

Az orthodonciai implantátumok alkalmazása serdülő életkorban

Doktori értekezés

Dr. Borsos Gabriella

Semmelweis Egyetem
Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Végh András SE magántanára, Ph.D.

Hivatalos bírálók: Dr. Nagy Katalin egyetemi tanár, Ph.D.
Dr. Németh Zsolt egyetemi tanár, Ph.D.

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Zelles Tivadar, egyetemi tanár, MTA doktor
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Tarján Ildikó, egyetemi tanár, Ph.D.
Dr. Szabó Gyula, egyetemi tanár, Ph.D.

Budapest
2013

Tartalomjegyzék

1. Rövidítések jegyzéke.....	4
2. Bevezetés.....	5
2.1. Irodalmi összefoglaló	7
2.1.1. Az osseointegrált implantátumok elterjedése.....	7
2.1.1.1. <i>Az implantátum mikrostruktúrája</i>	8
2.1.1.2. <i>Csontszerkezet</i>	8
2.1.1.3. <i>Sebészi technika</i>	9
2.1.1.4. <i>Az implantátum terhelése</i>	10
2.1.2. Az implantátumok integrálása az orthodonciai kezelésbe	13
2.1.2.1. <i>A foghiánnyal járó preprotetikai orthodonciai kezelés fiatal korban</i>	13
2.1.2.2. <i>Orthodonciai horgonylat biztosítása</i>	16
2.1.3. A serdülő és ifjúkori növekedés jellemzői	37
2.1.3.1. <i>Kézcsontok röntgenfelvételének értékelése</i>	40
2.1.3.2. <i>Implantáció serdülő és ifjúkorban</i>	43
2.1.4. A hagyományos és a sebészi horgonylat összehasonlítása	44
3. Célkitűzések	47
4. Módszerek	48
4.1. Vizsgálati anyag	48
4.1.1. Randomizált klinikai vizsgálat (TUKEB: 236/2000).....	48
4.1.1.1. Páciens kiválasztás	48
4.1.1.2. Randomizálás	49
4.1.1.1.1. Vizsgálati anyag	50
4.1.2. Hisztológiai, hisztomorfometriai vizsgálat	50
4.1.2.1. Páciens kiválasztás és randomizálás	50
4.1.2.2. Vizsgálati anyag	50
4.2. Vizsgálati módszerek	51
4.2.1. Randomizált klinikai vizsgálat	51
4.2.1.1. Palatinális implantátum (PI) csoport	51
4.2.1.2. Dentális horgonylati (DH) csoport.....	57
4.2.1.3. A fogsabályzó kezelés menete.....	57
4.2.1.4. Az elvégzett mérések	59
4.2.1.4.1. <i>Az extrahált felső első premolarisok mesiodistalis mérete</i>	59
4.2.1.4.2. <i>A kezelés időtartama</i>	60
4.2.1.4.3. <i>A felső első molarisok elmozdulása</i>	60
4.2.1.4.4. <i>A felső első metszők dőlésének (I-APo angle) változása</i>	61
4.2.1.4.5. <i>Az interincizális szög (I-1 angle) változása</i>	61
4.2.1.4.6. <i>Az arctengely változása a fogsabályzó kezelés során</i>	61
4.2.1.5. Statisztikai elemzés	62
4.2.2. A hisztomorfometriai vizsgálat menete.....	62
4.2.2.1. Minta feldolgozás.....	62
4.2.2.2. Hisztomorfometriai értékelés	63
4.2.2.3. Statisztikai értékelés.....	64

5. Eredmények.....	65
5.1. A randomizált klinikai vizsgálat eredményei.....	65
5.1.1. Az extrahált felső első premolarisok mesiodistalis mérete	65
5.1.2. A kezelés időtartama	65
5.1.3. A felső első molarisok elmozdulása.....	66
5.1.4. A felső első metszők inklinációjának (1-APo angle) változása	67
5.1.5. Az interincizális szög (1-1 angle) változása.....	68
5.1.6. Az arctengely változása a fogszabályozó kezelés során	69
5.2. A szövettani vizsgálat eredményei.....	70
6. Megbeszélés	72
6.1. Új megállapítások.....	77
7. Következtetések	78
8. Összefoglalás.....	79
8.1. Magyar nyelvű összefoglalás	79
8.2. Angol nyelvű összefoglalás.....	80
9. Irodalomjegyzék.....	82
10. Saját publikációk jegyzéke.....	101
10.1. PhD tézisekkel kapcsolatos tudományos közlemények jegyzéke lektorált folyóiratokban:	101
10.2. PhD tézisekkel szorosan nem összefüggő tudományos közlemények jegyzéke lektorált folyóiratokban:	101
10.3. PhD tézisekkel kapcsolatos tudományos közlemények jegyzéke nem lektorált folyóiratokban:	102
11. Köszönetnyilvánítás	103
12. Mellékletek.....	104
12.1. Betegtájékoztató	104
12.2. Beleegyező nyilatkozat	107

1. Rövidítések jegyzéke

$\underline{6}$ - a felső első moláris koronájának legdisztálisabb pontja

1 – alsó medialis metsző

$\underline{1}$ - felső nagymetsző

A – A pont

BIC – bone-implant-contact

BIOS - *bioresorbable implant anchor for orthodontics system*

CF – centre of face

CT – computertomographia

FH – frankfurti horizontális

HG – headgear

LFS SD – long face syndrome

OI - obliterációs index

OP - orthopantomogram

PI - palatinális implantátum

Po - pogonion

PT - pterygoid

PTV - pterygoid verticalis

RCT – randomised clinical trial

SFS SD – short face syndrome

SLA - sand-blasted, large grit, acid-etched

SMI - skeleton maturációs index

SPM - sutura palatina mediana

TPI - transpalatinál ív

TAD – temporary anchorage device

2. Bevezetés

Korunkban, a harmadik évezred elején – az orvostudományok, a gyógyszeripar és a technológia hihetetlen mértékű fejlődésének hála – míg egyes (elsősorban a fertőző) betegségek eltűnőben vannak, addig az ún. civilizációs ártalmaknak köszönhetően a nem fertőző, krónikus degeneratív betegségek állítják állandó és növekvő kihívás elé a medicinát. Ilyen betegség például a diabétesz, a hipertónia vagy az allergiás megbetegedések, de ugyanígy a **malokklúziók** (fogazati rendellenességek) **növekvő prevalenciája** is összefügg a gyors urbanizációs változásokkal (Corruccini 1984).

A fogazati anomáliák gyakoriságát és a fogszabályozó kezelés szükségességének voltát - különböző szempontok szerint - epidemiológiai vizsgálatok során sokszor és sokan vizsgálták (pl. Lunn és mtsai 1993, Proffit és mtsai 1998) E vizsgálatok legnagyobb nehézsége az, hogy a különböző okklúziós variációk az „ideális”, eugnat fogazattól az extrém, arc- és állcsontokat érintő fejlődési rendellenességekig igen széles skálán helyezkednek el, megnehezítve egy általános objektív értékelési rendszer bevezetését. Továbbá a vizsgált populáció szocioökonómiai helyzete, életkora, a vizsgálatot végzők képzettsége és a felmérés részletessége szintén befolyásolja ezen epidemiológiai vizsgálatok eredményét, szinte lehetlenné téve összehasonlításukat. Míg a hazai viszonylatban jelentős felmérést végző Czukor (Czukor és mtsai 1985) 1985-ben 40,8 %-ban, majd 1991-ben 41,3 %-ban talált orthodonciai rendellenességet a véletlenszerűen kiválasztott 12-évesek körében, addig 2000-ben Gábris és mtsai (Gábris és mtsai 2000) a 17-18 éves korosztály 70,4 %-ánál. Ezen adatok hangsúlyozzák a magyarországi **serdülőkori fogszabályozó ellátás** növekvő jelentőségét. A fogváltás lezajlása után a serdülőkori növekedés lezáródásával egyre inkább a precíz fogmozgatásokat is lehetővé tevő, rögzített készülékes fogszabályozó terápia a preferált ellátási mód. Ennek során a fogszabályozó orvos a gyakorlatban több fog ellenében mozgat kevesebb fogat; az e célból alkalmazott erő az esetek többségében nemkívánatos, bár legtöbbször akceptálható mértékű fogelmozdulást is okoz, hiszen minden fogmozgatás kivitelezésekor számolnunk kell a biomechanika értelmében fellépő azonos nagyságú, ellentétes irányú ellenerővel. Az **elhorgonyzás** a nemkívánatos fogelmozdulások megakadályozása, egyes fogak helyükön való rögzítése, melynek problematikája gyakorlatilag egyidős magával a fogszabályozással.

A fogorvostudomány szakterületei között a **fogászati implantológia** világszerte az egyik legrohamosabban fejlődő ágazat, mely az elmúlt negyven év alatt az újdonság varázsából napi rutinná léptette elő a „fogbeültetést”. A csontba helyezett implantátumok funkcionális értéke az

implantátum és a csontszövet között létrejött kapcsolat, azaz a csontintegráció biztosította stabilitásban rejlik. Természetesen nem csak foghiányok pótlására alkalmazhatók az osseointegrált implantátumok a fej-nyak régióban, hanem például különböző reszekciós műtétek után a rehabilitációs protézisek (szilikon fül-, orr-, középarc-protézis, hallókészülék vagy palatinális obturátor) rögzítésére is.

Az elmúlt 20-25 évben az implantátumok - kiváló horgonylatot biztosító szerepüknél és ideális terhelhetőségüknel fogva – az orthodonciai kezelésbe is egyre gyakrabban integrálódnak. Az első orthodonciai célra is alkalmazott implantátumok olyan protetikai implantátumok voltak, melyeket az állcsontok alveoláris nyúlványába ültettek be, ahol - a preprotetikai fogszabályozó kezelésben horgonylatként történő felhasználásuk után – a fogpótlás pilléreként szolgáltak. (Linkow 1969, Haanaes és mtsai 1991, Ödman és mtsai 1994) Amennyiben egy implantátumot kizárólag horgonylatot biztosító funkciója miatt alkalmazunk zárt fogsor vagy éppen zárandó extrakciós részek esetén, akkor az alveolus nem alkalmas a hely az implantációra, ezért az orthodonciai implantátumok számára alternatív topográfiai-anatómiai régiókat választottak a cavum oris területén belül. Az 1980-as évek végétől használatos az os palatinumba helyezett implantátum, amely kizárólag orthodonciai horgonylatként szolgál. (Wehrbein és mtsai 1996a) Egyértelművé vált, hogy ezen **ortho-implantátumok** könnyedén integrálhatók a fogszabályozó kezelés menetébe és alkalmazásuk igen hatékony. Az eddig publikált vizsgálatokban azonban elsősorban felnőtt páciensek vettek részt, akiknél a testi csontnövekedés már bizonyítottan befejeződött.

Jelen **randomizált klinikai vizsgálat célja** a szájpadba ültetett, orthodonciai erővel terhelt implantátum klinikai relevanciájának tesztelése az ortopédiailag még nem teljesen lezárult csontnövekedés idején, azaz serdülőkorban. Az összehasonlításához (kontroll) egy hagyományosan felépített intraorális dentális horgonylattal ellátott fiatalok csoportjának fogszabályozási kezelését követtük és azonos szempontok szerint értékeltük. Ezzel egyidejűleg egy **hisztomorfometriai vizsgálatot** is végeztünk, amiben a palatinális implantátum azonnali terhelhetőségének lehetőségét a világon elsők között teszteltük.

2.1. Irodalmi összefoglaló

2.1.1. Az osseointegrált implantátumok elterjedése

A XX. sz. második felét - a fogorvosi tudományok területén- az implantáció forradalmának tekinthetjük. Először 1952-ben használtak vitallium csavart két felső kismetsző pótlására, majd 1965-ben Linkow (1969) alkalmazta az első, szintén vitalliumból készült, penge implantátumot. Az első olyan titán implantátumot, mely fogatlan állcsont esetén a kivehető fogpótlás elhorgonyzását és megtámasztását biztosította, 1967-ben Svédországban ültették be. (Brånemark és mtsai 1969) Ezt a titán implantátumot újabb 197 darab követte, majd ezek hosszú távú sikerét (Brånemark és mtsai 1977) követően fix fogpótlások rögzítésére is elkezdtek alkalmazni az enossealis implantátumokat. A szülő foghiányok ily módon történő pótlása a 80-as évek végétől vált realitássá, amikor piacra kerültek a gyökér formájú titán implantátumok. Ezek a körszimmetrikus implantátumok teljes enossealis felületükön közvetlenül érintkeznek a csontszövettel. Ez az alapfeltétele a *csontintegrációnak*, melynek fogalmát és folyamatát először Brånemark definiálta; az osseointegráció valójában egy szövettani diagnózis, amely a terhelt implantátum és a csontszövet direkt, kötőszövetes réteg nélküli optimális kapcsolatát jelenti fénymikroszkópos szinten. Azóta ezt számos szerző (pl. Albrektsson és mtsai 1981) definiálta újra. Roberts (Roberts és mtsai 1994) megfogalmazása szerint az osseointegráció "direkt csont appozíció egy implantátum felszínén; ahol az implantátum és a környező csont között nincs fibrosus kötőszövet; a jellegzetes kopogtatási hang a direkt csontvezetésnek köszönhető; (az implantátum) orthodonciai horgonylatként történő felhasználáskor sem mozdul el; és funkcionálisan egyenértékű a dentális ankylosissal".

A csontintegráció – azaz a gyógyulási folyamat - létrejöttét, illetve annak mértékét számos tényező befolyásolja, melyek közül a legfontosabbak:

- az implantátum anyaga
- az implantátum formája (makrostruktúra)
- az implantátum felülete (mikrostruktúra)
- a csontszerkezet
- a sebészi technika
- az implantátum terhelése

2.1.1.1. Az implantátum mikrostruktúrája

Kombinált módszerrel létrehozott legismertebb felületkezelési eljárásnak köszönhető az ún. **SLA-felszín** (sand-blasted, large grit, acid-etched), mely – azóta elterjedt - rövidítést először Buser és mtsai (1991) használtak.

E felületkezelési eljárás lényege, hogy a homokfúvást és a savmaratást kombináltan alkalmazzák, a két módszer előnyös tulajdonságainak ötvözése céljából. Ez az egyetlen olyan kombinált eljárás, amit az iparilag is előállított, humán implantátumok (ITI®) felületén is alkalmaznak. Az ily módon előállított protetikai implantátumok gyógyulási ideje – a Straumann cég ajánlása értelmében - a konvencionális 12 hétről 6-8 hétre csökken.

Buser és mtsainak megfigyelése alapján kijelenthetjük, hogy közepes méretű (75 µm szemcsenyagyságú) alumínium-oxiddal érdesítet felület esetén csak a sósavas/kénsavas maratás vezet a korund részecskék teljes eliminálásához. Minden más szemcsenyagyság esetében és más maratási módszerrel (pl. salétromsav, folyosav) elégtelen eredményre jutottak. (Buser és mtsai 1999) Ugyanez a munkacsoport bebizonyította, hogy az SLA felszín esetében 125%-kal nagyobb a csont-implantátum kapcsolat (BIC, bone-implant contact), mint a kizárólag savazott felszín esetén. (Buser és mtsai 1991, 1998a)

2.1.1.2. Csontszerkezet

A csontintegráció létrejöttének feltétele az implantátum és a csontszövet optimális kapcsolata, melyben a csontszerkezetnek és a csontszövetben lezajló élettani folyamatoknak döntő jelentőségük van. Ez az összességében egy évig is eltartó intenzív csontátépüléssel járó gyógyulási szakasz több, egymásra épülő fiziológiai fázisra osztható. (Divinyi T. 1998)

Noha postoperatíván az implantátum ágyat határoló csontszövet 0,5 - 1 mm mélységben nekrotizálódik – optimális sebészi technikát és megfelelő csontkínálatot feltételezve – ez az implantátum számára még mindig megfelelő primer stabilitást képes biztosítani. A 24 hetes remodellációs ciklusok során (melyből 6 hét a csontleépülés és 18 hét a csontképződés) a csontszövet különböző fókuszok körül épül át és ily módon - reszorpciós üregek formájában - időről időre szabadon hagyja az implantátum felszínének egyes részeit. Ezért a teljes gyógyulást követően sem mutatható ki direkt csontszöveti kontaktus az implantátum felületének körülbelül egy harmadán. (Roberts és mtsai 1994)

A fent leírt élettani folyamatokat természetesen az adott helyen levő csont anatómiai struktúrája, tömörsége, vérellátása stb. alapvetően meghatározza, továbbá egyéb általános (pl. szisztémás

betegségek, dohányzás stb.) és helyi szervezeti tényezők (pl. parafunkciók, úgymint bruxizmus, nyelvlökés) is befolyásolják. A hosszú távú siker feltétele továbbá a páciens megfelelő szájhygiéje.

2.1.1.3. Sebészi technika

A körszimmetrikus implantátumok műtéti technikája lehet egy- vagy kétfázisú. Az egyfázisú technika az újabb, a 90-es évektől egyre terjedő eljárás.

Egyfázisú (one-stage) transzgingivális behelyezésnél a nyálkahártya átlyukasztását követően a csontágy megfelelő kialakítása után történik az implantátum endostruktúrájának csontba helyezése. Ezzel egy ülésben rögzítik a transzgingivális gyógyuló csavart, mely ínformázást is végez a gyógyulási időszak alatt. Egyes, speciálisan a transzgingivális behelyezésre fejlesztett rendszerek (ITI®) implantátumai olyan felépítésűek, hogy az érdesített implantátum felület és a polírozott nyaki rész közötti határvonal a csontfelszín fölött kb. 3 mm-re essen. (Buser 1998b) Az ily módon behelyezett implantátumokat fedetlenül gyógyuló vagy nyitott implantátumoknak nevezzük.

A több mint 15 éves kísérleti és klinikai tapasztalatok értelmében (Gottfredsen és mtsai 1991, Abrahamson és mtsai 1996, Ericson és mtsai 1996, Lavy és mtsai 1996, Weber és mtsai 1996) bebizonyosodott, hogy a fedetlenül gyógyuló implantátumok osseointegrációja éppen úgy bekövetkezik, mint a zárt implantátumoké. Az egyfázisú eljárásnak számos klinikai, biológiai és biomechanikai előnye mutatkozik a kétfázisú technikával szemben. (Buser és mtsai 1999b) Legfontosabb klinikai előnye az, hogy a második, feltáró műtétre nincs szükség. Ez a páciens kíméli a felesleges stressztől, fájdalomtól. Az eljárás időtakarékos, ami költségcsökkentő faktor. Mivel a gyári one-stage implantátum egy darabból áll és a nyaki rész hosszabb, így nincs a csontszél magasságában rés az implantátum test és nyak között, ami csont reszorpciót okozhat (Hermann és mtsai 1997). Mivel az implantátum váll a gingiva szélénél helyezkedik el, a későbbi protetikai eljárásokhoz könnyedén hozzáférhető.

A csontintegráció létrejöttének egyik sarkalatos pontja a tökéletes sebészi technika, mindenekelőtt az aszeptikus, atraumatikus műtét. A termikus károsodás elkerülése érdekében a forgó eszközöket és a műtéti területet hideg fiziológiás sóoldattal kell hűteni (Buser mtsa 1994, Vajdovich 2002). Ugyanis bármilyen fizikális vagy kémiai traumára a csontszövet egy irreverzibilis, fibrózus szövet képzésével reagál, illetve egyáltalán nem gyógyul, amennyiben a nekrotikus csontreteg revascularisatio-ja nem következik be. (Albrektsson és mtsai 1985) Több

munkacsoport is ugyanarra a korábban köztudott, de kevésbé hangoztatott következtetésre jutott, miszerint a sebészeti beavatkozást végző orvos szaktudása és tapasztalata szignifikáns összefüggést mutat a sikerarányal. (Kim YH és mtsai 2010, Jung és mtsai 2012a)

2.1.1.4. Az implantátum terhelése

Amióta Linkow (Linkow 1969, 1970) egy esetismertetés kapcsán felhívta a figyelmet az enosseális implantátumok orthodonciai terhelhetőségére számos vizsgálat zajlott ebben a témában. Az orthodonciai terhelés némiképp eltér a rágóerők által ható, ún. masticatorius terheléstől. Az **orthodonciai terhelés** alatt folytonos, kisebb (0,5 – 2 N), egy bizonyos irányba ható erőt értünk, míg a masticatorius terhelés intermittáló, a fogak domborzatos rágófelszíne folytán különböző irányokban ható, nagy erő. A rágóerő vertikális komponense megtartott fogazat esetén az őrlőfogak területén 390 – 880 N között lehet, míg a metszőfogak területén kb. 220 N. A rágóerő horizontális komponense megközelítően 20 N, mely függ a vertikális komponens nagyságától és a fog rágófelszínét képező csücskök formájától.

Az első publikációkban, melyek az implantátumok terhelhetőségét vizsgálták, legtöbbször implantátum-implantátum között alkalmazott különböző nagyságú és időtartamú terhelés hatását tanulmányozták. (Smith és mtsai 1977, Sherman és mtsai 1978) Gray és mtsai (Gray és mtsai 1983) összehasonlító vizsgálatokat végeztek azonos méretű Bioglass és Vitallium implantátum terhelhetőségére vonatkozóan. A gyógyulási idő letelte után 28 napig 0,6 N, 1,2 N és 1,8 N nagyságú erővel terhelve az implantátumokat, azok nem mutattak szignifikáns elmozdulást, noha a szöveti integráció módja nem volt azonos a két implantátum típus esetében. Roberts és mtsai (Roberts és mtsai 1984) nyúl femurba helyezett kicsi, csavar típusú titanium implantátumok terhelhetőségét vizsgálták és azt tapasztalták, hogy a 6-12 hetes gyógyulást követően ezek az implantátumok hosszabb ideig (8 hét) alkalmazott orthodonciai erő ($F = 1N$) alkalmazása mellett sem diszlokálódtak. Azonban a szerzők – eredményeik alapján - human felhasználás esetén 4-5 hónap terheletlen gyógyulási időszakot tartottak kívánatosnak, ugyanúgy, ahogyan Albrektsson és mtsai (Albrektsson és mtsai 1981) is 2895 cilindrikus fogászati titán implantátum human felhasználását és értékelését követően.

Turley és mtsai (Turley és mtsai 1988) kutyákban vizsgálták először titán implantátum és fog között ható 3N nagyságú orthodonciai illetve két implantátum között a 10N nagyságú ortopédiai erő hatását. Eredményeik értelmében a nagyobb átmérőjű (4,75 mm) fedetten gyógyuló

implantátum típus sikeraránya a gyógyulási szakaszban egyértelműen nagyobb volt, mint a kisebb átmérőjű (2,4 mm) transmucoperiostealis típusé. (100 % versus 47%) Azonban a sikeresen gyógyult implantátumok mindegyike stabil maradt a 7-9 hetes erőaktiválás alatt, függetlenül az erő nagyságától. Ez alatt az idő alatt a premolárisok átlagosan 2,6 mm-t mozdultak el, míg a horgonylatként szolgáló implantátumok az eredeti helyükön maradtak. Az osseointegrált implantátumok helyzetstabilitása és orthodonciai horgonylatként történő felhasználása immár bizonyított tény. Az újabb vizsgálatok (Akin-Nergiz és mtsai 1998) terheletlen fedetlen illetve fedetlenül gyógyult implantátumok körüli csontszöveti reakciót hasonlították össze orthodonciai és masticatorius erővel terhelt implantátumok peri-implantáris csontgyógyulásával a primer gyógyulási idő letelte után. A denzitometriai vizsgálat során a kompakt csontréteg az állandó erővel terhelt implantátumok nyomási (1500 μm) illetve húzási (1200 μm) oldalán és a rágóerővel terhelt implantátum körül (500 μm) bizonyult a legvastagabbnak, szemben a két különböző terheletlen kontroll implantátummal, ahol csak szabálytalan foltokban regisztráltak ilyen tömör csontot. Ebből arra következtethetünk, hogy a folytonos terhelés gyorsítja a csontérés (mineralizáció) és a lemezes csontképződés folyamatát, sőt, a masticatorius terhelés mellett is fokozódik az peri-implantáris csontszöveti appozíció, tehát mind az intermittáló, mind a folytonos erővel történő terhelés növeli az implantátum stabilitását. Ez egybeesik azzal az élettani ténnyel, hogy a csont szerkezete a terhelés hatására megfelelő funkcionális anatómiai elrendeződéssel válaszol. Azóta több munkacsoport is vizsgálta az orthodonciai terhelés hatását a peri-implantáris csont hisztomorfometriáját. (Wehrbein és mtsai 1999, Melsen és mtsai 2001) Eredményeik megerősítették a fentieket; a terhelés hatására a csontátépülés folyamata aktívabbá válik, a kompakt csontréteg vastagsága növekszik. Duyck (Duyck és mtsai 2001) közleményében az implantátumra ható statikus és dinamikus terhelés hatását írja le. Vizsgálata értelmében a dinamikus terhelés hatására az implantátumok marginális részénél Howship-féle lacunák utaltak a fokozott csont reszorpcióra, de ezek mellett az apró kráterek mellett továbbra is kimutatható volt a közvetlen kapcsolat a csont és az implantátum felszín között. A corticalis csontréteg vastagsága azonban közvetlenül az implantátumok marginális része körül a dinamikus terhelés hatására szignifikánsan csökkent. Megállapítást nyert, hogy az osseointegrálódott implantátumok körül az azonos irányból statikusan terhelt implantátum körül képződik a legtöbb trabecularis csont.

Ennek az élettani jelenségnek a kapcsán vetődött fel az implantátumok azonnali terhelésének lehetősége. Egyre több publikáció látott napvilágot erre vonatkozóan. Tarnow (Tarnow és mtsai

1997) tíz teljesen fogatlan páciensnél a 107 behelyezett implantátum 2/3-át a műtét másnapján egy-egy ideiglenes fogsorral azonnali terhelésnek tette ki, míg egyharmadát nyálkahártyával fedetten gyógyulni hagyta. A sikeresen integrálódott implantátumok aránya 98% volt mindkét csoportban. Hasonlóan biztató eredményeket publikált Balshi (Balshi és mtsa 1997) is a Brånemark implantátumok ideiglenes fogsorral történt azonnali terhelhetőségével kapcsolatban. Melsen és Costa (Melsen és mtsai 2000) 16 darab orthodonciai horgonylathént szolgáló infrazygomatikus titán-vanádium csavart ültetett majmokba és a szemfogvezetéshez 25- ill. 50 g-os Sentalloy rugókat használva azonnal terhelte őket. 1, 2, 4 és 6 hónapos intervallumot követően a csontintegrációt vizsgálták szövettani feldolgozás után. A sebészi beavatkozás során primer stabilitást mutató csavarok mindegyike osseointegrálódott, függetlenül a beültetés helyén eredetileg található csont minőségétől, továbbá az integráció mértéke szignifikánsan nőtt a terhelés idejével arányosan, míg a terhelés nagyságával semmiféle korreláció nem volt kimutatható.

Azóta többen kimutatták, hogy az implantátumok azonnali terhelése nem zavarja meg az osseointegráció biológiai folyamatát (Meyer és mtsai 2004, Borbély és mtsai 2008), sőt, 6 hónapos időtartam után vizsgálva a terhelt implantátum esetében nagyobb arányú csont-implantátum kontaktus mutatható ki, mint a fedetten hagyott, terheletlen implantátum körül. (Degidi és mtsa 2003)

Hasonló következtetésre jutott saját munkacsoportunk is. Egy pilot study keretében a palatinális implantátum azonnali terhelhetőségét vizsgáltuk szövettani módszerekkel. Bebizonyosodott, hogy a behelyezést követő azonnali (72 órán belüli) terhelés az implantátum stabilitását és osseointegrációját nem befolyásolja. (Borsos és mtsai 2008) Göllner és mtsai a miénkhez hasonló study dizájnnal, de nagyobb esetszámmal szintén ugyanezre a következtetésre jutottak. (Göllner és mtsai 2009)

Egy nagy, 2006-ben 124 résztvevővel tervezett német multicenter vizsgálatba (Jung és mtsai 2007) az első három év alatt bevonásra került 41 páciens klinikai eredményeit publikálták eddig, melynek értelmében 6 hónapig tartó 4 N terhelés esetében nem tapasztalható különbség az azonnal és a hagyományosan terhelt (12 hetes gyógyulást követő) palatinális implantátum funkcióstabilitása között (Jung és mtsai 2010, Jung és mtsai 2011a). Azonban ennek ellentmondó közlemény is megjelent; Jackson és mtsai (2008) 20 páciens integráló vizsgálatukban az azonnali terheléses és a hagyományos terheléses palatinális implantátumos csoport között

rezonancia frekvencia vizsgálattal szignifikáns különbséget találtak. Ennek esetleges magyarázata lehet a relatív rövid, 8 hetes kísérleti időszak.

2.1.2. Az implantátumok integrálása az orthodonciai kezelésbe

Az orthodonciai kezelés tervezésekor a hiányzó fogak implantációs pótlásának és az implantátummal történő horgonylat biztosításának lehetőségét is feltétlenül szem előtt kell tartani a kezelési alternatívák mérlegelésekor. Ez sok szempontból forradalmasítja és megkönnyíti az orthodonciai kezelést, redukálja a nem kívánatos mellékhatások számát és esetleg esztétikailag kedvezőbb megoldást is kínál.

2.1.2.1. A foghiánnyal járó preprotetikai orthodonciai kezelés fiatalokban

A fogszabályzó szakrendelést felkereső páciensek nagy része serdülő vagy fiatal felnőtt. Sokan a meglévő vagy kialakult foghiány pótlása miatt fordulnak fogorvoshoz, aki azonban a kedvezőtlen anatómiai szituáció miatt preprotetikai fogszabályozó kezelést javasol. A foghiány okai sokfélék lehetnek, és nagyban eltérnek a gyerekek (fiatalok) és a felnőttek esetében. (1. táblázat)

NÖVEKEDÉSBEN LEVŐ PÁCIENS	FELNŐTT PÁCIENS
hypo-, oligodontia	protetikai ellátás hibái (pl. túlterhelés)
traumát követő fog elvesztés (baleset)	endodonciai problémák
impactált fog	parodontális betegségek
ankylotizált fog	hosszú távú foghiány miatt megdőlt, eruptálódott fogak
gyökérfelszívódás	

1. táblázat. A foghiányok okai

2.1.2.1.1. Hypodontia, oligodontia

A hypodontia (egyől maximum öt fogig terjedő congenitalis foghiány) – a bölcsességfogakat nem számítva – incidenciáját a legfrissebb irodalmi adatok 2,6% és 11,3% között adják meg (Larmour és mtsai 2005, Fekonja és mtsai 2005) míg az oligodontia (hat vagy több fog veleszületett hiánya) gyakorisága 0,07% és 0,2% között van. (Bergendal és mtsai 1996, Silverman és mtsai 1979)

Maattheuws és mtsai (2004) 42 publikációból – szigorú kritériumok alapján kiválasztott - 19, 1936 és 1993 között megjelent publikáció eredményeit elemezve 0,027 % és 10,1% között

találtak a hypodontia gyakoriságát. Bár a humán fogazat evolúciós trendjeinek vizsgálatához ez a 60 év nem elég hosszú idő, mégis megállapítható, hogy 1956 óta a hypodontia prevalenciája enyhén nőtt. Látható továbbá, hogy kicsi, de szignifikáns különbség van a nem vonatkozásában; a lányok valamivel gyakrabban érintettek. Kaukázusi populációban (a bölcsességfogak után) az alsó második premolárisok, a felső második premolárisok végül a felső laterális metszők veleszületett hiánya ebben a gyakorisági sorrendben regisztrálható. Az ázsiai populációban 0,18 %-os gyakorisággal a szemfogak agenesise is előfordul, szemben a kaukázusi rasszal. (Fukuta és mtsai 2004, Cho és mtsai 2004) Azt is tudjuk (Arte és mtsai 2001, Vastardis és mtsai 2000), hogy a familiáris dentális apláziáért egy autoszómális génmutáció (*MSXI* gén a 4p kromoszómán) a felelős.

Gábris és mtsai - a Fogszabályozási Klinikán megjelent 1875 beteg OP felvételét visszamenőleg elemezve - a magyar beteganyagra vonatkozóan a hypodontia incidenciáját 15,68%-ban, az oligodontia incidenciáját pedig 1,12%-ban állapították meg. (Gábris és mtsai 2001)

2.1.2.1.2. Traumát követő fog elvesztés

Az arc- és szájsérülések gyakran társulnak a fogak, különösen a frontfogak és/vagy a fogmedernyúlvány törésével és ennek kapcsán a fogak azonnali vagy későbbi elvesztésével. Kaste és mtsai (Kaste és mtsai 1996) 7707 páciens vizsgálata alapján megállapították, hogy az USA lakosságának 25%-a szenvedett már el a frontfogait érintő balesetet és 0,6% baleset következtében el is vesztette egy vagy több fogát. A felső metszők sérülése a leggyakoribb és a fiúk gyakrabban szenvednek balesetet, mint a lányok. Gyerekkorban a protrudált felső metszők vannak leginkább kitéve a sérülés veszélyének. Funkcionális és esztétikai okok miatt a felső nagymetszők pótlására van a legnagyobb igény. Az implantátummal történő rehabilitáció sajnos gyakran akadályba ütközik az alveolus labiális szélének elvesztése, a hosszabb ideig fennálló foghiány következtében fellépő vertikális csontpusztulás vagy éppen a páciens fennálló növekedése miatt. Nagy alveoláris defektusok esetén szóba jön az implantációs pótlás előtt vagy azzal egy időben végzett csontpótlás (augmentáció) lehetősége. Buser és mtsai (2002) autografttal és fel nem szívódó membránnal történt augmentációt követően végzett 66 implantáció sikerességét vizsgálva azok sikerarányát 5 év elteltével 98,3%-ban állapították meg.

2.1.2.1.3. *Impaktált / ankylotizált fogak*

Az olyan impaktált fogakat, melyek a sebészi feltárást követően orthodonciai eszközökkel nem elmozdíthatóak, legtöbbször el kell távolítani. Az ankylotizált fogakkal is ez a helyzet, mivel az ankylosis a fogmedernyúlvány növekedését is blokkolja az adott helyen, ezért az ankylotizált fog a processus alveolaris növekedésével egyre inkább infraokklúzióba kerül.

