, Dettenhausen, Németország). A gyökércsatorna átjárhatóság biztosításának érdekében a tágitás után egy ISO 10-es átmérőjű Kerr tágitóval (Dentsply-Maillefer Ballaigues, Svájc) rekapituláltuk a teljes munkahosszt. A végső átmosásra 5 milliliter steril sóoldatot használtunk (Lege Artis, Dettenhausen, Németország). A gyökércsatornák kiszáritása identikus számú papír pointokkal (Dentsply-Maillefer Ballaigues, Svájc) történt.

Az egyenes és görbe csoportokat ezután két-két alcsoportra osztottuk (n=10), hogy teszteljük a különböző típusú sealerek gyökértömési tulajdonságait a különböző morfológiájú ( egyenes ill. görbe) gyökércsatornák esetén. A fogak felénél Sealapex kalcium-hydroxid típusú sealert (Kerr Manufacturing Co. USA), másik felénél zinc-oxide-eugenol (ZOE) tartalmú Pulp Canal Sealer (Kerr Manufacturing Co. USA) sealert használtunk gyökértömő pasztaként. Ezáltal a következő csoportokat alakítottuk ki:

1. csoport: egyenes csatorna Sealapex gyökértömés (eS)
2. csoport: görbe csatorna Sealapex gyökértömés (gS)
3. csoport: egyenes csatorna Pulp Canal Sealer gyökértömés (eP)
4. csoport: görbe csatorna Pulp Canal Sealer gyökértömés (gP)

Gyökértömésre mindegyik csoportban laterálkompakciós hideg guttapercha gyökértömési technikát alkalmaztunk. Ezután a fogakat 20 °C-on, 100%-os páratartalmú közegben tartottuk a további felhasználásig. A gyökércsatorna megmunkálási és gyökértömési procedúrákat egy orvos végezte a lehetséges személyi változók elkerülése érdekében.

### 3.1.2. A gyökércsatorna megmunkálás hibájának radiológiai vizsgálata

Újabb kétirányú (mesio-distalis és bucco-lingualis) posztoperatív digitális röntgen (rtg.) felvételeket készítettünk a gyökértömött fogakról.

A preparációs hibák előfordulásának gyakorisága és mennyiségi elemzése, azaz az apikális transzportáció (AT) meghatározása a feltágítás előtti és gyökértömés utáni röntgen felvételek egymásra illesztésével történt, tízszeres nagyítást alkalmazva. A digitális röntgen felvételek egymásra pozicionálását segítették a blokkok két sarkába beágyazott különböző méretű golyók. Az AT meghatározása a maximális preparációs aszimmetria megadásával történt.

Ennek alapja elsődlegesen a gyökércsatorna tengelyének meghatározása volt Briseno (1993) szerint. Az apikális transzportáció meghatározásánál az eredeti gyökércsatorna tengelye volt a referencia, mely hét középponti mérőpont alapján lett meghatározva. A mérőpontok a gyökércsatorna azonos magasságban lévő két oldali pontjának megfeleléséből adódtak.

A preparáció után az eredeti csatorna és a gyökértömött csatorna képeinek egymásra helyezésével, az eredeti csatorna tengelyéhez képest eltérő csatornafalak mértéke lett megadva (a csatorna eredeti tengelyétől lévő egyik illetve másik feltágított oldalszélesség egymásból kivonásával) abszolút értékben, 0,1 mm-es pontossággal. Így a tengelytől való nagyobb (aszimmetrikus) perparálás oldala nem, csak a mértéke volt mérhető. A gyökércsatorna feltágított szélességi változását tízszeres kinagyítással, megközelítőleg 0,1 milliméteres pontossággal határoztuk meg. Egyutas ANOVA és a Duncan-féle több tartományos tesztet használtunk az eredmények statisztikai analíziséhez.

### 3.2. Folyadékfiltrációs mérések

A gyökértömő anyagok teljes megszilárdulása után a fogakat dekoronáltuk, hogy egységesen 10 mm-es gyökérhosszakat kapjunk. A gyökerek külső átmérőjét a teljes hossza mentén egy gyémánt fissura fúróval a lehető leginkább kör keresztmetszetűvé alakítottuk át, hogy a folyadékfiltrációs kísérlethez megfelelő legyen a formájuk.

