

Ph.D. értekezés tézisei

**AZ ORTODONCIAI MINI IMPLANTÁTUMOK BEHELYEZÉSI
PARAMÉTEREINEK IN VITRO ILLETVE SIKERESSÉGÉNEK
RETROSPEKTÍV KLINIKAI VIZSGÁLATA**

Dr. Gurdán Zsuzsanna

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola

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

Programvezető: Prof. Dr. Olasz Lajos

Témavezető: Dr. Szalma József egyetemi docens



Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar

Fogászati és Szájsebészeti Klinika, Pécs

2017.

BEVEZETÉS

Az állcsonti és fogazati anomáliák előfordulása évről évre nő. Hazánkban 2000-ben történő epidemiológiai felmérés szerint az anomáliák előfordulása 70,4%-os gyakoriságot mutatott. Ezen adatok is alátámasztják a fogszabályozó kezelés fontosságát. A fogszabályozó kezelés során a fogmozgathoz alkalmazott bármilyen erőhatás esetében számolni kell azonos nagyságú, ellentétes irányú erőhatással (Newton III. törvénye, 1687). Ezért a sikeres végeredmény eléréséhez kulcsfontosságú az elhorgonyzás, egy ellenoldali megtámasztás formájában. Proffit definíciója szerint „az elhorgonyzás a nem kívánatos fogelmozdulás megakadályozása”. Ezen cél érdekében alkalmazott standard alternatívák, mint dentális támaszték (elasztikus intermaxilláris ligatúra, intraorális kiegészítő elemek) és extraorális támaszték (headgear, arcmaszk) manapság egyre inkább háttérbe szorúlnak, különösen felnőtt páciensek esetében. Abszolút horgonylat hagyományos implantátumokkal, mini lemezekkel, ankilotizált fogakkal és mini csavarokkal biztosítható.

A kifejezetten ortodonciai célra kifejlesztett mini csavarok általában 1,4-2,5 mm-es átmérőjű és 6-12 mm-es hosszúságú változatokban alkalmazhatóak. A titán csavarok közös jellemzője, hogy a fémesztergáláson kívül egyéb felületkezelés nem történik. A stabilizációs mechanizmust a hagyományos fogászati implantátumokkal szemben, mini csavarok esetén a mechanikus zár biztosítja. Az osseointegráció hiánya miatt az ortodonciai csavarok eltávolítása könnyen kivitelezhető. Ennek megfelelően az angol nomenklátúra ideiglenes horgonylati eszköznek, Temporary Anchorage Device-nak (TAD) nevezi őket. A mini csavarok kialakítása alapján megkülönböztetünk önmetsző (self-tapping) és önfúró (self-drilling) típusokat. Az önmetsző implantátumok csontba való behelyezése előtt előfúrás szükséges, amelynek mértéke a kortikális csontkínálattól függ. Az önfúró mini csavar esetén nem szükséges előfúrás, alkalmazása a vékonyabb, kevésbé tömör csontba (maxilla) ajánlott. Mandibulában, vastag kortikálissal bíró állcsontrészekben történő elhorgonyzás esetén mindig javasolt előfúrás, a használt implantátum típusától függetlenül, a mini csavar behajtása előtt.

Az előfúrás során mindig számolni kell hőterheléssel. A csont kortikális vastagsága a fúrási idők mellett, a csontban keletkező hőmérsékleteket is befolyásolja. A tipikusan elfogadott vizsgálatokon alapuló következtetés az, hogy a hőtermelés során a veszélyeztetett tartomány, mely a csont túlélését veszélyezteti, 47 °C több mint egy percen keresztül.

CÉLKITŰZÉSEK

Sajnos az irodalomban nem találtunk konkrét irányelveket, direktívákat azt illetően, hogy hányszor használják, illetve javasolt használni a fűrőket egy mini csavar behelyezéshez társuló előfűrés során úgy, hogy biztosan ne okozzanak termális oszteonekrózt a csontpreparálás alatt. Úgyszintén nincsenek a szájsebészek és a klinikusok számára tipikus jelei, az elfogadhatatlan fűrő kopásnak, illetve a megjelenő következményeinek. A valódi hőtermelésen alapuló jelek felismerése nagyon sokszor lehetetlen a szájsebészek és a klinikusok számára.

Elsődleges célunk volt, hogy meghatározzuk a mini csavar előfűrésakor keletkező hőmennyiséget 100, 200 illetve 1200-as fordulatszámokon, valamint összehasonlítsuk ezeken a fordulatszámokon az új és a kopott előfűrők használata során fellépő hőterheléseket. **Másodlagos célunk** az volt, hogy in vitro vizsgálatunk során meghatározzuk az előfűrés idejét a vizsgált fordulatszámok függvényében. **Harmadsorban** választ kerestünk arra a kérdésre, hogy az előfűrés befolyásolja-e a mini csavar kézi behajtása által okozott intraosseális hőterhelést? Hőmérsékleti szempontból szükséges-e az előfűrés? **További célunk** volt - kutatásunk eddigi eredményei alapján - kidolgozni egy a mindennapi gyakorlatban könnyen alkalmazható módszert, mellyel a mini implantátum behajtás során fellépő hőmérsékleteket csökkenteni tudjuk. Ezen célból a szobahőmérsékletű és behelyezés előtt lehűtött mini csavar kézi behajtása során mért hőterheléseket igyekeztünk meghatározni. **A retrospektív klinikai vizsgálat** során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy mely lokalizáció és fogmozgatás típus befolyásolta döntően a gyakorlatunkban alkalmazott azonnal terhelt mini csavarok sikerességét, a szövődmények előfordulását.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Az intraosseális hőterhelés meghatározása mini csavar előfúrása során, a kopottság és a fordulatszám függvényében

