



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Gépészmérnöki Kar

Anyagtudomány és Technológia Tanszék



FOGSZABÁLYOZÓ ESZKÖZÖK VIZSGÁLATA

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
ORVOSTECHNIKA SZEKCIÓ

2011

Készítette: Nádai Lilla (J0YQEW)

Konzulens: dr. Bognár Eszter
egyetemi adjunktus

TARTALOMJEGYZÉK

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	4
A TÉMASPECIFIKUS KIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA.....	5
1 SZAKIRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ	7
1.1 A fog	7
1.2 A fogak fejlődése.....	7
1.3 A fog anatómiája	9
1.3.1 A fog felépítése	9
1.3.2 A fog részei.....	10
1.3.3 A fogak funkciói	13
1.3.4 A fogak felszínei és irányai	13
1.4 Fogak jelölése	14
1.5 Fogak betegségei	16
1.5.1 Fogszuvasodás.....	16
1.5.2 Fogágybetegségek.....	17
1.5.3 Fejlődési rendellenességek	18
1.6 Fogszabályozás	20
1.6.1 Fogszabályozó készülékek	21
1.6.2 Fogszabályozó kezelés menete	24
1.6.3 Tudományos cikkekben összefoglalt vizsgálatok.....	25
1.6.4 A feldolgozott szakirodalom kritikai elemzése.....	26
2 CÉLKITŰZÉSEK	27
3 MÉRÉSEK ÉRTÉKELÉSE	28
3.1 A vizsgált fogszabályozó eszköz.....	28
3.2 A páciens fogszabályozó kezelésének költségei	30

3.3	A vizsgálatokhoz felhasznált berendezések és eszközök	30
3.4	Brekettek vizsgálata.....	34
3.5	Tubusok vizsgálata	44
3.6	Fogszabályozó ívek vizsgálata	47
3.7	A legérdekesebb mérési eredményem	51
3.8	A mérési eredményeim összefoglalása.....	52
4	TOVÁBBI KUTATÁSI TERVEIM	53
5	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	54
6	KÉPEK HIVATKOZÁSAI.....	56

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék hálás köszönetet mondani konzulensemnek, Bognár Eszternek, aki lehetőséget adott, hogy ezzel a nagyszerű témával foglalkozhassak és munkám során sokat segített és kitartóan támogatott.

Köszönettel tartozom Nagy Péternek a pásztázó elektronmikroszkópos mérésekben nyújtott segítségért és hasznos tanácsaiért. Továbbá meg szeretném köszönni Molnár László Milánnak az atomerő-mikroszkópos mérésben nyújtott segítségét, Bognár Mártának a felajánlott fogszabályozót, a sok hasznos információt és képanyagot, továbbá dr. Ficzeré Ildikó fogszabályozó szakorvosnak együttműködését és szakmai ismeretem bővítését.

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

A TÉMASPECIFIKUS KIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA

Az orvosi témában való elmélyülés a fogak szerkezetét illetően elengedhetetlenül szükséges volt ahhoz, hogy a vizsgált fogszabályozó eszköz funkcióját és betöltött szerepét megértsem. Ezen információk birtokában könnyebben tudtam következtetéseket levonni az anyaghibákat és roncsolásokat illetően.



1. ábra. Rögzített fogszabályozó modell {1}

Az orvostudomány szakmai nyelve a latin, emiatt a felhasznált szakirodalomban gyakran előfordulnak idegen szakkifejezések, amelyeknek megértését a témaspecifikus kifejezéseket összefoglaló táblázat segíti (1. táblázat). A latin szavak kiejtés szerinti írását gyakran alkalmazzák a szakirodalmak, így a magyar nyelvű szövegkörnyezetbe szakkifejezések kerülnek idegen szavak helyett [1,2].

alveoláris csont	fogmedri csont
ameloblaszt	fogzománcsejt
apikális	csúcsi, csúcsnál elhelyezkedő
brekett	fogra felragasztott zár, amely fogszabályozó ívet tartja
cementoblaszt	azok a sejteket, amelyek a fog cement rétegét termelik
demineralizáció	az ásványi és szerves anyagok megfogyatkozása a szervezetben
dentális plakk	Egy biofilm, mely a szájüregben található kemény felszíneken alakul ki. Elsősorban baktériumokat, levált hámsejteket, fehérjéket, szénhidrátokat tartalmaz.
diabétesz	cukorbetegség
disztális	a szomszédos fogak fele néző felszín, amely a fej középvonalától távolabb esik
ektoderma	külső csíralemez
ektomezenhimális szövet	alapszöveten kívüli szövet
fibroblaszt	a kötőszöveti sejt, fibrocyta fiatal alakja
gingivitisz	fogínygyulladás
incizális él	metsző él
ligatúra	gumi, fém vagy teflon bevonatú fém karika, amely biztosítja, hogy a fogszabályozó ív ne csússzon ki a brekettből
linguáltechnika	nyelv felőli fogszabályozás
mechanoreceptor	mechanikus érzékelő

Malassez-féle sejtek	hám eredetű, szigetszerűen elhelyezkedő sejtek, melyek a fog fejlődése során a Hertwig-féle hüvelyből maradnak vissza
mezenhima	alapszövet
meziális	a szomszédos fogak fele néző felszín, amely a fej középvonalához közelebb esik
mezoderma	középső csíralemez
mineralizáció	ásványoldás
odontoblaszt	a fogbélben található sejtek, melyek a dentin képzéséért felelősek
oro	száj
oszteoporózis	csonttritkulás
oszteoblaszt	csontképző sejt
oszteoklaszt	csontfaló sejt
önligírozó brekett	a brekettet saját zárral látják el, amely a fogszabályozó ívet rögzíti
palatinális	befele, a szájüreg fele néző felszín a felső fogsoron
parodontitisz	fogágygyulladás
parodontium	fogágy
proliferáció	hasonló sejtek növekedése és szaporodása
proprioceptív	az egyes testrészek egymáshoz való viszonyának érzékelése, vagy a szervezet mint egész, saját maga által keltett mozgásainak mérése
Ra	átlagos felületi érdesség
remineralizáció	újraásványosodás
retikuláris	háló szerű, rács szerű
Rms	négyszetgyök felületi érdességi érték
Sharpey-féle rostok	a csonthártyának a csonthoz való kötődését biztosítják
tubus	a nagyörlő fogakra helyezhető fogszabályozó elem
vesztibuláris	a fogak kifele, a szájtornác fele néző felszíne
virulencia	fertőzőképesség

1. táblázat

1 SZAKIRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ

1.1 A fog

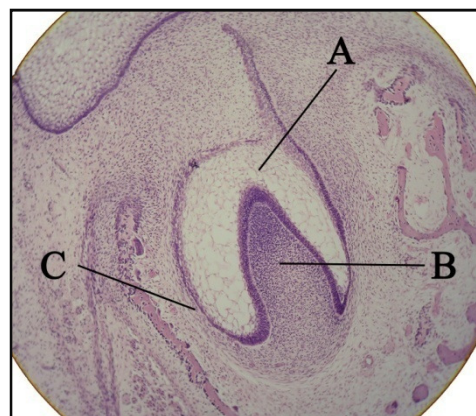
A szájüreg speciális jelentőségű képződményei a fogak, amelyek a csontoknál keményebb, felső állcsont és az állkapocs fogmedri nyúlványaiba csapszerűen beékeltek képződmények. Felül és alul egy-egy parabolához hasonló ívet alkotnak. Fő funkciójuk a rágás, de fontos szerepük van a hangképzésben is, főleg a f,n,l és v hangok képzésében. Biztosítják az arc esztétikus harmóniáját. A rágásban különböző funkciót töltenek be, ezért alakjuk és nagyságuk különböző. Ezt a fogazási típust heterodontiának nevezzük [3].

1.2 A fogak fejlődése

A fogak fejlődése során kialakulnak a fogra jellemző szövetek, morfológiai sajátosságok és a végén a fog megjelenik a szájüregben. A tejfogak fejlődése már a méhen belüli élet hatodik hetén elkezdődik, míg a maradó fogaké a huszadik héten. A fogak hám- és kötőszöveti eredetűek [4].

A méhen belüli élet hatodik hetén az elemi szájüreget borító ektoderma benyomul az alatta lévő ektomezenhimális szövetbe, és gyors proliferációba kezd. A tizedik héten már megfigyelhetünk 10-10 fogcsírákat a tejfogaknak megfelelően. Később, körülbelül a 16. hét után jelennek meg a maradó őrlők csírái, a 20. hét után pedig a többi maradandó fog csírái [4].

A fog fejlődése során különböző fázisokat különítünk el: csíra vagy bimbó, sapka, harang szakaszokat. Ezek követik egymást és nem mindig különíthetők el. Három részből állnak: zománcszerv, fogpapilla és fogzsák (2. ábra). A zománcszervet három réteg sejt alkotja: a belső és a külső zománchám, és a kettő között elhelyezkedő retikuláris sejtek rétege. Az egyetlen hámeredetű szövetből, a zománcszervből, fog kialakulni a zománc. A fogpapillából fog alakul ki a dentin és a fogbél, a fogzacskóból pedig a cement és a gyökérhártya.



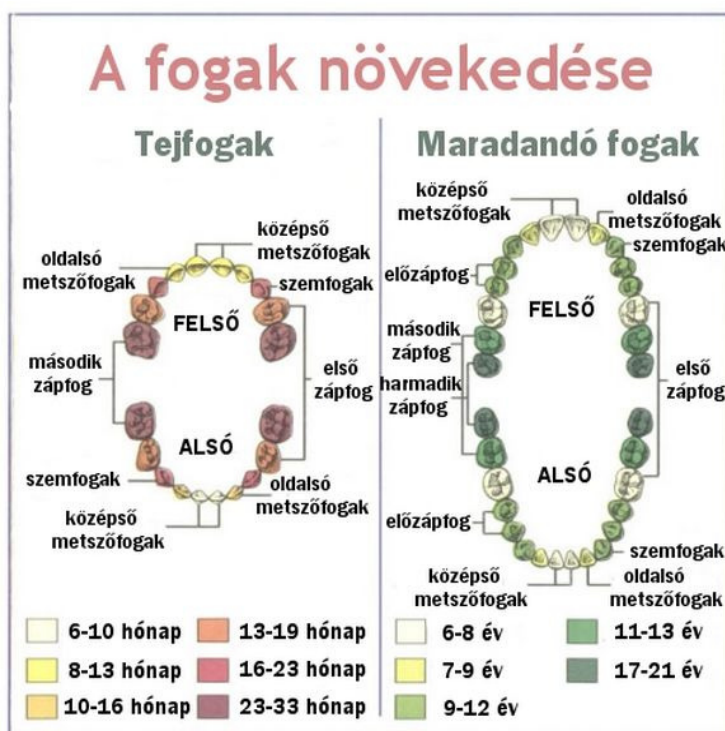
Szövettani metszet
egy harang szakaszban lévő fogról.
A: zománcszerv, B: fog papilla, C: fogzacskó

2. ábra {2}

Körülbelül a 20. héten a belső zománchám sejtjei ameloblasztokká differenciálódnak. Megjelenésük hatására a fogpapilla zománcszervhez közeleső részén odontoblasztok

alakulnak ki, az ott lévő mezenhimális sejtekből. Ezek elkezdi termelni a predentin. Az első réteg lerakódása valószínűleg kémiai jel az ameloblasztok számára, mivel csak ekkor kezdik el a zománc termelését. A dentin lerakása centrifugális, a fog belseje felé történik, míg a zománc lerakása kifelé, centripetálisan. Amikor a korona teljesen kialakult elkezdődik a gyökér fejlődése. Ezt a Hertwig-féle hüvely indítja el, mely a külső és belső zománchámból áll. Hatására a közelében lévő mezenhimális sejtek odontoblasztokká differenciálódnak és elkezdik a gyökérdentin termelését. Miközben a fogzacskó sejtjei cementet termelő cementoblasztokká, és a gyökérhártya rostjait termelő fibroblasztokká differenciálódnak. A Hertwig-féle hüvely feldarabolódik és nagyrészt fel is szívódik, de Malassez-féle sejtek formájában vissza is maradhatnak egyes részei [4].

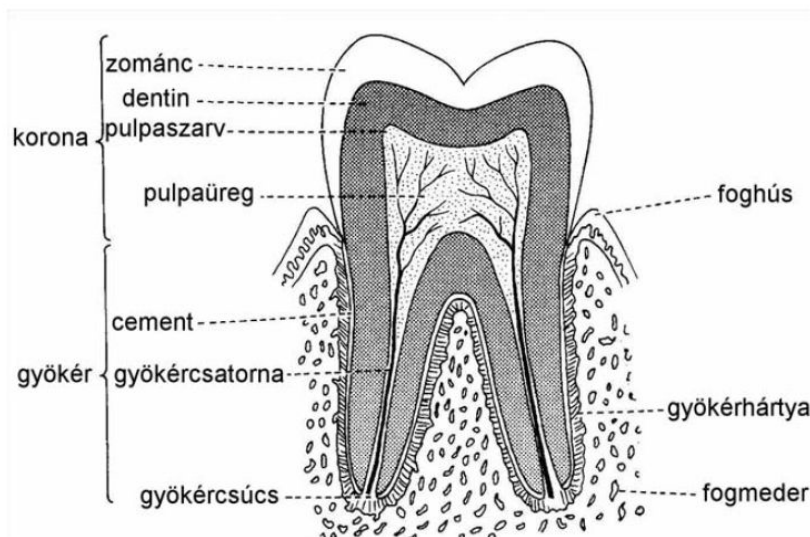
Az első tejfog 6 hónapos korban jelenik meg, az utolsó 2-2,5 éves korban. Egy hat hónapos eltérés még normálisnak tekinthető. Hat éves kor után kezdnek megjelenni a maradó fogak, a következő sorrendben: az első nagyőrlő, a középső metsző, az oldalsó metsző az első kisőrlő, a szemfog, a második kisőrlő, a második nagyőrlő, a harmadik nagyőrlő vagy bölcsességfog, amely egyre gyakrabban meg sem jelenik (3. ábra) [5].