Irodalmi adatok szerint (Ericson és mtsa 1986) a felső szemfog impaktációja 1,5 – 2 %-os gyakorisággal fordul elő az átlagpopulációban. Legtöbbször egyoldali és a fog palatinalis fekvésű. Az esetek 7-16%-ában a szemfog buccalis helyzetű. A sikeres sebészi-orthodonciai ellátás prognózisát befolyásolja a páciens életkora, a fogív hossza, a gyökér morfológia és a caninus helyzete. Minél apikálisabb, horizontálisabb és distalisabb elhelyezkedésű az impactált szemfog, annál rosszabb a prognózis. Becker és mtsa (Becker és mtsa 2003) 28,8 év átlagéletkorú felnőttek esetében az impactált szemfogak orthodonciai kezelésének sikerarányát 69,5%-osnak találta, szemben a fiatalabb korcsoport (átlagéletkor: 13,7 év) 100%-os sikerarányával. Ráadásul a prognózis romlott az életkorral és a fogszabályozó kezelés ideje is hosszabb volt a felnőtteknél. Tehát felnőttek esetében a kedvezőtlen elhelyezkedésű szemfogakat gyakran ésszerűbb eltávolítani, mint feleslegesen megkísérelni a kombinált sebészi-orthodonciai módszerrel történő fogívbe illesztést, annak minden mellékhatásával, kellemetlenségével és költségével.

Jól ismert fenomén a felső metszők gyökerének felszívódása az impactált szemfogak környezetében. A reszorpció fokozódik a caninus gyökérfejlődésének lezáródásáig. A szakszerű orthodonciai kezeléssel történő forszirozott caninus erupció nem növeli a metszők gyökérfelszívódásának rizikóját, tehát célszerű az impactált szemfogak fogszabályozó kezelését a lehető legkorábban megkezdeni. (Becker és mtsa 2005) Amennyiben ez elmarad és a gyökérfelszívódás már a fog elhalásával, elszíneződésével és fokozott mobilitásával jár, mérlegelni kell a metszőfog eltávolításának és helyettesítésének vagy pótlásának lehetőségét.

2.1.2.1.4. *Preprotetikai fogszabályozó kezelés tervezett implantációs fogpótlás esetén*

Az utóbbi húsz év alatt az egy vagy több implantátumhoz csatlakoztatott fogpótlások széles körben elterjedtek. A kiváló klinikai tapasztalatok, az ép fogszövet megtartásának lehetősége és a páciensek elégedettsége igazolja az eljárás sikertörténetét. A kilencvenes évek közepétől kezdtek megjelenni azok a hosszú távú követéses vizsgálatok, (Henry és mtsai 1996, Priest és mtsai 1999, Romeo és mtsai 2002, Lambrecht és mtsai 2003, Strietzel és mtsai 2004, Degidi és mtsai 2005) melyek a különböző implantációs rendszerekkel és technikákkal készült fogpótlások sikerarányát

vizsgálják. Lekhom és mtsai (Lekhom és mtsai 1999) 89 páciens 461 implantációs fogpótlását 10 év után megvizsgálva megállapította, hogy a maxillában az implantátumok 90,2 %-a, a mandibulában 93,7%-a maradt stabil. A rövidebb implantátumok kilökődése gyakrabban következett be, mint a hosszabbaké. Az implantátumok nagy részének elvesztése még a funkcionális terhelés előtt vagy annak első (egy-két éves) időszakában történt. Hasonló eredményeket publikált 2002-ben Ferrigno és mtsai (Ferrigno és mtsai 2002); 498 maxilláris és a mandibuláris one-stage implantátum sikeraránya 5 év elteltével 95% illetve 97,7% volt és ők is a 12 mm-es implantátumokat (93%) találták jobbnak, összehasonlítva a 10 illetve a 8 mm-essel, melyek sikeraránya 91,6% és 89,6%-os volt. Összességében elmondható, hogy az implantátum előállítás technológiai fejlődésével és a műtéti technika tökéletesedésével a dentális implantátumok sikeraránya meghaladja 95%-ot, így a szülő foghiányok pótlásakor egyértelműen ez a preferálandó megoldás, amennyiben el akarjuk kerülni a szomszédos fogak preparálásával járó foganyag veszteséget és a fogatlansággal járó alveoláris csontpusztulást.

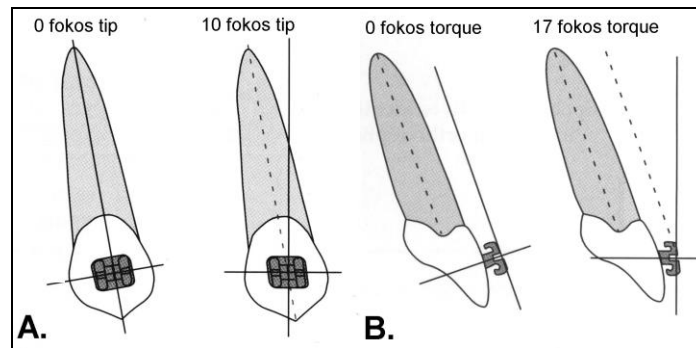
Amennyiben egy hiányzó fog pótlásakor az implantáció mellett dönt a páciens, az optimális eredmény érdekében – interdiszciplináris teamek hiányában - érdemes az érintett szakterületek (fogszabályozás, dentoalveoláris sebészet, fogpótlás) specialistáinak konzultálni egymással. A fogszabályozó kezelés tervezését és időzítését egy tervezett implantációs fogpótlás értelemszerűen módosítja, de ennek leírása valamint a műtéti és protetikai ellátás részletezése jelen kereteket meghaladja.

2.1.2.2. Orthodontiai horgonylat biztosítása

2.1.2.2.1. Az elhorgonyzás

Az elhorgonyzás problematikája (Diedrich és mtsai 1993, Melsen és mtsai 1997) gyakorlatilag egyidős magával az orthodontiával; minden fogmozgatás kivitelezésekor számolnunk kell a biomechanika értelmében fellépő azonos nagyságú, ellentétes irányú ellenerővel. Az orthodontus a gyakorlatban több fog ellenében mozgat kevesebb fogat, ez az ellenerő nemkívánatos, ámde – az esetek többségében- akceptálható fogelmozdulást okoz. Proffit (Proffit 1993) definíciója értelmében *az elhorgonyzás a nem kívánatos fogelmozdulás megakadályozása*. Ennek végeredményben három lehetséges módja van; (1) a fogak egymáshoz való intramaxilláris rögzítése, (2) extraorális eszközök alkalmazása és legújabban a (3) skeletális horgonylat kiépítése. A horgonylat kiépítésének és fenntartásának a problémája minden rögzített készülékes technikának az egyik kulcskérdése. Maga Angle (Angle 1916) is felismerte, hogy az 1916-ban

szabadalmaztatott, a vertikális slotokba befektetett 'ribbon arch' (lapíves) készülékének az egyik nagy hátránya éppen annak a kontrollnak a hiánya volt, mellyel a fogak dőlését lehetett volna megakadályozni. Mivel Angle a fogív transzverzális tágitásával járó non-extrakciós kezelést preferálta, ennek 'mellékhatásaként' az esetek nagy része bimaxilláris protrúzióval zárult. A már horizontális slotokkal bíró standard edgewise (élíves) bracket bevezetésének (Angle 1925) egyik fő célja éppen a frontfogak gyökértorque-jának kontrollálása és a fogak megdőlésének megakadályozása volt. Így azonban a frontfogak ellenállása, azaz a horgonylati potenciálja jelentősen megnőtt, megnehezítve a hátsó szegmentumok elmozdulása nélküli mozgásukat. Ennek ellensúlyozására Tweed (Tweed 1941) és követői – akik immár az expanszió helyett az extrakciós terápiát részesítették előnyben -, a buccalis szegmentumoknál ún. másod- és harmadrendű hajlítások segítségével igyekeztek megőrizni a horgonylatot. A 70-es évek elején Andrews által kitalált majd többször és többféleképpen módosított ún. straight-wire (egyenes íves) technika a manapság legelterjedtebben használt rögzített készülékes technika. Ennek lényege, hogy azokat az információkat, melyeket idáig az ún. első-, másod-, harmadrendű hajlításokkal (offset, toe in, tip, torque) ellátott ív segítségével közöltek a foggal, most már gyárilag beépítik a fogra ragasztandó tubusokba, zárukba. Ez az ún. 'preadjusted appliance'. A preangulált szemfog- és a pretorqueált frontfog-bracketek (1. ábra) következtében e fogak koronái – kellő óvintézkedés nélkül – a frontális sík irányába tendálnak. Ha – ezt elkerülendő - a hátsó fogakhoz rögzítjük az ívet, akkor a bukkális szegmentumra is relatív nagy, előrefelé irányuló erő hat. Amennyiben a fogak ily módon történő mesialis vándorlása az adott esetben nem kívánatos, akkor ennek megakadályozására valahogy fokozni kell a posterior horgonylatot. Summa summarum: a legelterjedtebb, a gyártók szerint minimális ívhajlítást és csupán egyszerű biomechanikai ismereteket igénylő straight-wire technika használata is az elhorgonyzás fokozott kontrollálását teszi szükségessé.



1. ábra. A straight-wire technika bracket-jei tartalmazzák az „ideális” tip (A) és a torque (B) értékeket

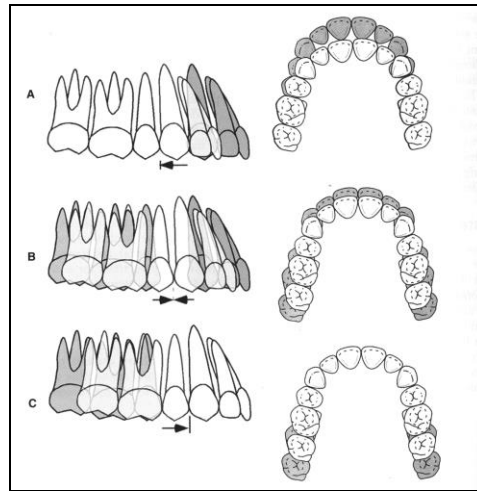
Különösen extrakciós kezelések tervezése során mindkét állcsontban meghatározandó, hogy a fogeltávolítással nyert helyet milyen mértékben szándékozunk meziál vagy disztál felől zárni. Ha a kezelés célja a caninusok és a front retrudálása a molárisok elmozdulás nélkül, akkor ún. maximális posterior horgonylatot kell kiépíteni. (Bishara 2001) Amennyiben a molárist szeretnénk mezializálni a szemfogak és a metszők retrudálása nélkül, akkor minimális horgonylati igényről beszélünk. Természetesen ez a többlépcsős hierarchia két végpontja.

Az elhorgonyzás maximális, reciprok vagy minimális voltának igényét (2. ábra) az egyénileg meghatározott kezelési cél szabja meg. A kezelési terv felállításának alapjául az individuálisan elvégzett analízis szolgál, melynek legfőbb szempontjai:

- skeletális növekedési tendencia (VTO)
- skeletális diszharmónia
- myofunkció
- intramaxilláris dentális státusz ill. helyviszonyok

Mivel az egyes fogak gyökerének hossza illetve felülete nagyon eltérő, e fogak ellenállása a fogat mozgató erővel szemben is igen eltérő. A desmodont nagysága ily módon többé-kevésbé meghatározható. Erre vonatkozóan Jarabak és Fizzel meghatározta az egyes fogak horgonylati értékét egy 1-10-es skálán, ahol például az alsó középső metsző 1-es, míg az alsó első moláris 10-es értéket kapott. (Jarabak és mtsa 1972)

A fogak horgonylati értékét az előbb említett dezmodontális elhorgonyzáson felül több tényező is befolyásolhatja, úgymint az izomaktivitásból fakadó okklúziós erők illetve a horgonylat fokozását szolgáló különböző mechanikák.



2. ábra. Az orthodonciai horgonylatot a hátsó fogak elmozdulásának mértéke jellemzi.

(A) Maximális, (B) Reciprok, (C) Minimális horgonylat

Maximális horgonylat esetén a horgonylatként szolgáló fogak a kezelés során fellépő erők hatására sem mozdulhatnak el, reciprok horgonylat esetén pedig nem mozdulhatnak el többet, mint a tervezett. Amennyiben ez az elmozdulás mégis bekövetkezik vagy a mértéke meghaladja a kívánatos, horgonylatvesztésről beszélünk. A gyakorlatban felső kisörlők extrakciójával járó kezelések során találkozunk leggyakrabban horgonylatvesztéssel, melynek során a felső moláris mesializálódik. Ennek következtében mind az okklúzió, mind az overjet (frontfog túlharapás) kisebb-nagyobb mértékben eltér a kívánatostól, aminek utólagos korrekciója legtöbbször sebészi beavatkozást igényel.

2.1.2.2.2. Intraorális horgonylat

Minden fogmozgatás kulcsa az erő megoszlása a desmodont felületén. A horgonylatként szolgáló fogak ellenállása akkor nagyobb, mint az elmozdítandó fogaké, ha az utóbbiak gyökérfelvérszíne kisebb. Egészséges paradontium esetén a gyökérfelvérszín méretét a fogak száma és a gyökereik topográfiája határozza meg.

A kezelés tervezésekor a paradontium állapotát feltétlenül vizsgálunk kell, különös tekintettel a vertikális csontpusztulásra. A gyökér kúpformája miatt az ínytapadás (attachment) veszteséggel nem egyenes arányban csökken a gyökérfelvérszín, azaz a desmodontális felfüggesztés nagysága. Például egy alsó premolaris 5 mm-es vertikális csontpusztulása az eredeti gyökérfelvérszín 50%-ának elvesztését jelenti. Biomechanikai szempontból a rezisztencia centrum apikális irányba tolódik, azaz az erő hatáspontjától távolodik, így a fellépő forgatónyomaték is egyre nagyobb. A

gyakorlatban ez (például a frontfogak intrúziójakor) nem kívánatos kontrollálatlan fogdőléshez vezethet.

A csontszerkezet is determinálja a fogak horgonylati értékét. A dúsán erezett substantia spongiosa jó vérellátásából fakadóan a sejtes elemek gyors transzportját biztosítja, így gyorsabb a csontátépülés üteme. Szivacsos állományánál fogva a csont tömege és ellenállása is kisebb. A compacta ezzel szemben elhúzódó átépülést mutat, tömör szerkezete a nyomóerőkkel szemben ellenállást nyújt. Ebből adódóan a biológiai elhorgonyzás fokozására a kortikális célzottan is felhasználható. A kortikális moláriselhorgonyzás elve Ricketts nevéhez fűződik. (Ricketts és mtsai 1984) Az ún. utility ívbe hajlított információk (tip back, toe in, buccalis gyökér torque, expanszió) segítségével az alsó első molárisok gyökérfelszínét a vestibuláris corticalissal hozza kontaktusba. A felső utility ív, mely az első molárisokat mereven összeköti a frontfogakkal, az elhorgonyzásba bevont gyökerek összefelszínét növeli meg csaknem a duplájára. Itt a moláris gyökér torque használata a vékony bukkális csontlamella miatt kerülendő.

A fogak horgonylati értékét a desmodontális reakciókészség is befolyásolja (Roberts és mtsai 1981). A primeren nem mozgató, desmodontális nyugalmi stádiumban levő fog nyújtja a legjobb szöveti ellenállást. (Melsen és mtsai 1997) A kezdeti nivellálás megnöveli a kötőszöveti sejtek proliferációs rátáját, ezáltal a fog mozgáskészségét is fokozza. Ebből következik, hogy a horgonyfogak nivellálás nélküli, merev, stabil összeköttetésével teremthetjük meg a desmodontális horgonylat fiziológiai maximumát.

A fogak biológiai horgonylati értéke nem csak statikus paraméterek függvénye, hanem az izomaktivitás és az ebből eredő okklúziós erők is jelentős szereppel bírnak.

A vertikális növekedési tendencia vagy ún. 'long-face syndrom' általában gyenge rágóizom funkcióval jár együtt, aminek következtében a posterior szegmentumokra ható extrudáló erők masticatorius kompenzációjára nem számíthatunk. Az ilyen dolichocephal arctípusú páciens kezelésekor fellépő gyakori és feltétlenül megelőzendő mellékhatás a harapás megnyílása, melynek utólagos korrekciója - különösen nyelvlökéses nyeléssel párosulva - nem kis feladat elé állítja a kezelőorvost. Horizontális növekedés és mély harapási tendencia esetében a hyperaktív adduktorok általában jobban biztosítják a moláris régió természetes stabilizálását az extrudáló erők ellenében.

Mindebből következik, hogy az elhorgonyzás megtervezésekor a skelettális anomáliát és az ehhez kapcsolódó izomfunkciót figyelembe kell venni. Természetesen izomgyakorlatokkal, intenzív rágásra készítő táplálékfelvétellel javítható az izomfunkció általi elhorgonyzás. Az

okklúziót stabilizáló hatás növelhető még felharaptató sánccal is, melynek hátsó szegmense a fogakat okklúziós helyzetükben stabilizálja. (Melsen és mtsai 1997)

Még megfelelő izomfunkció esetében is alapvető fontosságú a jó interkuspidáció. Ez azonban pácienseink többségénél nem adott, sőt ennek elérése a kezelés egyik célkitűzése. Amennyiben egy malokklúzió jó interkuspidációval társul, annak korrekciója meglehetősen hosszadalmas lehet.

A horgonylat fokozó intraorális mechanikai segédeszközök használata igen elterjedt.

A lingual ív / transzpalatinál ív a hátsó szegmensek transzverzális helyzetét biztosítja, kompenzálhatja a molárisok nem kívánatos rotációját és esetleg extrúzióját. Azonban a mesiodistális erőkkel szemben egyik sem mutat önmagában kellő ellenállást.

A Nance-készülék olyan módosított transzpalatinál ív, melynek szájpadi nyúlványa a kemény szájpad elülső területén támaszkodik a nyálkahártyára. (Northcutt és mtsai 1995, Puente és mtsai 1997, Barwart és mtsai 1996, Cobo és mtsai 1998) Kérdéses, hogy horgonylat biztosítására valóban alkalmas-e. (Diedrich 1993)

Az intermaxilláris gumihúzással a horgonylati egység tehermentesítését lehet elérni. Az orthodonciai erők egy része így a másik állcsontban mereven blokkolt fogakra kerül átvitelre.

Az intermaxilláris gumihúzás alkalmazása esetén számos nem kívánatos mellékhatással kell számolni, mint pl. a leggyakoribb, ún. II. osztályú gumihúzásnál az alsó molárisok extrúziójával és mesialis dőlésével, az alsó front protrúziójával és az okklúziós sík rotációjával. Ezen mellékhatások nagy része megfelelő óvintézkedésekkel (pl. segédhajlítások, segédívek stb.) elkerülhető. A molárisokra ható extrúziós erő miatt II. és III. osztályú gumihúzást gyenge rágóizom-funkció esetében csak nagyon elővigyázatosan szabad alkalmazni.

2.1.2.2.3. Extraorális horgonylat

Az extraorális headgear (HG) segítségével felfogható a molárisokra ható intraorális mesializáló ellenerő és nyomaték, így redukálva a horgonylatot biztosító szegmens igénybevételét. Ezzel a horgonylati eszközzel – az erő irányától, nagyságától és hatóidejétől függően- a felső hatások a helyükön tarthatók (Kloehn 1961) még akkor is, ha reciprok erők, (mint gumihúzás, vagy húzórugó) a fogíven belül (intramaxillárisan) vagy a két fogív között (intermaxillárisan) az oldalzónában hatnak. A headgear *legfőbb indikációja* a növekedés, elsősorban a maxilláris növekedés befolyásolása oly módon, hogy az arcközép suturáira nyomást gyakorolva módosítja az itt zajló csont appozíciót. Noha a hátra és felfelé ható erő elsősorban a maxilla frontális és

caudalis irányú növekedését csökkenti, egyidejűleg a felső molárisok mesialis és okkluzális irányú erupcióját is gátolja. Mindez a fogszabályozó kezelés céljaként akkor szerepelhet, ha a Cl. II malokklúzió korrekcióját úgy tervezzük elérni, hogy a maxilla frontális irányú növekedésének gátlása mellett a normál növekedéstől a mandibula előrehelyeződését reméljük. A cervicalis húzás alkalmazásakor azonban a felső molárisok kisebb-nagyobb mértékű extrúziójával kell számolni, mely a Cl. II. malokklúziók kezelésekor nem kívánatos, hiszen a mandibula posterorotációját okozza. A parietalis húzás alkalmazásával ez az extrúzió kivédhető, de a HG maxilla növekedésre gyakorolt, ortopédiai hatása – különösen a horizontális síkban - jelentősen csökken. Talán a kombinált húzás használata jelenti a legkönnyebben áttekinthető erőrendszert a kezelőorvos számára; a molárisokra ható erő megközelítően azok tömegközéppontján fut keresztül, így pusztán az őrlők transzlatorikus elmozdulására kell számítani. A páciens számára azonban a fejsapka és a nyakpánt egyidejű viselése komoly kihívást jelenthet.

Medicinális szempontból tekintve az extraorális headgear alkalmazásának egyik legnagyobb hátránya, hogy az általában nagy ($\approx 2,5$ N) erő intermittáló, azaz a periodontalis szövetek stimulációja még a retrakció megkezdése előtt elkezdődik. Ez biológiai értelemben - a desmodont celluláris aktivitásának növekedése folytán - predesztinálja a horgonylatvesztést. (Melsen és mtsa 1997) A gyakorlatban a molárisok meglazulása, az ún. jiggling effektus figyelhető meg. (Diedrich 1993) További mellékhatásként a felső első molárisok nem kívánatos vertikális irányú elmozdulásával és a gyökércsúcs felszívódásával kell számolni. (Alwali és mtsai 2000) Melsen és mtsa (Melsen és mtsa 2003) a felső molárisok headgearrel történt disztalizálását követően vizsgálta azok stabilitását. 7 évvel a kezelés után a felső molárisok helyzete nem különbözött a kezeletlen csoportban regisztrált eredményektől. Mindez megkérdőjelezi a molárisok extraorális készülékkel történő elhorgonyzásának, disztalizálásának indikációját.

2.1.2.2.4. A skelettalis horgonylat

Az első orthodontiai célra is alkalmazott implantátumok olyan protetikai implantátumok voltak, melyeket a processus alveolaris maxillae vagy a pars alveolaris mandibulae területére ültettek be, ahol - a preprotetikai fogszabályozó kezelésben horgonylatként történő felhasználásuk után – a fogpótlás pilléreként szolgáltak (Linkow 1970, Haanes és mtsai 1991, Ödman és mtsai 1994). Azonban a fogszabályozásra szoruló fiatalabb páciensek többségénél más szempontok dominálnak, mint a protetikai beteganyagban; általában a fogív zárt vagy éppen az extrakciós hézagokat kell adekvát módon zárni. Következésképpen az alveolus nem alkalmas a hely az

implantációra, ezért az orthodonciai implantátumok számára alternatív topográfiai-anatómiai régiókat kerestek a szájüreg területén belül (2. táblázat); ezek a trigonum retromolare mandibulae (Roberts és mtsai 1990, Higuchi és mtsai 1991), ramus mandibulae, symphysis mandibulae (Creekmore és mtsai 1983, Melsen és mtsai 2000), arcus zygomaticus (Melsen és mtsai 1998) crista infrazygomatica (Melsen és mtsai 2000), spina nasalis anterior (Creekmore és mtsai 1983) és a palatum durum (Wehrbein és mtsai 1994, Glatzmaier és mtsai 1995).

MAXILLA	MANDIBULA
Spina nasalis anterior	Ramus mandibulae
Palatum durum	Trigonum retromolare
Processus zygomaticus, Crista infrazygomatica	Symphysis mandibulae

2. táblázat. Az orthodonciai implantátumok behelyezésének lehetséges régiói

Amennyiben egy osseointegrált implantátumot kizárólag horgonylatot biztosító funkciója miatt alkalmazunk, akkor annak a szükséges élettartama a fogszabályozó kezelés idejére korlátozódik. Ezért az implantátumot a fogszabályozó kezelés végén el kell távolítani. Az osseointegrált implantátumok orthodonciai horgonylatként történő alkalmazásának talán egyetlen hátránya ekkor mutatkozik, mely részben az implantátum relatív nagy méretéből, részben pedig éppen magából az osseointegrációból fakad; az implantátum eltávolítása nem mindig egyszerű és a csontcavitas gyógyulása olykor elhúzódik. (Nicolas és mtsa 2008)

Az explantáció elkerülhető az 'ideiglenes' BIOS (*bioresorbable implant anchor for orthodontics system*) implantátum alkalmazásával, amelynél az implantátum test 9-12 hónap alatt felszívódó polylactidból készül. (Glatzmaier és mtsai 1995) Az invazivitás további csökkentése céljából nem a protetikában korábban széles körben alkalmazott nyálkahártyával fedetten gyógyuló implantátum típust preferálják orthodonciai célokra, hanem a speciálisan kiképzett transmucosalis nyaki résszel bíró, egy ülésben behelyezhető one-stage rendszereket. Valószínűleg éppen ez okból nem terjedt el a hidroxolapatittal bevont titan alloy subperiostealis onplantátum (Block és mtsa 1995) sem, melyet egy paramarginalis metszésből készített subperiostealis alagúton helyeznek a kemény szájpad közepére. A 10 mm átmérőjű, 2 mm vastag korong alakú onplantátumot a 4 hónapos gyógyulási időszak elteltével újra fel kell szabadítani a felépítmény

rögzítéséhez, majd a fogszabályozó kezelés végén el kell távolítani. Bár az állatkísérletek során az orthodonciai horgonylat biztosítására megfelelt, hátránya, hogy a felépítése folytán a primer stabilitás nehezen biztosítható illetve a palatum anatómiai adottságai (torus palatinus, gótikus szájpad) gyakran lehetetlenné teszik alkalmazását.

A legújabb skelettalis horgonylati rendszerek az osseointegrált implantátumok helyett/mellett az ún. 'miniscrew'-k, (Kanomi és mtsai 1997, Costa és mtsai 1998, Deguchi és mtsai 2003) 'microscrew'-k, mini/micro-implantátumok (Ohmae és mtsai 2001, Park és mtsai 2001, Bae és mtsai 2002). Ezek közös jellemzője, hogy elsősorban a titán csavar kis átmérője (1–1,5 mm) révén az interradicularis behelyezésére szinte bármely régióban lehetőség nyílik. Ezen csavarok nagy többsége eredetileg különböző osseointegrációs lemezek rögzítésére szolgál a plasztikai vagy a helyreállító állcsontsebészetben. Egyes szerzők (Schlegel és mtsai 2002, Ohnishi és mtsai 2005, Leung és mtsai 2008, Cornelis és mtsai 2008, Cha és mtsai 2011) különböző alakú mini-lemezek vestibularis behelyezésével és ezek monocorticalis csavarokkal történő rögzítésével biztosítottak horgonylatot a fogszabályozó kezeléshez. Ezen mini-csavarok (TAD's = Temporary Anchorage Devices) alkalmazásának további előnye a csavar kedvező ára, az igen egyszerű sebészi eljárás és az orthodonciai erővel történő (max. 2-3 N) szinte azonnali – a lágyszövetek gyulladásmentes gyógyulása utáni (kb. 2-3 hét) - terhelhetősége. (Bae és mtsai 2002, Yano és mtsai 2006, Chen és mtsai 2008) Mivel ezeknél a csavaroknál az osseointegráció nem vagy nem feltétlenül következik be (Deguchi és mtsai 2003, Vande Vannet és mtsai 2007), eltávolításuk is egyszerűbb, mint a hagyományos implantátumoké. Az elmúlt tíz évben talán ezen horgonylati eszközök elterjedése számított forradalmi áttörésnek az orthodonciában. Számtalan publikáció látott napvilágot, mely a TAD's sikerarányát (Kuroda és mtsai 2007, Chen és mtsai 2007, Lim és mtsai 2011, Tsui és mtsai 2012, Karagkiolidou és mtsai 2013, Watanabe és mtsai 2013) valamint az ezt befolyásoló tényezőket (Asscherickx és mtsai 2008, Viwattanatipa és mtsai 2009, Kim és mtsai 2010, Crismani és mtsai 2010, Bayat és mtsai 2010, Topouzelis és mtsai 2012) többek között a csavarok formáját (Manni és mtsai 2011, Giuliano és mtsai 2012, Gracco és mtsai 2012, Migliorati és mtsai 2013, Suzuki és mtsai 2013) vizsgálta. A magas, általában 80% fölötti sikerarány ellenére a komplikációk száma sem elhanyagolható, bár a közölt komplikációk legtöbbször lokálisak maradnak. (Kravitz és mtsai 2007, Maino és mtsai 2007, Liou és mtsai 2010, Lim és mtsai 2013, Livas és mtsai 2013) A TAD's alkalmazása mellett azonban több szerző is horgonylatvesztést tapasztalt. (Wang és mtsai 2008, El-Beialy és mtsai 2009, Liu és mtsai 2011)

2.1.2.2.4.1. A palatinális implantátumok alkalmazása***A palatum anatómiája***

A szájpad (palatum) választja el az orrüreget és a szájüreget; caudalis boltozatos felszíne a szájüreg tetejét, cranialis, enyhén vágjt felszíne pedig az orrüreg alsó falát képezi. Elülső kétharmada a csontos alapú kemény szájpad (palatum durum), hátsó egyharmada a fibromuscularis szerkezetű lágy szájpad (palatum molle).

„A kemény szájpad csontos vázát elől a maxillák processus palatinusai, hátul a szájpadcsontok processus horizontalisai alkotják, melyek a középvonalban a sutura palatina medianaban egyesülnek. A processus palatinusokat és a processus horizontalisokat a harántul futó sutura palatina transversa kapcsolja össze. A két középső metszőfog alveolusa mögött a canalis incisivus nyílása található, mely elágazódva a septum nasi két oldalán az orrüregbe nyílik, benne halad az arteria és vena nasopalatina és a nervus palatinus (Scarpae). A harmadik felső moláris magasságában a canalis palatinus major nyílása található, itt a artéria, vena és nervus palatinus majus lépnek a szájpadra és a sulcus palatinusban futnak előre. Kissé hátrább nyílnak a canales palatini minores, ezeken keresztül az arteriae, venae ls nervi palatini minores érik el a szájpadot.

A kemény szájpad nyálkahártyája feszes, submucosa nélkül a csontok periosteumához kapcsolódik. Vékony submucosa csak a széli részen, a gingivában való átmenetnél található. (...)

A kemény szájpad elülső részén a középső metszők mögött kis orsó vagy körte alakú nyálkahártya-kiemelkedés, a papilla incisiva jelzi az alatta levő foramen incisivum helyét. A kétoldali szájpadnyúlvány egyesülésének megfelelően a középvonalban a nyálkahártyán orsószerű taréj található, a raphe palati. A metszőfogak mögötti területen a nyálkahártya redőzött. Ezek a nyálkahártyaredők, a rugae palatinae egyéni rajzolatú, finoman tapintható nyálkahártyarészek, amelyeknek az étel szétnyomásában, a hangképzésben és a csecsemő szopásában fontos szerepük van. (...) A szájpad e redőzött területe még vízszintes, boltozata csak a redők mögött kezdődik, mértéke egyénileg változó. (...) Hátrafelé a kemény szájpad folyamatosan megy át a lágy szájpadba, ez utóbbi élénkebb piros színe alapján felismerhető.” (Gallatz 2001)

A palatum durum elhorgonyzás céljából történő felhasználásának anatómiai alapjai

A protetikában a teljes/részleges felső protézisek stabilitásának fokozására a palatum proprium alaplemezzel történő borítása elterjedt metódus. A száypad egyes decubitusra hajlamos területeit a protézis elkészítése során azonban tehermentesíteni kell. (Fábián 1989)

A fogszabályozás területén a kivehető készülékek patkó alakú, redukált felső bázislemeze szintén felfekszik a kemény száypadra és szorosan a fogak palatinális felszínéhez simulva biztosítja a készülék retencióját.

A Nance-készülék olyan módosított transpalatinál ív, melynek szájpadi nyúlványa a palatum durum reziliens nyálkahártyájára támaszkodik a rugae palatinae területén. Ez a konstrukció ellentmond a protetikában hangoztatottnak, miszerint részleges protézisek esetében a mucosat itt fóliázással tehermentesíteni kell és az is kérdéses, hogy horgonylat biztosítására valóban alkalmas-e. (Diedrich 1993, Bondemark és mtsai 2005) Továbbá a palatumra felfekvő akril pelotta nem csak a mechanikai irritáció révén, hanem a csökkent higiénia miatt is gyulladást, decubitust okoz. (Fuhrmann és mtsai 1994)

Egyes, elsősorban a felső molárisok distalizálását célzó rögzített készülékek (pl. pendulum, Keles slider, distal jet készülék) használatakor is javasolt egy Nance pelotta szerű, kiegészítő akril száypadtámasz alkalmazása, mely a premolárisok és a frontfogak protrúzióját hivatott megelőzni vagy legalábbis csökkenteni. (Hilgers 1992, Carano és mtsai 1996, Kinzinger és mtsai 2002, Keles és mtsai 2002) Mivel ez a típusú horgonylat nem bizonyult elegendőnek (Hilgers 1992, Gianelly 1998, Kinzinger és mtsai 2005), a distalizáló készülékeket úgy módosították, hogy azok palatinális elhorgonyzását immáron implantátum-típusú csavarokkal biztosítják. (Byloff és mtsai 2000, Karcher és mtsai 2002, Karaman és mtsai 2002)

A kemény száypad elülső, median sagittalis része skeletális orthodonciai horgonylat létrehozására is alkalmas. Ideális, mivel sebészileg könnyen hozzáférhető, a feszes nyálkahártya periimplantáris gyógyulása kiváló és a csont corticalis része kellő megtámasztást biztosít az implantátum számára. A csont morfológiai szerkezete az anatómiai topográfia és az életkor függvénye. (Björk 1968) Truhlar és munkatársai ezeket a faktorokat az implantátumok osseointegrációja szempontjából vizsgálták. (Truhlar és mtsai 1997)

A száypad közepén a csont általában 1,5 cm vastag. Az erőteljes csontnövekedés következtében jöhet létre a torus palatinus, ami kaukázusiaknál ritka, de ázsiaiaknál annál gyakoribb.