Az in vitro vizsgálataink helyszíne a Pécsi Fogászati és Szájsebészeti Klinika egyik légkondicionált helyisége volt, melynek hőmérsékletét tartósan 24 °C-ra állítottuk be. A vizsgálatokhoz sertésborda csontot használtunk, melynek kortikális vastagsága átlagosan 2,1-2,3 mm volt. A befaragott bordát a vizsgálati berendezés részét képező csont rögzítő egységbe helyeztük. A rögzítő egység legfontosabb része a csont biztos, megkívánt helyzetű rögzítését lehetővé tevő satu, mely biztosítja, hogy a termoszenzor mindig a megfelelő távolságban legyen a fúrástól. A hőmérsékletet mérő szenzor vertikálisan elhelyezve, 1 mm távolságra volt az előfúrás során kialakítandó „pilot hole” üregektől. A satura helyezett 4 lyukú minta adta meg a leendő fúrás és a lehetséges hőmérsékletmérés helyét. Ugyancsak biztosított volt a fúró sebességének megfelelő szabályozása. A készülék képes volt mérni a preparáció idejét milliszekundumban, és a közben termelt hőmérsékletet a preparáció kezdetétől, az előre megtervezett mélység eléréséig, ami 5 mm volt. Külön egység mérte a hőmérsékletet ellenállás hőmérőszondák segítségével, mely 0,1/1 °C érzékenységgel és 1/sec mérési, mintavételezési frekvenciával jellemezhető (EL-EnviroPad-TC, Lascar Electronics Ltd., Salisbury, Egyesült Királyság). A mikromotor (W&H Implantmed SI-915) a megadott fordulatszámra volt beállítva. A könyökdarabban rögzített aktuális fúró a csontfelszín érintésére állítottuk be. Az időmérőt nulláztuk, a megadott nyomást előállító súlyt pontosan bemértük. A fúró lábpedállal beindítottuk. A mikromotor tartónak a karját kiiktattuk, így a fúró az alkalmazott súlynak megfelelő erővel haladt a csontban, míg el nem érte a beállított 5 mm mélységet. Ekkor az időmérő automatikusan megállt, ugyanakkor a lábpedált felengedve a mikromotort megállítottuk és kiemeltük a fúró az üregből. Így a hőhatást kiváltó ok is megszűnt a megadott időpontban. A hőmérséklet kiindulási értékre történő visszaesésekor állítottuk csak le a hőmérő regisztráló egységet. A következő mérést úgy végeztük, hogy a satut eltoltuk a bordával együtt a következő fúrás helyére. Természetesen a következő méréshez kicseréltük a fúró a vizsgálat menetének megfelelően.

A hőterhelés mérésénél 1 mm átmérőjű előfúrókat (112-MC-201) használtunk. A koptatás kellő mértékű szimulálására az előfúrókat sertésborda csonton 150-szer végzett

előfűrés és ugyanennyi számú autoklávban (SterilClave 24 BHD, Cominox Co., Carate Brianza, Olaszország) végzett sterilizációs eljárásnak vetettük alá a mérés előtt. A befaragott, rögzített sertésborda csonton 240 üreg fűrésát végeztük el, 3 új és 3 koptatott előfűrés segítségével. Mind a 6 db előfűrésal, 40 üreg előkészítése közben regisztráltuk a hőmérséklet változást a csontban 100, 200, és 1200 fordulat/perc fordulatszámra. A kísérlet során a fűrésárakat jelölő gravírozással láttuk el, azonosítás céljából. 100 és 200 fordulat/perc fordulatszámra az axiális nyomás 20 N nagyságú volt, míg 1200 fordulat/perc fordulatszám esetében ezt 5 N-ra csökkentettük a korábbi ajánlásoknak megfelelően.

Az előfűrésési idők meghatározása a fordulatszám függvényében

Az előfűrés idejének meghatározása a már ismertett vizsgálati berendezés segítségével történt. Az időmérőt minden előfűrés megkezdése előtt lenulláztuk. Az előre meghatározott, 5 mm-es mélységű üreg elérését követően az időmérő automatikusan megállt. Az előfűrés idejének méréseit elvégeztük 100, 200, és 1200 fordulat/perc fordulatszámokra is, így összesen háromszor 40 fűrés alapján átlagoltunk.

A mini csavarok behelyezése során keltett intraosseális hőterhelések mérése, előfűrés után és előfűrés nélkül

Az előkészített üregekből véletlenszerűen kiválasztott 10 előfűrésba, kézi behajtó segítségével azonnal – a megszokott mindennapi klinikai alkalmazáshoz hasonlóan – behelyezésre kerültek a Jeil Dual Top Anchor rendszer (JEIL Medical Corp., Szöul, Koreai Köztársaság) 1,6 mm átmérőjű, 8 mm hosszúságú ortodonciai mini csavarjai. A kézi behajtás ideje alatt folyamatosan regisztráltuk a csontban keletkező hőmérséklet emelkedést. Ezt követően 10 mini csavar került behelyezésre érintetlen sertésborda csontba. Ezen kísérlet alatt is a hőterhelés folyamatos mérése történt a fent leírtak szerint.

Az ortodonciai mini csavarok előhűtésének hatása az in vitro behajtási hőterhelésre

A sertésborda csontok előkészítése, a hőmérséklet mérése és a mérési környezet megegyezett a korábbi in vitro vizsgálatoknál leírtakkal. Az első ütemben szobahőmérsékletű csavarokat, a második ütemben hűtött csavarokat használtunk. A

hűtött ütemben, nem csak a mini csavart, hanem az azt fogadó adapter ún. közti elemét is hűtöttük. A csavart és a behajtó műszert a behelyezések előtt néhány órával, mélyhűtő fiókkal rendelkező egyajtós hűtőszekrénybe helyeztük, mely $-0,4 - 0,7$ °C közötti hőmérsékletet biztosított.

Retrospektív klinikai vizsgálat a mini csavarok sikerarányának felmérésére

Vizsgálatunkban olyan fogszabályozó kezelésben részesülő páciensek vettek részt, akiknél ortodonciai mini csavart alkalmaztunk horgonylati elemként. 2014 novembere és 2016 novembere közötti időszakban, a Pécsi Fogászati és Szájsebészeti Klinikán kezelt páciensek körében végeztük a felmérést. A vizsgálatból kizártuk a dohányzó illetve a kezelést befolyásoló általános betegséggel rendelkező pácienseket.

Az összes beavatkozás során egy vagy több 1,6 mm átmérőjű, 8 mm hosszúságú önfűrő mini csavar (JEIL DUAL TOP ANCHOR SYSTEM, JEIL Medical Corp., Szöul, Koreai Köztársaság) került behelyezésre. Sikeresnek azokat a mini csavarokat vettük, amelyek a beavatkozás teljes ideje alatt stabilnak bizonyultak, stabil horgonylatot biztosítottak, függetlenül a kezelés időtartamától. Ezzel szemben, amely csavarnál mobilitást tapasztaltunk vagy elvesztettük, a sikertelen esetek közé soroltuk be. A páciens szubjektív tünetei nélkül is, amelyik mini csavar körül gyulladást fedeztünk fel, esetleg csontvesztés volt kimutatható, vagy a szomszédos fog sérülése előfordult, a szövődményes csoportba soroltuk. A diagnózis és kezelési terv készítése során részletes adat-, információgyűjtés történt a páciens általános egészségi állapotának felmérésére, gyógyszereszedésére vonatkozóan. Az anamnézis felvételt követően természetesen az intra-, extraorális vizsgálat és a dentális státuszfelvétel is a vizsgálat részét képezte. Az alginát lenyomatvételt követő okklúziós viszonyt rögzítő gipszmodell tanulmányozása, kiértékelése hozzájárult az esetleges kezelési alternatívák felállításához.

A szkeletális horgonylat pontos helyének meghatározása fizikális és radiológiai vizsgálatok segítségével történt. Az ortodonciai diagnózis készítés alapjául szolgáló OP felvétel alapján történt a horgonylati eszköz lokalizációjának megtervezése. Az oldalirányú teleröntgen felvétel a kefalometriai analízisen túl, segítségünkre volt a nyakcsigolya érettségi stádiumának besorolásával a szkeletális életkor meghatározásában.