3. ábra. A fogak növekedése [3]

1.3 A fog anatómiája

1.3.1 A fog felépítése



4. ábra. A kétgyökerű fog felépítése {4}

A 4. ábrán látható, hogy a fog szájüregbe nyúló részét koronának, a fogmederben rögzülő részét gyökérnek nevezzük. A kettő határánál van a fognyak. Megkülönböztetünk klinikai- és anatómiai koronát: a klinikai korona a fognak azt részét jelöli, amely látható, tehát az ínytől koronálisabban elhelyezkedő részt. Így az élet során a klinikai korona változó kiterjedésű, például a még teljesen elő nem tört fog klinikai koronája kisebb, majd később az ínyvisszahúzódás miatt nagyobb lehet. Az anatómiai korona ezzel szemben nem változik, mindig a zománccal fedett részt jelöli [3].

A fogak lehetnek egy- vagy többgyökerűek. A frontfogaknak és a kisőrlőknek általában egy gyökerük van, kivéve a felső első kisőrlőt. A kétgyökerű alsó nagyőrlőknek egy meziális és egy disztális gyökere van, míg a szintén kétgyökerű felső első kisőrlő egy vesztibuláris és egy palatinális gyökérrel rendelkezik. A felső nagyőrlők háromgyökerűek, amelyek közül kettő vesztibuláris és egy palatinális (2. táblázat) [5].

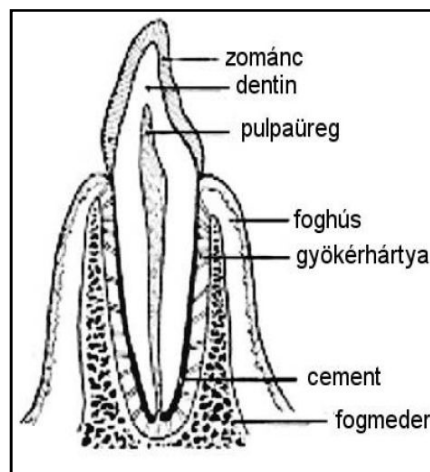
Fogtípusok	Számuk	Gyökerük száma
Felső metszőfogak	4	egygyökerűek
Alsó metszőfogak	4	egygyökerűek
Felső szemfogak	2	egygyökerűek
Alsó szemfogak	2	egygyökerűek
Felső kisőrlők	2+2	felső első kisőrlők jobb és baloldalon kétgyökerűek, a második kisőrlők egygyökerűek
Alsó kisőrlők	4	egygyökerűek
Felső nagyőrlők	6	háromgyökerű
Alsó nagyőrlők	6	kétgyökerű

2.táblázat. A fogak gyökerei {5}

1.3.2 A fog részei

A fog belsejében található a fogpulpa, ezt teljesen körbeveszi a dentin, melyet a koronai részen zománc, a gyökéren pedig cement fed. A zománc és a cement a fognyaknál találkozik. A fogak a fogmederben az úgy nevezett gyökérhártya által rögzülnek (5. ábra) [4].

A **zománc** a szervezet legkeményebb és leginkább mineralizált anyaga. Normális esetben csak ez látszik, de ha túl nagy a kopása a fognak, akkor a dentin is láthatóvá válhat. 96%-a szerves anyag, legnagyobb részt hidroxilapatit, a többi pedig víz és szerves anyag. Nagy szerves anyag tartalma miatt nagy a keménysége, de a törékenysége is. Ezért, ha nincs alátámasztva – dentin vagy tömőanyag által – könnyen letöredezik. Mivel a zománc áttetsző, a dentin színe nagymértékben meghatározza a színét, úgyszintén az odahelyezett fogászati anyagok (tömések) is. Vastagsága változó, a rágófelszínen a legvastagabb (kb. 2,5 mm), majd a fognyak fele fokozatosan elvékonyodik. Mivel nagy a szerves anyag tartalma csak fiziko-kémiai úton történhetnek változások a szerkezetében. A savak kioldják a szerves anyagot belőle, ezt demineralizációnak nevezzük, de ha megfelelő időn belül a szájüreg pH-ja megemelkedik, akkor ezek a nyálból visszaépülhetnek, amelyet remineralizációnak hívnak. A hidroxilapatit hidroxil része kicserélődhet egy fluor ionnal, és egy ellenállóbb fluoroapatit képződik. Ezért fluoroznak



5. ábra. Az egygyökerű fog metszete és részei {6}

bizonyos anyagokat, mint például a fogkrém, víz, tej stb. Professzionális fluorozást kezdeti fogszuvasodások kezelésekor alkalmaznak [3,4].

A fog fő tömegét a **dentin** adja. A fogbélkamrát teljesen körbeveszi, kívülről pedig a zománc és a cement fedi. 70%-ban ásványi anyagot, 20%-ban szerves anyagot és 10%-ban vizet tartalmaz. Keménysége kisebb, mint a zománcnak, rugalmassága viszont nagyobb, ami előnyös. Magasabb szervesanyag tartalma miatt a fogszuvasodás könnyebben roncsolja. Szerkezetére jellemző, hogy dentincsatornák, úgy nevezett tubulusok járók át, melyekben az odontoblasztok nyúlványai, a Tomes-féle rostok, találhatóak. Tehát a csontokhoz hasonlóan élő szövetről van szó. A dentincsatornák átmérője az egyén korával és a dentinen belüli helynek megfelelően változik. A zománc felé eső részen szűkebbek, míg a fiatal korban 2,5-3 µm-es csatornák, 1,3-1,5 µm-re csökkenek. A tubulusokon keresztül bizonyos anyagok átjuthatnak, így például baktériumok által termelt különböző toxinok, melyek irritálhatják a fogbélben lévő idegvégződéseket, fájdalmat váltva ki. Maguk a baktériumok nem képesek áthaladni a tubulusokon. A fogászati beavatkozások során tapasztalt fájdalominger is a dentincsatornákon közvetítődnek: a csatornában folyadékáramlás következik be, ami mechanikailag ingerli az idegvégződéseket. A dentin, a zománccal ellentétben, kis mértékben képes védekezni a külső behatások ellen. Amikor a szuvasodás eléri a zománc-dentin határt, a dentincsatornácskákban és a dentin pulpa felőli részén megindul a dentin lerakódás, ami gátat próbál szabni külső ingerek ellen [3,4].

A **fogbél**, más néven fogpulpa a fog legbelső része, mely egy speciális laza kötőszövetbe ágyazott ereket és idegeket tartalmaz. Három fő funkciója van, az induktív funkció, amely során a pulpa elindítja a fog fejlődésekor a dentin és zománc termelést illetve másik funkciója a tápláló, formatív funkció, amely során a fogbélben található odontoblasztok termelik a dentint. Továbbá rendelkezik védekezési funkcióval is, ha a szuvasodás eléri a dentint, vagy akár a pulpát, a szervezet többi szövetéhez hasonlóan a fogbélben is védekezési reakciók indulnak be [4].

Anatómiai szempontból megkülönböztetünk: a fog koronájában elhelyezkedő pulpakamrát, és a gyökérben található gyökércsatornát. A fogak csücskeinek megfelelően a pulpakamrában pulpaszarvakat találunk. A gyökér formáját követve a gyökércsatorna is egyre szűkül, amíg egy nyíláson keresztül kinyílik. Ezen a nyíláson át lépnek be a fogba az erek és az idegek.

A **fogágy** szerepe a fog rögzítése az állcsontokban és a fogra ható erők érzékelése. Négy alkotóeleme van: fogmeder, cement, gyökérhártya, íny. Ezek közül a cement a fog

alkotórésze. Közötte és a fogmeder közt húzódnak a gyökérhártyarostok, amelyek rugalmasan felfüggesztik a fogat. Az íny szerepe a másik három alkotóelem védelme [3].

A **cement** a fogat rögzítő fogágy, más néven parodontium egyik alkotórésze. Embernél csak a foggyökér felszínét fedi. Legvastagabb a gyökércsúcsnál, majd a zománc-cement határ fele fokozatosan vékonyodik. Fő funkciója a gyökérhártya rostjainak az lehorgonyozása. A kémiai összetételét tekintve a csonthoz hasonlít, de hiányoznak belőle az erek és idegek. Megkülönböztetünk sejtes, más néven celluláris és sejtmentes, úgy nevezett acelluláris cementet. Acelluláris cement fedi a gyökér egész felszínét, ezt fedi a gyökércsúcsi harmadban a celluláris cement. Ez utóbbi a cement gyors lerakódása közben jön létre, amikor a sejtek benne maradnak a cement állományában.

A cementben kétféle rosttípust különböztetünk meg: egyrészt a gyökérhártya által termelt és a cement felszínére merőleges Sharpey-rostokat, külső rostokat, másrészt a cementoblasztok által termelt és a gyökérrel párhuzamos lefutású belső rostokat [3,4].

A **gyökérhártya**, más néven periodontium egy specializált kötőszövet, mely a fogmeder és a cement közt húzódik. Fő feladata a fog rögzítése és a rágóerők átvitele a csontra. A fő, Sharpey-féle rostokon kívül tartalmaz még laza rostos kötőszövetet, fibroblasztokat, védekező sejteket, véredényeket, idegeket és nyirokedényeket. Még találunk benne úgy nevezett Malassez-féle sejteket, melyek a fog fejlődése során a Hertwig-féle hüvelyből maradnak vissza, és később ciszták alakulhatnak ki belőlük. Vastagsága körülbelül 0,2 mm. Szerepük van még a fogak proprioreceptív érzékelésében. Mechanoreceptorok vannak benne, melyek érzékelik és továbbítják az agyhoz a fogat ért erők nagyságát [4].

A **fogmeder** egy bemélyedés az állcsontok fogmedri nyúlványában, amelyben a fogak gyökerei ülnek. A fogmeder az élet során változik. Így, ha a fog elveszti szomszédját, akkor a rés felé vándorol „keresve társát”. Ilyenkor az oszteoklasztok és az oszteoblasztok modulálják a csontot. Ezt használják ki a fogszabályzás során is, amikor mesterségesen mozgatják a fogakat. Azon az oldalon, ahol az erő hat az oszteoklasztok lebontják a csontot, másik oldalon viszont az oszteoblasztok felépítik [4].

A **fogíny**, más néven *gingiva* az állcsontokat fedő szájnyálkahártya. Külső felszínét elszarusodó laphám borítja, míg a belső, fog fele néző, ínybarázdát fedő része soha nem szarusodik el. Az ínybarázda alján található a hámtapadás. Itt a hámsejtek szorosan a foghoz tapadnak, védve ezáltal a fogágy többi részét. A fogíny a fog többi részétől külön fejlődik a szájüreg nyálkahártyájából a fogelötörés során [4].

1.3.3 A fogak funkciói

A lapát (felső) és véső (alsó) alakú metszőfogak harapásra, a hosszú és rögzítésében erősen biztosított szemfog tépésre, és a széles koronával rendelkező kis őrlőfogak a darabolásra és szétnyomásra, míg a nagyőrlők a legnagyobb rágómunkára alkalmasak (3. táblázat) [5].

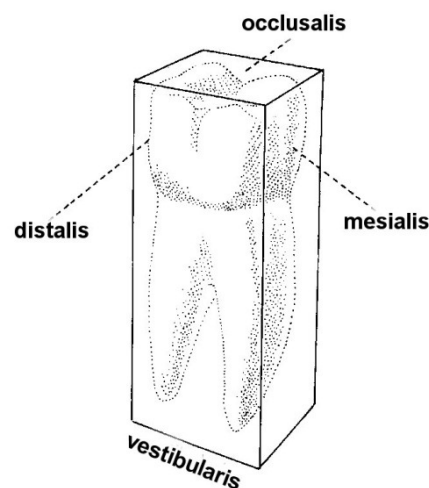
Fogfajták	Számuk	Alakjuk	Funkciójuk (feladatuk)
Metszőfogak	8	koronájuk véső alakú, éles szélű	harapás
Szemfogak	4	koronájuk hegyes, metszőfogakénál hosszabb	megragadás, tépés
Kisőrlők	8	koronájuk kétsúcsú	zúzás, őrlés, rágás
Nagyőrlők	12	koronájuk széles, nagy rágófelszínnel, amelyen nagy gumó van	zúzás, őrlés, rágás

3. táblázat: A fogak funkciói {5}

1.3.4 A fogak felszínei és irányai

Minden fogon megkülönböztetünk négy felszínt (6. ábra):

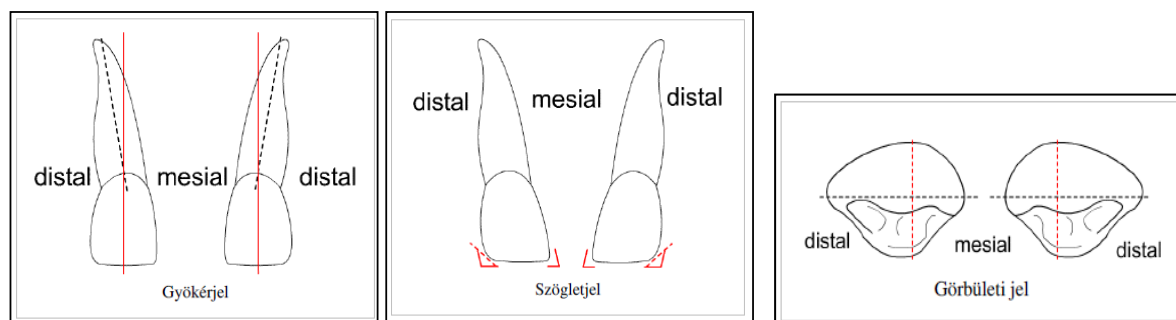
- *Okkluzális felszín vagy rágófelszín:* A fogak rágásra alkalmas felszíne, hiányzik a frontfogaknál. Ezek élben végződnek.
- *Vesztibuláris felszín:* A fogak kifele, a szájtornác fele néző felszíne. Frontfogaknál labiálisnak, őrlőknel bukkálisnak is szokták nevezni.
- *Orális felszín:* Befelé, a szájüreg fele néző felszín. Felső fogsoron palatinális, alsón linguális a neve.
- *Approximális felszín:* A szomszédos fogak fele néző felszín.