Ennek megfelelően a kísérlet során a gyökértömött fogakat hermetikusan rögzítettük egy műanyag csőben, amelyhez a fog apikális része után egy 1  $\mu$ l-es beosztású mikropipettát csatlakoztattunk. A mérőrendszert vízzel teljesen feltöltöttük és 20 °C-os vízfürdőbe merítettük. A kapilláris O pontjához egy légbuborék lett bejuttatva egy közbeiktatott fecskendő segítségével. A fog koronai része felől magasabb nyomást (1 atm túlnyomás) vezetünk a rendszerbe. A gyökértömés egyenletlenségein átjutó folyadék elmozdította a mikropipettában a légbuborékot, a mennyiségének megfelelően, ezáltal megmutatva a gyökértömés teljes hossza mentén bekövetkező mikroszivárgást.

A levegőbuborék elmozdulását a mikropapillárisban  $\mu\text{l}/\text{nap}$  értékben adtuk meg, 24 órát tartott a tesztelésünk.

A kísérletet közvetlenül a gyökértömés után végeztük, majd 1,3,9 és 12 hónap múlva újra megismételtük. A gyökértömések zárását Wu szerint kategorizáltuk (1993).

1. 0-0.4  $\mu\text{l}/\text{nap}$  (1 kategória) a rés átmérője kisebb, mint 2  $\mu\text{m}$   
**nincs szivárgás**
2. 0.4-20  $\mu\text{l}/\text{nap}$  (2 kategória) a rés átmérője 2-5  $\mu\text{m}$   
**nehézített szivárgás**
3. több mint 20  $\mu\text{l}/\text{day}$  (3 kategória) a rés átmérője több, mint 20  $\mu\text{m}$   
**akadálytalan szivárgás**

A mikroszivárgás eredmények regisztrálása, amelyek a két különböző csatorna forma alapján, valamint a két gyökércsatorna tömő anyag alapján egy éven keresztül történtek, a Rudas féle  $\pi^*$  index teszttel (1994) lettek elemezve. Ez a módszer egy alternatívája a klasszikus loglineáris statisztikai módszereknek és nagy előnye, hogy kis mintaszámmal is alkalmazható.

### 3.3. Micro-CT vizsgálatok

#### 3.3.1. Mintaválasztás és előkezelés

Tíz egyenes és tíz görbe gyökércsatornájú emberi felső metsző és szemfogat választottunk a kísérletünkhöz. A Schneider-féle beosztást (1971) alkalmaztuk a csoportba való szelektálás alkalmával. A tartomány alatti fogakat az egyenes  $<10^\circ$  és  $>25^\circ$ , míg az e fölé tartozó fogakat a görbe csoportba osztottuk be. Csak az egy gyökércsatornával rendelkező, záródott apexű és nem obliterálódott fogak kerülhettek be a csoportokba. A  $11^\circ$  és  $24^\circ$  között lévő görbülettel rendelkező fogakat kizártuk a kísérletből. A fogak trepanálása után a pulpa maradványokat Donaldson-tűvel (Dentsply-Maillefer, Svájc) távolítottuk el és semmilyen gyökércsatorna megmunkálást nem végeztünk még ebben az esetben. Ezután a fogakat 0.1% thymol oldatban tartottuk kísérletünk kezdetéig.