A vizsgált időszakban felhasznált mini csavar impaktált szemfogak sorbaállítása, csírahiány kezelése és preprotetikai ortodonciai kezelés indikációjával kerültek leggyakrabban behelyezésre.

Az adatfeldolgozást és a statisztikai elemzéseket az SPSS® szoftver 20.0-as illetve 22.0-ás verzióinak (SPSS, Chicago, IL, Amerikai Egyesült Államok) felhasználásával végeztük. Minden vizsgálati szakasz esetében először az adataink normalitásának vizsgálatát végeztük el a Kolmogorov-Smirnov teszt segítségével. Normális eloszlások esetén paraméteres, nem normális eloszlások esetén nem paraméteres tesztekkel választottunk. A használt és az új mini implantátum előfűrők különböző sebességeken keletkező hőtermelésének összehasonlításához, illetve az új fűrők preparációs idejeinek, a vizsgált sebességeknél történő összehasonlításához a nem paraméteres Kruskal-Wallis tesztet és a Wilcoxon-féle előjeles rang próbát alkalmaztuk. Az előfűrés után és előfűrés nélkül behelyezett mini implantátumok behelyezésekor keltett hőmérsékletek összevetéséhez kétmintás t tesztet használtunk. A hűtött és szobahőmérsékletű csavarok kézi behelyezésekor mérhető hőmérsékleteket szintén kétmintás t próba segítségével vetettük össze. A különböző szövődmények előfordulását a beültetés helyének függvényében pedig a chí négyzet (χ^2) próbával vizsgáltuk. Szignifikancia szintnek, vizsgálataink során a $p = 0,05$ értéket tekintettük.

EREDMÉNYEK

Új és koptatott előfűrő használata során kapott eredmények

Az új ($p < 0,001$) és használt ($p < 0,001$) előfűrők alkalmazása során a csontban mérhető hőmérséklet emelkedéseket (Kruskal-Wallis teszt) jelentős mértékben befolyásolta a fűrés sebessége. A 100 és 200 fordulat/perc fordulatszámokon összehasonlítva az új és koptatott előfűrők használata során mérhető hőmérsékletváltozásokat a csontban, jelentős különbséget nem tapasztaltunk (Wilcoxon teszt; $p = 0,345$ and $p = 0,736$). Ezzel szemben az alacsony, 100 és magas, 1200 fordulat/perc ($p < 0,001$) illetve 200 és 1200 fordulat/perc fordulatszámokon végzett előfűrások összehasonlításakor szignifikáns hőkülönbségek (Wilcoxon teszt) voltak kimutathatók. Magasabb fordulatszámokon kivitelezett előfűrés nagyobb hőterhelést okozott a csontban. A csontban kiváltott hőmérséklet emelkedés még kifejezettebb, ha nagymértékben koptatott előfűrőt használunk. Azonos fűrési sebességek alkalmazásakor jelentősen magasabb hőértékeket

mértünk a használt előfűrők segítségével történő üreg előkészítés során, mint az új előfűrőkkel (Wilcoxon teszt): 100 fordulat/perc ($p = 0,002$); 200 fordulat/perc ($p = 0,021$) és 1200 fordulat/perc ($p < 0,001$).

Az üregek előkészítése során a csontban tapasztalható hőmérséklet emelkedés folyamatosan csökkent a preparálást követően és kb. 30 másodperccel később érte el a kezdeti, kiindulási hőmérsékletet. Az előfűrások során mért adatokból megfigyelhettük, hogy azok a fűrők, amelyek nagyobb mértékben koptak, magasabb hőmérsékletet termeltek. A használt előfűrők vágóéleinek, csúcsának változását SEM felvételek készítésével követtük nyomon. A számottevő használat és sterilizációs eljárások révén a fűrő csúcsa tompává, a vágóélek lekerekítetté váltak.

A fűrési időekkel kapcsolatos eredmények

Az előfűréshez szükséges időt a fordulatszám függvényében vizsgáltuk. Az üregek előkészítése során, a vizsgálati berendezés által rögzített fűrési idők szignifikáns különbségeket mutattak a különböző fordulatszámokon (Kruskal-Wallis teszt, $p < 0,001$). Mind a 100 és 200 fordulat/perc (Wilcoxon teszt $p < 0,001$), illetve a 200 és 1200 fordulat/perc (Wilcoxon teszt $p < 0,001$) fordulatszámon végzett előfűrásokat összehasonlítva, jelentős időbeni eltéréseket mértünk. Az 1200 fordulat/perc fordulatszámon kivitelezett előfűrás időtartama szignifikánsan rövidebb volt, mint a 100 vagy 200 fordulat/perc fordulatszámon végzett fűrások ideje.

A kézi behajtás hőterhelésével kapcsolatos eredmények

A mini csavar helyének előfűrését követő kézi behajtás során a csontban mért hőmérséklet $11,77 \pm 2,06$ °C volt. Az előfűrás nélkül történő kézi behajtás során a mini csavar hasonló nagyságú intraosseális hőemelkedést váltott ki a behelyezés során ($11,33 \pm 2,38$ °C). A módszerünk – vagyis az előfűrás és behelyezés – a mindennapi klinikai eljárást, gyakorlatot tükrözte, miszerint a csontban történő előfűrást (1200 fordulat/perc) követően azonnal megtörténik a mini csavar kézi behajtása a csontba. Az előfűrás által kiváltott hőterhelés 10 másodpercen keresztül, a kézi behajtás okozta hőmérséklet emelkedés 17 másodpercig tartja a csont hőmérsékletét a veszélyes küszöbérték felett. Figyelemfelkeltő, hogy a vizsgált 140 másodperces periódus alatt a hőmérséklet nem csökkent le az alap, kiindulási hőértékre.

A mini csavar előhűtése során kapott eredmények

A szobahőmérsékletű, 1,6 mm átmérőjű és 8 mm hosszú mini implantátumok sertésborda csontba helyezésekor az átlagos hőmérsékletemelkedés 11,3 °C volt. Ez a humán, kb. 37 °C-os testhőmérséklethez hozzáadva meghaladja azt a küszöbértéket, amely a csont gyógyulása szempontjából már káros lehet (47 °C). Az előhűtött mini csavarral szignifikánsan alacsonyabb, 6,6 °C volt az átlagosan mérhető hőmérsékletemelkedés, sőt a behelyezés első másodperceiben a csont kiindulási hőmérsékletét a csavar még hűteni is képes volt.