6. ábra: A fogak felszínei {7}

Meziális, mely a fej középvonalához közelebb esik, disztális, mely távolabb esik, tehát hátrább helyezkedik el [3].

Annak megállapítására, hogy a fogak jobb vagy bal oldaliak, a *Mühlreiter-jeleket* használják. A Mühlreiter-jelek segítségével meg lehet állapítani, hogy a fog a jobb vagy a bal fogívfélből való. Gyakori felhasználási területe a törvényszéki orvostan. A Mühlreiter-jelek a következők: szögletjel, gyökérjel és görbületi jel (7-9. ábra) [6].



7. ábra: Szögletjel {8}

8. ábra: Gyökérjel {8}

9. ábra: Görbületi jel {8}

A *szögletjel* (7. ábra) a metszőfogaknál érvényesül: a metszők incizális élei meziálisan egy élesebb szögben találkoznak az approximális felszínnel, mint disztálisan. Ezenkívül a disztális sarok jobban lekerekített. A szögletjelet fogpótlások készítésénél feltétlenül figyelembe kell venni [6].

A *gyökérjel* (8. ábra) a gyökér lefutását jelöli a fog tengelyéhez képest. Így a fogak gyökerei disztális irányban hajolnak. Gyakran ehhez még hozzá adódik a gyökércsúcsok disztális irányba való hajlása.[6]

A *görbületi jel* (9. ábra) a fogak vesztibuláris felszínén érvényesül: a felszín görbülete meziálisan kifejezettebb, mint disztálisan. Így a fog oro-vestibuláris átmérője nem a fog közepére esik, hanem kissé meziálisan. Ez jól megfigyelhető a frontfogakon és kisörlőkön. Ezekon kívül még ismeretes a *korona dőlésének a jele*. Ez a fogak felső illetve alsó fogívből való származásának a megállapítására ad lehetőséget. A gyökér és a fogkorona tengelye által bezárt szöget jelöli. Így, approximális irányból nézve, az alsó fogak koronái linguális míg a felső fogak bukkális irányba dőlnek [6].

1.4 Fogak jelölése

A fogak helyüknek és a rágásban betöltött szerepüknek megfelelően eltérő alakú kisebb csoportokat alkotnak. Egy kvadránsban – a középvonaltól számítva – megkülönböztetünk maradandó fogak esetében két metszőfogat, egy szemfogat, két kisörlőt és három nagyörlőt. A tejfogazatban egy kvadránsban két metszőt, egy szemfogat és két nagyörlőt találunk. A maradék kisörlőnek megfelelő fog a tejfogazatban nincsen.

Az egyes fogak, fogcsoportok vagy a teljes fogazat rövid jelölésére számos jelölési mód ismert. Magyarországon a legelterjedtebb az úgynevezett Zsigmondy-keresztben alapszik. A

kereszt vízszintes vonala felett a felső, alatta az alsó fogak helyzetét tüntetjük fel, a függőleges vonallal pedig a bal és a jobboldali fogakat választjuk el egymástól. A fogakat a középvonaltól kiindulva az órlók felé emelkedő számok jelzik. A középső metszőt az 1-es, az oldalsó metszőt a 2-es, a szemfogat a 3-as, az első kisórlót a 4-es, a másodikat az 5-ös, az első nagyórlót a 6-os, a másodikat a 7-es, a harmadikat a 8-as számmal jelöljük. E jelölési rendszer más országokban Palmer-féle jelölési rendszerként ismert (10. ábra).

	felső fogsor																	
bal oldal	8	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	7	8	jobb oldal
	8	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	7	8	
	alsó fogsor																	

10. ábra. A maradó fogazat jelölése a Zsigmondy-kereszt (Palmer-féle jelölési rendszer) alapján.

A tejfogak jelölésekor a keresztsémában az egyes fogakat nagybetűkkel jelöljük, a középső metszőtől kezdődően A-tól E-ig (11. ábra).

	felső fogsor																
bal oldal	E	D	C	B	A							A	B	C	D	E	jobb oldal
	E	D	C	B	A							A	B	C	D	E	
	alsó fogsor																

11. ábra. A tejfogazat jelölése a Zsigmondy-kereszt (Palmer-féle jelölési rendszer) alapján.

A keresztsémában a jelöléseket mindig a szemben álló egyénnek megfelelően írjuk be, tehát a függőleges tengely bal oldalára a jobb, jobb oldalára a bal oldali fogak jelölései kerülnek.

A Nemzetközi Fogorvosszövetség (FDI) két számjeggyel történő jelölési módszert fogadott el a számítógépes adatfeldolgozás egyszerűsítése érdekében. Eszerint a maradó fogakat 1–8-ig terjedő számokkal jelöljük, de a kvadránsokat is számozzuk az óramutató járásának megfelelően 1–4-ig úgy, hogy az 1-es jelzésű a jobb felső kvadráns. A kvadráns számát a fog száma elé írjuk (12. ábra).

	felső fogsor																	
jobb oldal	18	17	16	15	14	13	12	11		21	22	23	24	25	26	27	28	bal oldal
	48	47	46	45	44	43	42	41		31	32	33	34	35	36	37	38	
	alsó fogsor																	

12. ábra A maradó fogazat jelölése az FDI rendszere alapján.

Tejfogak esetében a fogakat a középső metszőtől kezdődően 1–5-ig jelöljük, a kvadránsokat szintén az óramutató járásával megegyező irányban, a jobb felső kvadránstól indulva 5–8-ig számozzuk (13. ábra) [3].

	felső fogsor											
jobb oldal	55	54	53	52	51		61	62	63	64	65	bal oldal
	85	84	83	82	81		71	72	73	74	75	
	alsó fogsor											

13. ábra. A tejfogazat jelölése az FDI rendszere alapján.

1.5 Fogak betegségei

1.5.1 Fogszuvasodás

A fogszuvasodás, más néven caries a fog keményszöveteinek a megbetegedése, mely a szerves anyag savak által történő kioldódásával, majd a szerves anyag szétesésével jár (14. ábra). Elterjedése a történelem folyamán egyre fokozódott. Csontvázleletek alapján megállapították, hogy már a neolitikumban jelen volt. Rohamos terjedése az utóbbi két évszázadban figyelhető meg, az ipari fejlődéssel párhuzamosan. Ma már az emberiség 90-100%-a szenved ebben a krónikus megbetegedésben. A mai napig sem teljesen tisztázott a fogszuvasodás keletkezése. A modern felfogás szerint több tényező



14. ábra. Fogszuvasodás [9]

együttes hatására alakul ki. A négy fő tényező a szervezet, elsősorban a fogfelszín, a baktériumok, a táplálék és az idő. Így a szuvasodás általában a nehezen tisztítható felszíneken kezdődik, úgy hogy miközben a baktériumok a dentális plakk felszínén lévő szénhidrátokból táplálkoznak melléktermékként savat termelnek. Ez demineralizálja a zománc szerves alkotóelemeit. Később, ha nem történik meg a remineralizáció a nyálból, vagy ha többször történik meg a kariogén támadás, a szerves állomány is tönkremegy. Először egy fehér folt jelenik meg a zománc felszínén, majd üreg képződik. Ha nem avatkoznak közbe, a folyamat továbbterjed egészen a fogbélig, ahol gyulladást vált ki, és erős fájdalmakkal jár [7,8].

Újabban egyre gyakoribb a gyökérszuvasodás, más néven gyökércaries, amelynek kialakulásához az íny visszahúzódása teremti meg a kedvező feltételeket. Lefolyása gyorsabb, mivel a cement kevésbé ellenálló, mint a zománc. A fogszuvasodást kezdeti fázisában

üregalakítás nélkül lehet kezelni, különböző remineralizációs technikákkal. Később, attól függően, hogy mennyi fogszövet ment tönkre, különböző módon lehet helyreállítani a fog funkcióját és morfológiáját: tömés, betét, korona, gyökércsapos fogmű készítésével. Végso esetben a fog eltávolítása is szükségessé válhat. A fogszuvasodás következtében a fog körül súlyos gyulladások, gennyedések, vagy akár a szervezet bakteriális inváziója is kialakulhat [8].

1.5.2 Fogágybetegségek

A fog elvesztésének második leggyakoribb oka a fogágybetegség (15. ábra). A fog rögzítő elemeit (íny, fogmeder, gyökérhártya, cement) támadja meg és ezáltal a fog lazulásához és kihullásához vezet. Normális körülmények között az íny hámtapadása és a sulcusváladék megvédi a fogágyat a külső ártalmaktól.



15. ábra. Fogágybetegségek{10}

De ha lepedék rakódik le a fogra és fogkő keletkezik, az gingivitiszhez, majd később parodontitiszhez vezet. A gingivitisz a fogíny gyulladása, amely nem jár csontpusztulással. Akut formájában általában fertőzések okozzák, mint például a Herpes vírus. Rossz szájhyiéné esetén a fogkő, mint állandó mechanikai irritációs tényező, és a lepedékben található baktériumok krónikus fogínygyulladásához vezetnek. Ilyenkor az íny duzzadt, vöröses, fogmosáskor vérzik, de fájdalommentes. Ha a kiváltó okokat nem számoljuk fel és további rizikótényezők, például nagyobb virulenciájú baktériumok, dohányzás, diabétesz, osteoporózis, okkluzális túlterhelés, stressz, a szervezet védekezését csökkentő általános betegségek, genetikai tényezők vannak jelen, fogágygyulladás, parodontitisz alakul ki. Ez érinti a gyökérhártyát, cementet és az alveoláris csontot is, ezáltal csontpusztulást okozva. Kezdeti fázisban ínytasakok alakulnak ki, azáltal hogy a hámtapadás egyre apikálisabb. Itt az ételmaradékok már könnyebben megtapadnak tovább serkentve a gyulladást. Végül a fogágy teljes elpusztulása miatt a fog fellazul és kihull.

1.5.3 Fejlődési rendellenességek

Lehetnek genetikailag meghatározott, vagy szerzett, a környezeti hatásokra jelentkező rendellenességek. A környezeti hatások sokrétűek, lehetnek hormonhatások, anyagcserezavarok, fertőzések, gyógyszerek, fizikai, kémiai tényezők. Ezek hatása érvényesülhet a méhen belüli, vagy a születés utáni életben.

- *A fogak számának a rendellenességei:*

- Anodontia – lehet teljes, amikor egyetlen fog sem fejlődik ki, és részleges, amikor egy fog vagy fogcsoport hiányzik.
- Hyperodontia – számfeletti fogak

- *A fogak méreteinek a rendellenességei:*

- Macrodonia – a fogak a normálisnál nagyobbak
- Microdonia – a fogak a normálisnál kisebbek

- *A fogak alaki rendellenességei:*

- Geminatio dentinum – ikerfog
- Fusio dentinum – fogösszeolvadás
- Concretio dentinum – a már kifejlett szomszédos fogak a cementtel kapcsolódnak össze
- Dilaceratio – a foggyökér jelentős szöglettörése
- Dens invaginatus vagy dens in dente – a fogban egy tasak található, amely zománcból bélelt
- Dens evaginatus – járulékos csücsök jelenléte
- Taurodens vagy talpasfog – rendellenesen nagy pulpakamra, a gyökérelágazódás csak a csúcsi harmadban történik meg
- Radices supranumerarie – számfeletti gyökök
- Fusio radiorum dentis – gyökérösszeolvadás

- *A kemény szövetek képzésének a zavarai:*

- Amelogenesis imperfecta – a zománcképzés zavara
- Dentinogenesis imperfecta – a dentinképzés zavara
- Odontodysplasia regionalis – a zománcot, a dentint és a cementet is érinti

• *Helyzeti rendellenességek:*

- dőlt fogak
- infra- és suprapositio – rágósíkot el nem érő, vagy azt túl érő fogak
- transpositio dentis – két fog helyet cserél egymással
- ectopia dentis – a fogsoron kívül elhelyezkedő fog, leggyakrabban szemfognál fordul elő
- heterotopia dentis – a fogsortól távol, vagy a szájüregen kívül megjelenő fog
- további helyzeti rendellenességek (16. ábra) [9]:



foghézag



nyitott harapás



keresztharapás



elcsúszott középvonal



előreálló vagy megnagyobbodott harapás-
felső túlharapás



szűk fogköz



felső állcsont hátraharapása



felső állcsont hátraharapása



mélyharapás

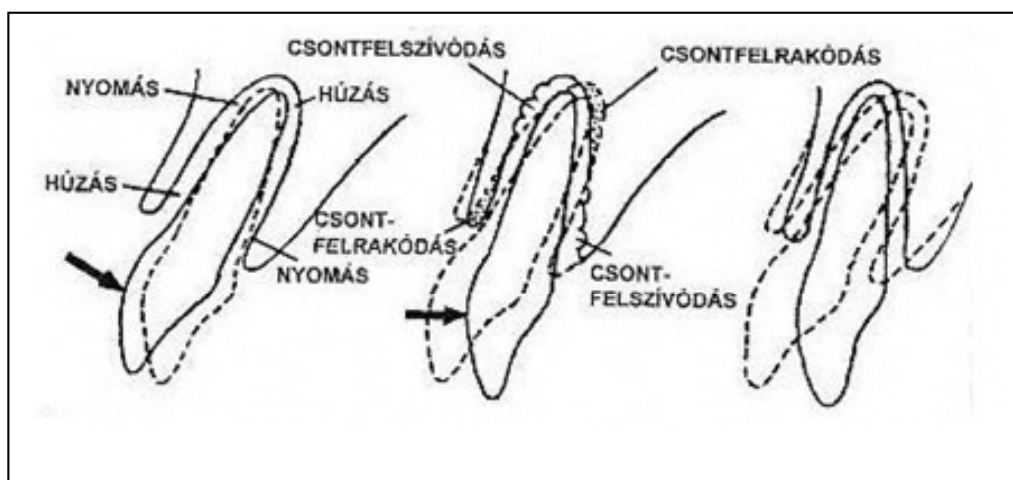
16. ábra. A fogak helyzeti rendellenességei {11}

1.6 Fogszabályozás

A fogszabályozás a sztomatológia, vagyis a fogorvostudomány speciális ága, amely a rendellenes, szabálytalan fogazat helyreállításával foglalkozik.