### 3.3.2. Az emberi fogak gyökércsatorna megmunkálása

Mind a húsz fogat (egyenesek és görbék) a Pro Taper Universal (Dentsply-Maillefer, Svájc) gyári protokoll betartásával véghezvitt gépi megmunkálási szekvenciával, nyomaték és forgási sebesség kontrollal rendelkező endo-motorral (Technika, Dentsply-Maillefer, Svájc) tágitottuk fel. SX gépi műszerrel bemenet tágitást végeztünk az orificiumon kicsit túljutva. Egy ISO 10-es méretű Kerr-tágítóval (Dentsply-Maillefer, Svájc) óvatos „óra felhúzó” (watch widening) mozgással előre haladva jutottunk el a gyökércsúcsig, amíg a műszer megjelent a foramen anatomikumnál. Ebből a hosszából 0,5 mm-t visszaszámolva határoztuk meg a korona identikus pontja és a megmunkálás terminális pontja (foramen fiziologikum) közti munkahosszt. Az S1 és S2 file-ok mindkét hosszon (2/3-ad és teljes munkahossz) való alkalmazása előtt ISO 10 és ISO 15-ös kézi tágítókkal (Dentsply-Maillefer, Svájc) tágitottuk elő a csatornákat. A Pro Taper file-okat (S1 és S2) finom csipegető mozgással mozgattuk lefelé haladva (pecking motion), de nem tovább, mint a gyökér kétharmada. Ezután a kézi eszközök teljes hosszon való használata után az S1 és majd az S2 file-okkal a teljes munkahosszon végbemenő gyökércsatorna megmunkálást végeztünk. Mind a kézi, mind a gépi műszereket Glyde-ba mártva (Dentsply-Maillefer, Svájc) végeztük a gyökércsatornák megmunkálását. Atmosó folyadékként Histolith 2.5% NaOCl oldatot alkalmaztunk (Lege Artis, Németország) 31-es méretű injekciós tűvel manuális befecskendezéssel. A gépi megmunkálás befejezése F1 és utoljára F2 file-okkal történt a teljes munkahosszon. A megmunkálását egy operátor végezte. A gyökércsatornák közti kontamináció, valamint a műszertörés elkerülése érdekében egy műszersorozatot csak egy csatorna mechanikus megmunkálására használtuk. A végső atmosás 5 mL steril sóoldattal történt (Lege Artis, Dettenhausen, Németország). Ezután a gyökércsatornák szárítását végeztük el identikus számú F2 Pro Taper papír pointtal. (Dentsply-Maillefer, Svájc)

### 3.3.3. A műanyag blokkok preparálása

Húszt átlátszó műanyag blokkot alkalmaztunk, hogy a Pro Taper emberi fogon történt megmunkálás eredményeit összehasonlíthassuk standard morfológiai körülmények között végzett tágitással. Ebből a húszt blokkból 10 teljesen egyenes gyökércsatorna lefutású (A-ETK-0 endotrainer, Frasaco, Tettang, Németország) és 10 db 30 fokos görbületű (A-ETK-30 endotrainer, Frasaco, Tettang, Németország) volt. A megmunkálás menete és anyaghasználata teljesen azonos volt az emberi fogak feltágításával egy tényezőtől eltekintve. Lubrikáló anyagként Glyde (Dentsply-Maillefer, Svájc) helyett glycerint választottunk a műanyag blokkok esetén, hiszen a kelát képző EDTA-nak nem volt ebben az esetben szerepe.

### 3.3.4. A minták mikro-CT szkennelése

A minták (mind a természetes fogak, mind a műanyag blokkok) megmunkálás előtt és után egy asztali mikro-CT készülékkel lettek szkennelve (SkyScan 1172, Bruker, Kontich, Belgium) 10 W, 100kV, és 98 $\mu$ A beállításokkal, 0.5mm alumíniumszűrővel, melyek eredményeként az izometrikus voxel méret 9 $\mu$ m volt. Az adatgyűjtés során a minták rotációjával a 2D-s vetületeket digitális formában rögzítettük és 3D-ben rekonstruáltuk.

## 3.4. Adatfeldolgozás

### 3.4.1. Térfogati (3D analízis)

A három-dimenziós adatfeldolgozáshoz a mikro-CT szkennelhez gyárilag tartozó SkyScan CTAn software-t használtuk (Bruker, Kontich, Belgium). A gyökércsatorna egyes elemei, a megmunkálás előtti és utáni felszín (A) és térfogati (V) manuális szegmentációval lettek meghatározva és megmértve a fuzzy eljárás szerint. A fuzzy-féle manuális szegmentálást eddig még nem alkalmazták fogorvosi jellegű közleményekben. Kísérletünk során kutatócsoportunk alkalmazta először adataink elemzéséhez.