Retrospektív vizsgálat eredményei a mini csavarok sikerességének vizsgálatára

A 2014-től 2016-ig terjedő időszak alapján 47 pácienszt vontuk be a vizsgálatba. A vizsgált periódus idején 59 mini csavar került behelyezésre a fogszabályozó kezelés kiegészítéseként. Az átlagos idő, mely alatt szkeletális horgonylati funkciót tölthettek be, 8,1 ($\pm 3,3$) hónap volt. Ezen horgonylati elemek sikeraránya a vizsgált adatok alapján 89,8% volt. A sikertelenség arányát vizsgálva az életkor és nemek tekintetében szignifikáns különbség nem mutatkozott. Az anatómiai elhelyezkedés és a fogszabályozó beavatkozások tekintetében vizsgált sikertelen kezelések közül gyulladás a mini csavarok körül az 59 esetből összesen 6 esetben fordult elő (10,2%). A lokalizáció tekintetében a gyulladásos tünetek 6,3%-ban a szájpada területén elhelyezett mini csavar esetében jelentkeztek, míg ezen panasz a bukkális régióban magasabb arányban fordult elő, 8,3%-ban. Kiugróan magas előfordulást tapasztaltunk a gyulladásos szövődmény tekintetében a ramus területén behelyezett mini csavarok esetében (33,3%), mely az alacsony esetszámot figyelembe véve kimagasló hibaszázalékot is mutatott. Másfelől figyelembe véve a mini csavarok lazulását, jelentős különbségek mutatkoztak a lokalizáció függvényében. A szájpada helyezett horgonylati elemeket 3,1%-ban, míg a bukkális régióból magasabb, 20,8%-ban szükségesszerű volt eltávolítani, a csavarok meglazulása miatt. Mindamellet ez a szövődmény, mely csak 6 páciens esetében fordult elő az 59 esetből, 10,2%-os sikertelenségi rátát mutatott. A beavatkozás típusát illetően, az intrúzió esetén szignifikánsan gyakoribb volt a mini csavar lazulása, mint az impaktált fogak extrúziója esetén ($p=0,036$). A vizsgált időszakban csavartörés egy esetben fordult elő, ramusba helyezett mini csavar esetén. A törés oka a kedvezőtlen előfűró/mini csavar

átmérő és hossz aránynak volt köszönhető. Az alacsony esetszámra tekintettel, magas (33,3%) hibaszázalékot mutatott ezen szövődmény előfordulása.

MEGBESZÉLÉS

A fogszabályozó kezelés során alkalmazott mini csavar, mint szkeletális horgonylat, precízebb végeredményt, gyorsabb kezelést tesz lehetővé. Azonban a mini csavar használata során minden esetben számolnunk kell a csontban létrejövő hőterheléssel. A magas hőmérsékletek a csontban lokális keringési zavart és a sejtfehérjék funkciójának módosulását eredményezik. Amíg a 40°C-ra történő hőmérsékletemelkedés vérbőséget vált ki, addig a tartósan 53°C-ra növekedett hőmérséklet a véráramlás teljes zavarát, blokkját idézi elő. Általánosságban elmondhatjuk, hogy hőmérsékleti szempontból, a csont több, mint egy percen keresztül 47°C-os hőmérséklete, már gátolja a csont túlélését. Ennél magasabb hőmérséklet előidézésével már rövidebb idő alatt is a csont nekrozisát okozhatjuk. Az intracelluláris enzimek és a membrán fehérjék denaturációja, a sejt dehidrációja, sejtmembrán sérülés és karbonizáció folyamata Lundskog vizsgálatai alapján 90°C-on 1-2 másodperc után már bekövetkezik. Berman szerint ez a hőmérsékleti érték már 70°C fok, de 50°C fokon történő 30 másodperces behatás, irreverzibilis enzimikus károsodást okozhat a kortikális csontban. Saját in vitro kutatásunk egyértelműen igazolja, hogy a növekvő fúró kopás, fúró nyomás és a csökkenő hűtés erőteljes hőmérsékletemelkedést okozhat a csontpreparálás közben. Az természetes, hogy ezek a fúrók hőt termelnek fúrás közben, azonban a hőmérséklet emelkedés mértéke, és ideje már egyáltalán nem elhanyagolható. A hőmennyiség sok faktortól függ, a két fő tényező a következő:

-Az egyik az intermolekuláris kötések megszakadása, ami hőenergiát szabadít fel.

-A másik a nem preparáló fúró felszín hőtermelése a súrlódás miatt.

Más szempontból azon paraméterek, amelyek a hőmérsékletet a csontfúrás közben befolyásolják, két fő csoportra oszthatók.

1. A fúrési paraméterek (fúrési sebesség, hűtés, a fúró előrehaladásának üteme, a fúróra nehezedő nyomás, a preparáció mélysége és hogy volt-e előfúrás illetve mekkora üreg készült.)

2. A fúró jellemzői (átmérő, munkafelület, barázdáltság, csavarvonal, fúró csúcshöge és a fúró kopása).

A legtöbb fűrési paraméter könnyen kontrollálható és változtatható, azonban néhány faktor előre meghatározott, mint például a csont kortikális állományának vastagsága. Az alveoláris csont minőségi kínálatát, a környező lágyszövet állapotát figyelembe véve, a csavar helyes pozícionálásával a mini csavar alkalmazásának sikeressége fokozható. Ugyanakkor néhány tényező nehezen követhető, például a fúró kopásának előrehaladása. A fúrás időtartamát erősen befolyásolja a kortikális vastagsága, illetve a csont szeretlen állományának minősége.

Az előfúrás fontos kérdés mini implantátumok esetén. Mini csavar alkalmazása során az előfúrás szükségessége elsősorban a kortikális csont vastagságától függ. A helyesen megválasztott méretű előfúrás és „pilot hole” alkalmazása ugyanakkor csökkenti a behelyezési nyomatókat a mini csavar alkalmazása során, és csökkentheti a csontban keletkező mikrorepedéseket. Viszont előfúráskor még alacsony fordulatszámon is számolni kell a csontban keletkező extra hőterheléssel, mely akár nekrozishoz is vezethet. Előfúrást követően behelyezett mini csavarok primer stabilitása jelentősen nagyobb, mint az előfúrás nélkül behelyezett mini implantátumoké. Idővel azonban, elsősorban a kevesebb trabekuláris csont miatt, az előfúrást igénylő mini csavarok stabilitása jelentősen lecsökkenhet.

A behelyezés módja ezen túlmenően meghatározhatja a csontban képződő hőmérsékleteket is. Amennyiben előfúrás javasolt (1,5 mm-nél vastagabb, de 2,5 mm-nél keskenyebb kortikális csont esetében) 1,6 mm átmérőjű mini csavar használata előtt, az 1 mm átmérőjű előfúró alkalmazása ajánlott az irodalmi adatok alapján. Saját kutatási eredményünk alapján az előfúrás nem igénylő mini csavar rendszer vizsgálatakor a 0,625 arányú (1 mm/1,6 mm) „pilot hole” nem csökkentette az intraosseális hőterhelést. Ezenfelül a „pilot hole” preparációja további termális károsodásokat idézhet elő a csontban. A konvencionális módszert követve, az előfúrás és a mini csavar azonnali kézi behajtásának kombinációja során 27 másodperc időtartamban már a „veszélyes zóna” (> 47°C) károsodásait szenved el a csont és körülbelül 1 percen keresztül 41,3°C-nál nagyobb tartományban van a csont hőmérséklete, amennyiben adatainkat 37 °C-os kiindulási hőmérsékletű rendszerre vetítjük.