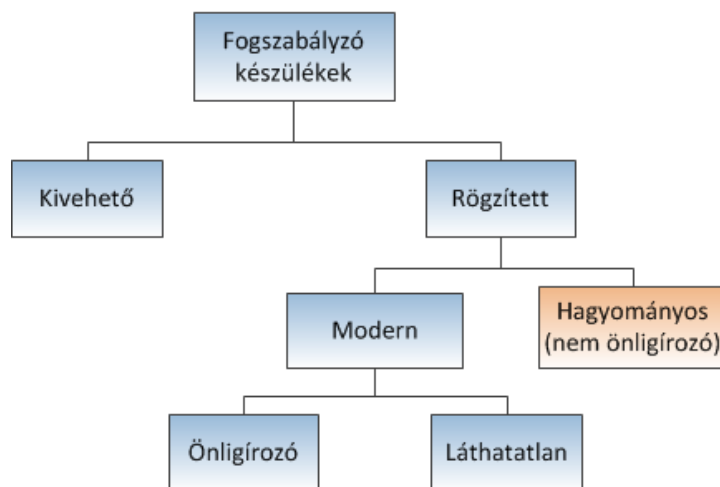
A fogszabályozás a közhiedelemmel ellentétben nem csak esztétikai, hanem egészségügyi okok miatt is fontos. Fogorvosok szerint csak az egymáshoz képest megfelelően álló fogak, és az így megfelelően záródó fogsor teszi lehetővé az egyes fogak túlterhelődésének elkerülését, a harapási komfortot és a kielégítő rágó- és örlőfunkciót. Az egymáshoz képest szabálytalanul álló fogak nemcsak a rágást és harapást nehezítik meg egy életen keresztül, hanem nehezebbé teszik az öntisztulást és tisztítást, rontják a száj higiéniáját, elősegítve ezzel a fogszuvasodás és fogínybetegségek kialakulását. A rágószerv elváltozásai kihatnak a hangképzésre és a beszédképességre, ezen kívül a fogazati esztétika hiánya bizonyítottan a társadalmi beilleszkedés és a szociális kommunikáció pszichés zavaraihoz jár.

A fogszabályozó készülék egy enyhe, folyamatos erőt fejt ki a szabálytalanul álló fogakra. Ez a kis erő hosszú idő alatt képes a fogat elmozdítani és visszairányítani a fogsorba. A folyamatos erő hatására a csont átépül: a nyomás területén lebomlik, a húzóerő területén pedig felszaporodik (17. ábra). Az erőt, amellyel a fogakat mozgatjuk kivethető és rögzített fogszabályozó készülékekkel közvetítik a fogakra [10].



17. ábra. Csontátépülés a fogszabályozás során {12}

1.6.1 Fogszabályozó készülékek



18. ábra. Fogszabályozó készülékek csoportosítása

Kivehető készülékek:

A kivehető készülékek 9-13 éves korig hatásosak, alkalmazásukkal az állcsontok egymáshoz való viszonya állítható be, mert segítségével a gyermek gyors növekedési periódusa alatt elháríthatók a szabályos növekedést gátló tényezők, például: szűk, torlódott fogív, mélyharapás stb. A legtöbb típust éjszaka kell viselni, egészen addig, amíg a tejfogak leváltódnak (19. ábra) [11].



19. ábra. Kivehető készülékek {13}

A fogszabályozó készülék tisztítása, tárolása:

Naponta egyszer fogkefével alaposan meg kell tisztítani, majd vissza kell helyezni a tartójába [12].

Rögzített készülékek:

A rögzített fogszabályozó készüléknél egy-egy brekettet (dróttartó sínt) ragasztanak minden fogra (alsó vagy felső fogívbe, vagy mindkettőbe). Ezután a brekettben lévő sínbe végigfektetnek egy speciális drótot és ezt rögzítik minden egyes brekettnél (20. ábra). A rögzítés történhet ligatúrák segítségével vagy a modernebb breketteknél saját záarakkal, ezeket önligírozó



20. ábra. Rögzített fogszabályozó eszköz

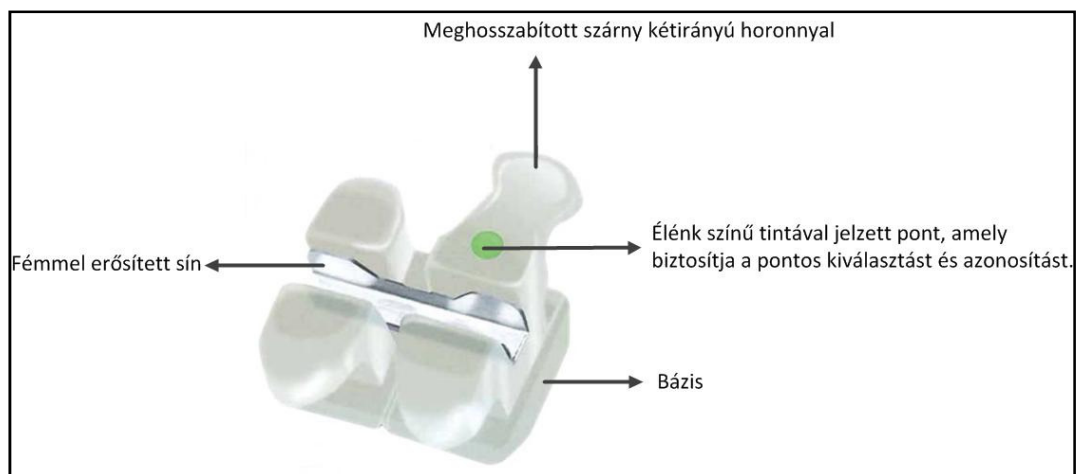
breketteknek nevezik. A drót rugalmassága biztosítja a szükséges erőt, hogy a kiálló fogak a kívánt irányba mozduljanak el. [13].

A fogszabályozó készülék tisztítása, tárolása:

Kaphatók speciális fogkefék a rögzített fogszabályozó készülékek tisztán tartásához. Ezen kívül érdemes fogköztisztító kefét is használni. Rögzített készülék esetében különösen fontos a megfelelő szájhigiénia, mivel egy időközben kialakult fogínygyulladás tönkreteheti akár több hónap eredményeit is [12].

A rögzített készülékek részei:

1. A **brekett** a rögzített fogszabályozó egyik alapeleme. Ez az a zár, amit felragasztanak a fog külső felszínére és a drót rugalmassági merevségéből származó állandó kis erőt közvetíti a fogaknak, amely segíti őket a megfelelő ívre mozogni. A zár készülhet több anyagból (fém, aranyozott fém, műanyag, kerámia) és több formában. Részei: bázis, amivel a fogra rögzül, szárnyak, ami mögé beakasztják a ligatúrákat, azaz kikötőelemeket. A brekettek közepén van egy sín, amibe a fogszabályozó ívek illeszkednek (21. ábra). Az, hogy az adott páciens milyen brekettet kap függ az esettől, az orvos kezelési megfontolásaitól és szokásaitól [14].



21. ábra. Brekett részei {14}

2. A **tubus** (22. ábra) a nagyörlő fogakra helyezhető fogszabályozó elem. Lényeg, hogy a fogszabályozó ív egy alagútszerű tubusba csúszik be. Ezeket a tubusokat vagy gyűrűkre forrasztják fel, vagy direkt módon a fogra ragasztják [14].



22. ábra: Tubus {14}

3. A **fogszabályozó ív** az, amely a rögzített zárukba kerül behelyezésre. Anyaguk különböző összetételű fém lehet. A leggyakrabban használatos fém az acél, de vannak nikkell, titán ívek is. Ezek a különböző keménységű ívek többnyire szürke színűek, de lehetnek aranyozva, esetleg színes teflonnal borítva. Először lágy íveket használnak, majd amikor megszokta a páciens, jönnek az egyre merevebbek, amelyek már tökéletes ívbe rendezik a fogakat. Átmérőjük alakja is különbözhet, létezik: kerek, négyzet, téglalap. Feladatuk a fogsor kiegyenlítése, illetve a fogszabályozó a fogakat ezek mentén mozdítja el [14].
4. A **ligatúra** gumi, fém vagy teflon bevonatú fém karika, amely biztosítja, hogy a fogszabályozó ív ne csússzon ki a brekettből. A gumi ligatúrák kaphatók különféle vidám színekben is, ami elsősorban a fiatal páciensek körében népszerű (23. ábra) [14].



23. ábra. Ligatúra{15}

Hagyományos, nem önligírozó készülékek:

A legelterjedtebb és árban a legtöbb embernek elérhető rögzített fogszabályozó eszközök a hagyományos fém és porcelán fogszabályozó készülékek, amelyeknél ligatúrák végzik az ív rögzítését a zárukban.

Modern fogszabályozó készülékek:

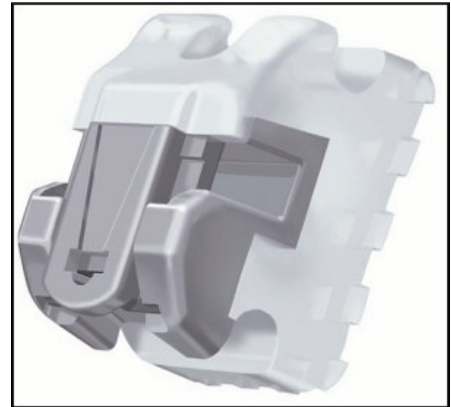
A rögzített fogszabályozók közül manapság egyre több páciens választja az úgynevezett **önligírozó** (önzáró) breketteket, amelyeknél a brekettekbe van beépítve egy záró lemezke, ami a leírások szerint jobban tartja a felhelyezett íveket, mint a hagyományos ligatúrával

használt brekettek. A jelenleg legismertebb technológia az In-Ovation. Azonban korábban már használtak hasonló eljárást, amely Damon- technika néven terjedt el (25. ábra).

A **láthatatlan fogsabályozás** is egyre szélesebb körben válik ismertté. A kezelés során a fogak nyelv felőli oldalára rögzítik a breketteket, ezért nevezik nyelv felőli fogsabályozásnak, vagy más néven linguáltechnikának. Ilyenek például az Incognito készülékek (24. ábra)., illetve a In-Ovation L brekettek [14].



24. ábra. Incognito technika {16}



25. ábra. Damon technika{16}

1.6.2 Fogsabályozó kezelés menete

1. *Konzultáció a szakorvossal:* megbeszélésen a szakorvos és a páciens tisztázzák a felmerülő igényeket és a megvalósítható lehetőségeket
2. *Kezelési terv készítése:* röntgenes, gipszmintás és fotós felmérések után egyénre szabottan tartalmazza a kezelés elemeit, időtartamát, költségeit
3. *Fogsabályozó készülék használatának előkészítése:* ezen folyamat alatt a fogágy esetleges betegségeit kezelik, a fogak szuvasodását, sérüléseit ellátják, a fogkövet eltávolítják, leveszik a végső lenyomatot a készülék elkészítéséhez
4. *Fogsabályzó készülék átadása, ragasztása, aktiválása:* ebben a lépésben helyezik fel a készüléket, típustól függően beállítva, rögzítve. Elmagyarázzák a készülék napi kezelését, tisztítását
5. *Rendszeres ellenőrzések, aktiválások:* a fogsabályozás időtartama alatt rendszeres orvosi ellenőrzés, a változások követése, a készülék aktív elemeinek cseréje a kezelési terv alapján

6. *Fogszabályzó készülék eltávolítása:* a kívánt eredmény elérésekor a fix készüléket teljesen eltávolítják, dokumentálják a kezelés eredményét röntgen, lenyomat és írott formában, lenyomatot vesznek a helybentartó (retenciós) készülékhez
7. *Helybentartás:* a kezelés végén még instabil fogak helybentartása, visszamozdulásuk megelőzése. Általában az aktív, mozgató fázis kétszerese. Helybentartásra kivehető készülékeket használnak, és napi pár órnyi használata elegendő az eredmény fenntartásához.

1.6.3 Tudományos cikkekben összefoglalt vizsgálatok

Szakmai ismereteim további bővítése céljából a Web of Science és a Science Direct adatbázisából néhány tudományos cikket elolvastam és feldolgoztam.

A kiválasztott cikkek közül négyben különböző anyagú fogszabályzó ívek és brekettek között fellépő súrlódás vizsgálatáról olvastam: Az első cikk egy dél-koreai kutató csoportról szólt, akik egy saját készítésű fogszabályzó modell segítségével hasonítottak össze 2 passzív és 3 aktív önligírozó brekettet, úgy hogy a brekettekben ausztenites nikkel-titán és réz-nikkel-titán íveket húztak meg. Megfigyeléseik szerint a legkisebb súrlódás az ausztenites nikkel-titán ív és a passzív önligírozó brekett között lép fel [15]. Ugyanebben a témában indiai kutatók is végeztek vizsgálatokat, akik egy állkapcsot szimuláló szerkezet segítségével azonos eredményekre jutottak [16]. A következő cikkben egy Amerikai Egyesült államokbeli professzorokból álló csoportról olvastam, akik önligírozó brekettek és nikkel-titán ívek között fellépő kezdeti húzóerővel kapcsolatban végeztek kutatásokat. Arra a következtetésre jutottak, hogy a kezdeti húzóerő a fogak rendezetlenségétől függ és a brekett típusától független.[17] Egy másik amerikai csoport a breketteken kialakított kisebb méretű kiemelkedésekkel próbálta a súrlódást csökkenteni. Méréseik nem mutattak jelentős különbségeket a hagyományos brekettekhez képest [18].