A felszínváltozást ( $\Delta A$ ) és a térfogatváltozást ( $\Delta V$ ) úgy határoztuk meg, hogy a feltágított csatornaértékekből kivontuk a tágitatlan, natúr csatorna értékeket. A felszínváltozás és a térfogatváltozás arányát egymásra vonatkoztattuk a  $\Delta A/\Delta V$  hányados megadásával. Triangulációs adatfelhasználással adtuk meg a gyökércsatornák SMI értékét. Ez az index karakterizálja a gyökércsatorna keresztmetszeti geometriáját a gyökérnek a teljes hosszában. Ha az  $SMI=0$  ez egy három dimenziós szalag formát jelent, ha az  $SMI=3$  ez három dimenziós oszlop, ha akár 4, akkor ez gömb formát jelenthetne. Az emberi fogak eredményeinek elemzéséhez, miután kicsi volt a mintaszám, nem feltételeztünk normális eloszlást, ezért a Mann-Whitney U tesztet használtuk. A műanyag blokkoknál Kruskal-Wallis és Tukey-HSD post hoc tesztet alkalmaztunk eredményeink statisztikai analizéséhez [56].

#### 3.4.2. Keresztmetszeti (2D) analízis

Annak érdekében, hogy a gyökércsatornában dolgozó műszerek lehetséges excentrikus mozgását igazoljuk, tíz egyenes műanyag bloknál (A-ETK-0 endotrainer, Frasco, Tettang, Németország) 14 milliméterrel az apexről koronálisan határoztuk meg a vizsgálatunk síkjának magasságát. Ez nagyjából és általánosan a gyökércsatorna bemenet magassága körüli hossz szokott lenni átlagos gyökér méret esetén. Mikro-CT-vel elemeztük egy feltágítatlan műanyag blokkot. Majd ezt követve, a Pro Taper Universal protokollt alkalmazva végeztük el a műanyag blokkok feltágítását, hasonlóan az emberi fogakéhoz. Az F2 műszer volt az, amit utoljára alkalmaztunk a megmunkálás során. Ezután újabb m-CT elemzéssel vizsgáltunk és CTAn software (Bruker, Kontich, Belgium) segítségével határoztunk meg olyan tágítás utáni két-dimenziós paramétereket, melyek kiegészítették a három-dimenziós vizsgálataink jobb bizonyíthatóságát, vagy, akár, ezen paraméterek jobb mérhetőségét. A következő kétdimenziós mérőszámokat alkalmaztuk a felkínált Skyscan software lehetőségek közül:

Excentrikusság, alak faktor és körösödés.

A statisztikai analízis ebben az esetben egy utas ANOVA teszttel és két mintás t-teszttel történt.

## 4. Eredmények

### 4.1. Gyökércsatorna megmunkálás (apikális transzportáció)

Az apikális transzportáció (AT) előfordulási aránya 80% volt az egyenes csoportban és 85% a görbében.

Az AT átlaga 0,095 mm (SD 0,063) volt az egyenes csoportnál bukkális nézetben. Ez az érték 0,074 mm (SD 0,077) volt proximális nézet esetén.

A görbe csatornáknál 0,112 mm (SD 0,063) volt az eredmény bukkális nézetben. Proximális nézetben a görbe csatornáknál 0,087 mm (SD 0,074) lett a mérés eredménye. A csoportok között nem volt statisztikailag szignifikáns különbség az AT értékek tekintetében ( $p > 0,05$ ), a próba ereje  $F > 0,80$  volt.

### 4.2. Folyadékfiltrációs eredmények

A Sealapex egyenes csoportnál az első hónap eredményei hasonlatosak voltak a kiindulási eredményekkel, mely szerint döntő mértékben nem fordult elő szivárgás a gyökértömések mentén. Három hónapnál a gyökértömések zárása jelentősen romlott és ez volt megfigyelhető a 12 hónapos eredményeknél is.

A görbe gyökerű Sealapex csoportban az 1. osztályba (nincs szivárgás) tartozó eredménnyel rendelkező minták száma az első hónaptól kezdődően folyamatosan csökkent. Az eredményekből megállapítható volt, hogy tizenkét hónapnál az egyenes és a görbe csatornák értékei hasonlóságot mutattak a Sealapex csoportokkal.

A Pulp Canal Sealer egyenes csoportban minimális szivárgás romlás volt kimutatható a 9 és 12 hónapnál, míg a görbe Pulp Canal Sealer csoportban az egy hónapos szivárgás romlást további romlás követte a 12-ik hónapban.