Az első horgonylatként szolgáló eszközök (Triaca és mtsai 1992, Block és mtsai 1995) az os palatinum elülső részére fekszenek fel. Block és Hoffman (1995) egy 10 mm átmérőjű, speciális

felületű ún. 'onplant'-ot paramarginális metszéből készített alagúton keresztül a mucoperiosteum alá helyezett, melyre a gyógyulást követően újbóli feltárással került rögzítésre a felépítmény. Triaca (Triaca és mtsai 1992) egy korongszerű implantátumot mutatott be, mely 3 mm magas és 7,5 mm átmérőjű volt. A lágyrészek tekintetében azonban mindkét eljárás meglehetősen invazívnak mondható.

Következő lépésben jelentek meg a palatinális implantátumok, melyek mérete, különösen a hossza (4–6 mm) az e régióra jellemző limitált vertikális csontkínálatnak megfelelően általában kisebb volt az átlagos dentális implantátumokénál. (Wehrbein és mtsai 1994, 1996a, 1996b, Glatzmaier és mtsai 1995). Természetesen ez alól is vannak kivételek, például Karaman és mtsai (Karaman és mtsai 2002) egy 12 mm hosszú csavar alkalmazását mutatják be egy esetismertetésben, Tosun és mtsai (Tosun és mtsai 2002) pedig 8 mm-es titánium csavart alkalmaznak rutinszerűen. Azonban a 6 mm-nél hosszabb implantátumok előnyét az implantátum stabilitása szempontjából Gedrange és mtsai (2005) megkérdőjelezték human cadavereken végzett vizsgálatuk során, ahol a behelyezés módja és a csontszerkezet sokkal fontosabb faktornak bizonyult. A redukált hosszúságú palatinális implantátum létjogosultságát támasztotta alá egy a human klinikai vizsgálat is, ahol a csontintegráció mértékét szövettani módszerrel elemezték (Jung és mtsai 2008). Sőt, Wehrbein és munkatársai egy állatkíséreltben azt próbálták igazolni, hogy elég lehet a 4 mm-es PI-t csupán a $\frac{3}{4}$ részéig a csontba süllyeszteni. (Wehrbein és mtsai 2008)

A palatinális osseointegrált implantátumok leggyakrabban a szájpad közepén, az első premolárisokat összekötő vonalban, a középvonalban kerültek beültetésre. (Wehrbein és mtsai 1998, 1999a, 1999b) A gyógyulás folyamata azonban az egyes esetekben eltérő volt, illetve néhány implantátum ki is esett. Bantleon és mtsai (Bantleon és mtsai 2002) az osseointegráció és funkcióstabilitás sikerarányát 92%-osnak találták saját beteganyaguk alapján, Crismani és mtsai (Crismani és mtsai 2006) 90%-os sikerarányról számoltak be, mely egybevág a legfrissebb irodalmi adatok (Asscherickx és mtsai 2010) szerinti 91% illetve 93,3%-kal (Jung és mtsai 2009). De már 95,7%-os sikerről is beszámolt Männchen és Schätzle (2008) Az implantátumok elvesztésének legfőbb oka vélhetően a hiányos csonttámasz és/vagy a műtéti technika hiányos voltában keresendő. Bár először a palatumba helyezett minicsavarok kapcsán, de bebizonyosodott, hogy a sebészi technika, pontosabban a beavatkozást végző sebész gyakorlottsága döntő jelentőségű. (Kim YH és mtsai 2010) Ugyanezt erősítette meg Jung BA munkacsoportjának vizsgálata is, melynek során 239 páciens bevonásával a palatinális

implantátum használatakor fellépő hiba lehetőségeket elemezték. Következtetésük értelmében „a sebész tapasztalata a palatinális implantáció sikerének sarokköve”. (Jung és mtsai 2012a)

Mindazonáltal a palatum közepén található csontbázis részletes anatómiai vizsgálatára idáig kevesen vállalkoztak (Kim és mtsai 2006). Wehrbein és mtsainak (Wehrbein és mtsai 1999c) radiológiai vizsgálatából azonban kiderül, hogy a fogszabályzó szakorvosok által rutinszerűen alkalmazott teleröntgen (oldalirányú koponya-távfelvétel) a palatinális csontkínálat precíz megítélésére – annak limitációjának ismeretében - a klinikai gyakorlatban kielégítően alkalmazható. Három koponyán a cavum nasi alsó falát és a crista nasalis egy-egy vékony dróttal jelölve, a koponyákról a standard koponya-távfelvételi eljárással röntgent készítettek. A felvételeken a cristát jelölő fémszál mintegy a levegőben volt; a keskeny crista valójában nem ad röntgenárnyékot. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az implantáció tervezésekor a laterocephalogrammon a vertikális csontkínálatot értékelve valójában az orrüreg alsó falának legmélyebb pontjának vetületét látjuk. Amennyiben az implantátum hosszának kiválasztásakor ezt figyelembe vesszük, akkor a középvonalban a crista nasalis magasságának megfelelő csonttöbblet (legalább 2 mm-rel több) is a rendelkezésünkre áll. A preoperatív diagnózis során a vertikális csontvastagság értékeléséhez a teleröntgen tehát kiválóan használható eljárás. Ezt támasztja alá Jung és mtsai cikke, miszerint a teleröntgen alapján 91 páciensből 89-nél (97,8%) elegendő vertikális csontkínálat volt a 4 mm hosszú palatinális implantátum számára és csupán kettő páciens esetében (2,2%) volt szükség további képalkotó eljárásra (CT és CBCT) a preoperatív diagnózis felállításához. (Jung és mtsai 2012b) Ez némileg ellentmond Wexler és mtsai ajánlásának, miszerint egy computer vezérelt sebészeti eljárás vezethet igazán biztonságos és szövődménymentes implantációhoz. (Wexler és mtsai 2007)

Henriksen és mtsai (Henriksen és mtsai 2003) a mediansagittalisán pozícionált palatinális implantátumok behelyezésével kapcsolatosan a canalis incisivus és a palatum durum orális felszíne között rendelkezésre álló csontkínálatot vizsgálták. 25 koponyán a canalis incisivust guttaperchával töltötték fel, majd teleröntgenen mérték a canalis és a kemény szájpad között a minimálisan rendelkezésre álló csont vastagságát, amely átlagosan $4,3 \pm 1,6$ mm volt. Ennek az eredménynek az értelmében a rövid implantátumok alkalmazása a preferálandó. Mraiwa és mtsai a canalis incisivus helyét, kiterjedését és morfológiáját tanulmányozták 2D-s és 3D-s CT felvétellel. Bár ebben a vizsgálatban fogatlan vagy részben fogatlan páciensek vettek részt, mégis figyelemkeltő az eredmény, mely a canalis lefutásának nagymértékű anatómiai variációs lehetőségeit hangsúlyozza. (Mraiwa és mtsai 2004) Gahleitner és mtsai 32 páciens csontos

szájpadját vizsgálták dental CT alapján. A csontkínálat a canalis incisicustól 6 mm-re dorsalisán volt a legnagyobb, azonban nem elhanyagolandó az a tény, hogy bár az átlagos csontkínálat 5,01 mm volt, ami azonban nagy szórást mutatott (0-16,9) kontraindikálva a palatinális implantátum alkalmazását az esetek 7%-ában. (Gahleitner és mtsai 2004)

A sutura palatina mediana csontosodása

A mediansagittalisán behelyezett palatinális implantátumoknál az adott régió csontmennyiségét és minőségét a sutura palatina mediana (SPM) döntően befolyásolja.

A születés előtt az os palatinum két szimmetrikusan eredő csontlemezt egy széles rés választja szét. E résnek a mérete a csont appozíció során egyre csökken, amíg a SPM területére korlátozódik. (Latham 1970) A harmadik életévtől kezdődően szövettanilag tisztán elkülöníthető rétegek jellemzik a SPM-t: A határoló csont külső, tömör rétege a corticalis, belül spongiózus szerkezetű, míg a sutura közepén egy dúsan erezett rész van, ami a 21 életév tájékán eltűnik. Ettől kezdve kizárólag fibrózus szövet köti össze a processus palatini-t, melyben a kollagén szálak a felszínnel párhuzamos lefutásúak.

Általánosságban a szájpad csont a születés után a nasalis felszíni reszorpció és a szájüreg felőli appozíció eredőjeként remodellálódik. (Enlow és mtsai 1965, Björk és mtsai 1977) Humán vizsgálatok szerint a nasalis oldali reszorpció körülbelül hét éves korban kezdődik.

Az élet harmadik dekádjára a humán szájpad a csontvarrat fokozódó interdigitációja mellett eléri a maximális szélességét.

Björk (Björk 1968) és Björk és Skieller (Björk és mtsai 1977) a SPM, precízebben a SPM hátsó részének 17 éves korig tartó folyamatos növekedését figyelte meg. Más szerzők is a 13 és 17 életév közé teszik a suturalis növekedés lezáródását. (Enlow és mtsai 1965, Melsen és mtsai 1975)

Mindent egybevetve a palatum horizontális kiterjedését, azaz a szélességét a SPM növekedése sokkal inkább befolyásolja, mint a processus alveoláris növekedése. Úgy tűnik, hogy a palatum szélessége lányokban 12,5 éves korig, fiúkban 15 éves korig folyamatosan nő. (Sillmann 1964)

Miután az implantátumok csontintegrációjának szempontjából a csont tömörsége és vastagsága meghatározó, minden, a SPM csontos illeszkedését vizsgáló kutatás klinikai jelentőséggel bír. Fontos, hogy korrekt adatokkal rendelkezünk a SPM csontosodására vonatkozóan az életkor függvényében, tekintettel arra, hogy a palatinális középvonalba tervezett implantáció csak akkor lehet sikeres, ha elegendő mennyiségű csontszövet áll rendelkezésre.

Az e régióra irányuló megállapítások makroszkopikus, szövettani (Persson és mtsai 1973, Wehrbein és mtsai 2001, Schlegel és mtsai 2002, Stockman és mtsai 2009), radiológiai (Melsen

és mtsai 1975, Revelo és mtsai 1994, Wehrbein és mtsai 2001) és CT (Mraiwa és mtsai 2004, Gahleitner és mtsai 2004, Kang és mtsai 2007, King és mtsai 2006, 2007, Baumgaertel 2008, Moon és mtsai 2010) vizsgálatokra alapultak. Abban egységesek a vélemények, hogy a csontos fúzió a SPM orális felszínén kezdődik. (Persson és mtsai 1973, Melsen és mtsai 1975) A kezdeti synostosis a sűrű kollagén szálak között megjelenő kis csonthalmazok jellemzik vagy még gyakrabban egy inhomogén mátrix tölti ki a SPM területét. (Melsen és mtsai 1975)

Persson és Thilander (Persson és mtsai 1977) a csontosodás mértékét az obliterációs index (OI) használatával mérte. Az index segítségével a SPM területén lévő csontot osztályozták oronasalis irányban a sutura teljes hosszát figyelembe véve. Ez az OI humán vizsgálatok során 15 és 35 éves kor között 0,1% körüli és a hátsó szegmensben maximum 17%. A SPM csontosodása és a kéztőcsont röntgenfelvételen látható csontérés jelei közötti összefüggés miatt alkalmazzák a röntgenológiai felmérések a skeleton maturációs indexet (SMI) (Melsen MA 1975, Fishman 1982) A SPM csontosodást jellemző SMI értéke 11 éves lányok és 12 éves fiúk esetében 4. Az egész SPM területére kiterjedő 50%-os csontosodás SMI-e 11, ezt az állapotot 16 éves lányok és 17 éves fiúk esetében regisztrálták. (Fishman 1982) Revelo és Fishman (Revelo és mtsai 1994) 8-18 éves páciensek occlusalis röntgenfelvételeit értékelve megállapította, hogy az SPM 50%-os fúziója (azaz a sutura röntgenológiai „eltűnése”) a skeletális növekedés végére tehető. Wehrbein (Wehrbein és mtsai 2001) kétségbe vonja a SPM záródását vizsgáló occlusalis felvétel diagnosztikai jelentőségét, mivel a radiológiai-szövetteni vizsgálat során a radiológiailag fuzionálnak ítélt sutura szövetteni vizsgálata során 50%-ban egyáltalán nem volt kimutatható obliteráció.

Schlegel (Schlegel és mtsai 2002) szövetteni vizsgálata során huszonöt, 12-50 év közötti donor SPM obliterációját vizsgálta. Az elvégzett vizsgálat alapján nem lehet egyértelműen meghatározni, hogy mely életkor az, amikor a SPM synostosis kedvezően befolyásolja az osseointegrációt és így a sikerarányt, de a kor előrehaladtával a SPM csontappozícióval és a sutura csontosodásával kisebbedik. A vizsgált 5 nő közül egyiknek sem volt csontosodott SPM-je. A 23 év feletti férfiaknál az SPM összecsontosodása jóval gyakoribb volt. Ebből kifolyólag horgonylatként alkalmazott palatinális implantátum klinikai hibaaránya nőknél és 17 éven aluliak esetében magasabb lehet. Figyelembe kell azonban vennünk, hogy a SPM fibrózus részének nagysága 0,03 cm, összehasonlítva a típusos implantátum átmérővel, ami 0,33 cm. Ez a magyarázata, hogy a sutura teljes összecsontosodása nélkül is létrejöhet az osseointegráció. Az implantátum mérete magyarázza azt is, hogy miért hatásos a palatinális implantátum a 20 év alatti

korosztályban is. Hasonló módszerrel egy 15-25 éves korcsoportos mintában Stockmann (Stockmann és mtsai 2009) a SPM átlagos szélességét 0,3 és 1,2 mm közöttinek találta.

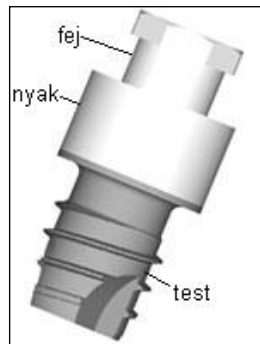
Mindezen, a SPM-ra vonatkozó vizsgálatok tükrében egyes szerzők (Bernhart és mtsai 2000, 2001, Tosun és mtsai 2002) a palatinális implantátumok paramedian pozicionálását javasolják. Bernhart és mtsai (Bernhart és mtsai 2000) 22 páciens palatinális csontkínálatának CT felvételeinek statisztikai analízise alapján a palatinális implantátum "ideális" helyét a foramen incisivumtól 6-9 mm-re distalisan, a mediansagittális síktól 3-6 mm-re határozták meg. A középvonaltól távolodva azonban a vertikális csontmagasság rohamosan csökken, tehát itt a rövid, epitézisek rögzítésére kifejlesztett monocorticalis implantátumok használata indokolt. (Bernhart és mtsai 2001) Hasonló eredményt publikált az a kanadai munkacsoport, amelyik 183 serdülő bevonásával CBCT felvétel segítségével elemezte a palatum vertikális csontkínálatát. A fiúk esetében itt is több csont állt rendelkezésre, mint a lányoknál, de a foramen incisivum-tól 4 mm-re disztálisan illetve 3 mm-re laterális irányban a páciensek több mint 90%-ában elegendő csontot találtak egy mini-implant behelyezéséhez. (King és mtsai 2007) Stockmannék szövettani vizsgálata (Stockmann és mtsai 2009) a median sagittális síkban a második premolárisok vonalában is még legalább 5 mm vastag csontot talált átlagosan egy 15-25 éves korcsoportban, míg a SPM-től laterálisan 2 mm-t távolodva elől még 4,3+/-0,9 mm, hátébb már csak 2,5+/-0,8 mm magas volt a szájpadsont.

A rendelkezésre álló tudományos irodalmi adatok feldolgozásával /systematic review/ Winsauer és mtsai (2012) is megerősítették ezeket az eredményeket, miszerint a foramen incisivum mögött 3-4 mm-re illetve a sutura palatina mediana-tól 3-9 mm-re laterálisan a vertikális csontvastagság elégséges egy minicsavar behelyezéséhez.

Chen és mtsai (Chen és mtsai 2005b) végső elem analízis alkalmazásával három különböző módon rögzített implantátum ($\bar{R} = 3,3$ mm, $l = 9$ mm) horgonylati értékét hasonlították össze. Az első modell a palatinális corticalisban és a csont szivacsos állományában rögzült (monocorticalis fixáció), a második modell hegye elérte a nasális corticalist (bicorticalis fixáció), a harmadik modell hegye pedig az orrüregbe vetült (bicorticalis fixáció). Az implantátumokat transpalatinál ív kötötte össze a második premolárisokkal, melyekre (5N mesialis és 1 N palatinális irányú) horizontális erőt kifejtve a periodontalis ligamentumban fellépő feszültséget mérték. Az implantátum nélküli kontroll modellhez képest a periodontalis ligamentumban jelentkező feszültség mindhárom kísérleti modell esetében megközelítően 30%-kal csökkent. Azaz a mono- illetve bicorticalisan rögzített palatinális implantátum horgonylati értéke megegyezik.

Orthosystem® felépítése

Az Orthosystem® (Wehrbein és mtsai 1996a, 1996b, 1999) a Straumann Intézet, Waldenburg, Svájc által speciálisan orthodonciai célokra kifejlesztett implantációs rendszer. Maga az implantátum egy titán (grade 4 - ISO 5832/II) csavar, mely az enossalis testből, a transmucosalis nyakból és a speciális kiképzésű fejből áll. (3. ábra)



3. ábra. Az Orthosystem® implantátum felépítése

A titán a legelterjedtebben alkalmazott biokompatibilis implantátum anyag. (Steinmann és mtsai 1988, Johansson és mtsai 1998) Az önvágó menettel bíró *implantátum test* átmérője 3,3 mm a hossza 4 vagy 6 mm lehet. Az enossalis felszín homokfújt és savmaratott, ún. SLA (sand-blasted, large grit, acid-etched) felszín. (Buser és mtsai, 1998a) Maguk a csavarment fogai is ily módon felületkezelték, így a vágó élek enyhén lekerekítettek. Ennek a primer stabilitás biztosításakor van jelentősége, mert az implantáció során a csavarral kivágott csont a menet fogközeibe préselődve mintegy kondenzálja a spongiozát. A menetek mérete és formája olyan kialakítású, hogy egyrészt a homokfúvás során alkalmazott 0,125-0,25 mm-es korund szemcsék akadálytalanul bejutnak a menetekbe is, másrészt pedig a csavar tengelyével párhuzamos falak jó ellenállást képeznek a nem tengelyirányú erőkkel szemben anélkül, hogy nyíróerő lépne fel. (Wehrbein és mtsai 1996b) A második generációs implantátum fejlesztésekor a menetet a még könnyebb behelyezés érdekében kissé módosították, de ez az osseointegráció mértékét (BIC) nem befolyásolta. (Jung és mtsai 2011b)

A hengerpalást alakú *transmucosalis nyak* (d=4,1 mm) magas fényűre polírozott és a nyálkahártya vastagságától függően három méretben - 1,5, 2,5 és 4,5 mm- választható. A nyaki rész bázisa (mely a csontfelszínre fekszik) az implantátum testtel megegyezően kialakított felszínű. Gedrange és mtsai (Gedrange és mtsai 2003) vizsgálatának értelmében az implantátum

ily módon kialakított geometriája – csavarmentes subperiostealis test és superperiostealis lépcsőt képező nyak – bizonyult erőátviteli szempontok alapján az orthodonciai elhorgonyzás céljára a legmegfelelőbbnek. Három azonos méretű, de különböző morfológiájú implantátumot teszteltek, mérve a periimplantáris csont deformitását fokozódó nagyságú (0N – 100N) vertikális, horizontális és diagonális erő hatására. Az erőátvitel szempontjából a legkritikusabb régióknak a corticalis és trabekuláris csont közötti átmeneti zóna mutatkozik. A superperiosteális lépcső kialakításával a legnagyobb feszültség az ellenállóbb corticalisra tevődik át, kevésbé veszélyeztetve így az implantátum stabilitását. Természetesen a csavarmentesekkel növelt enossealis implantátum felszín is ezt a célt szolgálja. Hasonló eredményre jutott egy japán munkacsoport is. Chen és mtsai (Chen és mtsai 2005a) három azonos méretű ($d = 3,3 \text{ mm}$, $l = 9 \text{ mm}$) palatinális implantátumot hasonlítottak össze végső elem analízissel. A sima cilindrikus, a sima, superperiostealis lépcsővel ellátott és a csavarmentes, superperiostealis lépcsővel bíró implantátumokat transpalatinál ív kötötte össze a második premolárisokkal, melyekre (5N mesialis és 1 N palatinális irányú) horizontális erőt kifejtve a környező csontban és a periodontális ligamentumban fellépő feszültséget mérték. Mindegyik implantátum használatával jelentősen csökkent a periodontális ligamentumot érő terhelés. Az implantátum körüli csontban regisztrált feszültség a superperiostealis lépcsővel rendelkező implantátumoknál szignifikánsan kisebb volt, mint a lépcsővel nem rendelkező implantátumnál. Maga a csavarmentes viszont nem okozott jelentős különbséget a csontban fellépő feszültség csökkentésében.

Az *implantátum fej* egy cilindrikus alsó (magasság: 0,8 mm, átmérő: 2,8 mm) és egy nyolcszögű (oktagonális) felső részből áll. A fej belső részébe egy csavarmentes van süllyesztve. Míg a felső résznek a sebészi beavatkozáskor, az implantátum csontba csavarásakor van szerepe, addig az alsó rész elsősorban a különféle felépítmények támasztékaul szolgál, melyeket egy apró okkluzális csavarral ($l=3 \text{ mm}$) lehet az implantátum fejhez rögzíteni.

Az Orthosystem® klinikai alkalmazása

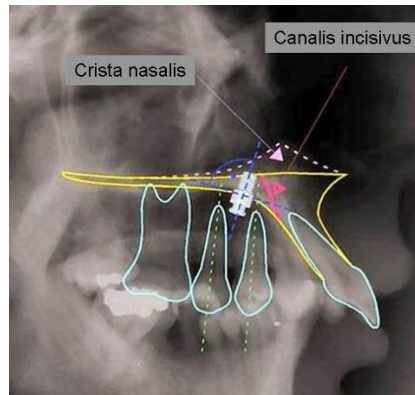
Az Orthosystem®, mint speciálisan orthodonciai horgonylat számára kifejlesztett implantátum első humán klinikai alkalmazását Wehrbein és munkatársai 1996-ban publikálták. Azóta ez az implantációs rendszer – magas ára ellenére - az egyik legkedveltebb lett az orthodontusok körében (Wehrbein és mtsai 1996a, 1996b, 1999, Bantleon és mtsai 2002, Giacotti és mtsai 2002, 2004, Hayashi és mtsai 2004, Chhatwani és mtsai 2006, Feldmann és mtsai 2007/2012, Spivakovszky és Keenan 2010), mivel az osseointegrálódott implantátum hosszú ideig

alkalmazott, különböző irányú, 1-6 N erővel történő terhelés mellett sem veszíti el a pozícióstabilitását. (Wehrbein és mtsai 1998, Benson és mtsai 2007, Sandler és mtsai 2008, Männchen és Schätzle 2008, Jung és mtsai 2009/2010, Asscherikx és mtsai 2010, Rosner és mtsai 2010)

A preoperatív sebészi tervezés célja az implantáció helyének meghatározása és a kiválasztott hely csontkínálatának, nyálkahártyájának, vérellátásának stb. precíz feltérképezése. A hagyományos eljárás során a szájpad elülső harmadát jellemző vertikális csontkínálatot a teleröntgen illusztrálja a legmegfelelőbbben, melyen egyértelműen kirajzolódik a szájüreg, az orrüreg és a felső metszők által határolt háromszög. Az implantátum anteroposterior helyzete és inklinációja ily módon behatárolt. A precíz tervezéssel és pozicionálással elkerülhető a környező anatómiai struktúrák, úgymint a cavum nasi, canalis incisivus perforációja illetve a frontfoggyökerek sérülése. Az implantátum helyének tervezésekor természetesen a frontfogak fogszabályozó kezelés után tervezett helyzetét is figyelembe kell venni, különben metszők retrakciójakor és/vagy az implantátum eltávolításakor azok gyökere sérülhet. Az eljárás legkomolyabb rizikófaktorának az orrüreg perforációja tűnik. Crismani és mtsai leírtak egy esetet, ahol bár a csontos szájpad perforálódott, a mucosa megtartott maradt, tehát valódi fistula nem képződött. (Crismani és mtsai 2005) A PubMed kutatás alapján úgy tűnik, hogy amíg a dentalis implantátumok esetében a sinus maxillaris vagy a cavum nasi perforációja egyrészt az emelkedő életkorral (Lantsov és mtsai 1990), másrészt az implantátum viselésének időtartamával (Branemark és mtsai 1984), egyre gyakoribbá válik, addig ez a veszély a fiataloknál és a pusztán átmenetileg alkalmazott palatinális implantátumoknál csekély.

A klinikus szerencséjére, a már említett röntgenológiai vizsgálat (Wehrbein és mtsai 1999c) értelmében a palatum mediansagittális síkjában vertikálisan minimum 2 mm-rel több csont áll az operatőr rendelkezésére, mint ahogyan azt a teleröntgenen végzett mérés mutatja. Hasonló eredményt mutat Crismani és mtsai (Crismani és mtsai 2003) vizsgálata is, miszerint a teleröntgenen a palatinális komplex 0,8 mm-rel kisebbnek látszik, mint a tényleges anatómiai mérete. Természetesen fogászati CT vizsgálattal (Bernhart és mtsai 2000, King és mtsai 2007, Moon és mtsai 2010, Jung és mtsai 2012) a palatinális csontkínálat három dimenzióban is tökéletesen rekonstruálható illetve computerizált navigációs sebészeti technikával az implantáció alatt is tökéletesen ellenőrizhető (Wexler és mtsai 2007), azonban ezen eljárások rutinszerű alkalmazása nehezen kivitelezhető.

A csontkínálat feltérképezése után kerül kiválasztásra a megfelelő méretű (4 v. 6 mm) enossealis palatinális implantátum. A nyak hosszának meghatározásakor (1,5, 2,5 v. 4,5 mm) egyrészt a palatum alakját, boltozatosságát, másrészt a nyálkahártya vastagságát kell figyelembe venni. Így az Orthosystem® implantátum összesen hat különböző méretválasztékkal áll rendelkezésre.



4. ábra A palatinális implantátum hagyományos pozícionálása (teleröntgenfelvétel)

Wehrbein és mtsai szerint a palatinális implantátum (PI) ideálisan pozícionált, ha a bemeneti helye antero-posterior irányban az első vagy a második premolárisokat összekötő vonalban van a mediánsagittális síkban és a frontális síkkal 45°-os (Wehrbein és mtsai 1996b) szöveget zár be. (4. ábra) Igaz, hogy az orrüreg csontos alja itt kínálja a legtöbb csontot (Kim és mtsai 2006, Henriksen és mtsai 2003, Kang és mtsai 2007, King és mtsai 2006), azonban különösen fiatal pácienseknél az ily módon kialakított csont cavitas a canalis incisivus penetrációjának veszélyét hordozza. Ez nem csak az implantátum primer stabilitását csökkenti, hanem érzéscsökkenést, zsidbadást jelent a páciensnek. (Schlegel és mtsai 2002) Saját munkacsoportunk tapasztalata szerint sok előnye van az ennél disztálisabb, a frontális síkkal 5-10°-os szöveget bezáró pozícionálásnak. (Borsos és mtsai 2007) A frontális sík intraoperatív meghatározása azonban nem könnyű, viszonyítási alapként általában a premolárisok tengelye szolgál, mely a teleröntgenen és intraorálisan is jól definiálható.

Az optimális hely és inklináció meghatározása után ezt az információt át kell vinni a páciensre. Megfelelő gyakorlattal ez pusztán szemkontroll mellett is sikerülhet, azonban a tökéletes átvitelhez röntgenológiai is ellenőrizhető műtési sablonra van szükség. Martin és mtsai (Martin és mtsai 2002) egy, az implantátum helyén átlukasztott mélyhúzott sablon használatát írja le, ez azonban csak az implantátum pontos helyét jelöli ki. Tosun és mtsai (Tosun és mtsai 2002) mélyhúzott műtési sablonja már egy fém hüvelyt tartalmaz, mely az implantátum tengelyállását is

meghatározza. Két hátránya ennek a konstrukciónak is van; nem teszi lehetővé az implantáció során szükséges külső hűtést és csak a sebészi előfűrő számára átjárható, tehát például az Orthosystem használatakor szükséges trepán és csontfűrők alkalmazása nem lehetséges. Cousley (Cousley 2005a) egy 1 cm vastag, előlről nyitott, a legvastagabb csontfűrő átmérőjének megfelelő vezetécilindert tartalmazó, Adams kapsokkal rögzített akril bázislemez használatát javasolja műtéti sablon gyanánt. De leír egy bonyolultabb eljárást is, amellyel a cephalometriai és a modell tervezés megfelelő kombinálásával az implantátum behelyezésekor egy mélyhúzott sínnel biztosítható a háromdimenziós kontroll. (Cousley és mtsa 2005b)

A palatinális implantátum (PI) transzmucosalis sebészi behelyezése a kétoldali nn. palatini és a n. incisivus helyi érzéstelenítésével zajlik. A palatinális nyálkahártya eltávolítás egy mucosa lyukasztóval ($d = 4,2$ mm) és egy raspatóriummal történik. Az így felszabadított kör alakú corticalis közepét egy kis gömbfűrővel bejelölik, hogy a csontfűrő hegye biztosan üljön. Túl nagy mélyedést képezni nem ajánlatos, mert akkor az implantátum nyak elveszti a superperiostealis támasztékát. Az implantátum ágy lege artis előkészítésére többféle, különböző hosszúságú fűrő áll rendelkezésre, melyek enossealis része 4 vagy 6 mm hosszú, a kiválasztott implantátumnak megfelelően. Az implantátum behelyezése előtt az implantátum ágy mélysége szondázható. Az önvágó menettel bíró steril implantátum becsavarását speciálisan kialakított eszközökkel végzik. A hűtés 5°-os steril sóoldattal történik a csontpreparálás és az implantátum becsavarása alatt. Végül az implantátum fejhez egy ún. gyógyuló sapkát javallott rögzíteni az okkluzális csavar segítségével. (Wehrbein és mtsai 1996a, Giancotti és mtsa 2002, Cousley 2005a)

A Straumann Intézet korábbi javaslata értelmében 3 hónapos gyógyulási periódus után terhelhető az implantátum. A lenyomatvételnél az implantátum fejre – a gyógyulási csavar eltávolítása után – egy átviteli sapkát kell helyezni, melybe a technikai analóg illeszkedik és az így előállított mintára készül el a felépítmény. A PI indirekt horgonylati felhasználása esetén egy transpalatinál ív (TPI) rögzítendő az implantátum fejhez. A korábbi dizájn egy palatinális vájattal ellátott titán sapka volt, melyet egy okkluzális csavar segítségével rögzítettek az implantátum fej centrális részébe. Ebbe a vájatba illeszkedett a 0,8 x 0,8 mm átmérőjű TPI, melynek két vége a horgonylatként szolgáló premolárisokhoz lett rögzítve. (Wehrbein és mtsai 1996a, 1999b) 9 páciensnél végzett felső premoláris extrakciós kezelés során a posterior szegmensnél mért horgonylatvesztés átlagosan 0,9 mm volt. Ezt a szerzők (Wehrbein és mtsa 1999b) a TPI hosszú karjának deformitásának tudták be, javasolva egy vastagabb, 1,2 x 1,2 mm átmérőjű TPI alkalmazását, mely anyagánál (hőkezelt acél) és méreténél fogva kellően rigid, deflekciója 4,5-

szőr kisebb, mint a 0,8 x 0,8 mm-es TPI-é. (Wehrbein és mtsai 2004) Crismani és mtsai in vitro kísérlet során hat azonos hosszúságú, különböző átmérőjű TPI deflekcióját mérték. Végeredményben ők is a vastag, 1,2 x 1,2 mm-es hőkezelt acél transpalatinál ív alkalmazását javasolták, mert ennek deformítása a klinikumban elhanyagolható. (Crismani és mtsai 2007)

A Straumann cég később már egy acél sapkát is kínált, melyhez a TPI hozzáhegeszthető. Szájba helyezéskor ezt a felépítményt kell az implantátum fejhez erősíteni az occlusalis csavarral.

Crismani és mtsai (Crismani és mtsai 2002, 2005) a laboratóriumi fázis elhagyását célul tűzve egy ülésben 0,9 mm átmérőjű technikai acéldrótot hegesztettek az acélsapkára, majd a konvencionálisan alkalmazott Goshgarian típusú TPI-hez, melyet a moláris gyűrűk palatinális zárjába illetve az acélsapkát az implantátum fejhez rögzítették. Az eljárás látszólag egyetlen előnye a költségcsökkentés.

Az orthodonciai kezelés befejeztével az implantátumot el kell távolítani; az explantáció egy hengerpalást alakú csontfrézzerrel történik szintén lokális érzéstelenítésben. A csontseb néhány hét alatt per secundam gyógyul. Azonban egyes esetekben az egyedi anatómiai szituáció megnehezítheti vagy akár lehetetlenné teheti az implantátum eltávolítását. Megoldásként a transzmukozális rész eltávolítását és az implantátum feletti nyálkahártya ily módon történő spontán záródását javasolta Nicolas és munkatársa. (Nicolas és mtsai 2008)

Az Orthosystem® alkalmazásáról, veszélyeiről az egyszerű esetismertetésekén túl (Giancotti és mtsai 2003, Gedrange és mtsai 2006 stb.) néhány összefoglaló publikáció is közlésre került (Thomas és mtsai 2006, Cousley 2005a). Merli és mtsai (Merli és mtsai 2007) pedig összehasonlították sebészi szempontból az Orthosystem® és a standard Brånemark implantátum sikerarányát az orthodonciai elhorgonyzás során. Az eredményeik értelmében a speciálisan e célra tervezett palatinális implantátum klinikailag egyértelműen sikeresebbnek bizonyult.