Ismereteink alapján eddig csak egy in vitro vizsgálat során tanulmányozták a „pilot hole” preparációjának termális hatásait mandibula modellen. Nam és munkatársai 5 mm mélységű üregek fúrása során képződött hő mennyiségét tanulmányozták. A mérést 600 és 1200 fordulat/perc fordulatszámon és 5 illetve 20 N tengelyirányú terhelés során elemezték. Jelen tanulmányunk eredményeinél Nam és munkatársai lényegesen

magasabb általános hőmérséklet emelkedésről számoltak be. A mérési eredményeik alapján új fúróval, 600 fordulat/percen történő üregkészítés 10 N terhelés mellett $15,8^{\circ}\text{C}$ átlag hőmérséklet változást eredményezett. Ugyanezen eljárás nagyobb, 1200 fordulat/percen, de kisebb, 5 N terhelés esetében átlagosan $11,4^{\circ}\text{C}$ hőterhelést indukált a csontban. Kutatási eredményeink alapján a 100 és 200 fordulat/perc fordulatszámon kivitelezett előfúrás alkalmával a hőmérséklet emelkedés körülbelül 2°C volt. A nagyobb fordulatszámon (1200 fordulat/perc), új előfúró applikálása esetében is alacsonyabb hőértékeket regisztráltunk, összevetve Nam és munkatársainak mérési eredményeivel. Ezzel szemben koptatott előfúró, 1200 fordulat/percen történő felhasználása esetén, hozzájuk hasonló hőmérséklet emelkedést tapasztaltunk ($12,3^{\circ}\text{C}$ a jelen és $11,4^{\circ}\text{C}$ a korábbi tanulmány eredménye). A különbség az ő korábbi és a mi jelen eredményeink között részben a hőmérséklet regisztrációjának eltérő rendszerével magyarázható (termoszenzor vs. infra hőmérő). Ezen túlmenően a differencia adódhat a vizsgálati modell különbözőségéből (kb. 2 mm vastagságú kortikális csonttal rendelkező sertés borda, vs. szarvasmarha bordacsont) is. Mindemellett vizsgálatunk során magasabb axiális terhelésnek (20 N) tettük ki a fúrókat alacsony fordulatszám esetében. Ennek oka, hogy 600 fordulat/perc fordulatszámon 5 N terhelés mellett a fúró nem képes a kortikális csont megfelelő preparálására. Fontos megemlíteni, hogy hasonlóan Nam és munkatársainak vizsgálatához saját kutatásunk kivitelezésénél sem használtunk hűtőfolyadékot, így a múltbeli és jelenlegi eredmények összehasonlíthatóak. A megjósolható hőmérséklet emelkedésre vonatkozóan, alacsony fordulatszámon történő fúrás esetében a hűtés kevés előnnyel jár. A hűtés segít csökkenteni a hőmérsékletet, továbbá csökkenti a súrlódást és segít a csonttörmelék tényleges eltávolításában a fúró barázdáiból, ami további hőmérsékletemelkedéshez vezetne. Magas fordulatszámon (1200 fordulat/perc), koptatott előfúró alkalmazásakor kérdéses a hűtőfolyadék adagolásának szükségessége. Mindazonáltal a magasabb sebességeken kivitelezett fúrások jelentősen meggyorsították a beavatkozást vizsgálatunk során (2,8 másodperc, 1,1 másodperc és 0,1 másodperc a 100, 200 és 1200 fordulat/percnel). Véleményünk szerint mindegyik fúrasi idő klinikailag elfogadható.

Vizsgálataink során, előfúrást követően illetve előfúrás nélkül is megmértük a kézi behajtás keltette hőterheléseket. Az előfúrás során 1 mm-es fúrót használtunk az 1,6 mm-es mini csavar behajtása előtt. Ezen eredmények azt mutatták, hogy az előfúrás egyáltalán nem csökkentette a mini csavar behelyezése során mérhető hőmérsékletemelkedést (előfúrással $11,77^{\circ}\text{C} \pm 2,06^{\circ}\text{C}$, előfúrás nélkül $11,33^{\circ}\text{C} \pm 2,38^{\circ}\text{C}$ volt). Sőt, az előfúrás

és kézi behajtás együttes alkalmazásakor összeadódtak a csontra ható hőterhelések, azaz az előfűrást követő kézi behajtáskor kb. 1 percre 41,3°C-nál magasabb hőt mértünk a csontban, illetve 27 másodpercig a 47°C-os „küszöbértéket” is meghaladó hőterhelést tapasztaltunk. Ezzel szemben ahol a mini csavart és a behajtó műszert kb. 0,4°C-ra történő hűtést követően használtuk, minden esetben elkerültük a csontra veszélyt jelentő küszöbértéket, sőt az előhűtött csavarral a beavatkozás kezdetén a csont hőmérsékletét még csökkentettük is. A mini csavar alkalmazása során létrejövő intraosseális hőterhelést csökkenteni tudjuk a mini csavar kézi behajtásának a megfelelő előkészítésével, azaz az implantátum és a kézi behajtó műszer mélyhűtőben történő lehűtésével. Ezzel a könnyen kivitelezhető módszerrel elkerülhetjük a csont túlélését veszélyeztető 47°C körüli vagy a feletti kritikus hőmérséklet értékeket.

Az ortodonciai mini implantátumok túlélési és sikerarányaik alapján, kiválóan segíthetik a stabil horgonylat teremtést fogszabályozó kezelések során. Ugyanakkor a szövődmények elkerülése szempontjából számos kritikus pontot kell figyelembe vennünk. Az egyik ilyen pont az implantátum beültetésének helye. Turley és munkatársai által végzett kutatás alapján a legnagyobb stabilitást a keratinizált szövetekbe helyezett mini csavarral érhetjük el. A sikerarány hasonlóan magas, közel 100%-os előfordulást mutat a szájpad területére helyezett mini csavar esetében, Cheng illetve Miyawaki és munkatársainak kutatásai alapján is. Park és munkatársai vizsgálatuk során arra keresték a választ, hogy mik az alapvető faktorok a mini csavarok sikeres alkalmazásánál. Eredményeik bizonyos mértékben megegyeznek a mi vizsgálatunk eredményeivel, amennyiben a bukkális áthajlásba helyezett mini csavarok esetében többször volt megfigyelhető gyulladás. Ez a nyálkahártya különbözőségével magyarázható, miszerint a labiális területek jobban ki vannak téve az izomerők hatásának, nehezebben tisztíthatóak a páciens számára. A palatinális régió feszes nyálkahártyája kedvezőbb terület a mini csavar számára. Ezt alátámasztják saját kutatási eredményeink, miszerint 3,1%-ban fordult elő csavar lazulás az ortodonciai kezelés alatt, ha a mini implantátumot palatinálisan helyeztük be, míg ha a bukkális áthajlás volt a szkeletális horgonylat helye, 20,8%-ban talákoztunk csavar lazulással. Lee és munkatársai moláris fogak intrúziójának céljából a mini csavarok helyéül a palatinális varratot választották. A keratinizált lágyszövet, nagyon vékony csont területtel gyorsabb intrúziót tett lehetővé és a páciensek nagyobb komfortérzetről számoltak be. Kiemelt szerepe van a szkeletális horgonylatoknak alsó moláris fogak elvesztését követő felső moláris fogak

elongációjának kezelésében. A felső moláris fogak elongációja a páciensek kb. 24%-nál megfigyelhető.