A folyadékfiltrációs eredmények statisztikai vizsgálata a Rudas féle  $\pi^*$  indexel történt, melynek értéke 0,04 volt. Ez a fogorvostudományban először alkalmazott statisztikai módszer alternatívája a klasszikus loglineáris módszereknek és a legfontosabb jellemzője és erénye, hogy relative kis mintaszám (tíz alatti) esetén is megbízhatóan alkalmazható.

### 4.3. Mikro-CT vizsgálati eredmények

#### 4.3.1. Három dimenziós kiértékelés eredményei emberi fogak esetén

Az egyenes és görbe emberi fogak (n=10) Pro Taper Universal gépi gyökércsatorna megmunkálás utáni háromdimenziós kiértékelés átlag értékei és a standard deviáció a felszín/ térfogat változásnak és az SMI változásának értékei a következőket mutatták: A  $\Delta A/\Delta V$  értékek nem szignifikánsak az egyenes gyökércsatornájú fogak csoportján belül 2,05 (SD 0,88), de szignifikánsak 3,23 ( $\pm 0,30$ ) a görbe gyökércsatornájú csoportban ( $p<0,05$ ). Statisztikailag szignifikáns különbség ( $p=0,01$ ) van az egyenes és a görbe csoport között. Ezzel ellentétben a  $\Delta SMI$  értékek statisztikailag nem szignifikánsak sem az egyenes 0,64 ( $\pm 1,00$ ) és görbe 0,44 ( $\pm 0,47$ ) csoportok között ( $p=0,74$ ).

#### 4.3.2. Három dimenziós kiértékelés eredményei műanyag blokkok esetén

Az egyenes és görbe műanyag blokkok Pro Taper Universal gépi gyökércsatorna megmunkálás utáni háromdimenziós kiértékelés átlag értékei és a standard deviáció a felszín/ térfogat változásnak és az SMI változásának értékei ezt mutatták:  $\Delta A/\Delta V$  értékek statisztikailag szignifikánsak voltak az egyenes 6,13 ( $\pm 1,11$ ) és görbe 7,28 ( $\pm 0,79$ ) csoportokat egymással összehasonlítva ( $p<0,001$ ). A  $\Delta SMI$  értékben nem volt statisztikailag szignifikáns különbség az egyenes és a görbe csoport között.

#### 4.3.3. Két dimenziós kiértékelés eredményei

Az egyenes lefutású műanyag blokkokban a csúcstól koronálisan 14 mm-re mért két-dimenziós adatok Pro Taper Universal megmunkálás előtt és utáni eredmények a következők voltak. Az alak faktor esetén a preparálás előtti 0,898 ( $\pm 0,039$ ) és utáni értékek 0,833 ( $\pm 0,027$ ) között statisztikailag szignifikáns különbség ( $p<0,05$ ) volt. A körösödés értékében nem volt szignifikáns különbség a preparálás előtti és utáni műanyag blokkok között. Az excentrikusság preparálás előtti 0,08 ( $\pm 0,091$ ) és utáni 0,24 ( $\pm 0,044$ ) változása statisztikailag jelentős szignifikancia különbséget mutatott megmunkálás után az egyenes műanyag blokkokban ( $p<0,005$ ).

## 5. Összefoglalás

A fogból felé történő bakteriális inváziót számos szinten lehet megelőzni, illetve védekezni ellene. A pulpát érintő bakteriális penetráció következtében kivitelezendő therápiás beavatkozás(ok), nevezetesen a gyökércsatorna megmunkálás sikerességének okát próbáltuk vizsgálni olyan esetekben, amikor bizonyos kiindulási értékek ( gyökércsatorna lefutás) a vizsgálat során teljesen ellentétesek voltak.

Az egyenes és a görbe gyökércsatornák különbsége egyértelmű, ha akár csak a morfológiáról, de a megmunkálásról is van szó. Úgy gondolom, hogy a fog gyökérkezelésének és gyökértömésének egymásra épülő folyamataiban minden tényezőnek van egymásra hatása. Aztán azt a körülményt is vizsgáltuk, hogy ezek a megmunkálási és gyökértömési folyamatok hosszú távon milyen összefüggéseket mutatnak. Az egyértelmű volt, hogy a gyökércsatorna megmunkálási hibák (AT) fontos és valójában negatív jelentőséggel bírnak a gyökértömések hosszú távú sikerességének szempontjából.