2.1.3. A serdülő és ifjúkori növekedés jellemzői

Bár a fogszabályzó praxisokat felkereső felnőtt páciensek aránya az utóbbi években világszerte nő, a fogszabályzó kezelésben részesülők döntő többsége hazánkban továbbra is gyerek és ifjú. A növekedés náluk még döntően módosítja az arcfelepítésüket, az okklúziójukat illetve a lágyszöveti profiljukat a kezelés alatt. Ezen változások meglehetősen összetettek; a genetikai kód manifestációját rengeteg belső és külső hatás befolyásolhatja, úgymint táplálkozás, betegség, dysfunkciók, szokások valamint a fogszabályzó kezelés. A hereditér faktorok által determinált

növekedés a fogsabályozó kezelés alatt lehet kedvező vagy kedvezőtlen, ezért fontos a növekedés várható nagyságának, irányának és idejének meghatározása.

Bishara (Bishara 2001) összefoglalja az Iowa Egyetemen 1945-ben elkezdett és 45 éven keresztül folytatott növekedést vizsgáló longitudinális tanulmány eredményeit. Három korcsoportot jelöltek ki; az 5-10, 10-15, 15-25 éves korosztályt. A dentofaciális komplexumra vonatkozóan a következőket állapítja meg: A testmagasságban tapasztalt növekedés valamelyest megelőzi a dentofaciális komplexum növekedését. (15 év utánra a vizsgált 20 év alatti össznövekedésnek az 5% ill. 15%-a tehető csupán lányok ill. fiúk esetében. Az állcsontok vonatkozásában ez a két nemből átlagosan 25%.) A növekedés mértéke szinte bármely kefalometriai mutatót vizsgálva szignifikánsan nagyobb az első két korcsoportban, mint a harmadikban. A változások a lányok esetében korábbra tehetőek, mint a fiúknál, ezért a 15-25 éves korcsoportba tartozó lányoknál a növekedés százalékos aránya kisebb, mint a fiúknál. Az arc egyes részei egymástól függetlenül, különböző időszakokban, különböző mértékben nőnek. Általánosságban elmondható, hogy a maxilla anteroposterior növekedése megelőzi a mandibula növekedését, de míg a lányoknál az utolsó korcsoportra a mandibula össznövekedésének csupán 10%-a jut, a fiúknál ez az arány csaknem 30%. A 15-25 éves korosztályban bizonyos paraméterekben jelentős változásokra is felfigyeltek; ezek elsősorban a vertikális dimenziót jellemző növekvő elülső és hátsó arcmagasság, az intermaxilláris viszonyt leíró csökkenő ANB szög és a lágyszövet profil csökkenő konvexitása.

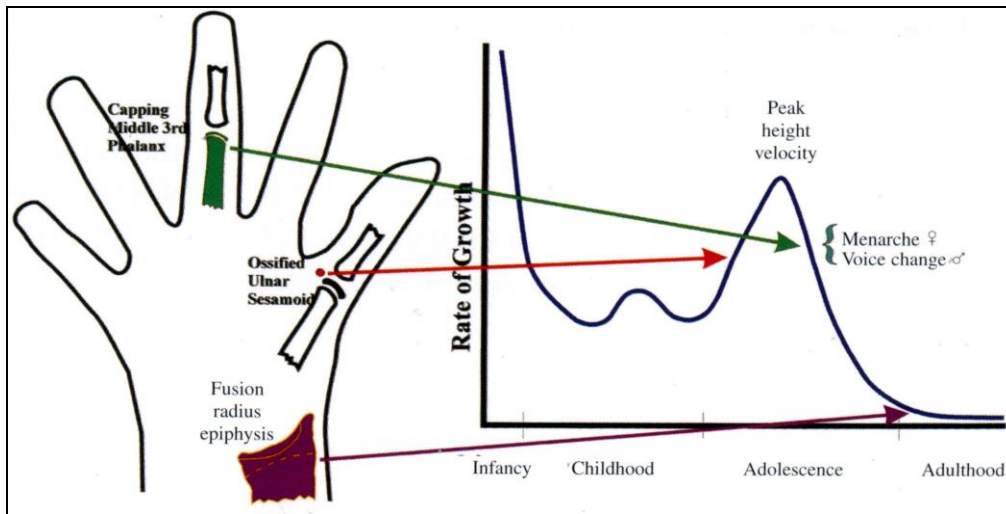
A vizsgálatban résztvevőket *arctípus* szerint (brachycephal, normocephal, dolichocephal) osztályozták. Meglepő eredményül az szolgált, hogy a páciensek 23%-ának arctípusa „megváltozott” 5 és 25 éves kora között. Tény, hogy ez a változás azoknál történt, akik az arctípusba soroláskor határesetet képviseltek két típus között. Az esetek döntő többségében azonban az 5 évesen meghatározott arctípus a két évtized alatt inkább kifejezettebbé vált.

A növekedés életkor függvényében vizsgált intenzitásában nincsen szignifikáns különbség az egyes arctípusokat illetően. A különbség sokkal inkább az állcsontok eredeti, genetikailag meghatározott méretéből fakad. Például brachycephal arc esetén már 5 éves korban is nagyobbak az arc anteroposterior dimenzióját leíró szögek és kisebbek a vertikális viszonyt jellemző szögek, mint dolichocephal arctípus esetén. Ez az eltérés a növekedés során megmarad vagy enyhén fokozódik.

A *növekedés előrejelzésére* többféle módszert dolgoztak ki. A legismertebb Björk (Björk 1969) strukturális és Skieller és mtsai (Skieller és mtsai 1984) metrikus eljárása saját mintáik

retrospektív vizsgálata alapján. Ez utóbbi lényege, hogy az egyes arctípusokra különböző növekedési átlagértékek vonatkoznak bizonyos időintervallum alatt. Ezeket az átlagértékeket a páciens eredeti szögértékeihez adva megkapjuk az adott idő alatt várható növekedés nagyságát. Az 1970-es években Ricketts (Ricketts 1972a, 1972b) dolgozta ki a computerizált növekedés előrejelzés módszerét. Ez valójában nem egy külön módszer, hanem a computer, mint eszköz igénybevétele a kefalometriai analízis, a kezeléstervezés és az orthodonciai kezeléssel vagy a nélkül történő növekedés előrejelzés elkészítésének meggyorsítására és vizualizálására. Mivel mindkét módszer lényegében azon alapszik, hogy egy átlagos növekedéssel számol, nem meglepő, hogy a két eljárás megbízhatóságát tekintve egyenrangú. (Greenberg és mtsai 1975) Hiányosságuk éppen a növekedés szempontjából extrém, átlagtól igen eltérő eseteknél mutatkozik.

A növekedés időbeni lefolyása az orthodonciai és implantológiai kezelést jelentősen befolyásolja. Természetesen születéstől a felnőttkorig állandóan van növekedés, de ennek intenzitása nem egyenletes; egyre lassulva csökken. Legtöbb esetben a növekedés intenzitásában három kiugrás, az infantilis, a juvenilis és a pubertális kiugrás (5. ábra) jelentkezik, mely kiugrások időpontja, mértéke és időtartama nagy egyéni eltéréseket mutat.



5. ábra. Növekedésintenzitás meghatározás a kézcsonatok röntgenfelvétele alapján: a növekedés intenzitásában három kiugrás, az infantilis, a juvenilis és a pubertális kiugrás jelentkezik (Cronin 1998)

A skelettális kormeghatározás a csontfejlődés nyomon követésén alapul. A kézen található kalcifikációs központok megjelenésétől kezdve az epifizisek záródásáig a csontfejlődés a születéstől a növekedés befejeződéséig jól követhető. Így akár egyetlen röntgenfelvétel is elég jó

felvilágosítást ad arra vonatkozóan, hogy az adott páciens melyik növekedési fázisban van. Ennek azért van nagy jelentősége, mert az egyes növekedés-kiugrások - különösen a pubertális kiugrás - nagy egyéni szóródást mutatnak a kronológiai életkort tekintve.

A kéziröntgen alapján történő skeletális maturáció meghatározás a skeletális növekedés nyomon követésére kiválóan alkalmas. Az arc- és állcsontok növekedése azonban kissé késleltetett a testmagasságban tapasztalható növekedés-kiugráshoz képest. (Fishman és mtsai 1982)

Moore és mtsai (Moore és mtsai 1990) a kéztő röntgen klinikai relevanciáját kétségbe vonták. Nyolcvanhat 11-16 év közötti gyermek vizsgálata alapján arra a megállapításra jutottak, hogy az arcképletek növekedésében nem mutatkozott az az intenzitásváltozás (növekedés ütemének felgyorsulása és lelassulása), ami a kéztőröntgen alapján a pubertális növekedés kiugrás alatt és után várható lenne. Sőt, a mandibula növekedését követve csak az esetek nem egészen 25%-ban regisztrálható pubertális növekedés kiugrás, azaz fokozott condylaris növekedés egy bizonyos időszakban. Ez az időpont átlagosan a 14 éves korra (12-15 év közé) tehető. Az esetek nagy részében azonban a mandibula növekedése meglehetősen egyenletesnek bizonyult. (Björk 1963)

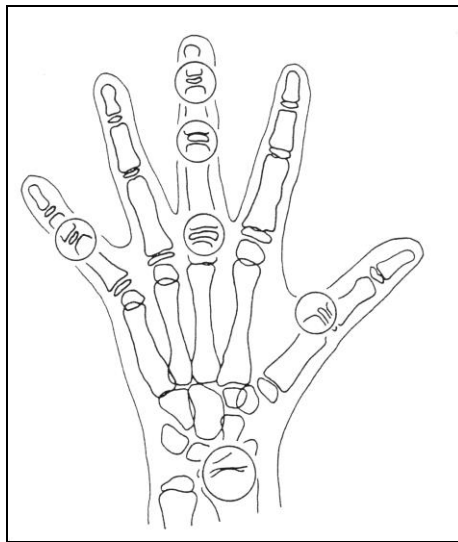
Thilander és mtsai (Thilander és mtsai 1994) ezzel ellentétben javasolják a skeletális maturáció, mint jellemző indikátor alkalmazását a serdülőkorban tervezett implantáció előtt. Tizenöt, 15 év és 4 hónap átlagéletkorú (13 év 2 hónap és 19 év 4 hónap), maradó fogazatú serdülő hiányzó fogainak a pótlására összesen 27 implantációt végeztek. A három éves követéses vizsgálat alatt mérték a páciensek testmagasságát, elemezték a kéziröntgen felvételeiket és vizsgálták az implantátumok helyzetét. A növekedést mutató fiatalok implantátumai infraokklúzióba kerültek, sőt, az infraokklúzió mértéke arányban állt a növekedés mértékével. Annál a páciensnél, amelyik már egyáltalán nem nőtt a három év alatt, az implantátum okklúziós síkhoz viszonyított helyzete sem változott. Ez a vizsgálat igazolja a hosszú csöves csontok vizsgálatát a növekedés előrejelzése, illetve az implantáció helyes időzítése céljából.

2.1.3.1. Kézcsontok röntgenfelvételének értékelése

A gyermekgyógyászatban a biológiai érettség meghatározása bizonyos esetekben klinikai jelentőséggel bír. Mivel a kronológiai életkor önmagában nem elég informatív a skeletális kormeghatározást alkalmazzák, mely az individuális csontfejlődés nyomon követésén alapszik. A csontfejlődés mind időben, mind intenzitásban szorosan összefügg a skeletális növekedéssel. Mivel a kézen és a kéztőn 51 különböző növekedési centrum van (Greulich és mtsai 1957), a

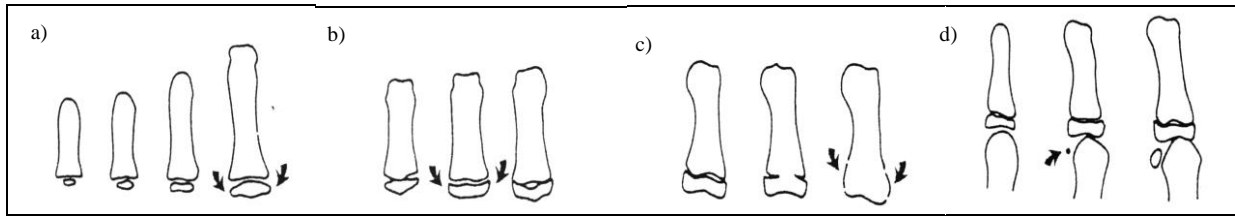
kéztő röntgenfelvételének e célból történő értékelése közismert eljárásnak számít. Segítségével a kézen található calcifikációs központok megjelenésétől kezdve az epifizisek záródásáig a csontfejlődés és ez által a biológiai fejlődés a születéstől a növekedés befejeződéséig jól követhető. Az ily módon meghatározható skelettalis életkort a kronológiai életkorral összehasonlítva kiderül, hogy az adott páciens korán vagy későn érő típus-e.

A skelettalis maturáció meghatározására Fishman (Fishman 1982) által leírt módszer jelenleg a legelfogadottabb, így mi is ezt alkalmaztuk. Ennek lényege, hogy a csontérésnek négy indikátorát vizsgálja a kéz hat különböző pontján; a hüvelykujj középső percén, a középső ujj mindhárom percén, a kisujj középső percén és a radiuson. (6. ábra)



6. ábra. A skelettalis maturáció indikátorainak lokalizációi: a hüvelykujj középső percén, a középső ujj mindhárom percén, a kisujj középső percén és a radiuson (Fishman 1982)

A négy megkülönböztetett csontérési mutató közül három az ujjpercek ill. a radius epifizisére vonatkozik; 1.) az epifízis diafízishez viszonyított szélessége, 2.) az ún. capping, amikor az epifízis sapkászerűen borítja a diafízist, 3.) az epifízis és a diafízis fúziója. A negyedik indikátor a hüvelykujj metacarpophalangealis ízületének ulnaris oldalán levő szézámcsont elmeszesedése. (7. ábra)



7. ábra: A skeletális maturáció négy indikátora: a) az ujjpercek epifízisének diafízishez viszonyított szélessége b) az ún. capping, amikor az epifízis sapkaszerűen borítja a diafízist c) az epifízis és a diafízis fúziója d) a hüvelykujj metacarpophalangealis ízületének ulnaris oldalán levő szesámcsont elmeszesedése.

(Fishman 1982)

Mindezek alapján 11 elcsontosodási stádiumot különböztetünk meg, mely a 10-17 éves (serdülő és ifjú) korosztály skeletális életkorát kellő biztonsággal mutatja.

- 1.1. PP2 (*phalanx proximalis digiti secundi*) stádium: A mutatóujj proximális ujjpercének epifízise ugyanolyan szélessé válik, mint a diafízise.
- 1.2. MP3 (*phalanx media digiti tercii*) stádium: A középső ujj középső percének epifízise ugyanolyan szélessé válik, mint a diafízise. E fázisban a páciens növekedése közvetlenül a növekedés-kiugrás kezdetén áll.
- 1.3. MP5 (*phalanx media digiti minimi*) stádium: A kisujj középső percének epifízise ugyanolyan szélessé válik, mint a diafízise.
- 1.4. S (*sesamoides*) stádium: A hüvelykujj metacarpofalangealis ízületének ulnaris oldalán levő szesámcsont kezd elmeszesedni, és így röntgenárnyékot adni. A serdülőkori növekedés-kiugrás megkezdődött.
- 1.5. DP3cap (*phalanx distalis digiti tercii / capping*) stádium: A középső ujj distális percének epifízise sapkaszerűen borítja a diafízist.
- 1.6. MP3cap (*phalanx media digiti tercii / capping*) stádium: A középső ujj középső percének epifízise sapkaszerűen borítja a diafízist. Ebben a stádiumban a páciens a növekedés-kiugrás csúcspontján éppen túljutott, a növekedés intenzitása már csökkenő tendenciát mutat.
- 1.7. MP5cap (*phalanx media digiti minimi / capping*) stádium: A kisujj középső percének epifízise sapkaszerűen borítja a diafízist.
- 1.8. DP3u (*phalanx distalis digiti tercii / unit*) stádium: A középső ujj distális percének epifízise tökéletesen összezsontosodott a diafízissel. A növekedésintenzitás erősen lecsökkent.

- 1.9. PP3u (*phalanx proximalis digiti tertii / unit*) stádium: A középső ujj proximális perce is tökéletesen összezsontosodott. A várható növekedés minimális.
- 1.10. MP3u (*phalanx media digiti tertii / unit*) stádium: A középső ujj középső percének epifizisvonala is tökéletesen elcsontosodott. Számottevő növekedés már nem várható
- 1.11. Ru (*radius / unit*) stádium: A radius distális epifizisvonala tökéletesen elcsontosodott. A testnövekedés gyakorlatilag megszűnt.

2.1.3.2. *Implantáció serdülő és ifjúkorban*

Az állcsontok növekedését figyelembe véve, a dentális implantátumok alkalmazásakor elmondható, hogy hosszú távú (8–10 év) sikert csak akkor várhatunk, ha az implantátum környékén már nincs jelentős csontnövekedés. A döntésben a legnagyobb nehézséget a növekedés mértékének, irányának és időzítésének igen egyéni variációi jelentik. Tény, hogy a nagyszámú csírahiánnyal született gyerekek alveolusa visszamarad a fejlődésben, ezért mandibuláris oligodontia esetében a funkció mielőbbi helyreállítása céljából kivételesen az implantáció a skelettalis növekedés befejeződése előtt is elvégezhető.

A maxilla frontális területén levő foghiányok a kezelőorvost komoly dilemma elé állítják. A korai implantációs fogpótlásnak látszólag van néhány előnye; az alveoláris csont nem épül le, a helyreállított funkció és az esztétika a páciens elégedettségét szolgálja. Ezért a páciens és a szülők részéről gyakran nagy nyomás nehezedik a kezelőorvosra. Ennek ellenére nem javasolt a dentális implantátumok használata 13–16 éves kor alatt.

Más a helyzet az orthodonciai implantátumokkal, melyeket ideiglenesen (1,5–2 évre), a horgonylatot biztosító szerepükért alkalmaznak, majd a fogszabályozó kezelés végén eltávolítanak. (Oesterle és mtsai 2000) Ez alatt az egy-két év alatt – a már amúgy is lelassult serdülő és ifjúkori állcsontnövekedés időszakában – nem kell attól tartani, hogy a fent ismertetett jelenségek (implantátum elsüllyedése, csonttasak kialakulása) fellépnek. Különösen akkor nem, ha az implantátum helyéül nem a még intenzíven fejlődő fogmeder-nyúlványt, hanem egyéb, fogatlan régiót választunk, mint például a palatum durum vagy a regio retromolare mandibulae. A palatinális implantátumra vonatkozóan Gedrange és mtsai (Gedrange és mtsai 2001) végeztek kísérleteket különböző életkorú sertéseken. Egy vagy két ponton statikus terhelést (max. 110 N) alkalmazva azt találták, hogy a fiatal állatok kemény szájpadja kisebb erő hatására deformálódott,

mint a felnőtteké illetve a két pontos terhelés minden életkorban stabilabbnak bizonyult. Ezért preferálják a szerzők fiatal korban az egy mediansagittálsan behelyezett implantátum helyett inkább kettő, paramedian helyzetű implantátum használatát. Másutt (Gedrange és mtsai 2006) gyermekek és serdülők esetében a papilla incisivától 4 mm-re dorsalisán és a középvonaltól 3 mm-re laterálisán, mediansagittálsan javasolják a palatinális implantátum behelyezését. Ezzel szemben Schlegel és munkatársai szövettani vizsgálataik alapján a palatinális implantátum mediansagittális pozícionálásakor az első molárisokat összekötő vonalban javasolják az implantációt serdülők esetében. (Schlegel és mtsai 2002)

2.1.4. A hagyományos és a sebészi horgonylat összehasonlítása

Feldmann és mtsai az 1966 és 2004 közötti szakirodalom feldolgozásával tudományos evidenciát kerestek különböző intraorális horgonylati eszközök hatásosságára. A kritériumrendszerüknek megfelelt 14 study elemzésével egymásnak ellentmondó eredményeket találtak. A legfőbb hiányosságot a kicsi mintaméretben, a hibaelemzés módszerében valamint a vak vizsgálat hiányában találták. (Feldmann és mtsai. 2006) Skeggs és mtsai (Skeggs és mtsai 2007) kiterjedt irodalomkutatót végeztek e témában és eredményeiket egy review formájában publikálták. A fellelhető irodalmi adatokat elemezve első sorban arra keresték a választ, hogy a sebészi implantációs technika hatékonysága hogyan viszonyul a hagyományos horgonylati technikákhoz a fogszabályozó kezelés során. Vizsgálták továbbá az implantációs eljárás sikerarányát és a páciensek elfogadási hajlandóságát, kellemetlenségeit. Randomizált vagy „kvázi-randomizált” vizsgálatokat kerestek szigorú, de egyértelmű kritériumrendszer szerint. Végeredményben egyetlen randomizált klinikai vizsgálatot (RCT) találtak, mely a palatinális implantátum és a headgear horgonylati potenciálját hasonlítja össze Class II/1 malokklúzió felső premoláris extrakcióval történő orthodonciai korrekciója esetében. (Benson és mtsai 2007) Ebben a két angliai centrumban lefolytatott vizsgálatban 51, 12 és 39 év közötti páciens vett részt. A pácienseket randomizálva osztották a két csoport egyikébe. Három páciens végül nem fogadta el a számára kedvezőtlennek tartott véletlenszerű besorolást és így nem vett részt a vizsgálatban. Egy résztvevő pedig nem jelent meg a második (záró) röntgenfelvételen, tehát összesen 47 páciens adatait elemezték. Az átlagos kezelési idő 2,23 (SD 0,62) év volt a HG csoportban, míg 2,15 (SD 0,59) év az implantátumot viselők csoportjában. A horgonylatvesztés mértékét kefalometriai módszerrel határozták meg, mégpedig a dentális és skeletális referenciapontok

mesialis elmozdulásával a kezelés kezdetétől (T1) a horgonylati szakasz végéig (T2). Az összes vizsgált skelettális és dentális referenciapont elmozdulása nagyobb volt a headgeares csoportban, mint a palatinális implantátum esetében. A felső első moláris elmozdulásában pedig ez az eltérés jelentősnek bizonyult. Az implantátumos csoportban ezt a különbséget 1,5 mm-nek (SD 2,6) míg a headgeares csoportban 3,0 mm-nek (SD 3,4) találták, így a két csoport közötti átlagos különbség 1,5 mm volt. A kísérletet úgy tervezték, hogy a szignifikancia határ 2 mm-nél legyen, ezért az eredmény statisztikailag nem volt szignifikáns, ennek ellenére a szerzők értelmezése szerint bizonyított a palatinális implantátum hatásossága, mely az abszolút horgonylatot igénylő eseteknél az extraorális horgonylatnak tökéletes alternatívája. Ennek részben ellentmond Spivalovsky és mtsa (2010) által publikált vizsgálat eredménye, miszerint a headgear és az implantátum ugyanolyan hatásos volt a klinikai alkalmazás során. Hasonló végkövetkeztetésre jutott Kalha (2008) is az irodalmi adatok elemzése során; nincs rá evidencia, hogy a palatinális implantátum hatásosabb lenne más, korábban bevált orthodonciai elhorgonyzási módszernél.

Feldmann és mtsa azonban publikált egy EBM (Evidence Based Medicine) legújabb kritériumrendszerét szem előtt tartó RCT (Randomised Clinical Trial)-t. 120 (60 fiú, 60 lány) serdülőt (átlagéletkor:14,3 év, SD: 1,73) integráló klinikai vizsgálatuk során négy különböző horgonylati rendszert hasonlítottak össze: Onplant (Nobel Biocare), Orthosystem (Straumann), headgear, transzpalatinál ív. Az premoláris extrakciós kezelést szakaszolva is értékelték; a nivelláló és a részárás fázisát külön-külön valamint a kezelés összességét. Eredményük értelmében már nivellálás alatt horgonylatvesztés történt a transzpalatinális ív alkalmazása esetén, mely tovább fokozódott a részárás során. E második fázisban már a headgear sem bizonyult elégségesnek. Az össz horgonylatvesztés a TPI esetében 2 mm, a headgearnél 1,6 mm volt, míg a két skelettális horgonylati eszköz moláris elmozdulás nélküli maximális horgonylatot biztosított. Azonban az Onplanttal több technikai probléma adódott, mint az Orthosystemmel, ezért a szerzők ez utóbbit javasolják maximális horgonylat indikációja esetén. (Feldmann és mtsa. 2008) E választást erősíti meg a páciensek körében végzett felmérés is, mely a sebészi beavatkozással valamint a fogszabályozással kapcsolatos fájdalom intenzitását értékeli. Ennek értelmében a foghúzás és az Onplant behelyezés kellemetlensége hasonló, azonban az Orthosystem behelyezése ehhez képest elenyésző kellemetlenséggel jár. A legelviselhetlenebb a szájpád mielőbbi gyógyulását segítő mélyhúzott lemez viselése volt a páciensek visszajelzése értelmében. Persze a fogszabályozó készülék által okozott fájdalom mellett, mely átlagosan a második napon csúcsosodott ki és a hetedik nap környékére elmúlt és elsősorban a metszők

területére összpontosult. A molárisok egyértelműen érzékenyebbnek bizonyultak a hagyományos horgonylati technikák alkalmazáskor, összehasonlítva a szkelettális horgonylati eszközökkel. (Feldmann és mtsa. 2007, 2012)

3. Célkitűzések

Jelen **vizsgálat indikációja** az, hogy a fogszabályozó esetek döntő többségében ténylegesen fiatal korban van szükség ún. maximális horgonylatra, hiszen a fogak mozgathatósága szempontjából közismert, hogy a nem teljesen lezáródott általános csontnövekedési szakaszban a csontszöveti reakciók kedvezőbbek és ilyenkor a malokklúziók többsége még sem morfológiailag, sem funkcionálisan nem visszavonhatatlanul manifesztálódott, ezért e beavatkozások tartós sikerrel inkább a fiatalabb életkorban alkalmazhatóak. A **randomizált klinikai vizsgálat (TUKEB eng. szám: 236/2000) célja** a szájpada ültetett, orthodonciai erővel terhelt implantátum klinikai relevanciájának tesztelése az ortopédiailag még nem teljesen lezárult csontnövekedés idején, azaz serdülőkorban. Az összehasonlításához (kontroll) egy hagyományosan felépített intraorális dentális horgonylattal ellátott fiatalok csoportjának fogszabályozási kezelését követtük és azonos szempontok szerint értékeltük. Jelen kutatás **klinikai relevanciája** az, hogy a két csoport összevetésével **EBM (Evidence Based Medicine) II. szinten** (Grimes és mtsa 2002) igazolható-e, hogy

a palatinális implantátum használatával elkerülhető a *horgonylatvesztés*
 az implantációs elhorgonyzás alkalmazása összességében lerövidíti a *kezelési időt*,
 aminek gazdaságossági szempontból is számottevő jelentősége lehet.

Továbbá **in vitro** hisztológiai vizsgálatokban választ kerestünk arra, hogy

a palatum durum közepén, a sutura palatina mediana területén elegendő csonttámasz áll-e rendelkezésre

a palatinális implantátum eltávolítását követően szövettanilag igazolható-e a csontintegráció létrejötte

befolyásolja-e a csontintegráció létrejöttét és mértékét a gyógyulási idő – más szóval feltétlenül szükséges-e a 12 hetes gyógyulási idő kivárása az orthodonciai terhelés előtt.

4. Módszerek

4.1. Vizsgálati anyag

4.1.1. Randomizált klinikai vizsgálat (TUKEB: 236/2000)

4.1.1.1. Páciens kiválasztás

Az első vizsgálat során – ugyanúgy, mint minden, a Heim Pál Gyermekkorház Állcsontortopédiai és Fogszabályozási Osztályára felvett gyermeknél – szájvizsgálat történik az adott fogazati anomália etiológiájának tisztázására és annak megállapítására, hogy szükséges-e az adott eltérés orthodonciai/állcsontorthopédiai terápiája. E vizsgálat része továbbá az általános egészségi állapot felmérése és a kórelőzmény felvétele, mely egy kérdőív segítségével történik. A részletes kezelési terv és az esetleges kezelési alternatívák felállításához szükség van néhány röntgenfelvételre és az okklúziós viszonyt is rögzítő gipszmodellre.

A kezeléstervezés során a kezelőorvos megvizsgálja a felvételi kritériumokat és indikációkat (4.1.1.1.1.) és miután a tájékoztatási kötelességének eleget tett, az azoknak megfelelő páciensről – kiskorúakról lévén szó természetesen a szülőtől, gondviselőtől is – a beleegyező nyilatkozat aláírását kéri. A páciens ezek után nyilvánítható a vizsgálatban résztvevő személynek. Ekkor még néhány speciális röntgenfelvétel és fénykép készül.

4.1.1.1.1. Felvételi kritériumok

2. általános fogszabályozási indikáción belül az olyan anomáliák, melyeknél harmonikus állcsontreláció, esetleg dentálisan kompenzálható skeletális dysgnathia mellett egyes fogak helyzeti rendellenessége, dentoalveoláris diszharmónia áll fenn. A kezelés során a maximális horgonylat biztosításának karakterisztikus célként kell szerepelnie.
3. morfológiailag és funkcionálisan extrakciós esetek
4. a fogszabályozási indikációjú extrakció a felső első premoláris fogakat is érinti
5. a fogszabályzó kezelés rögzített készülékkel, vestibularis technikával történik
6. még nem lezárult csontfejlődés, de már elért *MP3cap* stádium; a páciens skeletális kora a kézcsontok röntgenvizsgálatával ismert kritériumok alapján megállapítható (lsd. 3.3.1.)
7. a tervezett implantátum helyén elegendő csonttréteg áll rendelkezésre
8. aláírt beleegyező nyilatkozat

4.1.1.1.2. Kontraindikációk

9. dohányzás (több mint napi 10 cigaretta)
10. alkohol-, vagy drogfüggőség
11. kezeletlen parodontitis
12. kontrollálatlan diabetes
13. haemofília és más vérképzőszervi betegség
14. szisztémás csontbetegségek
15. immunbetegségek
16. folyamatban levő szteroid kezelés
17. folyamatban levő kemoterápia
18. pszichiátriai ellenjavallat, pl. antidepresszáns kezelés
19. terhesség
20. általános sebészeti kontraindikációk
21. lokális sugárterápia
22. csekély kooperációs készség a páciens részéről, nem kielégítő szájhigiénia
23. beleegyező nyilatkozat hiánya

4.1.1.2. Randomizálás

A randomizálás lényege, hogy a klinikai vizsgálatban résztvevők *véletlenszerűen* kerülnek az egyes csoportokba. Ennek többféle lehetséges módja van; relatív kis mintaszámú vizsgálatról lévén szó, olyan módszert kellett választanunk, melynek eredményeképpen a két vizsgálati csoport mintaszáma lehetőleg nem tér el egymástól. Ezért az ún. randomizált tömbök használata mellett döntöttünk, mégpedig hatos csoportokban. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy meg kell várni, míg összegyűlik hat, a fenti kritériumoknak megfelelő páciens, akik hajlandóak részt venni a vizsgálatban. Ekkor a 20 lehetséges tömbből sorsolunk ki egyet, amelyik mindegyikében fele-fele arányban képviseltetik a két (A és B) csoport. (3. táblázat) A hat páciens kartonszámuk szerinti sorrendben párosítottuk az éppen kisorsolt tömbhöz. (Smeeton 2005)

3.táblázat. Hatos randomizált tömbök

1) AAABBB	2) AABABB	3) AABBBAB	4) AABBBBA	5) ABAABB
6) ABBBAA	7) ABABBA	8) ABBAAB	9) ABABAB	10) ABBABA
11) BBBAAA	12) BBABAA	13) BBAABA	14) BBAAAB	15) BABBAA
16) BAAABB	17) BABAAB	18) BAABBA	19) BABABA	20) BAABAB

Miután az első hat páciens besorolása valamelyik csoportba ily módon megtörtént és a kezelésük megkezdődött, meg kellett várni újabb hat, a vizsgálati kritériumoknak megfelelő páciens összegyűlését, amikor is a fent leírt randomizáló eljárás megismételhető volt.

1.1.1.1. Vizsgálati anyag

A randomizált *klinikai* vizsgálatba – a fent leírt kritériumok alapján – **30** serdülőkorú **páciens** (átlagéletkor: **14,22** év, SD= ± 1,37); **17 lány** (átlagéletkor: 14,34 év, SD= ± 1,64) és **13 fiú** (átlagéletkor: 14,01 év, SD= ± 0,88) került beválasztásra. A randomizálást (lsd. 5.1.2.) követően a palatinális implantátum (PI) csoportba került 15 páciens (átlagéletkor: 14,15 év, SD= ± 1,23) közül 6 lány (átlagéletkor: 14,16 év, SD= ± 1,67) és 9 fiú (átlagéletkor: 14,1 év, SD= ± 0,91) volt. A dentális horgonylati csoport (DH) 15 páciense (átlagéletkor: 14,4 év, SD= ± 1,57) 11 lányból (átlagéletkor: 14,43 év, SD= ± 1,69) és 4 fiúból (átlagéletkor: 13,81 év, SD= ± 0,89) állt.

4.1.2. Hisztológiai, hisztomorfometriai vizsgálat

4.1.2.1. Páciens kiválasztás és randomizálás

A klinikai vizsgálatban résztvevő páciensek számát plusz egy fővel kibővítettük, hogy a két csoportban azonos legyen a mintaszám. A szövettani vizsgálatban résztvevő pácienseket szintén véletlenszerűen sorsoltuk az egyes csoportokba. Ez a randomizálási módszer ugyan biztosítja, hogy az egyes csoportokban résztvevők aránya 1:1 legyen, de természetesen nem garantálja, hogy a csoportok összetétele egyéb szempontok szerint is (pl. nemek aránya, életkor) azonos lesz.