A stabilitást befolyásolja a kortikális csont minősége és mennyisége is. Az Imm-nél vékonyabb kortikális csontba behelyezett mini csavar esetében a szkeletális horgonylat nem biztosított. A kortikális csont vastagságának és a csavar behelyezéshez legkedvezőbb anatómiai terület meghatározásához a legprecízebb diagnosztikai eszköz a CT. A szkeletális horgonylat alkalmazásához kedvező területként ismerjük a maxilla processus alveolarisát, a palatumot, míg az alsó állcsont esetében a retromoláris területet és az alveolus interradiális és interdentalis területeit. Saját vizsgálati eredményeink azt mutatták, hogy a csavar elvesztése jóval gyakoribb a bukkális áthajlás területén – ami sokszor nem ideális a kortikálisok vastagságát figyelembe véve – mint palatinálisan (3,1%). A gyulladás előfordulásában ugyanakkor ez nem játszott szerepet, hasonló arányban jelentkezett a két régiót összehasonlítva. A mini csavar stabilitásának növelése érdekében, a behelyezés területének megválasztásakor a kortikális csont vastagságán kívül figyelmet kell fordítani a lágyszövetek vastagságára is. A gingivális szövetek vastagságának meghatározását ultrahang segítségével Eger és munkatársai publikálták. A nyálkahártya vastagsága mind a maxilla, mind a mandibula területén egyéni változatosságot mutathat, így az ultrahang segítségével meghatározott nyálkahártya szélesség hozzájárul a mini csavar kedvező helyének megválasztásához. Befolyásoló tényező a kortikális csont szélességének figyelembevételével együtt, a mini csavar hosszának, típusának pontos megválasztásában is. Saját kutatási eredményünk szerint az elülső fogak retrakciójának céljából behelyezett, és azonnal terhelte mini csavarok 81,2%-ban bizonyultak csak sikeresnek és csavar meglazulás miatt a horgonylati eszközök sajnos az esetek mintegy ötödében eltávolításra kerültek disztalizáláskor. Ugyanakkor szignifikáns különbségek a csavarlazulás gyakoriságában csak az intrúziós és extrúziós esetek között mutatkoztak.

Az irodalmi adatok megoszlanak abban a tekintetben, hogy szükséges-e gyógyulási időt hagyni az implantátum terhelése előtt, és ha igen, mennyi ez az optimális idő. Büchter és mtsai sertésen végzett kutatásaik során azt találták, hogy ha az azonnali terhelés 900 cNmm alatt volt, nem volt kimutatható csavarvesztés. Több szerző munkásságának eredményei alapján a szemfogak retrakciójához szükséges erőt 155-250 g-ban határozták meg, mely erő nagysághoz a stabil mini csavar elegendő horgonylatot biztosít. Roberts és munkatársai vizsgálatuk alapján azt a következtetést vonták le, hogy az ideális erő nagyság 100-300 cN, mely terhelés alatt a mini csavar stabilnak bizonyul. Ez az érték

megfelel a mindennapi klinikai gyakorlat során alkalmazott erő nagyságnak. Azonban az erő mértékén kívül nem vizsgálták az erőterhelés pontjának pontos helyét, távolságát a csontfelszíntől. A csavar stabilitásához egyaránt fontos az erő nagysága és a terhelés helye is. Ennek magyarázatoként szolgál Shantavasinkul és munkatársainak in vitro vizsgálata, ahol 1,6 mm átmérőjű és 6, 8, 10 mm hosszúságú önfúró mini csavarokat (Tomas Sd; Dentaureum, Ispringen, Németország) terheltek 200 cN erővel. Az összes mini csavart 6 mm mélységben helyezték el kompozit analóg csont modellben (Sawbones; Pacific Research Laboratories, Vashon Island, Wash., Amerikai Egyesült Államok). Egy korábbi kutatásban leírt 3 dimenziós képkötő technika segítségével rögzítették a csavar körüli csontfelszín változásait terhelés hatására. Az erő applikáció pontja minden esetben 3 mm-re volt a csavar nyaki részétől mérve. Így a különböző hosszúságú csavarok (6, 8, 10 mm hosszúságú) esetében a csontfelszín és az erőterhelés pontja közötti távolság 3, 5 és 7 mm volt. A vizsgálati modell korlátait beleszámítva azt az eredményt kapták, hogy a csontfelszíntől távolodva egyre kisebb erőt képes a mini csavar elviselni. Ezen megállapítás szerint a mini csavar sikeraránya növelhető, ha az erőterhelés minél közelebb esik a csontfelszínhez. Emiatt ajánlott rövid nyaki résszel bíró mini csavart választani és a behelyezés helyének megválasztása során a legkedvezőbb, ahol vékony gingivális szövet található. Ezen eredményekből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a mini csavarok azonnali terhelése lehetséges szövődmények nélkül, és az erő nagyságának és kedvező helyének megválasztása játszik nagyobb szerepet a stabilitásban. Mivel mini csavarok esetében a mechanikus zár biztosítja a stabilitást, ellentétben az enosszális dentális implantátumokkal, általános vélekedés szerint, a végeredmény szempontjából nincs fontos szerepe a mini csavar átmérőjének és hosszának. Ugyanakkor Tseng és munkatársai csak a 12 mm hosszú mini-csavar használata esetén számoltak be 100%-os eredményességről. Más szerzők szerint is, ugyan a hosszabb mini-csavar növelheti a stabilitást, azonban a gyökerek megsértésének kockázata is nagyobb a behelyezés során. Ezért a biztonságos alkalmazás miatt a 6-8 mm hosszúságú csavart ajánlják, melyet mi is követtünk vizsgálataink során.