A folyadékfiltrációs vizsgálatunk, amely hosszú távon elemezte a különböző típusú gyökértömő sealerek zárási tulajdonságát különböző morfológiájú fogcsoportok esetén azt bizonyította, hogy a Sealapex (Ca-hidroxid típusú) sealer jobban degradálódik az idő múlásával, mint Pulp Canal Sealer (ZOE-tartalmú). Nedves környezetben bekövetkezik a gyökércsatornában a gyökércsatorna falához igazodó zárási tulajdonságuk romlása. Lehet, hogy ezt a degradációjukból bekövetkező folyamatos romlást egy ideig képes kompenzálni a gyökértömések egy másik fázisának, a guttaperchának a nedvesség hatására bekövetkező, de csak limitált hatású és idejű duzzadása. Vizsgálatunk során az derült ki, hogy ezek az ellentétes hatások (degradáció, duzzadás) az idő során nem teljesen kompenzáló folyamatok. A sealerek degradációja folyamatos, a guttapercha duzzadása időleges. Ezért nem jöhet létre hosszú távon az, hogy ne romoljanak a gyökértömések zárási tulajdonságát elemző folyadékfiltrációs eredmények akár egyenes, akár görbe gyökércsatornákról legyen szó.

A mikro-CT rendkívül érzékeny in vitro vizsgáló módszer, mely bizonyítottan alkalmas a bonyolult gyökércsatorna morfológia feltérképezéséhez. A gyökércsatorna megmunkálás eredményei is kvantitatívan mérhetőek, hiszen a megmunkálás által létrejött háromdimenziós felszín, térfogat és SMI változás detektálható. Kvantitatív és kvalitatív eredményeket produkál úgy, hogy szeparált és szimultán 3D rekonstrukció érhető el vele. Hátránya, hogy magas az ára, időigényes a vizsgálat, magas a radiációs dózisa és sajnos alkalmatlan klinikai használatra. Kísérletünkben igazoltuk, hogy az SMI változás, mely majdnem minden gyökércsatorna megmunkálással foglalkozó mikro-CT közleményben közölt adat, nem érzékeny faktora a gyökércsatorna megmunkálásnak. Könnyen hihető, hogy a gépi megmunkálás során körösödő gyökércsatorna emeli az SMI értékeket, de ennek szignifikanciája mégis csak néhány közleményben szerepel. Az SMI értékeknek szerintünk kétirányú változása következik be a megmunkálás során. Az SMI növekedés mellett az SMI értékek csökkenése is bekövetkezik párhuzamosan, mert különösen a koronális harmadban excentrikusan dolgozó gépi műszer konkáv felületeket hozhat létre, ezáltal csökkentve az SMI értéket. Ez a kettősség okozza azt, hogy az SMI változás nem érzékeny faktora a gyökércsatorna megmunkálás eredményességének.

A gyökércsatorna megmunkálás teoretikusan akkor jó, ha a feltágított csatornának minél kisebb a felülete, hiszen a gyökércsatorna fala mentén jöhet létre a mikroszivárgás jelensége. Ha a feltágított gyökércsatornának minél nagyobb a térfogata az azért jó, mert úgy könnyebb jól kompaktált gyökértömést kivitelezni benne. Ezért gondoltuk azt, hogy a  $\Delta A / \Delta V$  arányszám jól mutathatja meg az ideális formához való igazodást. Minél kisebb ez a szám, annál ideálisabb a feltágított gyökércsatorna. Méréseink során statisztikailag szignifikánsan kisebb volt ez a paraméter egyenes csatornák esetén a görbékkel összehasonlítva. Ez is bizonyítja, hogy görbe gyökércsatornában sokkal nehezebb az ideálishoz közelítő feltágítást végezni. Ez a megállapítás vonatkozik nem csak a különböző morfológiával rendelkező emberi fogakra, hanem a standardizált műanyag blokkokra is. Hasonló szignifikanciái különbség mutatkozott egyenes és görbe műanyag blokkok feltágítása során is. A gyökércsatorna megmunkálása bonyolult folyamat, melyben fontos szerepe van a megmunkáló személynek. Még a