A fogszabályzó készülékek egyik veszélyes hatása lehet, hogy viselés során a nikkel tartalom miatt allergiás reakciók léphetnek fel. Skandináv orvosok egy páciensnek felhelyezett rögzített fogszabályzó eszköz viselése során a fent említett kellemetlen hatással szembesültek. A hölgy több hetes viselés után viszketéssel és bőrén jelentkező kiütésekkel fordult kezelő orvosához. A fogszabályzó eszköz által kiváltott nikkel allergia egyértelműen kimutatható volt további vizsgálatokkal annak ellenére, hogy a rögzített készülék felhelyezése előtt egy hétig négy fogára próba készüléket helyeztek fel. A rögzített készülék eltávolítása után 4-5 nappal az allergiás tünetek teljesen eltűntek [19].

1.6.4 A feldolgozott szakirodalom kritikai elemzése

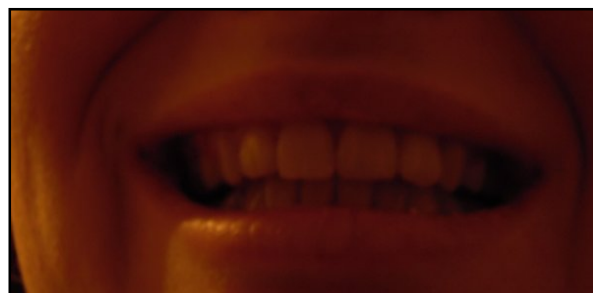
Szakirodalmi kutatásomat a fogak anatómiájával kapcsolatban nagyon sok képi és írott anyag segítette. Rengeteg szakmai és ismeretterjesztő könyv, internetes oldalak, videók és filmek szólnak a fogakról és határterületeikről, ellentétben a napjainkban egyre gyorsabban fejlődő fogorvosi szakiránnyal, a fogszabályozással. A fogszabályozó eszközökről és vizsgálataikról magyar nyelven szinte csak internetes fogászati rendelők oldalán találtam hasznos információt, azonban a témát felölelő szakmai könyvet egyáltalán nem. Ezzel a problémával kapcsolatban felkerestem egy kedves ismerőst, aki jelenleg a SOTE Fogorvostudományi karának 4. éves hallgatója és elmondta, hogy a fogszabályozás annyira friss és gyorsan fejlődő szakmai terület, hogy a hallgatók az előadók által leadott órai jegyzetektől készülnek, illetve, akik jobban szeretnék elmélyülni a témában külföldi tudományos cikkek olvasásával bővítik ismeretüket. Végül én is kutatók és orvosok által készített tudományos cikkekben találkoztam a fogszabályozó eszközök különböző vizsgálataival, amelyek kutatásomat sok hasznos információval és ötletekkel segítették. A cikkekből megtudtam, hogy milyen eszközökkel és módszerekkel érdemes mérni és milyen kiértékelési módszereket használnak egyes vizsgálatok során.

2 CÉLKITŰZÉSEK

Az irodalmak feldolgozása alapján dolgozatom céljaként kitűztem, hogy összefoglalom és elemzem egy kutatásra felajánlott, korábban rögzített fogszabályzó eszközön végzett méréseim eredményeit. Kutatásom fő célja, hogy a különböző anyagvizsgálati módszerekkel végzett mérések hasznos eredményeivel segíthessek a fogszabályozó eszközökre specializálódott fogorvosoknak és általuk az eszközök viselőinek. A mérési eredmények segítségével célom meghatározni, hogy a vizsgált fogszabályozó eszköz mely részeit lehetne ismét felhasználni annak érdekében, hogy azoknak a pácienseknek is elérhető legyen a fogszabályozó kezelés, akiknek egészségügyi okok miatt szükségük lenne rá, azonban anyagilag nem engedhetik meg maguknak (26-27. ábra).



26. ábra. A páciens fogai a fogszabályozó kezelés előtt



27. ábra. A páciens fogai a fogszabályozás után

3 MÉRÉSEK ÉRTÉKELÉSE

A kutatásra felajánlott fogszabályozó eszközön végzett mérések értékelése előtt röviden szeretném bemutatni, az eszköz felhasználásával végzett fogszabályozó kezelést és anyagi vonzatát, továbbá az anyagvizsgálatokhoz szükséges eszközöket és módszereket.

3.1 A vizsgált fogszabályozó eszköz

Az általam vizsgált fogszabályozó eszközt felhelyező és a teljes kezelést elvégző fogszakorvostól, Dr. Ficzer Ildikótól sok információt megtudtam a kutatásra felajánlott fogszabályozó eszközről, a kezeléséről és további hasznos, szakmai ismeretekkel gazdagodtam. Esetünkben a fogak szabályozásának megkezdése előtt szükség volt mind a négy első kisírlő és mind a négy bölcsességfog kihúzására. Röntgenképek segítségével megfelelően diagnosztizálható volt, hogy a fogak eltávolítása elkerülhetetlen ahhoz, hogy a megfelelő ívre szabályozzák őket (28-29. ábra).



28. ábra. A felső állkapocsból eltávolított fogak



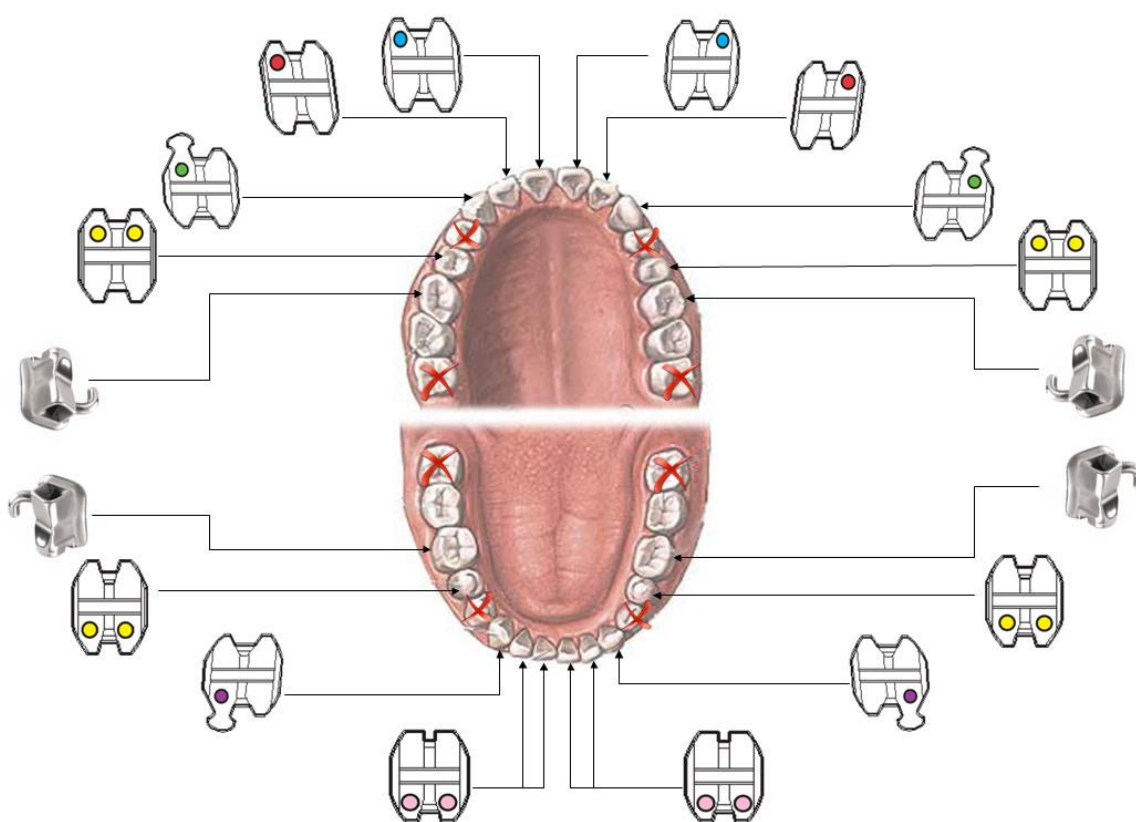
29. ábra. Az alsó állkapocsból eltávolított fogak

A páciens az első három hónapban csak a felső fogsorra rögzített fogszabályozó eszközt viselt, majd ezt követően a brekettek és a tubusok az alsó fogsorra is felragasztásra kerültek. A felső eszköz rögzítését követően a páciens 1,5 évig viselte a breketteket és tusokat, azonban időközben a szakorvos az íveket és ligatúrákat az ellenőrző vizsgálatokon kicserélte. Ficzer Ildikó elmondta, hogy ő ugyan havonta cseréli az íveket, de valójában pontos eredményeik

nincsenek arról, hogy mennyi idő után válnak az ívek használhatatlanná. Emiatt is nagy segítség lenne számára és a kollégáinak a kutatásaim eredményei.

A kutatásra felajánlott fogszabályozó eszköz 13 darab brekettből, 4 darab tubusból és 2 darab fogszabályozó ívből áll.

A 3M Unitek honlapján megtaláltam a vizsgálatokhoz felajánlott brekettek típusait és jelöléseit. A honlapon talált táblázat és a páciensről kapott képek segítettek összeállítani az eredeti fogszabályozó eszköz modelljét (30.ábra).



30. ábra. Az eredeti fogszabályozó eszköz modellje

3.2 A páciens fogszabályozó kezelésének költségei

A fogszabályozó készülék az alsó állcsontra	150.000 Ft
A fogszabályozó készülék a felső állcsontra	150.000 Ft
Havi aktiválási díj	10.000Ft
A készülék levétele állcsontonként	30.000 Ft
Éjjeli fogszabályozó készülék	30.000 Ft
Aktiválási díj levétel után 3 havonta	4.000 Ft
4 db 4-es fog kihúzása	4 x 10.000 Ft
Felső bölcsesség fogak kihúzása	30.000 Ft
Alsó bölcsességfogak kihúzása	40.000 Ft
Fogköeltávolítás	10.000 Ft
Panoráma röntgen	4 000 Ft

Az adatok megfelelően tükrözik, hogy egy hagyományos fogszabályozó kezelésnek is magas anyagi vonzata van, így könnyen belátható, hogy sok embernek komoly gondot jelent a kezelés kifizetése [20,21].

3.3 A vizsgálatokhoz felhasznált berendezések és eszközök

- A kutatásra felajánlott fogszabályozó eszköz részeit először sztereo-, majd fémmikroszkóppal vizsgáltam, közben digitális fényképezőgéppel rögzítettem a kutatás szempontjából lényeges hibákat.
- A fentiek elvégzése után a breketteket pásztázó elektronmikroszkópos méréshez készítettem elő: egy könnyűnek tűnő, mégis sok időt felemésztő feladat volt a brekettek plakktól és fogkőtől való megtisztítása. Első próbálkozásként a vizsgálásra szánt mintákat alkohollal feltöltött ultrahangos rezgetőbe helyeztem. 30-40 másodperc rezgetés után megszáritottam őket és fémmikroszkóp alatt ellenőriztem a lerakódást, amely az eredeti állapotéval teljesen megegyezett. Ezután a sikertelen próbálkozás után Kukis nevű fogszabályozó tisztító folyadékba helyeztem a breketteket. A használati utasításnak megfelelően meleg vízbe tettem a mintákat és hagytam benne elpezsegni a fogszabályozó tisztító tablettát. A teljes tisztítási folyamatra mindössze 15 perc volt előírva (31-32. ábrák).



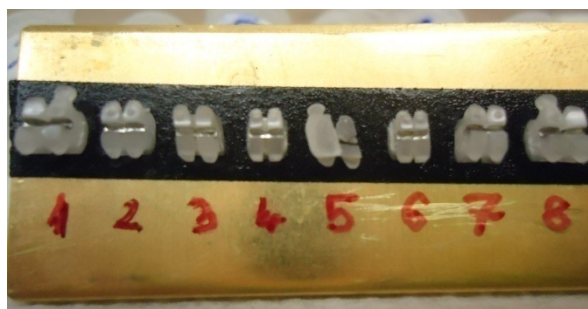
31. ábra. Kukis nevű fogszabályozó tisztító folyadék



32. ábra. A brekettek vízben való tisztítása

Ezt követően megszárítottam a breketteket és fémmikroszkóp alatt megvizsgáltam őket. Az eredmény változatlan volt. Végül a mintákat 3 napig hagytam ázni a fogszabályozó tisztító tableta oldatában. Miután kivettem őket az oldatból lemostam vízzel és fogkefével megdörzsöltem vigyázva arra, hogy ne sértsem meg a sín felületét. A tisztítás után a mintákat alkohollal lemostam, majd megszárítottam. A fémmikroszkópos ellenőrzés során szembesülhettem a sikeres eredménnyel.

A tisztítás után a következő lépésként a brekettek felületére egy vékony arany réteget kellett felvinni a minták kerámia szárnyai miatt (33. ábra).