4.1.2.2. Vizsgálati anyag

A randomizált klinikai vizsgálat során palatinális implantátumot kapó páciensek számát eggyel kibővítve – aki a klinikai vizsgálatban már nem vett részt - 16 serdülő (átlagéletkor: 14,2 ± 1,3

év) került abba a vizsgálatba, melyben a palatinális implantátum azonnali terhelhetőségét vizsgáltuk az implantátum eltávolítását követően *szövetteni* módszerekkel. A vizsgálati csoportban, ahova három lány és öt fiú került besorolásra, az implantátum terhelése a beültetést követő 72 órán belül, tehát „azonnal” megtörtént (n=8, átlagéletkor $14,15 \pm 1,2$ év). A kontroll csoportban, ahol öt lány és három fiú volt, (n=8, átlagéletkor $14,3 \pm 1,5$ év) a palatinális implantátum terhelésére a feltételezett osseointegrációt követően a gyártó eredeti ajánlását követve csak 12 hét múlva került sor. A palatinális implantátum beültetése, a lenyomatvételi eljárás és a felépítmény szájba helyezése, valamint az explantáció minden esetben megegyezett az 5.1.3.1. fejezetben leírtakkal.

4.2. Vizsgálati módszerek

4.2.1. Randomizált klinikai vizsgálat

4.2.1.1. Palatinális implantátum (PI) csoport

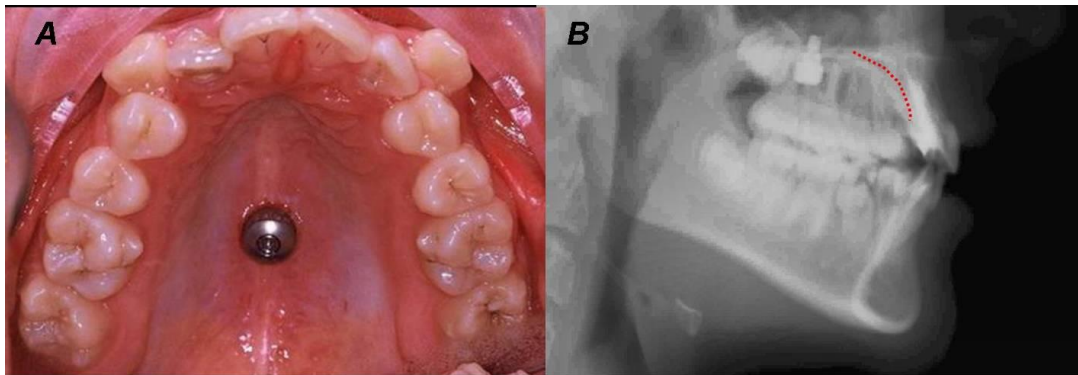
4.2.1.1.1. Implantáció

Minden egyes sebészi beavatkozás előtt a palatinális csontmorfológia többirányú röntgenológiai vizsgálatával meghatározzuk az Orthosystem® implantátum leendő helyét. Bár az orrüreg csontos alja a sagittális síkkal $30^\circ - 45^\circ$ -os szögben, az első premolárisokat összekötő vonalban kínálja a legtöbb csontot, azonban különösen fiatal pácienseknél az ily módon kialakított csont cavitas a canalis incisivus penetrációjának veszélyét hordozza. Ez nem csak az implantátum primer stabilitását csökkenti, hanem érzéscsökkenést, zsidbadást jelenthet a páciensnek. Ezért mi egy német sebész-team javaslata alapján ennél disztálisabb pozicionálást alkalmaztunk. E team végzett 15 és 20 év közötti humán cadavereken olyan hisztomorfometriai vizsgálatokat, mellyel a palatinális csontkínálatot határozták meg különböző topográfiai régiókban. E vizsgálatok értelmében a median sagittális síkban a második premolárisoktól disztálisan is átlagosan 5 mm vastagságú csont található, mely minden esetben elégséges volt az általunk alkalmazott 4 mm-es PI számára. (Schlegel és mtsai 2002, Stockmann és mtsai 2009)

A protokoll értelmében az implantátumot mediansagittálisan, az első molárisokat és a második molárisokat összekötő vonalak közé, a frontális síkkal kb. $5-10^\circ$ -os szögben helyeztük be (8. ábra), mert itt nincs szükség olyan mértékű angulációra, mint a szájpad elülső részén, továbbá a

műtéti terület jobban látható és könnyebben hozzáférhető. (Schlegel és mtsai 2002, Borsos és mtsai 2008) Ez a csontágy kialakításánál, az implantátum behelyezésénél és különösen az eltávolításkor előnyös. A disztopalatinális pozíció választásakor azonban szem előtt kell tartani, hogy csak a középvonalban, a sutura palatina mediana (torus palatinus) területén van kellő vastagságú csont és a paramediális pozicionálás az orrüreg penetrációját okozhatja. (King és mtsai 2007, Stockmann és mtsai 2009, Winsauer és mtsai 2012)

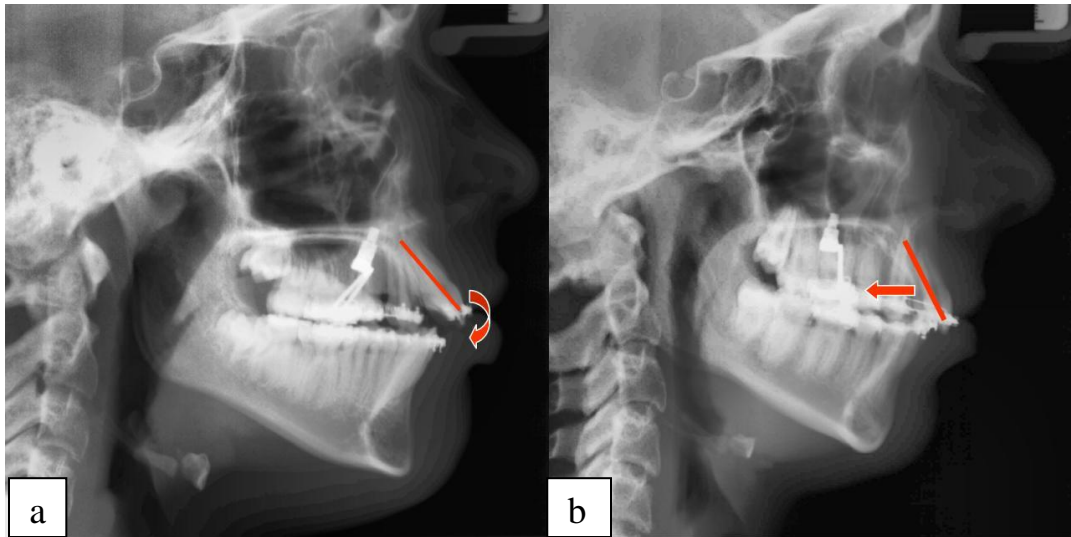
Az ily módon kiválasztott anatómiai topográfiai régióban a vertikális csontmennyiség minden esetben elegendőnek bizonyult a 4 mm-es implantátum számára.



8. ábra: (a) A disztopalatinális helyzetű implantátumra közvetlenül a behelyezés után gyógyuló sapkát rögzítünk. (b) Az implantátum disztopalatinális behelyezésével elkerülhető a canalis incisivus (jelölve) sérülésének veszélye

Fogszabályozási szempontból az általunk alkalmazott disztopalatinális pozíciónak több előnye is van:

1. A szájpád lefutásának köszönhetően az implantátum tengelye a nagyörlőkkel közel párhuzamos, így a merev felépítmény integrálása könnyebben kivitelezhető.
2. A disztálisan behelyezett implantátum esetében a behelyezett TPI ív rövidebb, így a deflekciónak is kisebb. (Wehrbein és mtsai 2004)
3. Különösen a fogszabályozás kontrakciós fázisa alatt mutatkozik meg a konvencionálisan javasolt pozíció hátránya; a metszők gyökerei kontaktusba kerülhetnek az implantátummal, ami a torque kontrollt és a testes fogelmozdítást kivitelezhetetlenné teszi. A disztopalatinális pozíció nem gátolja a frontfogak palatinális gyökértorquálását. (9. ábra)



9. ábra: Az általunk javasolt disztopalatinális pozíció (b) egyik előnye a frontfogak testes retrakciójakor mutatkozik. Hagyományos behelyezéskor (a) a frontfogak gyökere kontaktusba kerülhet az implantátummal, ezért azokat csak hátra dönteni lehet biztonsággal

Az optimális hely és inklináció meghatározása után ezt az információt át kell vinni a páciensre. A tökéletes átvitelhez röntgenológiaiilag is ellenőrizhető műtéti sablont alkalmaztunk, mely egy kb. 1 cm vastag, a legvastagabb csontfűrő átmérőjének megfelelő disztálisan nyitott vezetőcilindert tartalmazó, akril bázislemez volt. (10. ábra)



10. ábra: Az alkalmazott műtéti sablon gipszmodellen

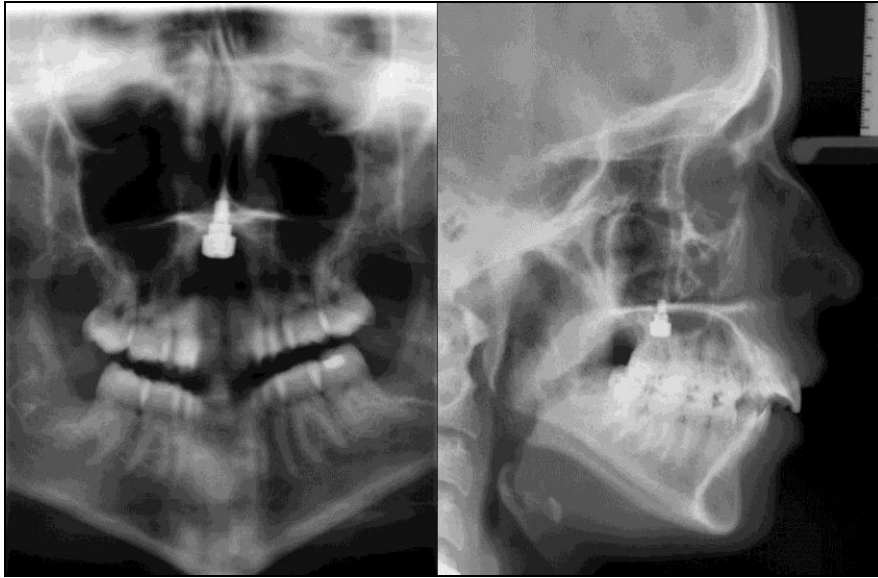
A szisztémás antibiotikus árnyékot irodalmi adatok alapján (Dent és mtsai 1997, Laskin és mtsai 2000) kívánatosnak tartottuk, noha a legújabb vizsgálatok (Binahmed és mtsai 2005, Hossein és mtsai 2005) szerint a műtét előtti egyszeri antibiotikum dózis éppen olyan hatékony, mint az általunk is alkalmazott hosszú távú (7 nap) adagolás. Sőt, Morrris és mtsai (Morrris és mtsai 2004) 1500 Ankylos implantátum behelyezésének sikerességét 3-5 évig követve arra a

megállapításra jutottak, hogy az antibiotikus profilaxisnak a fogászati implantológiában nincs vagy csak minimális a létjogosultsága. Ezeket a vizsgálatokat azonban javarészt fedetten gyógyuló, ún. 'two-stage' implantátumok körében végezték. Az általunk alkalmazott palatinális implantátum azonban nyitva gyógyuló, ún. 'one-stage' implantátum, mely a szájüreg miliójától nem kerül elzárásra a gyógyulás idejére. A páciensek 2 x 625 mg amoxicillint /Augmentin Duo filmtabl (625 mg amoxicillin + 125 mg acidum clavulanicum) szedtek perorálisan (Divinyi 1998) a műtét előtt két nappal kezdve és azt követően további öt napig.

A PI transmucosalis sebészi behelyezése a kétoldali nn. palatini majores és a n. incisivus helyi érzéstelenítésével /2 ml Inj. Ultracain DS Forte, Hoescht/ zajlik. (Divinyi 2004) A páciensek a műtét előtt szájfertőtlenítő oldattal (Chlorhexamed®) öblögetnek. A palatinális nyálkahártya eltávolítás egy mucosa lyukasztóval (Ø 4,5 mm) és egy raspatóriummal történik. Gömbfúróval (Ø 2,3 mm) távolítjuk el a periosteumot és az így feltárt mucoperiostealis ablak közepén a corticalis csonton apró bemélyedést fúrunk. Az implantátum ágy lege artis előkészítése a kiválasztott implantátum méretének és a palatum alakjának megfelelő méretű ún. profílfúróval (Ø 2,8 mm) történik, lassú fordulaton (max. 750/min) folyamatos, 5°-os steril fiziológiás sóoldattal történő hűtés mellett. Szükség esetén az implantátum ágy mélysége egy periodontális mérőeszközzel kontrollálható és egyúttal a palatinális nyálkahártya vastagsága is lemérhető ily módon. A palatum morfológiáját sem árt figyelembe venni az implantátum nyak hosszának kiválasztásakor, hiszen egy gótikus szájpad valamelyest kompenzálható egy hosszabb nyakú (4,5 mm) implantátum kiválasztásával. Lapos szájpad esetében viszont a legrövidebb nyakú implantátum használata ajánlott, mivel így minimalizálható a nyelvfunkció (-diszfunkció) diszlokáló hatása. A kiválasztott, önvágó menettel rendelkező implantátumot manuálisan, az óramutató járásával megegyező irányban csavarjuk be, továbbra is külső hűtés mellett. A behelyezéskor észlelhető torque rezisztencia és a csont minősége között egyértelmű összefüggés tapasztalható. (Bernhart és mtsai 2001) Az implantátum primer stabilitását - mint az osseointegráció elsődleges feltételét – klinikailag (kopogtatási hang és Periotest) ellenőrizzük. A Straumann cég egy 4 mm átmérőjű ún. mentő-implantátumot is forgalmaz, azonban ennek használatára nem volt szükség. Végül az implantátum fejhez egy ún. gyógyuló sapkát rögzítünk okkluzális csavar segítségével. Ez egyrészt lezárja az implantátum fej centrális csavarmenetét, másrészt ideálisan megformázza a nyálkahártyaseb szélét a gyógyulási időszak alatt.

A beavatkozás időtartama átlagosan 10-15 perc, így a páciens terhelése minimális.

A behelyezett implantátumot 2 különböző irányból készített röntgenfelvétellel (sinus OP, teleröntgen,) ellenőriztük. (11. ábra)



11. ábra. Az implantációt követő kontroll röntgenek: a) sinus op, b) teleröntgen

A műtétet követően minden páciens szóbeli instrukciókat kapott, különös tekintettel a szájjápolásra; az első héten a műtéti terület fogkefével való tisztítása még kerülendő, de napi háromszori chlorhexidin-digluconat-os szájjöblítés javasolt. A nyolcadik naptól az implantátum már puha fogkefével óvatosan tisztítható, de a szájjöblítés kétszer naponta folytatandó. A tizennegyedik naptól már csak a fogkefés tisztítást javasoljuk, de az implantátum körül jelentkező gyulladás esetén a fertőtlenítő szájjöblítés újra szükségessé válhat.

Az implantációt követően a beteget egy-két napon belül, egy hét majd egy hónap múlva kontrolláljuk. Ilyenkor vizsgáljuk, hogy

- a páciensnek vannak-e szubjektív panaszai
- látható egy gyulladás a nyálkahártyán, esetleg suppuratio az implantátum körül
- a kopogtatási hang megfelelő-e
- az implantátum immobilis-e.

4.2.1.1.2. Technikai fázis

Mivel az implantátum terhelését a Straumann cég eredetileg 12 hetes gyógyulási periódus után javasolja, a konvencionális terheléses al csoportban 10-11 héttel a műtét után – miután az implantátum immobilitását ellenőriztük – történik a *lenyomatvétele*. Ehhez az implantátum feje –

a gyógyulási csavar eltávolítása után – egy pontosan illeszkedő műanyag átviteli sapkát kell helyezni és ezzel az átviteli sapkával és a felhelyezett moláris gyűrűvel együtt vesszük az alginát (Kromopan®, Lascod SpA, Sesto Fiorentino, Firenze, Italy) lenyomatot. Az átviteli sapkába fixen illeszkedő, az implantátum fejet imitáló technikai analóggal kiöntött mintára készül el a felépítmény. A palatinális implantátum indirekt horgonylati felhasználása esetén egy transzpalatinál ívet rögzítettünk lézerhegesztéssel a két moláris gyűrűhöz és az implantátum fejre illeszkedő acél sapkához. A transzpalatinál ív anyagánál (hőkezelt acél), vastagságánál és átmetszeténél (1,2 x 1,2 mm) fogva kellően rigid, deformitást – orthodonciai erők alkalmazása mellett - nem mutat. (Wehrbein és mtsai 2004)

Az azonnali terheléses alcsoportba sorsolt pácienseknél az implantációt követően azonnal megtörtént a lenyomatvétel a fent leírt módon. Ezután 72 órán belül kerül rögzítésre a felépítményt, mely természetesen megegyezik a másik alcsoportban is használt, fent leírt felépítménnyel.

4.2.1.1.3. A felépítmény szájba helyezése

A felépítmény szájba helyezéséhez a gyógyuló csavart eltávolítjuk és az acél sapkát az implantátum fejre illesztjük. Ekkor a moláris gyűrűk is relatív feszülésmentesen a helyükre kerülnek. Ezeket a hagyományos módon, fluorid tartalmú üvegeionomer cementtel rögzítjük az első molárisokra majd az acél sapkát is fixáljuk egy okkluzális csavar segítségével az implantátum fejhez.

4.2.1.1.4. Explantáció

A palatinális implantátum eltávolítására annak szükségtelessé válásakor, de legkésőbb az orthodonciai kezelés befejezésekor kerül sor. A felépítmény eltávolítása után egy ún. vezető csavart kell rögzíteni az implantátum fejhez, mely a hengerpalást alakú trepán fúrót (Ø 4,2 mm) pontosan vezeti az implantátum test mellett a csontban. Az explantáció szintén lokális érzéstelenítésben történik. Az eltávolított implantátum cirkulárisan kb. 0,4 mm vastagságban csonttal borított.

A csontseb cca. 4 mm mély, megközelítően 5 mm átmérőjű és néhány hét alatt a másodlagos sebgyógyulás értelmében komplikációmentesen gyógyul.

4.2.1.2. Dentális horgonylati (DH) csoport

A kontroll csoportban egy *hagyományos, stacioner intraorális elhorgonyzási* módszert alkalmaztunk. Ez egy 0,017 x 0,025 inch átmetszetű, hőkezelt acél 'utility' ívből és az első molárisokat összekötő transzpalatinál ívből áll. A 'utility' ív összekapcsolja az első molárisokat a frontfogakkal, jelentősen megnövelve így az elhorgonyzásra szolgáló gyökérfelszínnek össz méretét, azaz a dezmodontális elhorgonyzást. A transzpalatinál ív ugyan a sagittális erővel szemben nem bizonyul elegendőnek, azonban a molárisok rotációját és mesialis irányú dőlését képes megakadályozni. E két intraorális elemmel biztosíthatjuk a stacioner maximális intraorális elhorgonyzást.

4.2.1.3. A fogszabályzó kezelés menete

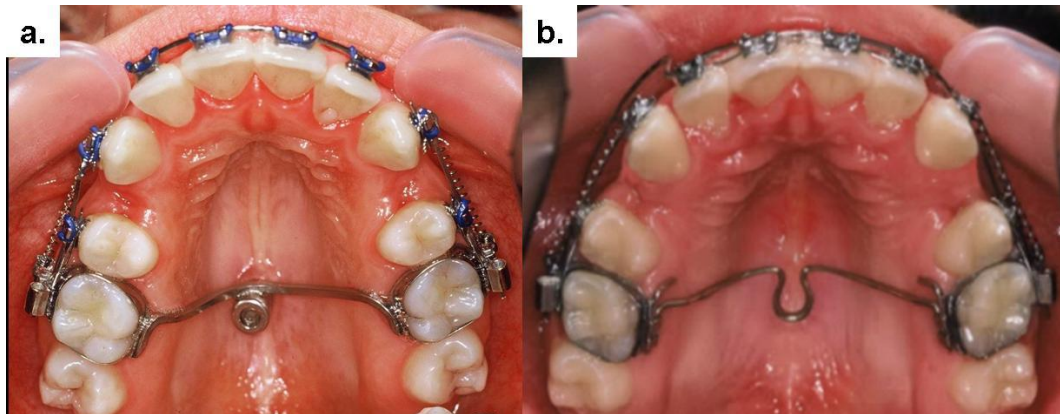
A fogszabályzó kezelés (0,018 inch slot-méretű) rögzített készülékkel, Alexander technikával történt. (Alexander R.G. 1986, Alexander R.G. 2008) A kezelés menete – a horgonylat biztosításától eltekintve – azonos volt a két csoportban. A rögzített készülék szájba helyezésének időpontját tekintjük a kezelés kezdő időpontjának. (T0)

A kezelés első, ún. *ívkonszolidáló* vagy más néven *nivelláló* fázisában a fogak vertikális irányban történő sorba rendezése és a derotálása történik. Általában ezután kerül sor a felső premolárisok extrakciójára, hacsak kifejezett szemfog ectopia vagy retenció nem indokolja a korábbi fogeltávolítást. Erősen torlódott fogak esetén már a nivellálás is terheli – még ha kis mértékben is – a horgonylati szegmentumot.

Az extrakciós fogszabályzó kezelés következő a szakasza az ún. *caninus-retrakció* vagy szemfog-vezetés. Ennek során a premolárisok extrakciója után keletkezett extrakciós rést zárjuk úgy, hogy a szemfog és a második premoláris kontaktusba kerüljön egymással. A reciprok erőhatások a szemfogak és az első molarisok között hatnak és elhorgonyzás hiányában az első molarisokat mesialis irányba mozgatják, ami a kiválasztott maximális horgonylatot igénylő eseteknél abszolút hátrányos. A szemfog-vezetés többféleképpen végezhető; teljes ív vagy szegment ív mellett alkalmazott különböző erőtani segédelemekkel (pl. elasztikus gumilánc, húzórugó), ez az ún. 'friction' (súrlódásos) mechanika vagy részáró loopok segítségével (Gjessing 1985, Bauer és mtsai 1992), ezt nevezik 'frictionless' (súrlódásmentes) mechanikának. Mind a két mechanikának megvannak az előnyei és a hátrányai. A 'friction' mechanika előnye, hogy relatív rigid ívvel a fogmozgatás jobban kontrollálható, de a súrlódás legyőzésére nagyobb

erőket kell alkalmazni. A fogak egymás felé irányuló dőlését a rájuk ható forgatónyomaték csökkentésével kompenzálhatjuk, úgy, hogy az erő hatáspontját közelítjük a szemfog tömegközéppontja felé. (pl. a bracketekre hegesztett vertikális kampók, karok használatával) Amennyiben 'frictionless' mechanikát illetve szegment ívet használunk, célszerű merev élvét választani, amit a megfelelő segédhajlításokkal (35°-os tip v. gable hajlítás és 35°-os toe in v. anti-rotációs hajlítás) kell ellátni. Így részben megelőzhetőek a nem kívánatos mellékhatások; elsősorban a szemfogkorona hátra dőlése és distortációja. (Charles és mtsa 1982) A retrakciós loopot megfelelő időközönként aktiválni kell, ilyenkor a caninusra relatív nagy erő hat, mely a részárás során lecsökken, azaz ez az erő intermittáló. (Diedrich 1990) Bár a teljes ív mellett alkalmazott csúszó mechanika valamelyest nagyobb rotációs kontrollt biztosít a caninusoknál, (Hayashi és mtsai 2004) a két technika a gyakorlatban azonos értékű. (Rhee és mtsai 2001)

A vizsgálatban résztvevő pácienseknél – a DH csoportban alkalmazott, a frontfogakat is magába foglaló horgonylati egység miatt – szegment íveket alkalmaztunk mindkét csoportban. Ezek 0,016 x 0,022 inch méretű, a caninusoknál megfelelő kontrollt biztosító hajlításokkal ellátott acél szegment ívek voltak. (Nikolai 1975) Maga a szemfog vezetés szuperelasztikus húzórugó alkalmazásával történt. (12. ábra) A szuperelasztikus rugó nagy előnye, hogy az általa leadott erő (150 cN) konstans marad, függetlenül a rugó – fogelmozdulás során egyre csökkenő - hosszától. (Schumacher és mtsai 1991) A szemfogvezetés megkezdésének (T1) és befejezésének (T2) időpontját rögzítettük.



12. ábra. A szemfogvezetés szuperelasztikus húzórugó alkalmazásával történt SS szegmentív mentén. A horgonylatot a PI csoportban (a) a palatinális implantátum biztosította, melyhez az 1,2x1,2 mm-es hőkezelt acélív rögzíti az első molárisokat. A DH csoportban (b) hagyományos, stacioner intraorális elhorgonyzási módszert alkalmaztunk. Ez egy 0,017 x 0,025 inch átmetszetű, hőkezelt acél 'utility' ívből és az első molárisokat összekötő transpalatinál ívből áll.

A fogszabályozó kezelés következő lépése az ún. 'en-masse' *front-retrakció*, vagy más néven kontrakciós fázis, melynek során a négy frontfogat egy speciális ún. kontrakciós ív (0,016 x 0,022 SS) segítségével mozgatjuk distalis irányba. Ennek során a kismetszőktől laterálisan levő rések záródnak. A reciprok erőhatások a frontfogak és az oldalsó szegmensek (szemfog, premoláris, molaris) között hatnak és maximális elhorgonyzás hiányában az egész oldalsó szegmentumot mesialis irányba mozgatják.

Ez alatt a fázis alatt a 'utility' ív értelemszerűen már nem használható, a DH csoportban a transzpalatinál ívvel és az első molárisok előtti segédhajlításokkal igyekszünk biztosítani a horgonylatot. A kontrakciós fázis végét (T3) jelöltük.

A kezelés utolsó fázisa a '*finishing*', melynek fő célja az okklúzió tökéletesítése. Ehhez konvencionálisan különböző irányú és erősségű intermaxilláris gumihúzásokat használunk, melynél a páciens együttműködése meghatározó jelentőségű.

A beteg felvételekor (T0) és az aktív kezelés befejezésekor (T4) gipszmodelleket készítünk az adott fogazati státus és az okklúziós helyzet rögzítése céljából.

A fogszabályozó kezelés menetének ellenőrzésére és a rögzített fogszabályozó készülék aktiválására 3-5 hetenként kerül sor mindkét csoportban.

A kezelés megkezdését követően a fogszabályozó kezelés monitorozása céljából az egyes fázisok során bekövetkezett fogelmozdulások minőségi és mennyiségi elemzésére röntgenkontollokat (OP, Tele) végzünk.

A tervezett fogelmozdítások elvégzése után, az individuális kezelési cél elérését követően minden páciens kivehető alsó-felső retenciós készüléket kap, melyet az első hónapban 10-12 órát, majd 8 órát köteles viselni. A retenciós fázis elméletileg minimum kétszer annyi ideig tart, mint az aktív kezelés. Gyakorlatilag legalább a bölcsességfogak áttörését vagy eltávolítását javasolt kivárni.

4.2.1.4. Az elvégzett mérések

4.2.1.4.1. Az extrahált felső első premolarisok mesiodistalis mérete

A kezelés tervezéséhez használt gipszmodelleken digitális tolómérővel meghatározzuk a fogak mesiodistalis méretét. A premolarisok méretét tizedmilliméteres pontossággal regisztráljuk. Ez megmutatja az extrakciós rés nagyságát és a szemfog vezetés során a részaráshoz szükséges fogelmozdulás mértékét.

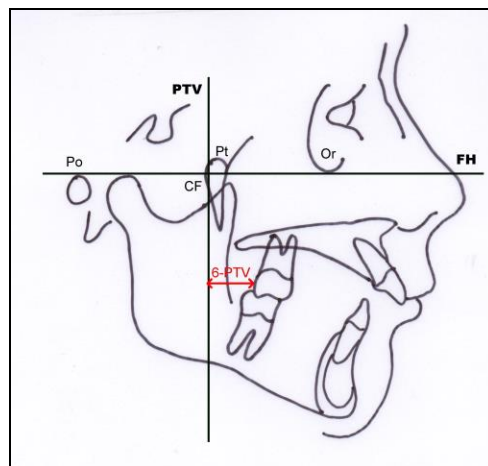
4.2.1.4.2. A kezelés időtartama

Mindkét csoportban rögzítjük a fogszabályozó kezelés két – a horgonylat-biztosítás szempontjából legfontosabb – fázisának, a szemfog-vezetésnek (T2-T3) és a front retrakciónak (T3-T4), illetve a teljes (T1-T4) multiband kezelésnek az időtartamát. Ugyan az időt napokban mértük, ez nem tökéletesen pontos, hiszen a páciensek három-öt hetente jöttek ellenőrzésre, de természetesen egy-egy időpont ki is maradt betegség vagy egyéb tényező miatt. Azonban ez a mértékegység mégis nagyobb pontosságot feltételez, mintha hónapokban számoltunk volna.

4.2.1.4.3. A felső első molárisok elmozdulása

Vizsgálatunk fő célja a két különböző elhorgonyzási módszer összehasonlító vizsgálata volt. Mindkét csoportban a felső első molárisok rögzítésével indirekt horgonylatot kívántunk biztosítani a felső fogívben a szemfogak disztalizálásához és a protrudált és/vagy torlódott frontfogak felállításához. A fogszabályozó kezelés során a felső első molárisok mesialis irányú elmozdulásának mértéke jól jellemzi a horgonylat stabilitását.

A kefalometriai méréseket *Ricketts-féle cefalometriai analízis* (Ricketts 1972, 1979) szerint történt, az FR-WIN® (Computer Konkret AG, Falkenstein, Germany) software segítségével. A minden egyes esetben elvégzett teljes analízisből kiragadtuk az egyes, a kutatás szempontjából releváns mutatókat, pl. a felső molárisok mesialis elmozdulását jellemző ún. 6-PTV távolságot. (13. ábra)



13. ábra. A 6-PTV távolság mérése a laterocephalogramon

A '6' a felső első moláris koronájának legdisztálisabb pontját jelöli, míg a 'PTV' az ún. pterygoid vertikális rövidítése. A pterygoid vertikális egy, a PT pontból (fossa pterygopalatina disztokraniális pontja) a frankfurti horizontálisra (Orbitale és a Porion pontokat összekötő vízszintes) bocsátott merőleges. A pterygoid vertikális és a frankfurti horizontális metszéspontját (CF; center of face) tartják az egész maxillofaciális komplexum növekedési központjának. Ebből következik, hogy a pterygoid vertikális a növekedés során is állandónak tekinthető vertikális referencia vonal.

Mindkét csoportban követtük a 6-PTV távolság változását a kezelési fázisok alatt.

4.2.1.4.4. A felső első metszők dőlésének ($\underline{1}$ -APo angle) változása

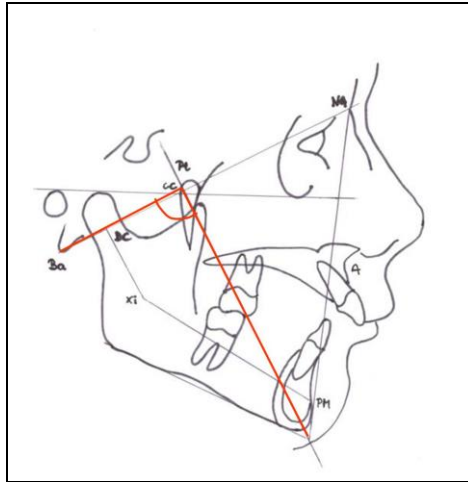
A felső metszők dőlésének változását a maxilla A pontját (a maxilla processus alveolarisának profilvonalán a spina nasalis anterior és prosthion közötti görbület legdorzálisabb pontja a mediansagittalis síkban) és a pogoniont (a csontos áll legelülső pontja a mediansagittalis síkban) összekötő vonal és a felső nagymetszők tengelye által bezárt szög változásával határoztuk meg.

4.2.1.4.5. Az interincizális szög ($\underline{1}$ - $\bar{1}$ angle) változása

Az interincizális szög az alsó-felső középső metszők tengelye által bezárt szög. Ennek változását is követtük a kezelés fázisai során.

4.2.1.4.6. Az arctengely változása a fogszabályozó kezelés során

Az arctengely és a basion- (clivus leghátsó, legalsó pontja a mediansagittalis síkban) nasion (sutura nasofrontalis elülső pontja a mediansagittalis síkban) vonal által bezárt szög (14. ábra) a mandibula és ezáltal az arc egészének növekedésének irányára utal. E szögnek a klinikai jelentőségét az adja, hogy a növekedés során változatlan marad (± 1 fok) továbbá a felső első moláris az arctengely mentén mozdul el az erupció és a növekedés során megközelítőleg 1 mm-t évente. Bármilyen eltérés a felső első moláris fent leírt növekedésében valamint az arctengely szögében az orthodonciai kezelés következménye. (Ricketts 1960) Az arctengely változását T0-T4 időszak alatt vizsgáltuk.



14. ábra. Az arctengely mérése a laterocephalogramon

4.2.1.5. Statisztikai elemzés

A módszertani hibák csökkentése céljából minden koponyafelvételen minden kefalometriai mérést kétszer végeztünk el és a két mérés eredményének átlagát használtuk a statisztikai elemzéshez.

A statikus paraméterek statisztikai vizsgálatára két mintás t-próbát, míg a folytonos változók különbségének statisztikai vizsgálatára Mann-Whitney-Wilcoxon próbát alkalmaztunk. A szignifikancia szintet $P < 0,05$ – nél határoztuk meg az alacsony mintaszámra való tekintettel. A leíró statisztika a számtani középértékeket és a variabilitást jellemző szórás értékeit mutatja.