tapasztalt endodontusok esetén is előfordul a nem kívánatos csatornaforma kialakítása. A műszer a koronális harmadban, ahol kellő helytel rendelkezik és nem szabja meg a preparálást a gyökércsatorna falával való érintkezés, megmunkáló rendszertől függően excentrikusan dolgozhat. Ezért végeztünk olyan vizsgálatot műanyag blokkokon a gyökércsúctól 14 milliméterrel koronálisabban, ahol két dimenziós mérőszámokkal elemeztük a gyökércsatorna megmunkálás eredményességét. Ezek az alak faktor, a körösödés és az excentrikus preparálás voltak. A megmunkálás előtti és utáni adatokat összehasonlítva az derült ki a megmunkálás után, hogy az alak faktor szignifikánsan csökkent, az excentrikusság szignifikánsan növekedett és a körösödés értékei nem mutattak szignifikáns változást egyenes műanyag blokkok Pro Taper megmunkálás után.

## **6. Fontosabb eredmények és következtetések**

1. Az egyenes gyökércsatornák igen nagy hányadában apikális transzportáció alakult ki Flexofile műszerrel végzett step-back megmunkálás után. A görbe csatornában apikális transzportációt nagyobb mértékben találtunk, mint egyenes gyökércsatornák esetén.
2. A gyökértömések hosszú távú in vitro vizsgálatával bebizonyítottuk, hogy az alkalmazott két különböző típusú sealer esetén (Pulp Canal Sealer, Sealapex) a gyökértömések zárási tulajdonságát eleinte (egy hónap) alapvetően a gyökércsatorna formája befolyásolta, későbbiekben (egy év) a gyökértömő sealer anyaga.
3. Igazoltuk, hogy a folyadékfiltrációs kísérletünkben alkalmazott több változó (gyökércsatorna forma, gyökértömő anyag, szivárgási kategória, idő) együttes elemzésére jól használható a fogászatban eddig még nem alkalmazott  $\pi^*$  statisztikai módszer.
4. Igazoltuk, hogy az SMI érték korlátozott lehetőséggel bíró paraméter a gyökércsatorna megmunkálás jellemzésére. Mert az SMI érték a megmunkálás során negatív és pozitív irányba is változik, ezeknek az ellentétes előjelű változásoknak az eredője pedig esetleges.
5. Összehasonlító vizsgálattal bizonyítottuk, hogy a  $\Delta A/\Delta V$  index érzékenyebb faktora a gyökércsatorna megmunkálásának, mint a delta SMI.



Nyilvántartási szám: DEENK/105/2021.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Juhász Alexander

Doktori Iskola: Fogorvostudományi Doktori Iskola

### A PhD értekezés alapján szolgáló közlemények

1. **Juhász, A.,** Hegedűs, C., Márton, I., Benyó, B., Orhan, K., Dobó Nagy, C.: Effectiveness of Parameters in Quantifying Root Canal Morphology Change after Instrumentation with the Aid of a Microcomputed Tomography.  
*Biomed Res. Int.* 2019, 1-7, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/9758176>  
IF: 2.276
2. **Juhász, A.,** Verdes, E., Tóké, L., Kóbor, A., Dobó Nagy, C.: The influence of root canal shape on the sealing ability of two root canal sealers.  
*Int. Endod. J.* 39 (4), 282-286, 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01079.x>  
IF: 1.429

### További közlemények

3. Mensch, K., Simonffy, L., Dombi, C., Szabó, B. T., Varga, J., **Juhász, A.,** Dobó Nagy, C.:  
Endodontic and microsurgical treatments of maxillary lateral incisor dens invaginatus in combination with cone-beam-computed tomography fusion imaging.  
*Oral Radiol.* 33 (2), 1-6, 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11282-016-0257-5>  
IF: 0.466
4. **Juhász, A.:** Mikroszivárgás jelentősége az endodonciában: a gyakorlat számára levonható következtetések.  
*Fogorv. Szle.* 101, 43-48, 2008.
5. **Juhász, A.:** Mikroszivárgás-vizsgálatok az endodonciában (Módszertani összefoglaló).  
*Fogorv. Szle.* 101, 19-28, 2008.
6. **Juhász, A.,** Szabó, Z., Márton, I., Fejérdy, P., Dobó Nagy, C.: A gyökércsatorna morfológia hatása a mikroszivárgás mértékére.  
*Fogorv. szle.* 95 (1), 27-31, 2002.