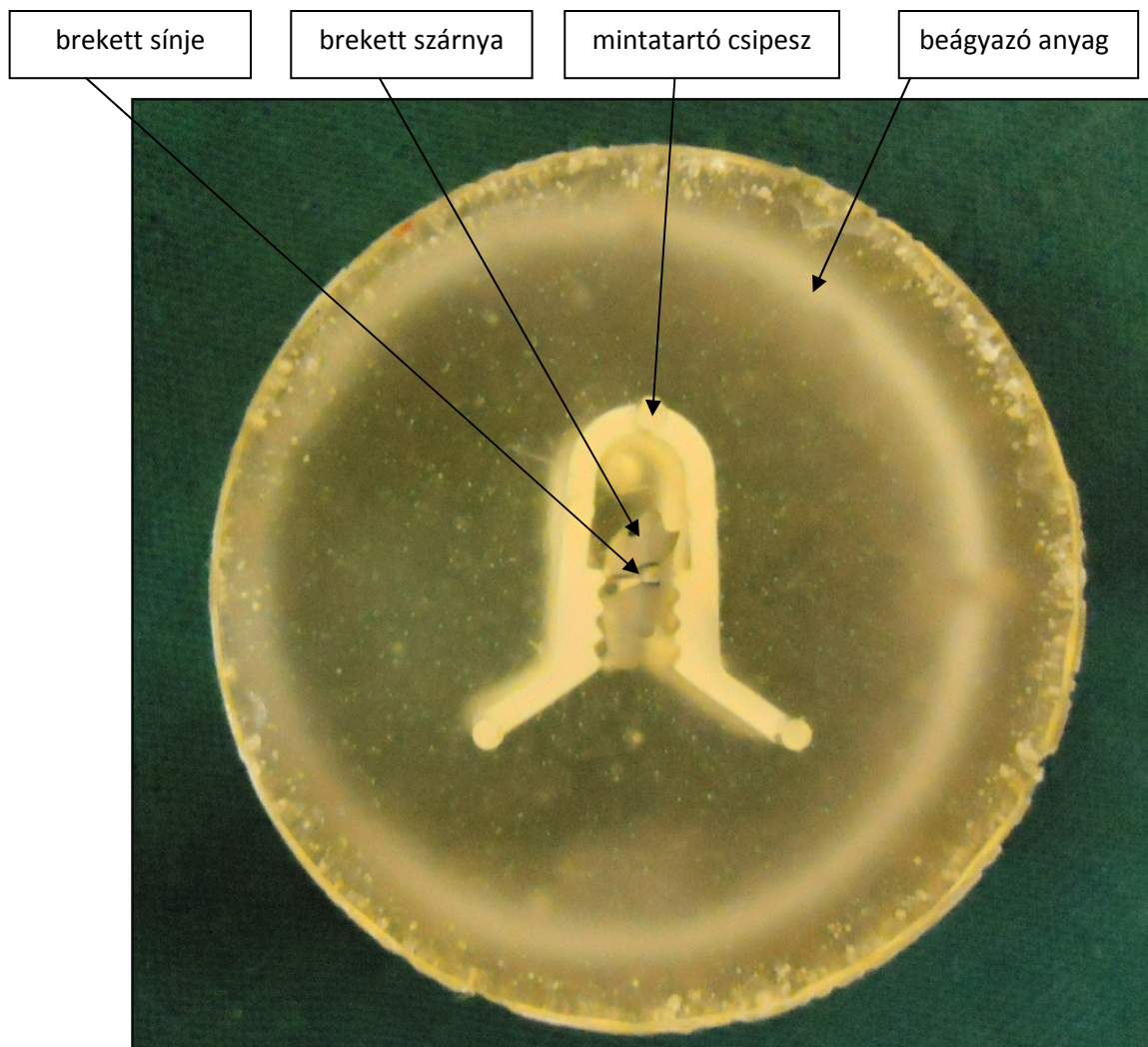


33. ábra. A minták előkészítése elektronmikroszkópos méréshez

- A brekettek tisztítását és aranyozását követően pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat is tudtam végezni a mintákon.
- Végeztem mikroelemzést is. Pásztázó elektronmikroszkóphoz csatolt EDAX rendszer segítségével meg tudtam vizsgálni a tubusok, ívek és brekettek anyagának összetételét. Ebben a vizsgálatban fontos szerepet játszanak a visszaszórt elektronok. A pásztázó

elektronmikroszkópban a visszaszórt elektronok a minta felszínéből kilépő 50 eV-nál nagyobb energiájú elektronok. A belépő elektronnyaláb elektronjai rugalmasan szóródnak a minta atomjainak Coulomb-terében. A mintából kilépő visszaszórt elektronok száma a minta atomjainak rendszámától is függ: a nagyobb rendszámú atomok nagyobb visszaszórási hányadot eredményeznek. Emiatt a visszaszórt elektronokból előállított képen a nagyobb átlagos rendszámú területek világosabbnak látszanak, ezt a jelenséget rendszámkontrasztnak hívják, amely segítségével meghatározható a vizsgált minta anyagösszetétele.

- A brekett sínjének pontosabb anyagösszetétel vizsgálatához csiszolatot készítettem. A csiszolat elkészítése (34. ábra) a következőképpen zajlott:
 1. A brekettet befogtam a mintatartó csipeszbe, arra ügyelve, hogy a minta ne lógjon túl a mintatartó lábai által képzett síkon.
 2. A mintát egy tiszta mintatartó henger aljának közepére helyeztem.
 3. 3 kanál Dentacryl por és megfelelő mennyiségű oldat segítségével mézyszerű állapotba hígítottam a beágyazáshoz szükséges anyagot.
 4. A mintatartó hengert az elkészített viasszal óvatosan, körkörös mozdulatokkal töltöttem meg, ügyelve arra, hogy a minta ne mozduljon el a tartó aljának közepéről.
 5. A mintát 20 percig 2 bar nyomás alá helyeztem.
 6. Az elkészült beágyazott brekettet egyre kisebb szemcse méretű csiszoló papírokkal (P320, P800, P1200, P2500) megcsiszoltam, arra figyelve, hogy ne hozzak létre több síkot a minta felszínén.



34. ábra. Elkészített csiszolat

A csiszolást követően a pásztázó elektronmikroszkópos méréshez le kellett aranyozni a mintát.

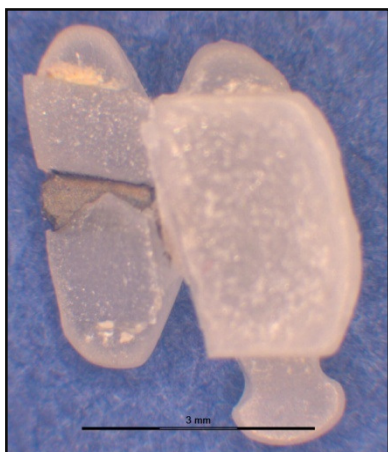
- A kutatás során lehetőségem volt atomierő-mikroszkóp segítségével megmérni az ívek és egy kiválasztott brekett felületi érdességét.

A fent említett eszközök és módszerek segítették kutatásom, hogy megfelelő eredmények alátámasztásával véleményt tudjak formálni arról, hogy a vizsgált fogszabályozó eszköz mely részeit lehetne ismét felhasználni.

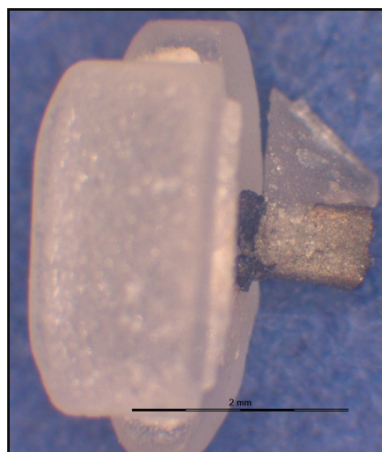
3.4 Brekettek vizsgálata

A kutatásra felajánlott breketteket először *sztereomikroszkóppal* vizsgáltam. A mikroszkóp segítségével az addig szabad szemmel nehezen észrevehető különbségeket könnyedén észleltem. Az első szembetűnő különbség, hogy a brekettek különböző geometriával rendelkeznek. Ezt különösen jól szemlélteti a 30. ábra, amelyen látható, hogy a brekettek kialakítása teljes mértékben a fogak geometriájára specializálódott.

A sztereomikroszkópos vizsgálat során mindegyik mintán találtam anyaghibákat. A brekettekre jellemző károsodás egyike a kisebb–nagyobb mértékű geometriai deformáció. A kifejtett erő függvényében egyes minták megrepedtek és voltak olyanok, összesen két darab, amelyek a nagy igénybevétel hatására eltörtek (35-36. ábra).



35. ábra. 7-es számú brekett sztereomikroszkópos képe



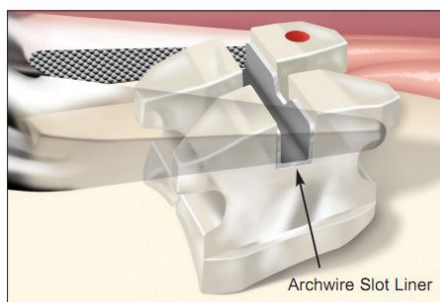
36. ábra. 13-as számú brekett sztereomikroszkópos képe

Mindkét törött mintámnak csupán egyik szárnya hiányzik, amelynek okát a geometriája magyarázhatja. A hátsó oldalon a 2 szárny között vékony bevágás található és az alsó -, felső oldalon egy-egy vályú alakú bemélyedés, amelybe a fogorvos a ligatúrát helyezi. Ezen bemetszések mentén nagy igénybevétel hatására könnyen megrepedhet és letörhet a szárny egyik fele. Mindkét mintán látható, hogy a roncsolást okozó erő a brekett oldalai felől hatott, mert az U alakú fém sín két szélé befele nyomódott. Ilyen mértékű deformáció csak akkor történhetett meg, amikor már a fogszabályozó ív nem volt a sínben. Mindezek mellett a felvételeken észrevehetőek a rideg töret felületre jellemző éles élek, amelyek ugyancsak egyszeri nagy igénybevétel okozta károsodásra engednek következtetni. Ezek az eredmények alátámasztják, hogy a minták roncsolását a fogorvos okozhatta az eltávolítás során. A fog és a brekett megfelelő kapcsolatát biztosító ragasztó anyag kötésének feloldásához egyes

mintáknál olyan nagy erő kifejtésére volt szükség, amely töréséhez vezetett, gyengébb kötések esetében pedig repedésekhez, illetve a brekett testének deformációjához.

Kutatásom tovább mélyítettem a felmerült problémával kapcsolatban és a 3M Unitek cég honlapján megtaláltam az általam vizsgált brekettek típusát. A forgalmazó által kiadott használati utasítás a fémmel erősített kerámia brekettek (Clarity™ Metal-Reinforced Ceramic Brackets) eltávolításához a következő:

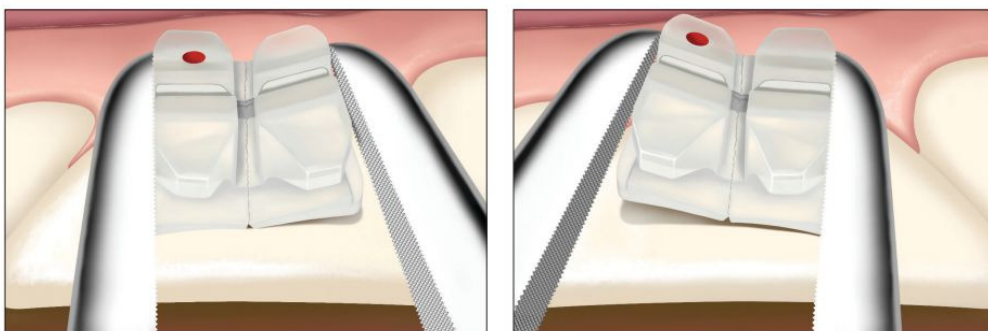
- 1) Távolítsa el a zárákból a fogszabályozó ívet.
- 2) Távolítsa el a brekett talpa körül lerakódott plakkot és fogkövet, hogy ne jelentsenek akadályt a levétel során. Megjegyzés: a lerakódások eltávolításának elmulasztása különösen a meziális és disztális oldalon károsodáshoz, a brekett csupán részleges eltávolításához vezethet.
- 3) Illessze az eltávolításhoz szükséges speciális eszközt a breketthez a 37. ábrán látható módon. Győződjön meg arról, hogy az eszköz befogó pofái szimmetrikusan helyezkednek el a brekett felszínén. Fontos, hogy a pofa és a brekett érintkezése megfelelő legyen. Ennek érdekében akár a páciens fejét is el lehet forgatni.



37. ábra { 14 }

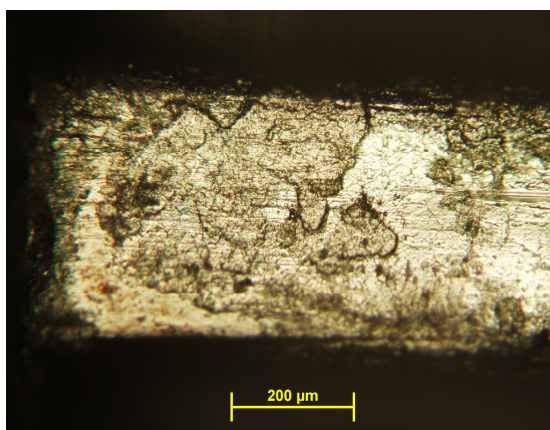
- 4) Óvatosan nyomja össze a fogót, amíg a brekett összeroppan. Figyeljen, hogy ne használjon túl nagy erőt, különben a brekett túl hamar eltörik. Finoman emelje a brekettet a meziális vagy a disztális irányba, hogy teljesen el tudja távolítani a brekettet (38. ábra).
- 5) Minden egyes brekett eltávolítása után alaposan törölje le az eltávolítás során használt eszközt, hogy letisztítsa a legkisebb lerakódás vagy kerámia részeket.

A gyártó leírja a brekettek specifikációjában, hogy a megfelelően megtervezett geometriájuknak köszönhetően a zárok könnyedén eltávolíthatók a fogak felszínéről a fent említett összeroppantásos eljárás során. Ezen ismeretek alapján kijelenthetem, hogy ezek a fajta brekettek nem alkalmasak további felhasználásra, hiszen eltávolításuk hivatalosan is ronszolós eljárás alapján alapul.