4.2.2. A hisztomorfometriai vizsgálat menete

4.2.2.1. Minta feldolgozás

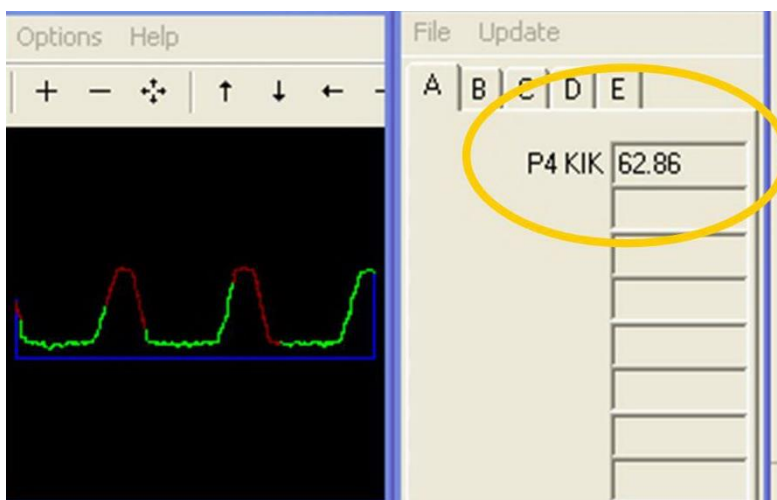
Az implantátumot tartalmazó csonthengereket 4°C -os, 4%-os paraformaldehid oldatban fixáltuk. Ezt követően a mintákat Donath és Breuner (Donath és mtsa 1995) által leírt módszer szerint dolgoztuk fel. Az explantátum felszálló alkoholsorral történő dehidrációja után a beágyazást műgyantával, hidegen polimerizálódó metil-metakriláttal (Technovit® 9100, Heraeus-Kulzer, Abteilung Kulzer, Werheim, Németország) végeztük, majd az így készült blokkot mikrotómmal (Exakt Apparatebau GmbH, Norderstedt, Németország) felszeletelve vékony metszeteket készítettünk, úgy, hogy a metszet tartalmazza az implantátumot teljes hosszában. A kb. $180\ \mu\text{m}$

vastag metszeteket egy speciális csiszológéppel (Exakt Apparatebau GmbH, Norderstedt, Németország) tovább redukáltuk 90 -130 µm vastagságúra és Faxitron® röntgenkészülékkel 2,5 mA mellett 13-14 kV-os csőfeszültséggel 2,5 percig besugarztuk. A tárgy-film távolság gyakorlatilag nullának mondható, így a képfelbontás a lehető legjobb minőségű. Az így készült mikroröntgen felvételeket egy scanner segítségével digitalizáltuk és 12 bit-es felbontásban tömörítés nélkül jpg fájl formátumban mentettük.

A szövettani értékeléshez azonban a minták vastagságának további csökkentésére volt szükség, tehát azt az említett csiszolósos módszerrel 30 µm-esre redukáltuk. A megfelelő fénymikroszkópos értékeléshez a kapott félvékony metszeteket toluidinkék oldattal festettük. Ily módon a mineralizálódott keményszövetek átlátszóak vagy egészen halványkékek maradnak, a sejtek, sejtmagok, az osteoid szegélyek, kollagén rostok a kék különböző árnyalataiban tűnnek elő. (15. ábra)

4.2.2.2. Hisztomorfometriai értékelés

A minták kiértékelése egy képfeldolgozó software-rel (Bioquant Osteo, BIOQUANT Image Analysis Corporation, Nashville, USA) történt. Ehhez a mikroszkópikus képet egy nagyfelbontású fényképezőgéppel le kell fotózni és digitalizálni. A software automatikusan felismeri a különböző anyagok, szövetek határát és azokat eltérő színekkel jeleníti meg. A program szemkontroll mellett meghatározza a csonttal borított implantátum szakasz hosszát, majd egy integrált algoritmus szerint kiszámolja a csont-implantátum kapcsolat (Knochen-Implantat-Kontakt = KIK, vagy bone-implant kontakt = BIC) százalékos arányát. (15. ábra) A méréseket minden implantátum esetében kétszer végeztük el, majd az eredmények átlagolva értékeltük csökkentve így az esetleges mérési hibákból adódó torzításokat.



15. ábra A hisztomorfometriai értékelést végző software munka közben

4.2.2.3. Statisztikai értékelés

A biostatistikai elemzéshez az Axum[®] (Version 7, Insightful Corporation, Seattle, WA, USA) statisztikai software-t használtuk. A leíró statisztika a számtani középértékeket és a variabilitást jellemző szórás értékeit mutatja. A két csoport eredményeinek összehasonlítására két mintás t-próbát alkalmaztunk $P < 0,05$ szignifikancia szinttel.

5. Eredmények

5.1. A randomizált klinikai vizsgálat eredményei

5.1.1. Az extrahált felső első premolarisok mesiodistalis mérete

A premolarisok méretében nem volt eltérés a két csoport között. A PI csoportban 7,32 ($\pm 0,33$) mm-t, míg a dentális horgonylati csoportban 7,23 ($\pm 0,59$) mm-t mértünk. Mint már említettem, a statikus paraméterek statisztikai vizsgálatára két mintás t-próbát alkalmaztunk.

5.1.2. A kezelés időtartama

A fogszabályozó kezelés egyes szakaszainak időtartamát leíró statisztikát foglalja össze a 4. táblázat. A szemfogvezetés idejét tekintve nem volt szignifikáns eltérés a két csoport között, hiszen ez átlagosan 9 hónap volt a PI csoportban, míg 7 hónap a DH csoportban. Ezzel szemben a front retrakció (T2-T3) öt és fél hónapig tartott a PI csoportban és csaknem 9 hónapig a DH csoportban, mely különbség szignifikáns ($P = 0,02$). A teljes kezelés ideje (T0-T4) a PI csoportban 860 nap volt átlagosan, ami 2 év és 9 hónap, ezzel szemben a DH csoportban a kezelés átlagosan 1000 napig tartott, ami bár 5 hónappal többet jelent, a statisztikai próba értelmében mégsem szignifikáns különbség.

4. táblázat: A fogsabályozó kezelés egyes szakaszainak időtartamát leíró statisztika (ΔT)

T0 = kezelés kezdete; T1 = szemfogvezetés kezdete; T2 = szemfogvezetés vége, front kontrakció kezdete;
T3 = front kontrakció vége, befejező fázis kezdete; T4 = aktív kezelés vége

	Átlag ΔT (nap)	SD	Min	Max	szignifikancia
T1-T2					
DH	212.6	133.3	27	446	P = 0,45
PI	273.5	171.2	89	684	
T2-T3					
DH	265.4	129.1	137	546	P = 0.02
PI	170.1	75.6	63	336	
T3-T4					
DH	224.2	111.0	27	391	P = 0,95
PI	221	141.5	43	459	
T0-T4					
DH	1002.3	257.7	605	1492	P = 0,22
PI	860	298.5	369	1273	

5.1.3. A felső első molarisok elmozdulása

Az 5. táblázat foglalja össze a felső első molárisok elmozdulását mutató mérési eredményeimet. A felső 6-Ptv távolság változásában nem találtunk eltérést a caninus retrakció során, viszont a front retrakció alatt szignifikáns eltérés mutatkozott a két csoport között (P = 0,039).

5. táblázat: A felső első moláris elmozdulását ($\Delta U6$ -PTV) leíró statisztika

T0 = kezelés kezdete; T1 = szemfogvezetés kezdete; T2 = szemfogvezetés vége, front kontrakció kezdete; T3 = front kontrakció vége, befejező fázis kezdete; T4 = aktív kezelés vége

	Átlag $\Delta U6$ -PTV (mm)	SD	Min	Max	szignifikancia
T1-T2					
DH	1.48	1.56	0	5.1	P = 0,049
PI	1.57	1.06	0	3.29	
T2-T3					
DH	1.26	0.93	0	3.6	P = 0,039
PI	0.59	0.74	0.2	2.2	
T3-T4					
DH	0.89	0.77	0	2.1	P = 0,55
PI	1.52	1.69	0	5.5	
T0-T4					
DH	4.28	1.5	1	6.6	P = 0,51
PI	4.19	2.7	0	10.5	

5.1.4. A felső első metszők inklinációjának (1-APo angle) változása

A 6. táblázatban látható a felső metszők dőlésének változása az A-Pogonion egyenesre vonatkoztatva. A kezelés első fázisában (T1-T2) a DH csoportban a nagymetszők kevésbé – szinte nem – dőltek hátra összehasonlítva PI csoporttal. Ez az általunk alkalmazott utility ívnek köszönhető. Ezzel ellentétben a front retrakció során (T2-T3) a metszők több mint kétszer annyit dőltek hátra, mint a PI csoportban, noha ez statisztikailag nem volt szignifikáns (P = 0,1). A kezelés végső fázisa alatt (T3-T4) azonban DH csoportban a felső metszők felállításához éppen ezért jelentős protrudálásra volt szükség (P = 0,002).

6. táblázat: A felső első metszők inklinációjának (1-APo) változását leíró statisztika

T0 = kezelés kezdete; T1 = szemfogvezetés kezdete; T2 = szemfogvezetés vége, front kontrakció kezdete;
T3 = front kontrakció vége, befejező fázis kezdete; T4 = aktív kezelés vége

	Átlag Δ <u>1</u> - -APo (°)	SD	Min	Max	szignifikancia
T1-T2					
DH	-3.99	11.5	-26.2	7.9	P = 0,15
PI	-6.9	4.3	-15.2	-0.5	
T2-T3					
DH	-11.45	10.8	-29.3	9.8	P = 0,09
PI	-5.65	5.3	-13.9	4.2	
T3-T4					
DH	6.6	3.5	-0.4	13.1	P = 0,002
PI	1.7	3.8	-7.2	6.8	
T0-T4					
DH	-11.99	8.8	-27	3.8	P = 0,41
PI	-14.12	8.3	-28.6	-0.7	

5.1.5. Az interincizális szög (1-1 angle) változása

A következő táblázat (7. táblázat) mutatja az interincizális szög változását a kezelés egyes fázisai során. A caninus retrakció és front retrakció alatt nem találtunk szignifikáns különbséget a két csoport között, azonban a befejező szakasz során szignifikáns különbség mutatkozott a két csoport között (P = 0.039). A teljes kezelésre vonatkoztatva azonban itt sem mutatható ki szignifikáns különbség.

7. táblázat : Az interincizális szög (1-1 angle) változását leíró statisztika

T0 = kezelés kezdete; T1 = szemfogvezetés kezdete; T2 = szemfogvezetés vége, front kontrakció kezdete;
T3 = front kontrakció vége, befejező fázis kezdete; T4 = aktív kezelés vége

	Átlag (°)	SD	Min	Max	szignifikancia
T1-T2					
DH	8.1	13.8	-7.9	42	P = 0,95
PI	-3.8	36.6	-12.4	16.7	
T2-T3					
DH	15.6	12.5	-12.3	30.5	P = 0,09
PI	13.3	24.7	-6.6	94.2	
T3-T4					
DH	-11.3	7.0	-30.5	-2.6	P = 0,0039
PI	-1.3	7.7	-12.1	14.5	
T0-T4					
DH	19.4	33.3	-10.5	126.7	P = 0,77
PI	13.8	14.7	-17.5	39.9	

5.1.6. Az arctengely változása a fogsabályozó kezelés során

A fogsabályozó kezelés során a növekedést jellemző arctengely szög értékében egyik csoportban sem történt változás. (8. táblázat)

8. táblázat : Az arctengely változását leíró statisztika

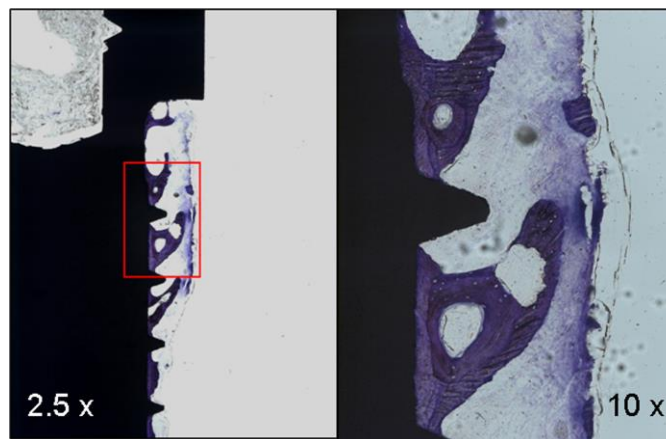
T0 = kezelés kezdete; T4 = aktív kezelés vége

	Átlag (mm)	SD	Min	Max	szignifikancia
T0-T4					
DH	-0.29	1.7	-3	2.8	P = 0,86
PI	0.04	1.9	-2.8	3.8	

5.2. A szövettani vizsgálat eredményei

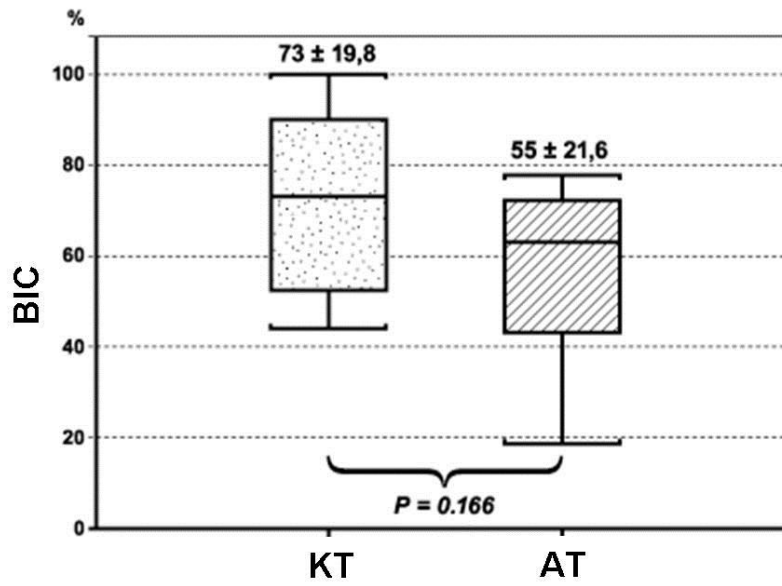
Az összes implantátum a behelyezést követően pozícióstabilnak bizonyult és komplikációmentesen, jelentősebb periimplantitis vagy nyálkahártya hyperplasia nélkül gyógyult.

Mind a 16 szövettani vizsgálatnak alávetett implantátum körül kimutatható volt a csontintegráció létrejötte. A csontos remodelláció folyamata lezárult, a lemezes csont közvetlenül az implantátum felszínéhez kapcsolódik. Az azonnali terheléses csoportban nyolcból négy esetben borította csont az implantátum vállát (16. ábra).



16. ábra. *bal*: Egy, az azonnali terheléses csoportból származó palatinális implantátum szövettani képe. *jobb*: a nagyításban felismerhető a csontintegráció létrejötte. Az újonnan képződött csont közvetlen összeköttetésben van az implantátum felületével. A csont lemezes szerkezete felismerhető. (festés: Toluidin-kék O)

A hisztomorfometriai vizsgálat eredménye szerint a konvencionális terhelést kapott csoport magasabb csont-implantátum kapcsolatot jellemző (BIC, bone-implant contact) értéket mutat, átlagosan 73,1%-ot ($\pm 19,8\%$). Az azonnali terheléses csoport átlagos BIC értéke $55 \pm 21,6\%$. A t-test alapján az osseointegráció mértékét jellemző csont-implantátum kapcsolat (BIC, bone-implant contact) vonatkozásában a két csoport között nincs szignifikáns különbség. (17. ábra)



17. ábra. Az osseointegráció mértékét jellemző csont-implantátum-kontaktus (BIC) értékei a konvencionális terheléses (KT) és az azonnali terheléses (AT) csoportban

6. Megbeszélés

Számos biomechanikai és állatkísérlet, valamint klinikai vizsgálat igazolta, hogy az osseointegrált implantátumok ellenállnak az orthodonciai erőkkel történő terhelésnek. A hagyományos 6-8 mm hosszú dentális implantátumok is behelyezhetők a palatumba anélkül, hogy a komplikációk száma emelkedne (Tosun és mtsai 2002, Merli és mtsai 2007). Az általunk alkalmazott Orthosystem (Straumann) implantátum ezzel szemben egy rövidebb, speciálisan orthodonciai elhorgonyzás céljára szolgáló titán csavar. Buser és mtsai (1991) bizonyították, hogy csavarimplantátum felületének makro és mikroszerkezete is befolyásolja a csontintegráció mértékét és ezáltal az implantátum stabilitását. Bár a hagyományos dentális implantátumok azonnali terhelhetőségét már sokan vizsgálták (Nkenke és mtsai 2006), jelen munka kezdetekor, 2000-ben semmilyen bizonyíték nem volt arra a szakirodalomban, hogy a palatinális implantátum is azonnal terhelhető-e. Csak egy prospektív klinikai vizsgálatot írtak le előttünk, ahol 20 páciens kapott palatinális implantátumot, melyet egy hét után terheltek. A szerzők 12 hónap alatt kettő implantátum elvesztéséről számoltak be. (Crismani és mtsai 2006) Először az orthodonciai skeletális horgonylati eszközök közül a mini-implantátumok azonnali terhelhetőségét vizsgálták hisztomorfometriai módszerekkel. (Luzi és mtsai 2009) Saját munkacsoportunk a fent ismertetett pilot study keretében a palatinális implantátum azonnali terhelhetőségét vizsgálta szövettani módszerekkel. Bebizonyosodott, hogy a behelyezést követő azonnali (72 órán belüli) terhelés az implantátum stabilitását és osseointegrációját nem befolyásolja. (Borsos és mtsai 2008) Göllner és munkatársai a miénkhez hasonló study dizájnnal, de nagyobb esetszámmal szintén ugyanezre a következtetésre jutottak. (Göllner és mtsai 2009)

Egy nagy, 2006-ben 124 résztvevővel tervezett német multicenter vizsgálatba (Jung és mtsai 2007) az első három év alatt bevonásra került 41 páciens klinikai eredményeit publikálták eddig, melynek értelmében a 6 hónapig tartó terhelés alatt nem tapasztalható különbség az azonnal és a hagyományosan (12 hetes gyógyulást követően) terhelt palatinális implantátum funkcióstabilitása között (Jung és mtsai 2010, Jung és mtsai 2011a).

A csontminőség, a primer stabilitás, a terhelés módja valamint a sebészi technika meghatározza, hogy egy implantátum azonnali terhelése sikeres lesz-e. (Luzi és mtsai 2007, Cousley és mtsai 2005, Romanos és mtsai 2001, Kim YH és mtsai 2010, Jung és mtsai 2012a) Az implantáció közben a csontágy kialakításakor sok mindenre kell ügyelni; a fűrő tartás stabilitásának hiánya vagy a fűrő többszöri elakadása kritikus sikertényezőknek tekinthetők. Megfelelő hűtéssel, lassú

fordulatszám (max. 750/min) használatával és a fúróra gyakorolt nyomás mérséklésével csökkenthető a fúrócsatorna túlmelegedése, ami a környező csont elhalását okozza rontva ezzel a csontintegráció esélyét.

A palatinális implantátum behelyezésében szerzett tapasztalat azt mutatja, hogy az implantátum redukált hosszának ellenére is szinte minden esetben elérhető a megfelelő primer stabilitás, de a rövidebb implantátum miatt a lehetőleg gyors, 72 órán belüli terhelést preferálandó, mely megfelel az azonnali terhelés definíciójának. (Aparicio és mtsai 2002)

A dolgozatban bemutatott *in vivo* és *in vitro* vizsgálataink bizonyították, hogy a palatinális implantátum azonnali terhelése egyértelműen lehetséges. A hisztomorfometriai eredmények értelmében a 12 hetes terheletlen gyógyulási időszak kivárása nem vezet szignifikánsan magasabb fokú osseointegrációhoz, mint az azonnali terhelés, tehát feltehetően nem szükséges. A dentális implantátumokkal ellentétben, ahol a legfontosabb a hosszú távú stabilitás, az orthodonciai implantátumok alkalmazása akkor mondható sikeresnek, ha az a terhelés alatt stabilan ellenáll az alkalmazott orthodonciai erőknél, azaz nem mozdul el. Az orthodonciai implantátumok a fogszabályozási kezelési cél elérése után sebészileg eltávolítandóak, azaz általában csak húsz-husznöt hónapig tart használatuk.

A fogszabályozásban két alternatív kezelési módszer összehasonlítására az általunk alkalmazott, fent leírt módszer általánosan elfogadottnak tekinthető, hiszen ezen a szakterületen a kettős vak vizsgálatok nem kivitelezhetőek. Ez az első olyan randomizált klinikai vizsgálat, melynek során a palatinális implantátum indirekt horgonylati értékét egy konvencionális dentális (intraorális) horgonylati módszerrel hasonlították össze. A vizsgálatban résztvevő pácienseknek szigorú felvételi kritériumoknak kellett megfelelni, így a beteganyag életkorát, arctípusát, koponya növekedési irányát tekintve homogénnek mondható. A kezdeti minták alapján az extrakciós rés (a felső első premolárisok) mérete azonos a két csoportban. Az eredményeink azt mutatják, hogy bár a kezelés időtartamában és néhány dentális pont mozgásában felfedezhető szignifikáns különbség az egyes kezelési fázisok során, a végeredmény szempontjából nincs szignifikáns különbség az általunk alkalmazott két módszer között. A teljes kezelési idő azonban átlagosan 5 hónappal mégis rövidebb a PI csoportban, ami egy multiband kezelésnél nem elhanyagolható előnyt jelent, akár a szájhigiéniai, akár a pszichés vonatkozásait nézzük. (Borsos és mtsai 2012)

A vizsgálatunk nem tudta bizonyítani azt a kezdeti hipotézis, hogy a palatinális implantátum hatásosabb horgonylat lenne, mint az általunk alkalmazott intraorális dentális horgonylat, legalábbis nem a tipikus premoláris extrakciós esetekben. Hasonló következtetésre jutott egy

angol (Benson és mtsai 2007, Sandler J és mtsai 2008) és egy amerikai (Spivakovsky és Keenan 2010) munkacsoport is, akik a palatinális implantátumot extraorális horgonylattal vetették össze. Mi nem csak a kezelés egészét tanulmányoztuk, hanem a fogsabályozó kezelés jellemző fő lépéseinek megfelelően szakaszolva elemeztük az eredményeinket. Ennek értelmében a szemfogvezetés fázisában nem, viszont a kontrakciós fázisban volt szignifikáns különbség a felső első moláris elmozdulásában a két csoport között. Ez valójában nem meglepő; a front kontrakciója során a szemfogvezetés alatt alkalmazott utility ívet, ami egy egységbe foglalta a négy metszőt az első molárisokkal, el kellett távolítanunk. A befejező kezelési szakaszban az első moláris mesialis irányú elmozdulása átlagosan kétszerese volt a DH csoportban mértnek. Ennek magyarázata szintén egyszerű; a front retrakciója után - amennyiben a Cl. I. szemfog és moláris relációt elértük – a molárisokat az implantátumhoz kapcsoló transpalatinál ívet eltávolítottuk, hiszen a maximális horgonylati indikáció ilyenkor megszűnik. Ha az eredményeket a befejező fázis mellőzésével értékelnénk, 1 mm különbséget találnánk a két csoport között a felső 6-PTV távolság megnövekedésében, mégpedig a DH csoportban javára. Mindazonáltal a felső első moláris elmozdulása megközelítőleg azonosnak mondható a két csoportban (átlagosan 4,2 mm) a teljes kezelés vonatkozásában. Benson és mtsai (Benson és mtsai 2007) az implantátumos csoportban 1.5 mm (\pm 2.6)-es, míg Wehrbein és mtsai (Wehrbein és mtsai 1999) még kevesebb, 0.9 mm (\pm 0.3)-es horgonylatvesztést detektáltak a mienktől eltérő kefalometriai mérési módszerekkel. Az általunk mért 4,2 mm-es moláris elmozdulás jóval több, mint Benson és Wehrbein vizsgálataiban említett elmozdulás. Ennek az eltérésnek az okát csak valószínűsíteni tudom – ez pedig a páciensek életkorából adódó növekedés. Wehrbein 1999-es vizsgálatában felnőttek szerepeltek, míg Bensonék vizsgálatában a páciensek életkora nagy szórást mutatott; 12-39 év között volt, de a serdülők arányáról nem esik szó a cikkükben. Ricketts növekedési vizsgálatai óta közismert, hogy az egész maxillofaciális komplexum az arctengely mentén előre és lefelé nő a fixnek tekinthető kefalometriai CF (Center of face) pontból (Frankfurti horizontális /FH/ és a Pterigoid vertikális /PTV/ metszéspontja) kiindulva. Ez a növekedés eredményezi azt is, hogy az általunk is mért felső első moláris – pterigoid vertikális (U6-PTV) távolság évi 1 mm-rel nő a növekedés alatt. (Ricketts 1960) Bár pácienseink az intenzív növekedési szakaszon bizonyítottan túl voltak, - különösen a fiúk esetében - ez a növekedés gyakran elhúzódik. Mivel közel 3 éves fogsabályozó kezeléstről van szó a moláris elmozdulásban tapasztalt különbség – az eltérő kefalometriai módszerek mellett – részben a növekedéssel is magyarázható.

Az eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy az általunk használt dentális horgonylati design teljesen egyenrangú a palatinális implantátummal a szemfogvezetés alatt és elég stabil az egész kezelés vonatkozásában is ahhoz, hogy elérjük a fogszabályozásban tipikusnak mondható kezelési célokat, úgymint Angle Cl. I. szemfog és moláris reláció, interincizális szög stb.

A fentieknek ellentmondó eredményeket publikált Feldmann és mtsa egy 120 serdülőt integráló RCT leírásával, melyben négy különböző horgonylati rendszert hasonlítottak össze: Onplant (Nobel Biocare), Orthosystem (Straumann), headgear, transzpalatinál ív. Az premoláris extrakciós kezelést szakaszolva értékelték - ahogyan mi is - a nivelláló és a részárás fázisát külön-külön valamint a kezelés összességét. Eredményük értelmében a két skelettális horgonylati rendszer tökéletesnek bizonyult (nem volt moláris elmozdulás) a transzpalatinális ívvel szemben. (Feldmann és mtsa 2008)

Visszatérve saját vizsgálatunkra, a felső frontfogak mozgását elemezve látható, hogy a szemfogvezetés alatt a DH csoportban a metszők gyakorlatilag nem változtatták az angulációjukat. Ez a posterior horgonylat fokozását szolgáló utility ív miatt történt, amit a DH csoportban használtunk. Ezzel ellentétben a PI csoportban a metszők a paradontális ligamentumoknak köszönhetően passzívan követve a szemfog mozgását distal felé dőltek. A kontrakciós fázisban azonban a metszőfogak distalis dőlése a DH csoportban átlagosan több mint a kétszerese volt annak, amit a PI csoportban találtunk. A befejező fázisban pedig – a frontfogak végső finombeállításánál – a DH csoportban szignifikánsan nagyobb mértékű palatinális gyökértorque-ot (átlagosan $6,6^\circ$) kellett alkalmaznunk, mint a PI csoportban, ahol tökéletesebb volt a torque kontroll a kontrakciós fázis alatt. Tehát a palatinális implantátum alkalmazása segít elkerülni a frontfogak szükségtelen előre-hátradöntését azáltal, hogy jobb torque kontrollt biztosít.

Az intermaxilláris gumihúzás eredményeinket befolyásoló hatását nehéz meghatározni. Általánosságban elmondható, hogy Cl. II. gumihúzást nem túl gyakran alkalmaztunk, de gyakrabban volt rá szükség a DH csoportban. Az intermaxilláris gumihúzás alkalmazása azonban a „konvencionális intraorális elhorgonyzás” szerves részének tekinthető, így nem feltétlen szükséges külön analizálni. Az intermaxilláris gumihúzás szükségességéről a kezelőorvos határozott a kezelés aktuális állásának megfelelően. Ehhez elsősorban a szemfog illetve moláris relációt, az overjet és az overbite nagyságát és mindkét állcsonthoz a zárandó rések méretét vette figyelembe. A befejező fázisban az okklúzió tökéletesítéséhez és a középvonalak precíz

beállításához különböző méretű és erősségű gumihúzásokat használtunk, ahogy az a klinikai gyakorlatban szokásos. Ezek használatának gyakorisága nem különbözött a két csoportban.

Az orthodontiai implantátumok serdülőkben történő alkalmazása csak bizonyos megkötések mellett javasolható, elsősorban a limitált csontkínálat és a még növekedésben levő arckoponyacsontok miatt (Jung és mtsai 2007). A sutura palatina mediana-t határoló csont az életkortól függően folyamatosan remodellálódik és az ezen a területen végzett sebészeti beavatkozás károsíthatja ezt a növekedési centrumot (Favero és mtsai 2002). Ez befolyásolhatja a maxilla transzverzális irányú növekedését, ahogy ezt állatkísérletekben leírták. (Gedrange és mtsai 2001, Asscherickx és mtsai 2008) Asscherickx és mtsai növekedésben levő kutyák esetében közvetlenül a sutura palatina mediana-ba helyezett implantátumok növekedést befolyásoló hatását vizsgálták. Az eredményüket azonban nem csak az alacsony mintaszám (5 kutya) miatt kell kritikusan interpretálni, hanem azért is, mert egy-egy kutyába több implantátumot is behelyeztek, ami a sutura palatina mediana szövetét többszörösen, időben elnyújtva traumatizálta. Mindeddig humán vizsgálatok nem támasztják alá a palatinális implantációt követő növekedésváltozást. Melsen (Melsen és mtsai 1975) humán anatómiai vizsgálatai igazolják, hogy a maxilla transzverzális irányú növekedése lányokban 16, fiúkban 18 éves koruk körül befejeződik, s ekkorra a sutura is összezsugorodva záródik. Egy radiológiai vizsgálattal viszont azt állapították meg, hogy annak ellenére, hogy kéztő röntgen felvétellel ugyan igazolták a skeletális növekedés lezárulását, a sutura palatina mediana hosszának több mint 50%-a nem mutatott tökéletes záródást annak ellenére, hogy nem volt további transzverzális növekedés (Revelo és mtsa 1994). E vizsgálat értelmében az MP3cap stádium elérése után a növekedés befolyásolásának nincs valódi rizikója. Természetesen az egyénre szabott elbírálás nem mellőzhető, de megfelelő mérlegelést és tervezést követően az MP3cap stádium elérése után serdülőkben is alkalmazható a palatinális implantátum különösebb megszorítások nélkül, ahogyan azt a bemutatott vizsgálatunk mellett a Feldmann és mtsa 120 serdülőt (átlagéletkor: 14,3 év, SD: 1,73) integráló klinikai vizsgálata is bizonyította. (Feldmann és mtsa 2008)

Az arctengely változását azért vizsgáltuk, mert bizonyosak akartunk lenni abban, hogy az általunk behelyezett implantátum használata nem befolyásolja a serdülő gyerekek növekedését. Egyik csoportban sem találtunk változást az arctengely vonatkozásában. Ez úgy magyarázható, hogy sem a palatinális implantátum alkalmazása, sem maga a fogszabályozó kezelés általánosságban nem befolyásolta a normális növekedést.

6.1. Új megállapítások

Korábbi kutatások csak egyes esetek kapcsán mutatták be a palatinális implantátum horgonylatként történő klinikai alkalmazását. Bár néhány, felnőtteket is integráló randomizált klinikai vizsgálatot publikáltak (Benson és mtsai 2007, Sandler és mtsai 2008, Spivalovsky és mtsai 2010), melyek a palatinális implantátumot egy erősen compliance függő extraorális készülékkel (headger) hasonlítják össze, valamint megjelent egy 120 pácienset felvevő négy különböző horgonylati módszert összehasonlító RCT (Feldmann és mtsai 2008), ez volt az első - 2000-ben kezdődött - olyan EBM II. szintű kutatás, mely a maximális horgonylati indikációt figyelembe véve a kontrollcsoportban hagyományos intraorális horgonylatot alkalmaz serdülők esetében. (Borsos és mtsai 2012)

A kezdeti hipotézist, miszerint a PI magasabb rendű horgonylatot biztosít, mint egy hagyományos horgonylati protokoll, összességében nem sikerült bizonyítani. Bár az egyes fogak, fogcsoportok mozgásában felfedezhető szignifikáns különbség az egyes kezelési fázisok során, a végeredmény szempontjából azonban nincs szignifikáns különbség a palatinális implantátumhoz rögzített és a hagyományos intraorális dentális elhorgonyzási módszer hatásossága között.

A palatinális implantátum alkalmazása ugyanakkor jár némi előnnyel, mert kiküszöböli a dentális elhorgonyzás nem kívánatos mellékhatásait, valamint a kezelés időtartamát is lerövidíteni látszik, különösen akkor, ha alkalmazzuk a PI azonnali terhelését, melynek a vizsgálataink értelmében nincsen az osseointegrációt negatívan befolyásoló szerepe.

7. Következtetések

Eredményeink alapján bebizonyosodott, hogy a palatinális implantátum serdülőkben is alkalmazható a posterior horgonylat fokozására. Ebben a randomizált klinikai vizsgálatban egyes fogak, fogcsoportok mozgásában felfedezhető szignifikáns különbség az egyes kezelési fázisok során, a végeredmény szempontjából azonban nincs szignifikáns különbség a palatinális implantátumhoz rögzített és a hagyományos intraorális dentális elhorgonyzási módszer hatásossága között.

A palatinális implantátum alkalmazása ugyanakkor jár némi előnnyel, mert kiküszöböli a dentális elhorgonyzás nem kívánatos mellékhatásait, ezáltal a kezelés időtartamát is lerövidíteni látszik. A kezelési idő további csökkenése érhető el úgy, hogy az implantátumokat azonnal (72 órán belül) az indirekt horgonylati egységbe foglaljuk.

A *in vitro* vizsgálat során kiderült, hogy a palatum durum közepén, a sutura palatina mediana distalis területén is elegendő csonttámasz áll rendelkezésre egy 4 mm hosszú implantátum számára, hiszen a palatinális implantátum eltávolítását követően szövettanilag minden esetben igazolható volt a magas fokú csontintegráció létrejötte. A hisztomorfometriai vizsgálataink alátámasztják azt a klinikai megfigyelést, miszerint a korábbi protokoll szerinti három hónapos gyógyulási idő kivárása semmilyen előnyt nem jelent sem az implantátum stabilitása, sem a kezelés sikere, sem pedig a páciens komfortérzete szempontjából.