7. Hegedűs, C., Flóra-Nagy, E., Martos, R., Juhász, A., Fülöp, I., Pomaházi, S., Nagy, I. P., Tóth, Z., Márton, I., Keszthelyi, G.: 3D reconstruction based on hard tissue microtome cross-section pictures in dentistry.  
*Comput. Methods Programs Biomed.* 63 (2), 77-84, 2000.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2607\(00\)00059-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2607(00)00059-6)  
IF: 0.581
8. Tókes, L., Juhász, A., Dobó Nagy, C.: Kalcium-hidroxid és cink-oxid-eugenol-tartalmú gyökértömő paszták összehasonlító szélizáras vizsgálata.  
*Fogorv. Szle.* 90, 301-306, 1997.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,752

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):  
3,705

A DEENK a Jelölt által az IDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2021.03.22.



1. **Juhász, Alexander**; Hegedus, Csaba; Marton, Ildiko; Benyo, Balazs; Orhan, Kaan; Dobó-Nagy, Csaba: Effectiveness of Parameters in Quantifying Root Canal Morphology Change after Instrumentation with the Aid of a Mikrocomputed Tomography. BIOMED RESEARCH INTERNATIONAL 2019 Paper: 9758176, 6 p. (2019)
2. Mensch, Karoly; Simonffy, Laszlo; Dombi, Csaba; Szabó, Bence Tamas; Varga, Jozsef; **Juhász, Alexander**; Dobo-Nagy, Csaba: Endodontic and microsurgical treatments of maxillary lateral incisor dens invaginatus in combination with cone-beam-computed tomography fusion imaging. ORAL RADIOLOGY 33: 2 pp. 147-152., 6 p. (2017)
3. **Juhász, A**; Varga, J.; Dobó, Nagy Cs: Mikro-CT investigation of Pro Taper instrumented root. In: ACTA PHYSIOLOGICA HUNGARICA pp. 110-111., 2 p. (2010)
4. **Juhász, Alexander** Mikroszivárgás-vizsgálatok az endodonciában (Módszertani összefoglaló). FOGORVOSI SZEMLE 101 pp. 19-28., 10 p. (2008)
5. **Juhász, Alexander**: Mikroszivárgás jelentősége az endodonciában: a gyakorlat számára levonható következtetések. FOGORVOSI SZEMLE 101 pp. 43-48., 6 p. (2008)
6. **Juhász, A**; Verdes, E; Tokés, L; Kóbor, A; Dobó-Nagy, C: The influence of root canal shape on the sealing ability of two root canal sealers. INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL 39: 4 pp. 282-286., 5 p. (2006)
7. **Dr. Juhász, Alexander**; Dr. Szabó, Zoltán; Dr. Márton, Ildikó; Dr. Fejérdy, Pál; Dr. Dobó-Nagy, Csaba: A gyökércsatorna morfológia hatása a mikroszivárgás mértékére. FOGORVOSI SZEMLE 95 pp. 27-31., 5 p. (2002)

8. Hegedűs, C; Flóra-Nagy, E; Martos, R; **Juhász, A**; Fülöp, I; Pomaházi, S; Nagy, IP; Tóth, Z; Márton, I; Keszthelyi, G: Simplified 3D reconstruction based on hard tissue mikrotome cross section pictures in dentistry.  
COMPUTER METHODS AND PROGRAMS IN BIOMEDICINE 63 pp. 77-84., 8 p. (2000)
9. **Juhász, A.**; Kocsis, K.; Szabó, Z.; Verdes, E.; Dobó, Nagy Cs: Mikroleakage extension in respect to root canal morphology.  
In: INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL pp. 200-201., 2 p. (1998)
10. Tőkés, Levent ; **Dr. Juhász, Alexander**; Dr. Dobó, Nagy Csaba: Kalcium-hidroxid és cink-oxid-eugenol tartalmú gyökértömő paszták összehasonlító szélizárás vizsgálata.  
FOGORVOSI SZEMLE 90. pp. 301-306., 6 p. (1997)
11. **Juhász, Alexander**; Hegedűs, Csaba; Flóra-Nagy, Emese; Márton, Ildikó: Semi-quantitative, three-dimensional leakage study of three endodontic sealers  
In: INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL 1996. p. 200 (1996)