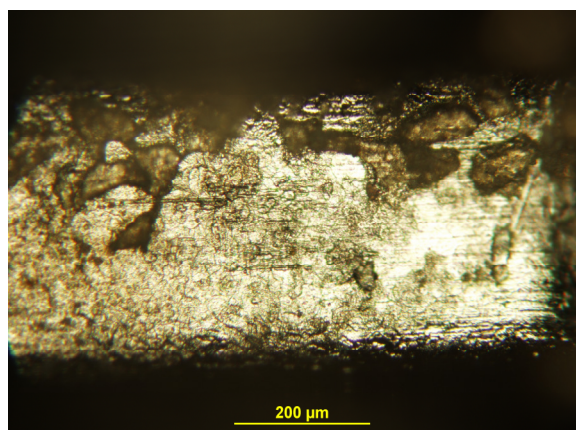


38. ábra. A brekettek eltávolítása {14}

A sztereomikroszkópos vizsgálat során egy másik különös tulajdonságra is figyelmes lettem. Szinte az összes brekett réseiben és fém sínük felszínén fehér illetve sárgás színű lerakódásokat találtam. **Fém-mikroszkóp** segítségével még a vékony rétegű átlátszó plakkok is láthatóvá váltak (39-40. ábra).



39. ábra. 3-as számú brekett sínje



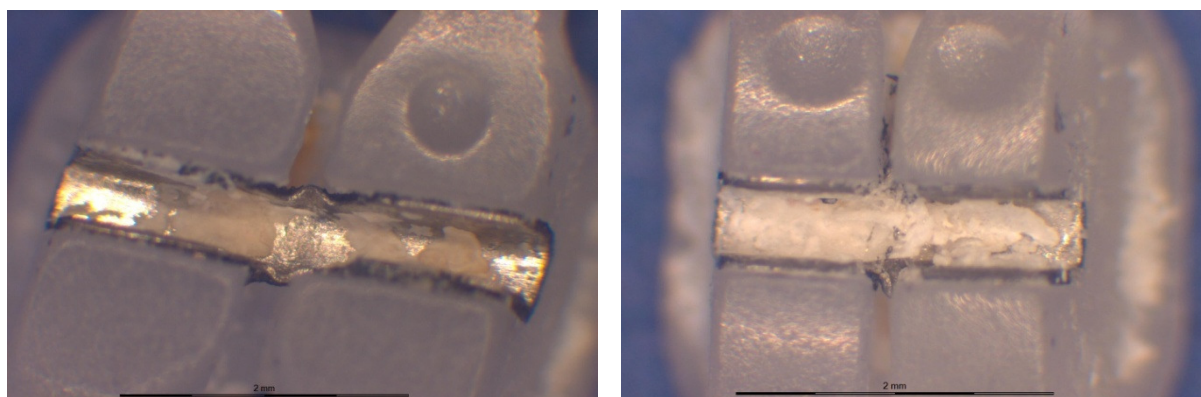
40. ábra. 5-ös számú brekett sínje

Ezek étkezés során a fogak, a brekettek, a tubusok és az ívek felszínén alakulnak ki vékony, színtelen, szabad szemmel alig látható rétegben. Nagyrészt feloldódott ételmaradékból állnak, és kitűnő táptalajt jelentenek a baktériumok számára. A plakk, idővel a nyálban jelenlevő ásványi anyagok - kalcium, foszfát - hatására egyre keményebbé válik, majd elmeszesedik. Ezt az így létrejött, meszes plakkot nevezzük fogkőnek. A fogkő az íny alatt és az íny fölött is kialakulhat, elsősorban azokon a fogfelszíneken, amelyek a nyálmirigyek kivezető nyílásához közel helyezkednek el. Így elsősorban a felső, oldalsó fogak - a kis és nagyőrlők - külső, valamint az alsó, elülső frontfogak - metszők és szemfogak - belső, nyelv felőli felszínén. Azok a brekettek, amelyek ezeken a fogakon helyezkedtek el jól látható módon nagyobb

mennyiségű fogkő alakult ki. A minták fém sínjeiben kialakult fogkő azonban nagymértékben függ az ív és a sín kapcsolatától is. A brekettek, amelyek fém vályújának felszínét összefüggő plakk, illetve fogkőréteg borította, valószínűleg nem tudtak megfelelően szoros kapcsolatot kialakítani a fogszabályozó ívvel, így az ív alatt vagy mellett ki tudott alakulni a fogkő (41-42. ábra).



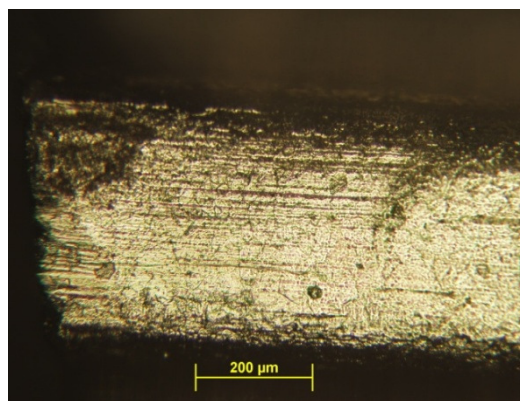
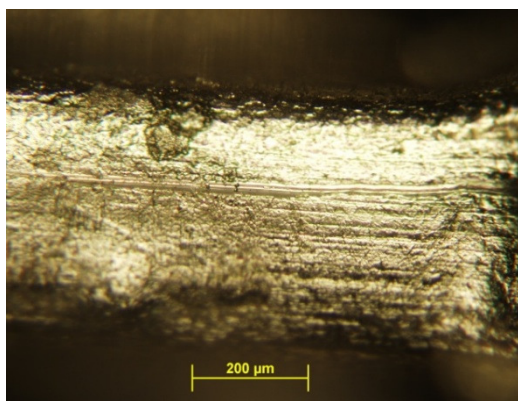
41. ábra. A fogak rendezetlensége miatt az ív a brekettekkel nem tudott megfelelően szoros kapcsolatot kialakítani



42. ábra. 2-es (bal oldali kép) és 8-as (jobb oldali kép) számú brekettek sztereomikroszkópos képe

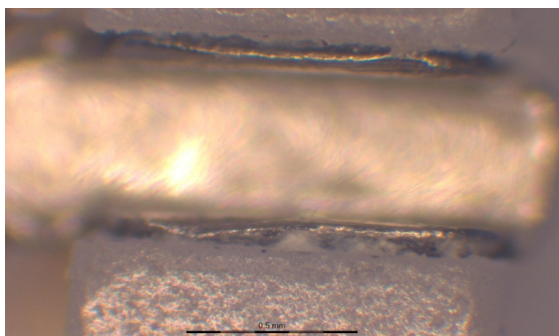
A fogszabályozás kezelés során a páciensnek rendszeres ellenőrzéseken kell megjeleníteni, ahol a szakorvos a kezelési terv alapján elvégzi a készülék aktív elemeinek cseréjét és ellenőrzi, illetve szükség esetén beállítja a fogszabályozó ív megfelelő rugalmasságát. A drót rugalmassága fejt ki a szükséges erőt a kiálló fogakra, amelynek hatására fogak elmozdulnak a kívánt irányba. Az ív és a sín közötti kapcsolat akkor megfelelő, ha a brekett az ív megfeszítéséből eredő erőt a legkevesebb veszteséggel képes átadni a fogaknak, emiatt törekedni kell a köztük fellépő csúszás elkerülésére. Ennek érdekében használják a fogorvosok a ligatúrákat, amik a fogszabályozó ívet rögzítik a

zárakhoz. Azonban a drót megfelelő rugalmasságának beállítása érdekében a szakorvos meghúzza az ívet a zárban, ennek hatására súrlódás lép fel a felületek között. A sztereomikroszkópos, fémmikroszkópos és elektronmikroszkópos vizsgálatok is kimutatták, hogy a súrlódás következtében nagy mértékben roncsolódott a brekettek és ívek felülete (43. ábra).

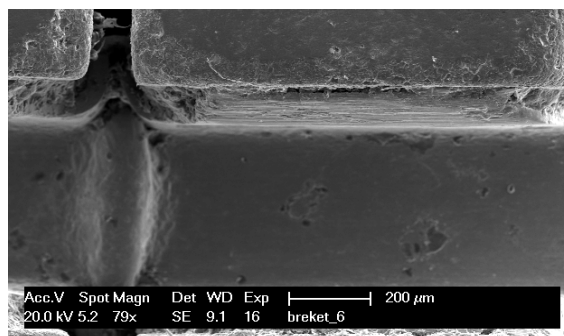


43. ábra. 3-as (bal oldali kép) és 5-ös (jobb oldali) számú brekettek sínjeinek felületi kopása

A legkomolyabban érintett területek a breketteken a fogkő által nem takart részek és a fém sínek szélső szélei, ahol be- illetve kifutott a drót. Azokon a breketteken, amelyeknek zárának belső felszínén nagy mértékű fogkő lerakódás volt, külső szélein erős kopási nyomokat figyeltem meg. Ez bizonyítja, hogy amikor a drót a fogak rendezetlen elhelyezkedése miatt nem megfelelően simult a sínbe, alatta lerakódott a plakk, amelyből később fogkő alakult ki. Az ívek és brekettek nem megfelelő érintkezése miatt a szakorvos az ívet a sín széleinek érintkezésével tudta beállítani, amelynek eredménye nem csak a zár éleinek kopása lett, hanem az él torzulása is (44-45. ábra).

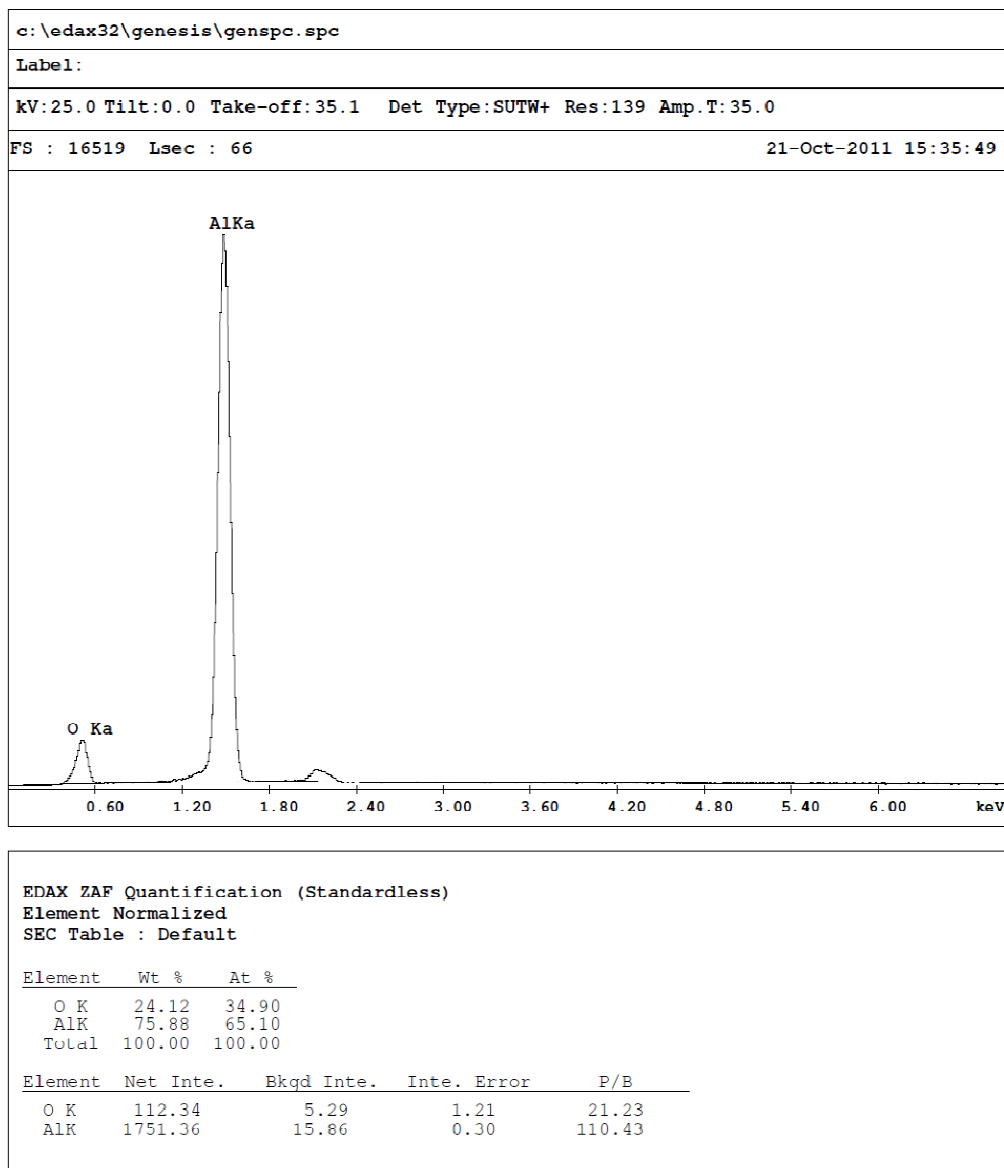


44. ábra. 3-as számú brekett sínjének él torzulása
sztereomikroszkópos képen



45. ábra. 6-os számú brekett sínjének erősen kopott éle
elektronmikroszkópos felvételen