A mini csavar törésének előfordulása 0,5-1,4%. Ez leggyakrabban a csavar nyaki részén fordul elő, mivel a mechanikai stressz ezen a ponton koncentrálódik. Megfelelő behajtási nyomaték (3-10 Ncm) megválasztásával ez a szövődmény nagymértékben lecsökkenthető, elkerülhető. Kutatásunk során az 59 behelyezett mini csavar esetében egyszer fordult elő törés. Mini csavar behelyezése során előforduló szövődmény lehet a szomszédos fogak gyökerének sérülése is. Egyes vizsgálatok ennek előfordulási arányát

1,3%-ban határozták meg, míg más kutatásokban ezen szövődmény megjelenését magasabb, mintegy 3%-ban tapasztalták. A gyökérsérülés ellenőrzésére kontroll röntgenfelvétel és a szomszédos fogak vitalitásának ellenőrzése szükséges a csavar behelyezését követően, különösen, ha a páciens fájdalmat is jelez. A gyökérsérülés elkerülésére a ferdeszögben történő behelyezést ajánlják, és a behelyezés ott javasolt, ahol a gyökerek már keskenyebbé válnak és szélesebb az interradikuláris terület. A 2 éves vizsgálati periódus alatt behelyezett mini csavarok esetében ez a szövődmény egyszer sem fordult elő. A lágyszövetek sérülése nagyon ritkán előforduló szövődmény, megfelelő szájhigiéne biztosítása mellett a mini csavar körül kialakuló gyulladás esélye minimálisra csökkenthető. A diszkomfort érzés és fájdalom megjelenését vizsgálták Kuroda és munkatársai, 75 páciens bevonásával, egy kérdőív segítségével. Azoknál a pácienseknél, akiknél mucoperiostális lebeny is készült a mini csavar vagy mini-lemez behelyezésekor, 35%-uk egy héttel a beavatkozást követően még érzett fájdalmat a műtéti területen. A páciensek azon csoportjánál, akiknél nem történt lebenykészítés, csak 8%-uk érzett minimális fájdalmat a beavatkozás másnapján. Elmondhatjuk, hogy a pontos anamnézist és diagnózist követően a sikeres végeredmény szempontjából döntő jelentőségű a mini csavar ideális, pontos helyének meghatározása. A helyes műtéti technika kivitelezésével a termális oszteonekrózis és a szomszédos fogak gyökérsérülése nagymértékben elkerülhető.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

A mini csavar előfúrásának jellemzői

Mandibulában, vastag kortikális csonttal bíró területeken (kortikális csont 2 mm-nél vastagabb) előfúrás szükséges a mini csavar előkészítéseként. In vitro vizsgálatunk során 1,6 mm átmérőjű mini csavar behelyezése előtt 1 mm átmérőjű előfúrókkal történő üregkészítések közepette mérhető hőterheléseket rögzítettünk. Az axiális irányú, 20 N terhelést konstans értéken hagyva, a mérések során a sebességet (100, 200, 1200 fordulat/perc) módosítottuk. Kutatási eredményeink alapján véleményünk szerint hőmérsékleti szempontból az előfúrás nem javasolt. Amennyiben szükséges az előfúrás, a 100 és 200 fordulat/percen kivitelezett előkészítés ajánlott. Saját kutatásunk egyértelműen igazolja, hogy a növekvő fúró kopás erőteljes hőmérséklet emelkedést okozhat a csontpreparálás közben.

Az új és használt előfúrók hőmérséklet emelkedésében mutatkozó szignifikáns különbség rávilágít arra, hogy a kopott fúrók használatát kerülni kell, kiváltképpen a magas (1200 fordulat/perc) fordulatszám tartományokban. Kopott előfúró, 1200 fordulat/perc fordulatszámra használva jelentős, akár 12,3 °C-ot is meghaladó intraosseális hőterhelést idézhet elő a kísérleteinkben fennálló paraméterek között. *A nagymértékű intraosseális hőterhelés a csavar integrációját és élettartamát hátrányosan befolyásolhatja.* Az előfúrás során ez kardinális szempont, hiszen a használat mértékére vonatkozó gyári ajánlás nem létezik, a kopottság mértékének meghatározása pedig szabad szemmel nem megbecsülhető.

Az előfúrások időtartamának értékelése

Az előfúrás időtartamát figyelembe véve, minél nagyobb sebességen történik a beavatkozás, annál rövidebb ideig tesszük ki a csontot felesleges hőterhelésnek. Habár mindhárom vizsgált fordulatszámra klinikailag elfogadható fúrási időket mértünk, tekintettel a következményes hőmérsékletekre, az előfúrásokat alacsony (100, 200 fordulat/perc) fordulatszámra javasoljuk.

A szkeletális horgonylat kézi behajtásának jellemzői

Kutatásunk során összehasonlítottuk az önfűrő mini csavarok előfűrés nélküli és előfűrés utáni kézi behajtása által eredményezett hőterhelést. Az eredmények alapján kijelenthetjük, hogy az előfűrés nem csökkenti a mini implantátum kézi műszerrel történő behelyezésekor keletkező hőmérsékletet. *Mindemellett, az azonnali beavatkozás az előfűrés követően súlyosabb hőkárosodást okoz, hiszen a csont képtelen visszanyerni az eredeti hőmérsékletét haladéktalanul a fűrés után.* Az általunk vizsgált szkeletális horgonylati elem kézi beillesztése előtt minden esetben szükséges időt hagyni (minimum 30 másodperc) a csont „lehűléséhez”, amennyiben előfűrés történt.

A mini csavar előhűtésének hatása

A mini csavar alkalmazása során minden esetben számolnunk kell a csontban létrejövő hőterheléssel. Annak érdekében, hogy ennek a hőterhelésnek a mennyiségét csökkenteni tudjuk, ezáltal elkerülni a termális oszteonekrózist, a mini csavar kézi behajtásának a megfelelő előkészítése szükséges. In vitro vizsgálatunk alapján a mini csavar behelyezése előtt az implantátum és a kézi behajtó műszer mélyhűtőben történő lehűtése ajánlható. Ezzel a könnyen kivitelezhető módszerrel mintegy megfelelezhetjük a csontban keltett hőmérsékleteket (11,3 °C vs. 6,6 °C). Természetesen in vivo állat és azután klinikai vizsgálatok szükségesek a valós előnyök (esetlegesen kisebb posztoperatív fájdalom, ritkábban bekövetkező idő előtti csavarlazulás) felderítése céljából.

A mini csavarok sikerarányának megítélése

A sikeres végeredmény szempontjából döntő jelentőségű a *mini csavar ideális, pontos helyének meghatározása. A helyes műtéti technika kivitelezésével* a termális oszteonekrózis és a szomszédos fogak gyökérsérülése nagymértékben elkerülhető. A mini csavarok sikeres alkalmazása 89,8%-ban volt tapasztalható vizsgálatunk alapján, saját gyakorlatunkban. A gyulladáshoz vezető szövődmények tekintetében kijelenthetjük, hogy körültekintő behelyezés esetén is relatív gyakori szövődmény, amit a páciens rossz szájhigiénéje jelentősen befolyásolhat, habár ezt objektíven nem mértük. Vizsgálatunk eredményei azt mutatták, hogy a bukkális áthajlásba helyezett 1,6 mm x 8 mm-es mini csavarok esetében gyakran számolni kell az implantátum meglazulásával, azonnali

terhelés esetén. Ezzel szemben a palatinális lokalizációjú mini csavar kitűnő szkeletális horgonylatot tesz lehetővé. A fogmozgatás típusát illetően, az intrúziós eseteknél gyakrabban számolhatunk a csavar lazulásával, mint az extrúziós eseteknél. Az optimális gyógyulási idő és az „ideális” erőterhelés nagyságának meghatározása a jövőbeni kutatások céljául szolgálhatnak, melynek eredményeit figyelembe véve a mini csavarok sikeraránya tovább növelhető.