Tapasztalataink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a „maximális horgonylat” definícióját kellene a serdülők esetében az új skeletális horgonylati eszközöknek megfelelően újraértelmezni, hiszen a növekedésben levő maxillofaciális komplexumban stabil pont kialakítására törekedni feltehetően irreális. További vizsgálatok szükségesek a palatinális implantátum klinikai előnyeinek bizonyításához, lehetőleg nagyobb mintaszámmal és valószínűleg más indikációs területtel. Egy ilyen, néhány eset kapcsán máris ígéretesnek tűnő indikációs terület például a korábbi fogszabályozó kezelés eredményeként létrejött horgonylatvesztés kétoldali moláris disztalizálással történő korrekciója, ahol a palatinális implantátum közvetlenül terhelve direkt horgonylatként szolgál vagy pedig az olyan paradontálisan sérült páciensek fogszabályozó kezelése, ahol nagymértékű vertikális csontpusztulást diagnosztizáltak.

8. Összefoglalás

8.1. Magyar nyelvű összefoglalás

A szerző egy *in vivo* és egy *in vitro* vizsgálat során vizsgálta az osseointegrálódó palatinális implantátum hatásosságát. Egy randomizált klinikai vizsgálat keretében, melyet a Heim Pál Gyermekkorház Állcsontorthopédiai és Fogszabályzó Osztályán végzett, növekedésben lévő serdülők maximális posterior horgonylati indikációt megkövetelő, a felső első kisörlők extrakciójával járó fogszabályzó kezelését tanulmányozta, míg a másik vizsgálatban a palatinális implantátumok azonnali (72 órán belüli) terhelhetőségét vizsgálta szövettani módszerekkel.

A publikáció első része a témában végzett alapos irodalomkutatás összefoglalása. A páciensek kiválasztásának és randomizálásának bemutatása után az implantációs eljárás és a fogszabályzó kezelés lépéseinek részletes leírása következik. A klinikai hatásosság értékeléséhez elvégzett főbb mérések a következők voltak: az egyes kezelési fázisok időtartama és az első felső moláris valamint a felső metszők egyes fázisok alatti elmozdulásának kefalometriai elemzése.

A szerző a hisztomorfometriai vizsgálat során az osseointegrációt jellemző csont-implantátum kontaktust (bone-implant contact, *BIC*) értékelte az eltávolított implantátumok szövettani feldolgozásával.

A randomizált *klinikai vizsgálat* eredményei értelmében bár az egyes kezelési fázisok alatt a fogak elmozdulásában tapasztalható szignifikáns eltérés a palatinális implantátumos horgonylati csoport és a hagyományos dentális horgonylati csoport között, de a kezelés egésze szempontjából nincs szignifikáns különbség a két csoport között.

A szerző *hisztomorfometriai vizsgálatai* alapján elmondható, hogy a palatinális implantátum azonnali terhelése nem jelent fokozott kockázatot és a fogszabályzó kezelés eredményét sem befolyásolja. Úgy tűnik, hogy a 12 hetes gyógyulási idő tehermentes kivárásiának szükségessége az osseointegráció mértékének meghatározásával nem igazolódott.

A szerző és munkacsoportja sokéves tapasztalata alapján arra a következtetésre jutott, hogy a „maximális horgonylat” definícióját kellene a serdülők esetében az új skeletális horgonylati eszközöknek megfelelően újraértelmezni, hiszen a növekedésben levő maxillofaciális komplexumban stabil pont kialakítására törekedni feltehetően irreális. További vizsgálatok

szükségesek a palatinális implantátum klinikai előnyeinek bizonyításához, lehetőleg nagyobb mintaszámmal és valószínűleg más indikációs területtel. Egy ilyen, néhány eset kapcsán máris ígéretesnek tűnő indikációs terület például a korábbi fogszabályozó kezelés eredményeként létrejött horgonylatvesztés kétoldali moláris disztalizálással történő korrekciója, ahol a palatinális implantátum közvetlenül terhelve direkt horgonylatként szolgál vagy pedig az olyan paradontálisan sérült páciensek fogszabályozó kezelése, ahol nagymértékű vertikális csontpusztulás diagnosztizálható.

8.2. Angol nyelvű összefoglalás

The purpose of these in vivo and in vitro studies was (1) to compare the effectiveness of the osseointegrated palatal implant supported anchorage with conventional dental anchorage in extraction cases requiring ‘maximum anchorage’ in growing patients and (2) to evaluate the potential of allowing immediate (within 72 hours) loading of palatal implants. These prospective randomized clinical trials were carried out at the Department of Orofacial Orthopedics and Orthodontics, Heim Pál Children’s Hospital, Budapest, Hungary.

The first part of this work provides an extensive review of the literature on this topic. This is followed by a detailed description of the study subjects and the randomization method and methodology used in this study.

The main outcome measures of the randomized clinical trial were duration of orthodontic treatment phases and cephalometric analysis of maxillary first molar and incisor movement. In the histomorphometric evaluation of the removed implants the bone-implant contact (BIC) was analyzed.

The findings of the clinical study revealed some significant differences in tooth movements during different treatment phases between patients having orthodontic anchorage facilitated by a palatal implant and patients with conventional intraoral anchorage. However, overall no significant differences were observed between these groups in first molar movement and in total treatment time. Nevertheless, the use of palatal implants for orthodontic anchorage was found to be advantageous because the unwanted side effects of the dental anchorage reinforcement can be avoided with their help.

The findings of the histomorphometric investigation suggest that immediate loading of palatal implants for maximum anchorage does not increase the implant loss risk for patients or adversely

affect treatment results. It appears that the necessity of a 12-week healing phase during which the implants are not loaded could not be confirmed by measuring osseointegration, since the BIC value in conventional loading group was 73.1% ($\pm 19,8\%$) while in the immediate loading group it was $55\pm 21,6\%$.

Based on their many years of experience, the author and her workgroup arrived at the conclusion that, in case of adolescents, there may be merit in redefining the indication of the 'maximum anchorage' in favour of newer skeletal anchorage tools. They argue that aiming at creating a stable point in the growth-related maxillofacial complex is presumably unrealistic. Further studies are necessary to prove the clinical benefits of palatine implant, preferably with larger sample size and probably with another indication field. Such a promising indication field for example is the correction of anchorage loss with bilateral molar distalization, during which the immediately loaded palatal implant serves as direct anchorage. Another example is the orthodontic treatment of paradental injured patients in which great vertical bone loss was diagnosed.

9. Irodalomjegyzék

An in vitro study. *J Orofac Orthop.* 65 Abrahamson I, Berglundh T, Wennström J, Lindhe J. (1996). The periimplant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Impl Res.* 7: 212-219.

Akin-Nergiz N, Nergiz I, Schulz A, Arpak N, Niedermeier W. (1998). Reaction of peri-implant tissues to continuous loading of osseointegrated implants. *Am J Orthod.* 114. 292- 298.

Alberktsson T, Bränemark PI, Hansson HA, Lindstrom J. (1981). Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct born-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scan.* 52: 155-70.

Alberktsson T, Sennerby L. (1991). State of the art in oral implants. *J Clin Periodontol.* 18: 474-481.

Albrektsson T. Knochengewebereaktionen In Bränemark PI, Zarb A, Albrektsson T.: *Gewebeintegrierter Zahnersatz, Quintessenz, Berlin, 1985.*

Alexander RG. *The Alexander discipline: contemporary concepts and philosophies.* Ormco Corporation, Glendora, California, 1986.

Alexander RG. (2008). *The 20 principles of the Alexander Discipline.* Quintessence Publishing Co, Inc.

Alwali S, Marklund M, Persson M. (2000) Apical root resorption of upper first molars as related to anchorage system. *Swed Dent J.* 24: 145-153.

Angle EH.. (1916). Some news forms of orthodontic mechanism and the reason for their introduction. *Dent Cosmos,* 58: 969-994.

Aparicio C, Rangert B, Sennerby L. (2002). Immediate/early loading of dental implants: A report from the Sociedad Española de Implantes world congress consensus meeting in Barcelona, Spain. *Clin Implant Dent Relat Res.* 5:57-60.

Arte S, Nieminen P, Apajakahti S, Haavikko K, Thesleff I, Pirinen S. (2001). Characteristics of incisor-premolar hypodontia in families. *J Dent Res.* 80:1445-1450.

Asscherickx K, Vannet BV, Bottenberg P, Wehrbein H, Sabzevar MM. (2010). Clinical observations and success rates of palatal implants. *Am J Orthod.* Jan;137(1):114-22.

Asscherickx K, Vande Vannet B, Wehrbein H, Sabzevar MM. (2008). Success rate of miniscrews relative to their position to adjacent roots. *Eur J Orthod.* Aug;30(4):330-5.

Asscherickx K, Wehrbein H, Sabzevar MM. (2008). Palatal implants in adolescents: a histological evaluation in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res.* Jul;19(7):657-64.

Bae SM, Park HS, Kyung HM, Kwon OW, Sung JH. (2002). Clinical application of micro-implant anchorage. *J Clin Orthod.* 36: 298-302.

Bayat E, Bauss O. (2010). Effect of smoking on the failure rates of orthodontic miniscrews. *J Orofac Orthop.* Mar;71(2):117-24.

Balshi TJ, Wolfinger GJ (1997). Immediate loading of Bränemark implants in edentulous mandibles: a preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 6: 83-88.

Bantleon H, Bernhart T, Crismani AG, Zachrisson BU. (2002). Stable orthodontic anchorage with palatal osseointegrated implants. *World J Orthod.* 3: 109-116.

Bartha László *Komputertomográfia: Gyakorlati ismeretek orvosok és operátorok számára.* Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, 1998.

Barwart O, Richter M. (1996). Removable Nance appliance. *J Clin Orthod.* 30: 447-449.

Baumgaertel S. (2009). Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-implant placement in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jul;136(1):104-8.

Bauer W, Diedrich H, Wehrbein H, Schneider B. (1992). Der Lückenschluss mit T-Loops (Burstone) – eine klinische Studie *Fortschr Kieferorthop.* 53: 192-202.

Becker A, Chaushu S. (2003). Success rate and duration of orthodontic treatment for adult patients with palatally impacted maxillary canines. *Am J Orthod.* 124: 509-14.

Becker A, Chaushu S. (2005). Long-term follow-up of severely resorbed maxillary incisors after resolution of an etiologically associated impacted canine. *Am J Orthod.* 127: 650-654.

Benson PE, Tinsley D, O'Dwyer JJ, Majumdar A, Doyle P, Sandler PJ. (2007). Midpalatal implants vs headgear for orthodontic anchorage--a randomized clinical trial: cephalometric results. *Am J Orthod.* Nov;132(5):606-15.

Bergendal B, Bergendal T, Hallonsten AL, Koch G, Kurol J, Kvint S. (1996). A multidisciplinary approach to oral rehabilitation with osseointegrated implants in children and adolescents with multiple aplasia. *Eur J Orthod.* 18:119-129.

Bernhart T, Freudenthaler J, Dortbudak O, Bantleon H, Watzek G. (2001). Short epithetic implants for orthodontic anchorage in the paramedian region of the palate. *Clin Oral Implant Res.* 12: 624-631.

Bernhart T, Vollgruber A, Gahleitner A, Dortbudak O, Haas R. (2000). Alternative to the median region of the palate for placement of an orthodontic implant. *Clin Oral Implant Res.* 11: 595-601.

Binahmed A, Stoykewych A, Peterson L. (2005). Single preoperative dose versus long-term prophylactic antibiotic regimens in dental implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 20: 115-117.

Bishara SE. Dental arch development in: Bishara SE, Textbook of orthodontics. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 2001: 61-65.

Bishara SE. Introduction to the growth of the face in: Bishara SE, Textbook of orthodontics. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, 2001: 43-52.

Björk A, Skieller V. (1977). Growth of the maxillae in 3 dimensions as revealed radiographically by the implant method. *Br J Orthod.* 4: 53-68.

Björk A. (1955). Cranial base development: A follow-up x-ray study of the individual variation in growth occurring between the ages of 12 and 20 years and its relation to brain case and face development. *Am J Orthod.* 41: 198-225.

Björk A. (1969). Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod.* 55: 585-599

Björk A. (1968). Use of metallic implants in the study of facial growth in children: Method and application. *Am J Phys Anthropol.* 29: 243-254.

Björk A. (1963). Variations in the growth pattern of human mandible: A longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res.* 42: 400-411.

Block MS, Hoffman DR. (1995). A new device for absolute anchorage for orthodontics. *Am J Orthod.* 107: 251-258.

Bondemark L, Thorneus J. (2005). Anchorage provided during intra-arch distal molar movement: a comparison between the Nance appliance and a fixed frontal bite plane. *Angle Orthod.* 75: 437-443.

Borbély P, Dunay MP, Jung BA, Wehrbein H, Wagner W, Kunkel M. (2008). Primary loading of palatal implants for orthodontic anchorage--a pilot animal study. *J Craniomaxillofac Surg.* Jan;36(1):21-27.

Borsos G, Jianu R, Végh A. (2007). Disto-palatinale Positionierung des Gaumenimplantates bei Jugendlichen. *Kieferorthop.* Nov. Nr.11.: 1, 6-7.

Borsos G, Rudzki-Janson I, Stockmann P, Schlegel KA, Végh A. (2008). Immediate loading of palatal implants in still-growing patients: a prospective, comparative, clinical pilot study. *J Orofac Orthop.* Jul;69(4):297-308.

Borsos G., Vokó Z, Gredes T, Kunert-Keil C, Vegh A. (2012). Tooth movement using palatal implant supported anchorage compared to conventional dental anchorage. *Ann Anat.* Nov;194(6):556-60.

Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. (1969). Intra-osseus anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 3: 81-100.

Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Ohlsson A. (1977). Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 16: 1-132.

Brånemark PI, Adell R, Albrektsson T, Lekholm U, Lindström J, Rockler B. (1984). An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. *J Oral Maxillofac Surg.* Aug;42(8):497-505.

Buser D, Belser UC, Lang NP. (1998). The original one-stage dental implant system and its clinical applications. *Periodontology.* 2000 b; 17: 106-118.

Buser D, Ingimarsson S, Dula K, Lussi A, Hirt HP, Belser UC. (2002). Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: a 5-year prospective study in partially edentulous patients. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 22:109-17.

Buser D, Maeglin B. *Chirurgisches Vorgehen mit ITI-Implantaten in Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler G: Orale Implantologie, Thieme Verlag, Stuttgart, 1994.*

Buser D, Nydegger T, Hirt HP, Cochran DL. (1998). Removal torque values of titanium implant in the maxilla of miniature pigs. *Int J Oral Maxillofac Impl.* 13: 611-619.

Buser D, Schenk RK, Steinemann S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. (1991). Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J of Biomed Materials Res.* 25: 889-897.

Buser D. (1999). Titanimplantate mit angerauter Oberfläche. *Implantologie* 3: 249-268.

Byloff FK, Karcher H, Clar E, Stoff F. (2000). An implant to eliminate anchorage loss during molar distalization: a case report involving the Graz implant-supported pendulum. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 15: 129-137.

Carano A, Testa M. (1996). The distal jet appliance for upper molar distalization. *J Clin Orthod.* 30: 374-380.

Carrière J. *Inverse Anchorage Technique in Fixed Orthodontic Treatment Quintessence Publishing Co., Chicago, 1990.*

Celenza F. (2003). Implant-enhanced tooth movement: indirect absolute anchorage. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 23: 533-541.

Cha BK, Choi DS, Ngan P, Jost-Brinkmann PG, Kim SM, Jang IS. (2011). Maxillary protraction with miniplates providing skeletal anchorage in a growing Class III patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jan;139(1):99-112.

Charles CR, Jones ML. (1982). Canine retraction with the edgewise appliance – some problems and solutions. *Br J Orthod.* 9: 194-202.

Chatwani B, Schneider B. (2006). Maximum anchorage in orthodontics with the palatal implant: maximum anchorage in orthodontics with the palatal implant. *J Orofac Orthop.* Nov;67(6):459-70.

Chen F, Terada K, Handa K. (2005). Anchorage effect of various shape palatal osseointegrated implants: a finite element study *Angle Orthod.* 75: 378-385.

Chen F, Terada K, Hanada K, Saito I. (2005). Anchorage effects of a palatal osseointegrated implant with different fixation: a finite element study *Angle Orthod.* 75: 593-601.

Chen YJ, Chang HH, Huang CY, Hung HC, Lai EH, Yao CC. (2007). A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin Oral Implants Res.* Dec;18(6):768-75.

Chen YJ, Chang HH, Lin HY, Lai EH, Hung HC, Yao CC. (2008). Stability of miniplates and miniscrews used for orthodontic anchorage: experience with 492 temporary anchorage devices. *Clin Oral Implants Res.* Nov;19(11):1188-96.

Cho SY, Lee CK, Chan JC. (2004). Congenitally missing maxillary permanent canines: report of 32 cases from an ethnic Chinese population. *Int J Paediatr Dent.* 14: 446-450.

Cobo JM, Diaz B, de Carlos F. (1998). Maintaining anchorage with a combination Nance-Goshgarian transpalatal arch. *J Clin Orthod.* 32: 681.

Corrucini RS. (1984). An epidemiologic transition in dental occlusion in world populations. *Am J Orthod.* 86: 419-426.

Costa A, Raffaini M, Melsen B. (1998). Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthognath Surg.* 13: 201-209.

Cousley RR. (2005). Critical aspects in the use of orthodontic palatal implants. *Am J Orthod.* 127: 723-729.

Cousley RR, Parberry DJ. (2005). Combined cephalometric and stent planning for palatal implants. *J Orthod.* Mar;32(1):20-5.

Creekmore TD, Eklund MK. (1983). The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthodont.* 17: 266-9.

Crismani AG, Bernhart T, Baier C, Bantleon HP, Kucher G. (2002). Chair-side procedure for connecting transpalatal arches with palatal implants. *Eur J Orthod.* 24: 337-342.

Crismani AG, Bernhart T, Bantleon HP, Kucher G. (2005). An innovative adhesive procedure for connecting transpalatal arches with palatal implants. *Eur J Orthod.* 27: 226-230.

Crismani AG, Bernhart T, Bantleon HP. (2003). Usefulness of pre-operative lateral cephalometric films for planning orthodontic palatal implants. *Eur J Orthod.* 25: 508 Abstract

Crismani AG, Bernhart T, Schwarz K, Celar AG, Bantleon HP, Watzek G. (2006). Ninety percent success in palatal implants loaded 1 week after placement: a clinical evaluation by resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants.* Aug;17(4):445-50.

Crismani AG, Bertl MH, Celar AG, Bantleon HP, Burstone C. (2010). Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jan;137(1):108-13.

Crismani AG, Celar AG, Burstone CJ, Bernhart TG, Bantleon HP, Mittlboeck M. (2007). Sagittal and vertical load-deflection and permanent deformation of transpalatal

arches connected with palatal implants: an in-vitro study. *Am J Orthod.* Jun;131(6):742-52.

Cronin RJ, Osterle LJ (1998). Implant use in growing patients: Treatment planning concerns. *Dent Clin North Am.* 42:1-34.

Cornelis MA, Scheffler NR, Nyssen-Behets C, De Clerck HJ, Tulloch JF. (2008). Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary

skeletal anchorage: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jan;133(1):18-24.

Czukur J. (1994). WHO epidemiológiai vizsgálatok Magyarországon 1985-ben és 1991-ben *Fogorv. Szle.* 87: 223-235.

Degidi M, Petrone G, Lezzi G, Piatelli A. (2003). Histologic evaluation of 2 human immediately loaded and 1 titanium implants inserted in the posterior mandible and submerged retrieved after 6 month. *J Oral Impl.* 29: 223-229.

Degidi M, Piattelli A. (2005). 7-year follow-up of 93 immediately loaded titanium dental implants. *J Oral Implantol.* 31: 25-31.

Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, Hartsfield JK Jr, Roberts WE, Garetto LP. (2003). The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *J Dent Res.* 82: 377-381.

Dent CD, Olson JW, Farish SE, Bellome J, Casino AJ, Morris HF, Ochi S (1997). The influence of preoperative antibiotics on success of endosseous implants up to and including stage II surgery: a study of 2,641 implants. *J oral Maxillofac Surg.* 55: 19-24.

Diedrich D. (1993). Verschiedene orthodontische Verankerungssysteme. *Fortschr Kieferorthop.* 54: 156-171.

Diedrich P. (1990). Erfahrungen mit der Segmentbogentechnik nach Burstone im Erwachsenenengebiss. *Fortschr Kieferorthop.* 51:14-22.

Divinyi T.: Fogászati implantológia, Springer Hungarica Kiadó Kft., 1998.

Divinyi T: Helyi érzéstelenítés a szájsebészetben In Szabó Gy: Szájsebészet, maxillofacialis sebészet Semmelweis Kiadó, Budapest, 2004.

Donath K, Breuner G. (1994). A method for the study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissues. The Sage-Schliff (sawing and grinding) technique. *Int J Oral Maxillofac Impl.*10: 312-334.

Duyck J, Ronold HJ, Van Osterwyck H, Naert I, Vander Sloten J, Ellingsen JE. (2001). The influence of static and dynamic loading on marginal bone reactions around osseointegrated implants: an animal experimental study. *Clin Oral Impl Res.* 12: 207-218.

El-Beialy AR, Abou-El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AM, Mostafa YA.(2009). Loss of anchorage of miniscrews: a 3-dimensional assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Nov;136(5):700-7.

Enlow DH, Bang S. (1965). Growth and remodeling of human maxilla. *Am J Orthod.* 51: 446-453.

Ericson I, Niler K, Klinge B, Glantz PO. (1996). Radiographical and histological characteristics of submerged and nonsubmerged titanium implants. An experimental study in the labrador dog. *Clin Oral Impl Res.* 7: 20-26.

Ericson S, Kurol J. (1986). Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. *Eur J Orthod.* 8:133-40.

Favero L, Brollo P, Bressan E. (2002). Orthodontic anchorage with specific fixtures: Related study analysis. *Am J Orthod.* 122: 84-94.

Fábián Tibor, Kaán Miklós, Szabó Imre: *Klinikai fogpótlástan Medicina*, Budapest, 1989.

Fekonja A. (2005). Hypodontia in orthodontically treated children. *Eur J Orthod* 27: 457-60).

Feldmann I, Bondemark L. (2006). Orthodontic anchorage: a systematic review. *Angle Orthod.* May;76(3):493-501.

Feldmann I, List T, Feldmann H, Bondemark L. (2007). Pain intensity and discomfort following surgical placement of orthodontic anchoring units and premolar extraction: a randomized controlled trial. *Angle Orthod.* Jul;77(4):578-85.

Feldmann I, Bondemark L. (2008). Anchorage capacity of osseointegrated and conventional anchorage systems: a randomized controlled trial. *Am J Orthod.* Mar;133(3):339.e19-28.

Feldmann I, List T, Bondemark L. (2012). Orthodontic anchoring techniques and its influence on pain, discomfort, and jaw function – a randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 34:102-108. doi:10.1093/ejo/cjq171.

Ferrigno N, Laureti M, Fanali S, Grippaudo G. (2002). A long-term follow-up study of non-submerged ITI implants in the treatment of totally edentulous jaws. Part I: Ten-year life table analysis of a prospective multicenter study with 1286 implants. *Clin Oral Implants Res.* 13: 260-273.

Fishman LS. (1982) Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinical study based on hand wrist films. *Angle Orthod.* 52: 88-112.

Fornet Béla: *Komputertomográfia*, Semmelweis Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, Budapest, 2003.

Fuhrmann R, Wehrbein H, Diedrich P. (1994). Anteriore Verankerungsqualität der modifizierten Nance Apparatur bei der Molarendistalisierung. *Kieferorthop.* 8: 45-52.

Fukuta Y, Totsuka M, Takeda Y, Yamamoto H. (2004). Congenital absence of the permanent canines: a clinico-statistical study. *J Oral Sci.* 46: 247-252.

Gábris K, Márton S, Madléna M. (2000). Fogazati rendellenességek gyakorisága serdülőkorban. *Fogorv Szle.* 93: 365-373.

Gábris K, Tarján I, Csiki P, Konrád F, Szádeczky B, Rózsa N. (2001). A maradó fogak csírahiányának előfordulási gyakorisága és a kezelés lehetőségei. *Fogorv Szle.* 94: 137-140.

Gahleitner A, Podesser B, Schick S, Watzek G, Imhof H. (2004). Dental CT and orthodontic implants: imaging technique and assessment of available bone volume in the hard palate. *Eur J Radiol. Sep;*51(3):257-62.

Gallatz Katalin: A szájpád, garat, tonsillák makroszkópiája és szöveti szerkezete In Fehér Erzsébet: *Maxillofacialis anatómia Medicina Könyvkiadó Rt, Budapest, 2001.*

Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. (2009). Craniofacial displacement in response to varying headgear forces evaluated biomechanically with finite element analysis. *Am J Orthod. Apr;*135(4):507-15.

Gedrange T, Boening K, Harzer W. (2006). Orthodontic implants as anchorage appliances for unilateral mesialization: a case report. *Quintessence Int. Jun;*37(6):485-91.

Gedrange T, Köbel C, Harzer W.. (2001). Hard palate deformation in an animal model following quasi-static loading to stimulate that of orthodontic anchorage implants. *Eur J Orthod. Aug;*23(4):349-54.

Gedrange T, Bourauel C, Kobel C, Harzer W. (2003). Three dimensional analysis of endosseous palatal implants and bones after vertical, horizontal and diagonal force application. *Eur J Orthod.* 25: 109-115.

Gedrange T, Hietschold V, Mai R, Wolf P, Nicklisch M, Harzer W. (2005). An evaluation of resonance frequency analysis for the determination of the primary stability of orthodontic palatal implants. A study in human cadavers. *Clin Oral Implants Res. Aug;*16(4):425-31.

Giancotti A, Greco M, Docimo R, Arcuri C. (2003). Extraction treatment using a palatal implant for anchorage. *Aust Orthod J. Nov;*19(2):87-90.

Giancotti A, Greco M, Mampieri G, Arcuri C. (2004). Clinical management in extraction cases using palatal implant for anchorage. *J Orthod.* 31: 288-294.

Giancotti A, Muzzi F, Santini F, Arcuri C. (2002). Straumann Orthosystem method for orthodontic anchorage: step by step procedure. *World J Orthod.* 3: 140-146.

Gianelly AA. (1998). Distal movement of the maxillary molars. *Am J Orthod.* 114: 66-72.

Giuliano Maino B, Pagin P, Di Blasio A. (2012). Success of miniscrews used as anchorage for orthodontic treatment: analysis of different factors. *Prog Orthod. Nov;*13(3):202-9.

- Gjessing P. (1985). Biomechanical design and clinical evaluation of new canine-retraction spring. *Am J Orthod.* 87: 353-362.
- Glatzmaier J, Wehrbein H, Diedrich P. (1995). Die Entwicklung eines resorbierbaren Implantatsystem zur orthodontischen Verankerung *Fortschr Kieferorthop.* 56: 175-81.
- Göllner P, Jung BA, Kunkel M, Liechti T, Wehrbein H. (2009). Immediate vs. conventional loading of palatal implants in humans. *Clin Oral Implants Res.* Aug;20(8):833-7.
- Gracco A, Giagnorio C, Incerti Parenti S, Alessandri Bonetti G, Siciliani G. (2012). Effects of thread shape on the pullout strength of miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Aug;142(2):186-90.
- Gray JB, Steen ME, King GJ, Clark AE. (1983). Studies on the efficacy of implants as orthodontic anchorage. *Am J Orthod.* 83: 311-317.
- Greenberg LZ, Johnston LE. (1975). Computerized prediction: the accuracy of a contemporary long-range forecast. *Am J Orthod.* 67: 243-252.
- Greulich WW, Pyle LI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford University Press, Stanford, Calif, 1959.
- Grimes DA, Schulz KF. (2002). An overview of clinical research: The lay of the land. *Lancet.* 359: 57-61.
- Gündüz E, Schneider-Del Savio TT, Kucher G, Schneider B, Bantleon HP. (2004). Acceptance rate of palatal implants: a questionnaire study. *Am J Orthod.* 126: 623-626.
- Haanaes HR, Stenvik A, Beyer-Olson ES, Tryti S, Raehn O. (1991). The efficacy of two-stage titanium implants as orthodontic anchorage in the preprosthodontic correction of third molars in adults: a report of three cases. *Eur J Orthodont.* 13: 287-296.
- Hayashi K, Uechi J, Murata M, Mizoguchi I. (2004). Comparison of maxillary canine retraction with sliding mechanics and a retraction spring: a three-dimensional analysis based on a midpalatal orthodontic implant. *Eur J Orthodont.* 26: 585-589.
- Henriksen B, Bavitz B, Kelly B, Harn SD. (2003). Evaluation of bone thickness in the anterior hard palate relative to midsagittal orthodontic implants. *Int J Oral Maxillofac Imp.* 18: 578-581.
- Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. (1996). Osseointegrated implants for single-tooth replacement: a prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 11(4):450-455.
- Hermann J, Cochran DL, Nummikoski PV, Buser D. (1997). Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 68: 1117-1130.
- Higers JJ. (1992). The Pendulum appliance for Class II non-compliance therapy. *J Clin Orthod.* 6: 700-713.

Higuchi KW, Slack JM. (1991). The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Maxillofac Imp.* 6: 338-344.

Hossein K, Dahlin C, Bengt A. (2005). Influence of different prophylactic antibiotic regimens on implant survival rate: a retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 7: 32-35.

Huang LH, Shotwell JL, Wang HL. (2005). Dental implants for orthodontic anchorage. *Am J Orthod.* 127: 713-722.

Iseri H, Solow B. (1996). Continued eruption of maxillary incisors and first molars in girls from 9 to 25 years, studied by the implant method. *Eur J Orthod.* 18: 245-256.

Jackson A, Lemke R, Hatch J, Salome N, Gakunga P, Cochran D. (2008). A comparison of stability between delayed versus immediately loaded orthodontic palatal implants. *J Esthet Restor Dent.* 20(3):174-84.

Jarabak JR, Fizzel JA. (1972). Biophysical consideration of orthodontic forces. In Jarabak JR, Fizzel JA, eds. *Technique and treatment with light-wire edgewise appliances.* Vol. 1. Saint Louis: C.V.Mosby. 277-8.

Johansson CB, Han CH, Wennerberg A, Alberktsson T. (1998). A quantitative comparison of machined commercially pure titanium and titanium-aluminium-vanadium implants in rabbit bone. *Int J Maxillofac Imp.* 13: 315-321.

Jung BA, Wehrbein H, Hopfenmüller W, Harzer W, Gedrange T, Diedrich P, Kunkel M.(2007). Early loading of palatal implants (ortho-type II) a prospective multicenter randomized controlled clinical trial. *Trials.* Sep 20;8:24.

Jung BA, Yildizhan F, Wehrbein H. (2008). Bone-to-implant contact of orthodontic implants in humans - a histomorphometric investigation. *Eur J Orthod.* Dec;30(6):552-7.

Jung BA, Kunkel M, Göllner P, Liechti T, Wehrbein H. (2009). Success rate of second-generation palatal implants. *Angle Orthod.* Jan;79(1):85-90.

Jung BA, Harzer W, Gedrange T, Kunkel M, Moergel M, Diedrich P, Lüdicke G, Wehrbein H. (2010). Spectrum of indications for palatal implants in treatment concepts involving immediate and conventional loading. *J Orofac Orthop.* Jul;71(4):273-80.

Jung BA, Harzer W, Wehrbein H, Gedrange T, Hopfenmüller W, Lüdicke G, Moergel M, Diedrich P, Kunkel M. (2011). Immediate versus conventional loading of palatal implants in humans: a first report of a multicenter RCT. *Clin Oral Investig.* Aug;15(4):495-502.

Jung BA, Kunkel M, Göllner P, Liechti T, Moergel M, Noelken R, Borbély P, Wehrbein H. (2011). Does thread design influence relative bone-to-implant contact rate of palatal implants? *J Orofac Orthop.* Jul;72(3):204-13. doi: 10.1007/s00056-011-0020-9.

Jung BA, Kunkel M, Göllner P, Liechti T, Wagner W, Wehrbein H. (2012). Prognostic parameters contributing to palatal implant failures: a long-term survival analysis of 239 patients. *Oral Implants Res.* Jun;23(6):746-50.

Jung BA, Wehrbein H, Wagner W, Kunkel M. (2012). Preoperative diagnostic for palatal implants: Is CT or CBCT necessary? *Clin Implant Dent Relat Res*. Jun;14(3):400-5.

Kalha AS. (2008). Is anchorage reinforcement with implants effective in orthodontics? *Evid Based Dent*. 9(1):13-4. doi: 10.1038/sj.ebd.6400564.

Kang S, Lee SJ, Ahn SJ, Heo MS, Kim TW. (2007). Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod*. 131: 74-81.

Kanomi R. (1997). Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod*. 31: 763-767.

Karagkiolidou A, Ludwig B, Pazera P, Gkantidis N, Pandis N, Katsaros C.(2013). Survival of palatal miniscrews used for orthodontic appliance anchorage: a retrospective cohort study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Jun;143(6):767-72.

Karaman AI, Basciftci FA, Polat O. (2002). Unilateral molar movement with an implant-supported distal jet appliance. *Angle Orthod*. 72: 167-174.

Karcher H, Byloff FK, Clar E. (2002). The Graz implant supported pendulum, a technical note. *J Craniomaxillofac Surg*. 30: 87-90.

Kaste L, Gift H, Bhat M, Swango P. (1996). Prevalence of incisor trauma in persons 6 to 50 years of age: United States, 1988-1991. *J Dent Res*. (Special issue): 696- 705.

Keles A, Everdi N, Sezen S. (2003). Bodily distalization of molars with absolute anchorage. *Angle Orthodont*. 73: 471-482.

Keles A. (2002). Unilateral distalization of a maxillary molar with sliding mechanics: a case report. *J Orthod*. 29: 97-100.

King KS, Lam EW, Faulkner MG, Heo G, Major PW. (2006). Predictive factors of vertical bone depth in the paramedian palate of adolescents. *Angle Orthod*. 76: 745-751.

King KS, Lam EW, Faulkner MG, Heo G, Major PW. (2007). Vertical bone volume in the paramedian palate of adolescents: a computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Dec;132(6):783-8.

Kim YH, Yang SM, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, Kyung SH. (2010). Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: factors affecting clinical success. *Am J Orthod*. Jan;137(1):66-72.

Kim YH, Yang SM, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, Kyung SH. (2010). Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: factors affecting clinical success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. Jan;137(1):66-72.

Kim HJ, Yun HS, Park HD, Kim DH, Park YC. (2006). Soft-tissue and cortical bone thickness at orthodontic implant sites. *Am J Orthod*. 130:177-82.

Kinzinger G, Fritz U, Diedrich P. (2002). Bipendulum and quad pendulum for non-compliance molar distalization in adult patients. *J Orofac Orthop*. 63: 154-162.

Kinzinger GS, Gross U, Fritz UB, Diedrich PR. (2005). Anchorage quality of deciduous molars versus premolars for molar distalization with a pendulum appliance. *Am J Orthod.* 127: 314-323.

Kloehn SJ. (1961). Evaluation of cervical anchorage force in treatment. *Angle Orthod.* 31: 91-104.

Kravitz ND, Kusnoto B. (2007). Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Apr;131(4 Suppl):S43-51.

Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. (2007). Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jan;131(1):9-15.

Lambrecht JT, Filippi A, Kunzel AR, Schiel HJ. (2003). Long-term evaluation of submerged and nonsubmerged ITI solid-screw titanium implants: a 10-year life table analysis of 468 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 18: 826-34.

Lantsov AA, Lavrenova GV. (1990). Microcirculation of the nasal mucosa in persons of the older age groups. *Vestn Otorinolaringol.* Jan-Feb;(1):44-7.

Larmour CJ, Mossey PA, Thind BS, Forgie AH, Stirrups DR. (2005). Hypodontia-a retrospective review of prevalence and etiology. Part I. *Quintessence Int.* 36: 263-270.

Laskin DM, DEnt CD, Morris HF, Ochi S, Olson JW. (2000). The influence of preoperative antibiotics on success of endosseous implants at 36 months. *Ann Periodontol.* 5: 166-174.

Latham RA. (1970). Structure and development of the intermaxillary suture. *J Anat.* 108: 31-41.

Lekholm U, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Linden U, Bergstrom C, van Steenberghe D. (1999). Survival of the Branemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 14: 639-645.

Leung MT, Lee TC, Rabie AB, Wong RW. (2008). Use of miniscrews and miniplates in orthodontics. *J Oral Maxillofac Surg.* Jul;66(7):1461-6.

Lim G, Kim KD, Park W, Jung BY, Pang NS. (2013) Endodontic and surgical treatment of root damage caused by orthodontic miniscrew placement. *J Endod.* Aug;39(8):1073-7.

Lim HJ, Choi YJ, Evans CA, Hwang HS. (2011). Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur J Orthod.* Oct;33(5):528-32.

Linkow LI. (1970). Implanto-orthodontics. *J Clin Orthodont.* 4: 685-705.

Linkow LI. (1969). The endosseous blade implant and its use in orthodontics. *Int J Orthod.* 18:149-154.

Liou EJ, Chang PM. (2010). Apical root resorption in orthodontic patients with en-masse maxillary anterior retraction and intrusion with miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Feb;137(2):207-12.

Liu H, Lv T, Wang NN, Zhao F, Wang KT, Liu DX. (2011). Drift characteristics of miniscrews and molars for anchorage under orthodontic force: 3-dimensional computed tomography registration evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* Jan;139(1):e83-9.

Livas C, Delli K, Karapsias S, Pandis N, Ren Y. (2013). Investigation of bacteremia induced by removal of orthodontic mini-implants. *Eur J Orthod*. Jan 14. [Epub ahead of print].

Lunn H, Richmond S, Mitropoulos C. (1993). The use of the index of orthodontic treatment need (IOTN) as a public health tool: a pilot study. *Community Dent. Health* 10: 111- 121.

Luzi C, Verna C, Melsen B. (2007). A prospective clinical investigation of the failure rate of immediately loaded mini-implants used for orthodontic anchorage. *Prog Orthod*. 8: 192-201.

Luzi C, Verna C, Melsen B. (2009). Immediate loading of orthodontic mini-implants: a histomorphometric evaluation of tissue reaction. *Eur J Orthod*. Feb;31(1):21-9.

Maino BG, Weiland F, Attanasi A, Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. (2007). Root damage and repair after contact with miniscrews. *J Clin Orthod*. Dec;41(12):762-6.

Majumdar A, Tinsley D, O'dwyer J, Doyle PT, Sandler J, Benson P, Davies SJ. (2005). The „chesterfield stent“: an aid to the placement of midpalatal implants. *Br J Oral Maxillofac Surg* 43(1): 36-39.

Manni A, Cozzani M, Tamborrino F, De Rinaldis S, Menini A. (2011). Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews. *Eur J Orthod*. Aug;33(4):388-95.

Martin W, Heffernan M, Ruskin J. (2002). Template fabrication for a midpalatal orthodontic implant: technical note. *Int J Oral Maxillofac Imp*. 17: 720-722.

Männchen R, Schätzle M. (2008). Success rate of palatal orthodontic implants: a prospective longitudinal study. *Clin Oral Implant Res*. Jul;19(7):665-9.

Melsen B, Bosch C. (1977). Different approaches to anchorage: a survey and an evaluation. *Angle Orthod*. 1997; 67: 23-30.

Melsen B, Costa A. (2000). Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res*. 3: 23-28.

Melsen B, Dalstra M. (2003). Distal molar movement with Kloehn headgear: is it stable? *Am J Orthod*. 123: 374-378 .

Melsen B, Lang NP. (2001). Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clin Oral Implants Res*. 12: 358-363.

Melsen B, Petersen JK, Costa A. (1998). Zygoma ligatures: an alternative form of maxillary anchorage. *J Clin Orthod*. 32: 154-158.

Melsen MA. (1975). Palatal growth studied on human autopsy material. A histological microradiographic study. *Am J Orthod*. 68: 42-54.

Merli M, Merli M, Merli A, Esposito M. (2007). Palatal implant anchorage for orthodontic movement: preliminary results with standard Brånemark implants. *Int J Periodontics Restorative Dent.* Feb;27(1):43-9.

Meyer U, Joos U, Mythili J, Stamm T, Hohoff A, Fillies T, Stratmann U, Wiesmann HP. (2004). Ultrastructural characterization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants. *Biomaterials.* 25: 1959-1967.

Migliorati M, Benedicenti S, Signori A, Drago S, Cirillo P, Barberis F, Silvestrini Biavati A. (2013). Thread shape factor: evaluation of three different orthodontic miniscrews stability. *Eur J Orthod.* Jun;35(3):401-5.

Moore RN, Moyer BA, DuBois LM. (1990). Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod.* 98: 33-40.

Moon SH, Park SH, Lim WH, Chun YS. (2010). Palatal bone density in adult subjects: implications for mini-implant placement. *Angle Orthod.* 2Jan;80(1):137-44.

Morris HF, Ochi S, Plezia R, Gilbert H, Dent CD, Pikulski J, Lambert PM. (2004). AICRG, Part III: The influence of antibiotic use on the survival of a new implant design. *J Oral Implantol.* 30: 144-151.

Mraiwa N, Jacobs R, Van Cleynenbreugel J, Sanderink G, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D, Quirynen M. (2004). The nasopalatine canal revisited using 2D and 3D CT imaging. *Dentomaxillofac Radiol.* Nov;33(6):396-402.

Nikolai R.J. (1975). On optimum orthodontic force theory as applied to canine retraction. *Am J Orthod.* 68: 290-302.

Nicolas G, Bart VV. (2008). Aspects in post-orthodontic removal of Orthosystem implants. *Clin Oral Implants Res.* Dec;19(12):1290-4. doi:10.1111/j.1600-0501.2007.01300.x.

Nkenke E, Fenner M. (2006). Indications for immediate loading of implants and implant success. *Clin Oral Implants Res.* 17 Suppl 2:19-34.

Northcutt ME. (1995). The bite-plate Nance appliance. *J Clin Orthod.* 29: 760-761.

Ohmae M, Saito S, Morohashi T, Seki K, Qu H, Kanomi R, Yamasaki KI, Okano T, Yamada S, Shibasaki Y. (2001). A clinical and histological evaluation of titanium mini-implants as anchors for orthodontic intrusion in the beagle dog. *Am J Orthod.* 119: 489-497.

Ohnishi H, Yagi T, Yasuda Y, Takada K. (2005). A mini-implant for orthodontic anchorage in a deep overbite case. *Angle Orthod.* 75: 444-452.

Oesterle LJ. (2000). Implant considerations in growing child in Higuchi KW et al: Orthodontic applications of osseointegrated implants. Quintessence Publishing Co, Inc. 2000.

Ödman J, Lekholm U, Jemt T, Thilander B. (1994). Osseointegrated implants as orthodontic anchorage in treatment of partially edentulous adult patients. *Eur J Orthodont.* 3:187-201.

Park HS, Bae SM, Kyung HM, Sung JH. (2001). Micro-implant anchorage for treatment of skeletal Class I bialveolar protrusion. *J Clin Orthod.* 35: 417-422.

Persson M, Thilander B. (1977). Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod.* 72: 42-45.

Persson M. (1973). Structure and growth of facial sutures. *Odont Rev.* 24: 1-146.

Priest G. (1999). Single-tooth implants and their role in preserving remaining teeth: a 10-year survival study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 14: 181-188.

Proffit WR, Fields HW, Moray LJ. (1998). Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 13(2): 97-106.

Proffit WR, Fields HW. (1993). *Contemporary orthodontics ed. 2*, St. Louis, Mosby Year Book Inc..

Prokop M, Gelansky M. (1998). *Spiral and Multislice Computer Tomography of the Body*, Thieme.

Puente M. (1997). Class II correction with an edgewise-modified Nance appliance. *J Clin Orthod.* 31: 178-182.

Reiser MF, Takahashi M, Modic M, Bruening R. (2001). *Multislice CT*, Springer.

Revelo B, Fishman LD. (1994). Maturational evaluation of the midpalatal suture. *Am J Orthod.* 105: 288-92.

Rhee JN, Chun YS, Row J. (2001). A comparison between friction and frictionless mechanics with a new typodont simulation system. *Am J Orthod.* 119: 292-299.

Ricketts RM, Bench RW, Gugino CF, Hilgers JJ, Schulhof RJ.: *Bioprogressive Therapie Verlag Zahnärztlich-medizinisches Schrifttum*, München, 1984.

Ricketts RM, Bench RW, Hilgers JJ. (1972). An overview of computerized cephalometrics. *Am J Orthod.* 61:1-28,

Ricketts RM. (1972). The value of cephalometrics and computerized technology. *Angle Orthod.* 42:179-199.

Ricketts RM. (1960). The influence of orthodontic treatment on facial growth and development. *Angle Orthod.* 30: 103-131.

Roberts WE, Chase DC. (1981). Kinetics of cell proliferation and migration associated with orthodontically-induced osteogenesis. *J Dent Res.* 60: 174-181.

Roberts WE, Marshall KJ, Mozsary PG. (1990). Rigid endosseous implant used as anchorage to protract molars and close an atrophic extraction site. *Angle Orthodont.* 60: 135-52.

Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. (1984). Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *Am J Orthod.* 86: 95-111.

Roberts WE. (1994). The use of dental implants in orthodontic therapy. In: Davidovich Z (ed): *The Biological Mechanism of Tooth Eruption, Resorption and Replacement by Implants.* Boston: Harvard Society for the Advancement of Orthodontics. 631-642.

Romanos G, Toh CG, Siar CH, Swaminathan D, Ong AH, Donath K, Yaacob H, Nentwig GH. (2001). Peri-implant bone reactions to immediately loaded implants. An experimental study in monkeys. *J Periodontol.* 72: 506-511.

Romeo E, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G. (2002). Long-term clinical effectiveness of oral implants in the treatment of partial edentulism. Seven-year life table analysis of a prospective study with ITI dental implants system used for single-tooth restorations. *Clin Oral Implants Res.* 13:133-43.

Rosner D, Becker A, Casap N, Chaushu S. (2010). Orthosurgical treatment including anchorage from a palatal implant to correct an infraoccluded maxillary first molar in a young adult. *Am J Orthod.* Dec;138(6):804-9.

Sandler J, Benson PE, Doyle P, Majumder A, O'Dwyer J, Speight P, Thiruvengkatachari B, Tinsley D.(2008). Palatal implants are a good alternative to headgear: a randomized trial. *Am J Orthod.* Jan;133(1):51-7.

Schlegel KA, Kinner F, Schlegel KD. (2002). The anatomic basis for palatal implants in orthodontics. *Int J Adult Orthognath Surg.* 17: 133-39.

Schlegel KA, Schweizer C, Rudzki-Janson I, Wiltfang J. (2002). A new anchorage concept for orthodontic treatment in the mandible. *World J Orthod.* 3: 353-357.

Schumacher HA, Bourauel C, Drescher D. (1991). Arch-guided tooth movement – its dynamics, efficacy and side effects. *Fortschr Kieferorthop.* 52: 141-152.

Sherman AJ. (1978). Bone reaction to orthodontic forces on vitreous carbon dental implant. *Am J Orthod.* 74:79-87.

Siegele D, Soltesz U. (1986). Implantate mit intramobilen Einsätzen als Brückengeißler. *Z Zahnärztl Implantol.* 2: 117-125.

Sillmann JH. (1964). Dimensional changes of the dental arches: a longitudinal study from birth to 25 years. *Am J Orthod.* 50: 824-842.

Silverman NE, Ackerman JL. (1979). Oligodontia: A study of its prevalence and variation in 4032 children. *J Dent Child.* 46: 470-477.

Skeggs RM, Benson PE, Dyer F. (2007). Reinforcement of anchorage during orthodontic brace treatment with implants or other surgical methods. *Cochrane Database Syst Rev.* Jul 18;(3):CD005098.

Skieller V, Björk A, Linde-Hansen T. (1984). Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *Am J Orthod.* 86: 359-370.

Smeeton N: *Dental Statistics Made Easy*. Radcliffe Publishing Ltd, Abingdon, Oxford, UK, 2005.

Smith JR. (1977). Bone dynamics associated with the controlled loading of bioglass coated aluminum oxide endosteal implants. *Am J Orthod.* 71: 509-530.

Spivakovsky S, Keenan AV. (2010) Midpalatal implants for orthodontic anchorage. *Evid Based Dent.* 11(4):115. doi: 10.1038/sj.ebd.6400759.

Steinemann S.: *Werkstoff Titan*, In Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler G: *Orale Implantologie*, Thieme Verlag, Stuttgart 1994.

Stockmann P, Schlegel KA, Srour S, Neukam FW, Fenner M, Felszeghy E. (2009).

Which region of the median palate is a suitable location of temporary orthodontic

anchorage devices? A histomorphometric study on human cadavers aged 15-20 years. *Clin Oral Implants Res.* Mar;20(3):306-12.

Strietzel FP, Lange KP, Svegar M, Hartmann HJ, Kuchler I. (2004). Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2 implant system. Part 1: Influence of topographic and surgical parameters. *Int J Prosthodont.* 17: 187-194.

Suzuki M, Deguchi T, Watanabe H, Seiryu M, Iikubo M, Sasano T, Fujiyama K,

Takano-Yamamoto T. (2013). Evaluation of optimal length and insertion torque for miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Aug;144(2):251-9.

Tarnow DP, Emtiaz S, Classi A. (1997). Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. *Int J Maxillofac Imp.* 12: 319-24.

Thilander B, Odman J, Grondahl K, Friberg B. (1994). Osseointegrated implants in adolescents An alternative in replacing missing teeth? *Eur J Orthod.* 16: 84-95.

Thomas MV, Daniel TL, Kluemper T. (2006). Implant anchorage in orthodontic practice: the Straumann Orthosystem. *Dent Clin North Am.* Jul;50(3):425-37.

Tinsley D, O'dwyer J, Benson P, Doyle PT, Sandler J. (2004). Orthodontic palatal implants: clinical technique. *J Orthod.* Mar;31(1):3-8.

Tosun T, Keles A, Erverdi N. (2002). Method for placement of palatal implants. *Int J Oral Maxillofac Imp.* 17: 95-100.

Topouzelis N, Tsaousoglou P. (2012). Clinical factors correlated with the success rate of miniscrews in orthodontic treatment. *Int J Oral Sci.* Mar;4(1):38-44.

Triaca A, Antonini M, Wintermantel E. (1992). Ein neues Titan-Flachschrauben-Implantat zur orthodontischen Verankerung am anterioren Gaumen. *Inf Orthod Kieferorthop.* 24: 251-257.

Trisi P, Rebaudi A. (2005). Progressive bone adaptation of titanium implants during and after orthodontic load in humans. *Int J Periodonics Restorative Dent.* 22(1): 31-43.

Truhlar RS, Oernstein I, Morris H, Ochi S. (1997). Influence of bone quality on Periotest values of endosseous dental implants. *J Oral Maxillofac Surg.* 55: 55-61.

Tsui WK, Chua HD, Cheung LK. (2012). Bone anchor systems for orthodontic application: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* Nov;41(11):1427-38..

Tweed CH. (1941).The application of the principles of the Edgewise Arch in the treatment of malocclusions. *Angle Orthod* 11: 5-67.

Vajdovich I: A gyakorló fogorvos implantológiája. Dental Press Hungary Kft. 2002.

Vande Vannet B, Sabzevar MM, Wehrbein H, Asscherickx K. (2007). Osseointegration of miniscrews: a histomorphometric evaluation. *Eur J Orthod.* Oct;29(5):437-42.

Vastardis H. (2000). The genetic of human tooth agenesis: new discoveries for understanding dental anomalies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 117: 650-656.

Viwattanatipa N, Thanakitcharu S, Uttraravichien A, Pitiphat W. (2009). Survival analyses of surgical miniscrews as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jul;136(1):29-36.

Wang YC, Liou EJ. (2008). Comparison of the loading behavior of self-drilling and predrilled miniscrews throughout orthodontic loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* Jan;133(1):38-43.

Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. (2013). Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res.* Feb;16(1):44-55.

Weber HP, Buser D, Donath K, Fiorellini JP, Doppalapudi V, Paquette DW et al. (1996). Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clin oral Impl Res.* 7: 11-19.

Wehrbein H, Feifel H, Diedrich P. (1999). Palatal implant anchorage reinforcement of posterior teeth: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 116(6):678-86.

Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiller U, Diedrich P. (1996). The Orthosystem: a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop.* 57: 142-153.

Wehrbein H, Hovel P, Kinzinger G, Stefan B. (2004). behaviour of transpalatal bars supported on orthodontic palatal implants.: 312-20.

Wehrbein H, Merz B, Diedrich P, Glatzmaier J. (1996). The use of palatal implants for orthodontic anchorage. *Clin Oral Implant Res.* 7: 410-416.

Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P. (1999). Palatal bone support for orthodontic implant anchorage – a clinical and radiological study. *Eur J Orthod.* 21: 65-70.

Wehrbein H, Merz BR, Hämmerle CHF, Lang NP. (1998). Bone-to-implant contact of orthodontic implants in humans subjected to horizontal loading. *Clin Oral Impl Res.* 9: 348-353.

Wehrbein H, Yildirim M, Diedrich P. (1999). Osteodynamics around orthodontically loaded short maxillary implants. An experimental pilot study. *J Orofac Orthop.* 60: 409-415.

Wehrbein H, Yildizhan F. (2001). The midpalatal suture in young adults – A radiological histological investigation. *Eur J Orthod.* 23: 105-114.

Wehrbein H. (1994). Endosseous titanium implants as orthodontic anchoring elements. Experimental studies and clinical application. *Fortschr Kieferorthop.* 55: 236-250.

Wehrbein H, Göllner P, Diedrich P. (2008). Orthodontic load on short maxillary implants with reduced sink depth: an experimental study. *Clin Oral Implants Res.* Oct;19(10):1063-8.

Wexler A, Tzadok S, Casap N. (2007). Computerized navigation surgery for the safe placement of palatal implants. *Am J Orthod.* Apr;131(4 Suppl):S100-5.

Yano S, Motoyoshi M, Uemura M, Ono A, Shimizu N. (2006). Tapered orthodontic miniscrews induce bone-screw cohesion following immediate loading. *Eur J Orthod.* Dec;28(6):541-6.

10. Saját publikációk jegyzéke

10.1. PhD tézisekkel kapcsolatos tudományos közlemények jegyzéke lektorált folyóiratokban:

Borsos G, Vokó Z, Gredes T, Kunert-Keil C, Vegh A. (2012) Tooth movement using palatal implant supported anchorage compared to conventional dental anchorage. Ann Anat, 194(6): 556-60. **IF: 1,861**

Borsos G, Jianu R, Vegh A. (2011) Comparison of bone-borne and tooth tissue-borne anchorage during maxillary canine retraction in growing patients: a randomised clinical trial. TMJ, 61:(1-2): 98-101

Borsos G, Rudzki-Janson I, Stockmann P, Schlegel KA, Végh A. (2008) Immediate loading of palatal implants in still-growing patients: a prospective, comparative, clinical pilot study. J Orofac Orthop, 69(4): 297-308

Végh A, Jianu R, Borsos G, Ogodescu A. (2006) The use of palatal implant for posterior anchorage in extraction cases by adolescent patients. Case report. TMJ, 56: 3-7

10.2. PhD tézisekkel szorosan nem összefüggő tudományos közlemények jegyzéke lektorált folyóiratokban:

Gedrange T, Gredes T, Gredes M, Allegrini M.R.F, Borsos G, Vegh A, Salles MB, Heinemann F, Dominiak M, Allegrini JR. S. (2009) Comparative Animal Study on Hard Tissue Integration and Bone Formation of Different Nobel Biocare Implants. J Physiol Pharmacol, 60(Suppl 8): 38-56 **IF: 1,489**

Gedrange T, Mai R, Mack F, Zietek M, Borsos G, Vegh A, Spassov A, Gredes T. (2008) Evaluation of shape and size changes of bone and remodelled bone substitute after different fixation methods. J Physiol Pharmacol, 59(Suppl 5): 87-94.

Nagy Krisztián, Nagy A. Péter, Borsos Gabriella, Végh András, Maurice Y. Mommaerts, Becse Miklós. (2004) A distractió osteogenesis szerepe az arcközép sebészetében (TPD műtétechnika és esetismertetés) Fül-,Orr-, Gégegyógyászat, 50(3): 235-260

Hably C, Borsos G, Bartha J. (1994) Different effects of naproxen on the organ blood flows in normo- and hypervolemic anaesthetized rats. Acta Physiol Hung, 82(3): 267-79.

**10.3. PhD tézisekkel kapcsolatos tudományos közlemények jegyzéke nem
lektorált folyóiratokban:**

Borsos G, Jianu R, Végh A. (2007) Disto-palatinalle Positionierung des Gaumenimplantates bei Jugendlichen. Kieferorthopaediesche Nachrichten, Nr.11.: 6-7

Borsos G, Végh A. (2005) A disztopalatinálisan behelyezett osseointegrált szájpadimplantátum. Implantológia, 2 évf. 1: 50-53

Végh A, Borsos G. (2004) Az ortodonciai célból ideiglenesen a palatumba helyezett osseointegrált implantátum és annak klinikai alkalmazása. Implantológia, 1 évf. 2: 32-36

Borsos G, Végh A. (1999) Implantátumok alkalmazása az orthodonciában. Dental Hírek, 3 évf. 6. 10-11

11. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőmnek és munkahelyi vezetőmnek, *Dr. Végh András* professzor úrnak, aki lépésről lépésre vezetett be tudományos kutatás világába. Tanított, támogatott, elvárásaival célt állított elém. Példát mutatott abban, hogy hogyan lehet a mai felgyorsult világban is tudományos munkát végezni. Felhívta a figyelmemet a nemzetközi kapcsolatok kiépítésének és ápolásának jelentőségére. Támogatása nélkül doktori értekezésem alapjául szolgáló randomizált klinikai vizsgálat sem született volna meg.

Hálával és köszönettel tartozom, *Dr. Szabó György* professzor úrnak, aki bátorításával már 20 éve mindig a segítségemre van. Készségesen támogatott egy Mecenatúra pályázat összeállításakor is, mely lehetővé tette számomra, hogy a párizsi World Federation of Orthodontics Kongresszusán részt vegyek egy előadással.

Meg kell e helyen említenem *Ingrid Rudzki-Janson* professzorasszonyt, a müncheni LMU Egyetem Fogszabályozási Klinikájának nyugalmazott vezetőjét, aki tudományos munkásságával és emberi hozzáállásával a mai napig példaképemül szolgál. A nehéz helyzetekben bár megértett, a feladásnak még a gondolatát sem tűrte. Beszélgetéseink során mindig bátorított és kitartásra sarkallt.

Köszönettel tartozom a szövettani metszetek elkészítéséért és értékeléséért németországi kollégáimnak, *Andreas Schlegel*-nek és *Philipp Stockmann*-nak.

Hálás vagyok továbbá *Tomas Gedrange* drezdai professzornak, aki a publikálás „tudományába” vezetett be.

Köszönöm *Vokó Zoltánnak* a statisztikai értékelésben nyújtott segítségét.

Nem tudom elfelejteni közvetlen *kollégáimnak*, a Heim Pál Gyermekkorház Állcsontorthopédiai Osztályának dolgozóinak segítőkész magatartását. Különösen két asszisztensnőmnek vagyok hálás, akik számára a klinikai vizsgálattal járó még precízebb dokumentálás jelentős pluszmunkát jelentett.

Nehezen kifejezhető hálát érzek családom türelméért és segítségéért. *Férfem és édesanyám* mindig készségesen gondját viselték ezen évtizedes munka alatt született gyermekeimnek, *Marcinak* (8 év) és *Daninak* (5 év), amikor a kötelességeim elszólitottak mellőlük.

Végül, de nem utolsó sorban köszönettel tartozom a klinikai vizsgálatban önként részt vett *pácienseimnek* és *szüleiknek* a szívélyes együttműködésükért.

12. Mellékletek

12.1. Betegtájékoztató

BETEGTÁJÉKOZTATÓ

Összehasonlító klinikai vizsgálat a fogsabályzó kezelés során alkalmazott (Orthosystem) implantátum hatásosságáról

A vizsgálat célja, hogy a fogsabályzó kezelés során eddig rutinszerűen alkalmazott, ámde a páciensek körében nem éppen közkedvelt ún. zabláív helyett egy új, ígéretesnek tűnő módszert próbáljunk ki a hátsó őrlőfogak helyzetartására, szakszóval kifejezve a maximális horgonylat biztosítására.

A vizsgálat menete:

Első vizsgálat, felvétel

Az első vizsgálat során –ugyanúgy, mint minden, az Osztályunkra felvételre kerülő gyereknél- szájvizsgálat és lenyomatvétel történik illetve néhány röntgenfelvétel és fénykép készül. A vizsgálat első része az általános egészségi állapot felmérése és a kórelőzmény felvétele, mely egy kérdőív segítségével történik.

A kezelőorvos megvizsgálva a következő kritériumokat és indikációkat,

(Felvételi kritériumok:

24. általános fogsabályzási indikáción belül az olyan anomáliák, melyeknél harmonikus állcsontreláció, esetleg dentálisan kompenzálható skelettális dysgnathia mellett egyes fogak helyzeti rendellenessége, dentoalveoláris diszharmónia áll fenn. A kezelés során a maximális horgonylat biztosításának karakterisztikus célként kell szerepelnie.
25. morfológiailag és funkcionálisan extrakciós esetek
26. a fogsabályzási indikációjú extrakció a felső premoláris fogakat is érinti
27. a fogsabályzó kezelés rögzített készülékkel, vestibuláris technikával történik
28. még nem lezárult csontfejlődés; a páciens skeletális kora egy kéziröntgen segítségével ismert kritériumok alapján állapítható meg.
29. a tervezett implantátum helyén elegendő csonttréteg áll rendelkezésre
30. aláírt beleegyező nyilatkozat

Kontraindikációk:

31. dohányzás (több mint napi 10 cigaretta)
32. alkohol-, vagy drogfüggőség
33. kezeletlen parodontitis
34. kontrollálatlan diabetes
35. haemofília és más vérbetegségi betegség
36. szisztémás csontbetegségek
37. immunbetegségek
38. folyamatban levő szteroid kezelés

39. folyamatban levő kemoterápia
40. pszichiátriai ellenjavallat, pl. antidepresszáns kezelés
41. terhesség
42. általános sebészeti kontraindikációk
43. csekély kooperációs készség a páciens részéről, nem kielégítő szájhigiénia
44. lokális sugárterápia
45. beleegyező nyilatkozat hiánya)
az azoknak megfelelő páciensről (szülő, gyám) -miután a tájékoztatási kötelességének eleget tett - a beleegyező nyilatkozat aláírását kéri.
A páciens ezek után nyilvánítható a vizsgálatban résztvevő személynek.
Amennyiben úgy döntenek, hogy részt vesznek ebben a vizsgálatban, további speciális röntgenfelvételek, fényképek készülnek, illetve a kezelőorvos elvégez néhány non invazív, fájdalommentes vizsgálatot. (periotest)

46. *Randomizálás*

A vizsgálatban résztvevők **véletlenszerűen** kerülnek az egyes csoportokba.

47. *A kezelés*

során 3 hetente zajlanak az ellenőrzések és a fogszabályzó aktiválása, 6 hetente tanulmányi mintát is készítenek. Röntgenkontrollra félévenként kerül sor. A megfelelő szájhigiénia alapkövetelmény, amit rendszeresen ellenőriznek!
Az aktív kezelés időtartama körülbelül 1,5-2 év.

48. *A. csoport: Implantátum*

49. Az implantátum maga egy titán csavar. A titán biológiailag szövetbarát anyag. A beültetés során lokális érzéstelenítésben a szájpadszabályzóba csontfúróval egy lyukat képeznek, amelybe az implantátumot becsavarják. Három hónap gyógyulási idő után az implantátumhoz rögzítenek egy ún.transzpalatinál ívet, amely az őrlőfogakkal egységet képez a helyükön tartva azokat.

50. A fogszabályzó kezelés végeztével az implantátum eltávolítandó.

51.

52. Komplikációk, melyek összefügghetnek az implantátum használatával:

eltörik a fúró, melyet ez esetben el kell távolítani

perforálódik az orralap

vérzés

implantátum törés

gyulladásos folyamatok fellépése (pl. osteomyelitis)

az implantátum elvesztése, meglazulása

chronikus fájdalom

fertőzések

Sipolyképződés

B. csoport: Headgear (Zablaív)

A headgear a kivehető extraorális készülékek csoportjába tartozik, egy belső és egy külső ívből áll, melyek az elülső középső részen vannak összeforrasztva. Ezt az ívet a tarkón vagy/és a fejtetőn támaszkodó pánttal egy rugalmas modul köti össze. A felmérésben az ún. indirekt headgear alkalmazzuk, ahol az extraorális erők végső soron a felső első őrlőkre hatnak. Ezzel a horgonylati eszközzel –az erő irányától, nagyságától és hatóidejétől függően- a felső hatások a

helyükön tarthatók még akkor is, ha reciprok erők, (mint gumihúzás, vagy húzórugó) a fogíven belül (intramaxillárisan) az oldalzónában hatnak. A reciprok erőhatások a szemfogak és az első molarisok között hatnak és maximális elhorgonyzás hiányában az első molarisokat mesialis (a fogíven előre) irányba mozgatják, ami a kiválasztott maximális horgonylatot igénylő eseteknél abszolút hátrányos lenne. Ezt a mesialis irányú vándorlást hivatott megakadályozni a headgear.

A headgearrel kapcsolatos komplikációk:

- fájdalom, a felső első molárisok túlérzékenysége
- különböző balesetekből fakadó sérülések
- allergia
- az együttműködéssel, viseléssel kapcsolatos problémák

Retenciós fázis

Az aktív fogmozgatást követően szükség van az elért eredmény stabilizálására. Ez általában egy kivehető készülékkel történik.

Lehetséges rizikó:

Egyéb, előre nem látható komplikáció is felléphet a vizsgálat során. A komplikáció egyedi mérlegelése után a páciens esetleg kiesik a vizsgálatban résztvevők közül. A fogszabályzó kezelés természetesen tovább folytatódik.

Kezelési alternatívák:

A vizsgálatban való részvétel szabadon választott, azaz el is utasíthatják azt. Ez esetben a páciens az eddig bevett gyakorlat szerint kezelik majd. A vizsgálat alatt is jogukban áll visszalépni a részvételtől. Amennyiben a kezelőorvos utasításait nem követik, a kontrollokon nem jelennek meg stb. a vizsgálatból a páciens kizárják.

Amennyiben a vizsgálattal, a fogszabályzó kezeléssel stb. kapcsolatban bármilyen kérdésük van, forduljanak bizalommal kezelőorvosukhoz.

Budapest, 200.....

.....
kezelőorvos

.....
beteg(szülő, gyám)

.....
tanú

12.2. Beleegyező nyilatkozat

BELEEGYEZŐ NYILATKOZAT

(a páciens ill. a hivatalos gyám beleegyezése a fogszabályzó kezelés lefolytatásához szükséges Straumann (Orthosystem) implantátumnak a szájpadba történő behelyezésébe / zabláiv előírás szerinti viselésébe és azt követően a megismert terv szerint történő fogszabályzó kezelésbe)

A fogszabályozással kapcsolatos, a kezelőorvos (ok) által javasolt implantátum / zabláiv behelyezésével kapcsolatban a részletes szóbeli felvilágosítás után a betegtájékoztatót elolvastam,

Megértettem:

- az alkalmazni kívánt kezelés szükségét és célját
- az alkalmazni kívánt kezelés két alternatív módját
- az implantátum behelyezésének és kivételének esetleges mellékhatásait
- a fenti kezelés egy klinikai tanulmány keretében történik
- a fenti kezelés vagy az implantátum vagy a 'headgear' segítségével zajlik

Hozzájárulok a javasolt kezeléshez, függetlenül attól, hogy az melyik módszer szerint folyik le és igyekszem a legpontosabban betartani a kapott utasításokat.

Budapest, 200.

.....
kezelő orvos aláírása

.....
beteg (gondozó) aláírása

.....
tanu aláírása