PUBLIKÁCIÓK

A PhD értekezéssel összefüggő publikációk

GURDÁN ZS, VAJTA L, LEMPEL E, TÓTH Á, JOÓB-FANCSALY Á, SZALMA J: Effect of pre-drilling on intraosseous temperature during self-drilling mini-implant placement in a porcine mandible model. *J Oral Sci* 2017; 59 (1): 47-53. **IF₂₀₁₆ 0,876**

SZALMA J, KISS CS, GURDÁN ZS, TÓTH Á, OLASZ L, JAKSE N: Intraosseous Heat Production and Preparation Efficiency of Surgical Tungsten Carbide Round Drills: The Effect of Coronectomy on Drill Wear. *J Oral Maxillofac Surg* 2016; 74 (3): 442-452. **IF 1,916**

GURDÁN ZS, SZALMA J: Az ortodontiai minicsavarok előhűtésének hatása az in vitro behajtási hőterhelésre. *Fogorvosi Szle.* 2017; 110(2): 38-42.

GURDÁN ZS, SZALMA J: Evaluation of the success and complication rates of self-drilling orthodontic mini-implants. *Nig J Clin Pract* (elfogadva) **IF₂₀₁₆ 0,615**

Előadások

GURDÁN ZS, MARADA GY: CT felvétel szerepe impaktált szemfogak orthodontiai kezelése során. PTE Orvostudományi és Egészségtudományi Szakosztályának Tanulságos esetek fóruma, Előadás, Pécs 2015.02.16.

GURDÁN ZS, VAJTA L, SZALMA J: Mini-implantátumok előfűrésakor és behajtásakor keltett csonthőmérsékletek in vitro vizsgálata. Árkövy Vándorgyűlés-Perspektívák a Paro-Implantológiában és a Komprehenzív Fogászatban, Előadás, Szeged 2016.05.5-7.

GURDÁN ZS, SZALMA J: Szkeletális horgonylat alkalmazása a fogszabályozó kezelésben. MFE Gyermekfogászati és Fogszabályozási Társaság XIX. Symposium VII.Tóth Pál Vándorgyűlés, Előadás, Pécs, 2016.11.17-19.

Poszter prezentációk

HERÉNYI G, SZALMA J, GURDÁN ZS: Orthodontiai csavar-implantátum és a nyálkahártya viszonya. MAÁSZT XIII. Nemzeti Kongresszusa, Poszter prezentáció, Pécs, 2009.11.05-2009.11.07.

GURDÁN ZS, SZALMA J: Mini-implantátumok előfűrésakor és behajtásakor keletkező intraosseális hőmérsékletek mérése. MAÁSZT XIX. Nemzeti Kongresszusa, Poszter prezentáció, Harkány, 2015.10.8-10.

A PhD értekezéshez nem kapcsolódó publikációk

SOMOSKÖVI I, HERÉNYI G, SZABÓ GYULA T, GURDÁN ZS, SZABÓ GY: Fogszabályozás céljából végzett fogeltávolítás gyakorisága. *Fogorvosi Szle* 2008; 101(6): 225-230.

GURDÁN ZS, MARADA GY, HERÉNYI G, NAGY Á: Examining Tooth size discrepancies in regard to treatment, treatment planning and completion. *Open Journal of Dentistry and Oral Medicine* 2014; 2: 43-46.

Tankönyvfejezet

3 könyvfejezet 2 nyelven (magyar, angol). „A magyarországi fogorvosképzés módszertani és tartalmi modernizációja korszerű hosszanti digitális tananyagfejlesztéssel három nyelven” című fogorvostan-hallgatók számára készülő digitális oktatási anyagban, fogszabályozás témában: (TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0095)

- Fogszabályozási eltérések diagnosztikája, kezelési terv (magyar, angol)

- Leggyakoribb fogazati és állcsont eltérések (magyar, angol)

- Gondozás (angol)

Előadások, poszter prezentációk, idézhető konferencia absztrakt

GURDÁN ZS, SÁNDOR B, MÁRK L, SZÁNTÓ I: Proteomic analysis of smoker adolescent's saliva. *J Dent Res* 2013; 925: 115. IF 4, 144

GURDÁN ZS, HERÉNYI G, SOMOSKÖVI I, SZABÓ GY: Fogak méretbeli eltéréseinek vizsgálata a kezelés, tervezés és kivitelezés vonatkozásában. MFE Gyermekfogászati és Fogszabályozási Társaság XIX. Symposium III. Tóth Pál Vándorgyűlés, Előadás, Pécs, 2007.10.4-6.

HERÉNYI G, NYÁRÁDY Z, GURDÁN ZS: Transzpalatinális disztrakció kivitelezése hagyományos fogszabályozó készülékkel. MFE Gyermekfogászati és Fogszabályozási Társaság XIX. Symposium III. Tóth Pál Vándorgyűlés, Előadás, Pécs, 2007.10.4-6.

SZABÓ GY, SOMOSKÖVI I, GURDÁN ZS: Extraorális készülékek használata a növekedési fázisban. MFE Gyermekfogászati és Fogszabályozási Társaság XIX. Symposium III. Tóth Pál Vándorgyűlés, Előadás, Pécs, 2007.10.4-6.

GURDÁN ZS, SIMÁN B, SZÁNTÓ I: Dohányzó gyerekek nyálának proteomikai vizsgálata. MFE Gyermekfogászati és Fogszabályozási Társaság XIX. Symposium VI. Tóth Pál Vándorgyűlés, Előadás, Debrecen, 2013.04.12-13.

A szerző impaktfaktor adatai:

Értekezéshez kapcsolódó közlemények: IF: **3, 407**

Első szerzős cikkek: IF: **1, 491**

Idézhető konferencia absztrakt: IF: **4, 144**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, **Dr. Szalma József** docens úrnak a munkám során nyújtott felbecsülhetetlen segítségért és támogatásért. Magas szintű szakmai tapasztalatával, hasznos ötleteivel nagyban hozzájárult szakmai fejlődésemhez és értekezésem elkészítéséhez.

Köszönet illeti **Dr. Olasz Lajos** professzor urat, a Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola programvezetőjét.

Továbbá köszönetet szeretnék mondani **Dr. Nagy Ákos** igazgató úrnak, aki munkámat lehetővé tette.

Köszönetemet fejezem ki a Fogászati és Szájsebészeti Klinika **Fogszabályozás osztály és Szájsebészet ambulancia mindazon kollégáinak**, akik munkájukkal segítségemre voltak. Köszönöm **Dr. Somoskövi István** tanársegéd úrnak a képanyag elkészítésében nyújtott segítségét.

Kitüntetett köszönettel fordulok **családom** felé, akik támogatásukkal, türelmükkel, biztatásukkal jelentős mértékben hozzájárultak értekezésem elkészítéséhez.