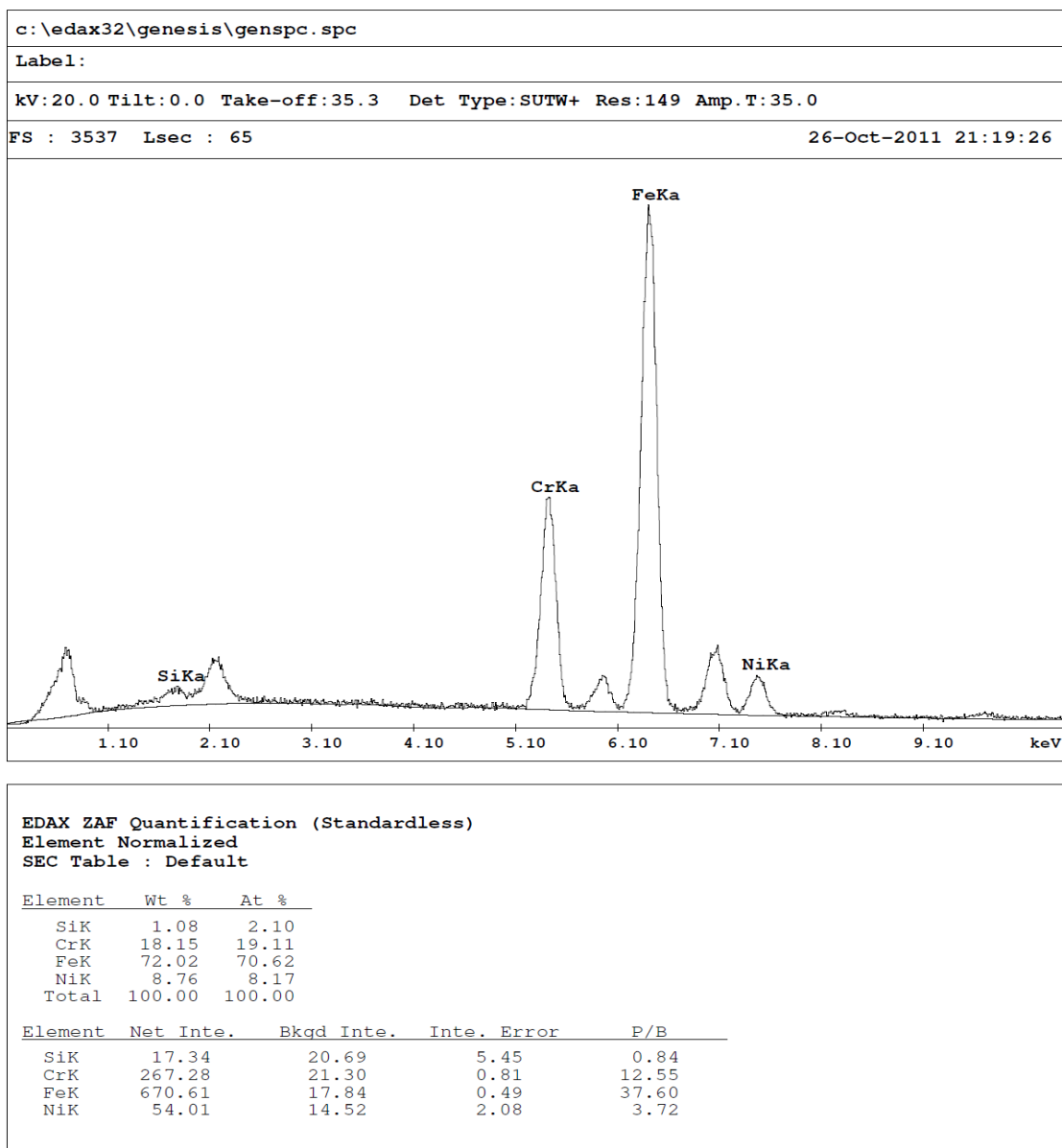
Pontosabb eredmények érdekében *pásztázó elektormikroszkóppal* is megvizsgáltam a mintáimat. Az energiadisziperzív analízis során kapott diagramból meg tudtam határozni a szárny anyagát (1. diagram).



1. diagram. Brekett szárnyának anyagösszetétele

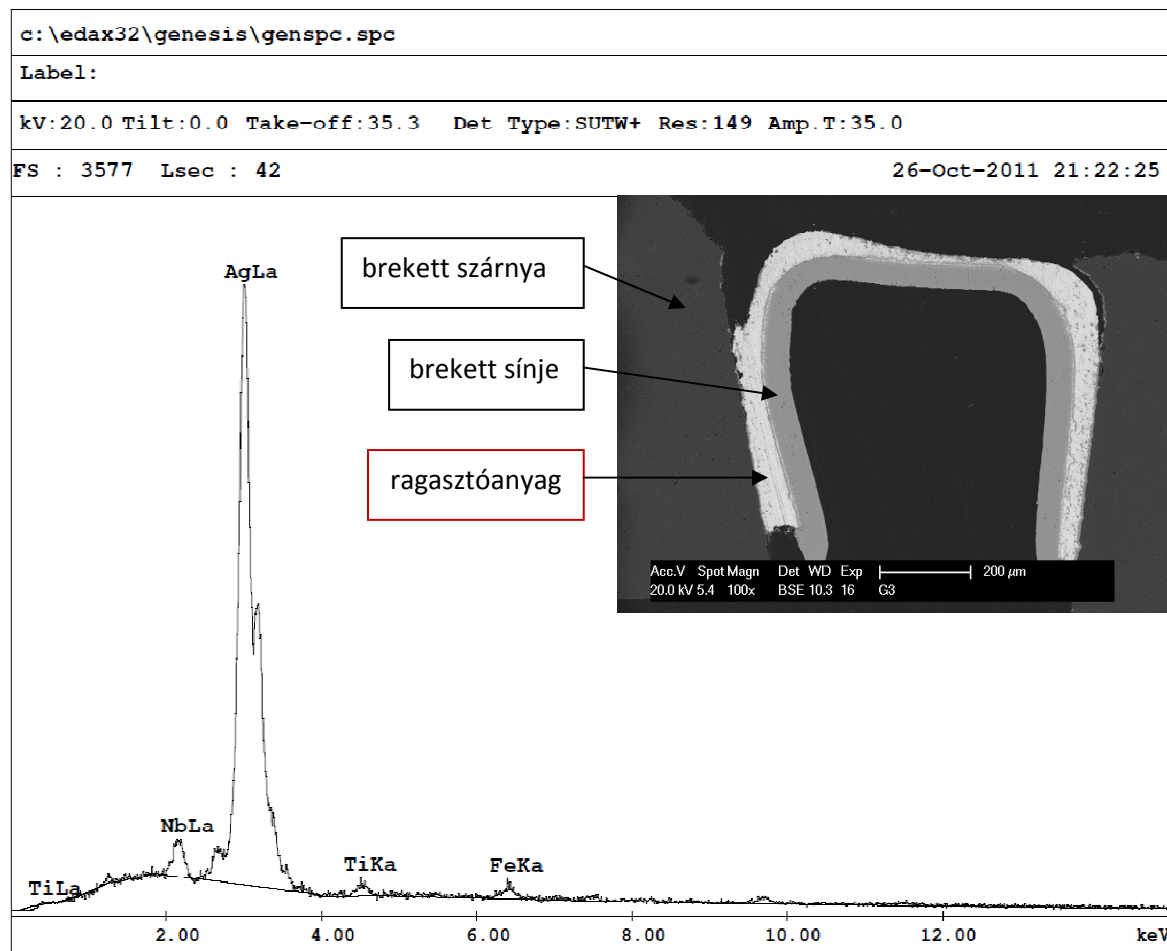
A diagram alapján egyértelműen alumínium-oxid kerámiáról van szó, de a mért összetételben több alumínium van, mint a tiszta alumínium-oxidban. Elvileg ~47% (atomtömeg%) oxigént kell tartalmaznia és ~53% alumíniumot a tökéletes alumínium-oxidnak, ezzel szemben a mérésben 35% O és 65% Al szerepel. [22] Az ilyen mértékű eltérést nem magyarázza a mérési hiba, bár az EDS a kisebb rendszámú elemeket nagyobb hibával méri.

A fém sín anyagának pontos vizsgálatához csiszolat elkészítésére volt szükség. A 7-es számú mintát választottam ki a csiszolásra annak érdekében, hogy ezáltal nem csak a sín anyagának összetételét tudom pontosabban meghatározni, hanem a minta töretfelületét is előnyösebb síkból láthatom. Az elektronmikroszkópos mérés során megfigyeltem, hogy az Al_2O_3 szárny és a fém sín között egy kötőréteg is jelen van. A sín anyagának vizsgálatából kiértékelhető, hogy vegyi összetétel alapján ez feltehetően egy 302-es vagy 304-es korrózióálló acél (1.4301--> 304). Valószínűbb, hogy 304-es mert ez a nagyobb tömegben előállított változat. Ez egy elsősorban iparban alkalmazott ötvözet (2. diagram).[22]



2. diagram. A brekett sínjének anyagösszetétele

Azonban a középső, kötő rétegre rámérve meglepő adatokat kaptunk, miszerint a kötőanyag 91,5 atomtömeg százalékban ezüstöt tartalmaz (3. diagram).



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %
NbL	4.55	5.03
AgL	91.50	87.21
TiK	1.56	3.35
FeK	2.39	4.41
Total	100.00	100.00

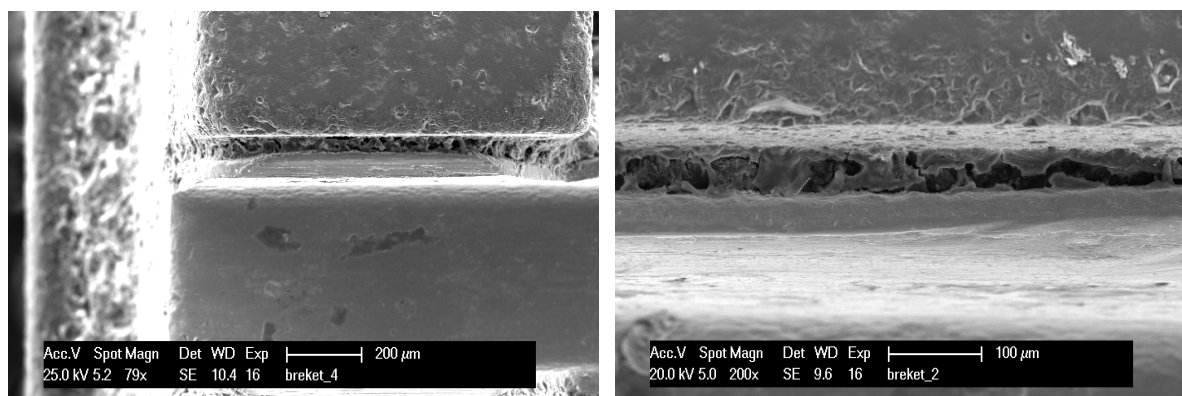
Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
NbL	45.61	49.81	4.07	0.92
AgL	778.47	40.82	0.58	19.07
TiK	17.53	27.32	7.46	0.64
FeK	19.43	25.54	6.66	0.76

3. diagram. A brekett szárnya és sínje között található ragasztóanyag összetétele

A diagram alapján feltételezem, hogy vagy egy főként ezüst tartalmú bevonatról van szó vagy egy plattírozott fémlemezről (ezüst-304). Az ezüst funkciója valószínűleg a fertőzések

megakadályozása és baktériumölő hatásának köszönhető. Azért gondolom, hogy esetleg plattírozásról van szó, mert a vegyi összetétel más alkotókat is tartalmaz, amelyeknek nem látom a funkcióját. A bevonatoló eljárásoknál ugyanis általában nagytisztaságú bevonat képződik, míg egy plattírozásra szánt ezüstlemez tartalmazhat ilyen szennyezőket.

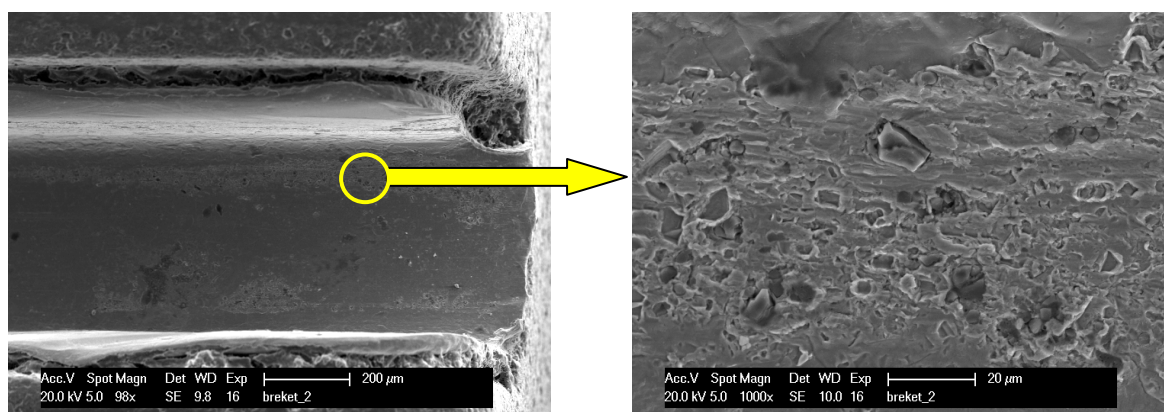
3, 7, 9, 10 mintákon olyan különleges tulajdonságra lettem figyelmes sztereo- és fémmikroszkópos vizsgálatok során, amelyek azt a látszatot keltették, mintha a brekettek fém sínjei duplafalúak lennének. Azonban ezt a megállapításom az elektronmikroszkópos mérés teljesen megcáfolta és a képeken jól látható, hogy valójában a fém sín elvált a kerámia szárnytól és egy nyílás keletkezett (46. ábra).



46. ábra. Elektronmikroszkópos felvételek, amint a fém sín elvált a kerámia szárnytól és egy nyílás keletkezett

Feltételezésem a képeken látható károsodás kialakulására, hogy az ív által átadott erő a fog mozgása következtében különböző irányokból hatott a brekett sínjére, amely a kötőanyag elfáradásához vezethetett. A károsodás valószínűleg a használat során történt, mert az elektronmikroszkópos vizsgálat során kimutatható volt a repedésben a kalcium tartalom, amely a használat során kialakult fogkő jelenlétére utal.

Az elektronmikroszkópos mérés különös eredménye, hogy a fém sín felületén Al_2O_3 szemcséket találtam, amelyből arra lehet következtetni, hogy a szárny anyagából a használat során ki tudott válni kerámia és az ív alá kerülve bele sűrűlött a sín felületébe (47. ábra).

47. ábra. A fém sín felületén látható Al_2O_3 szemcsék

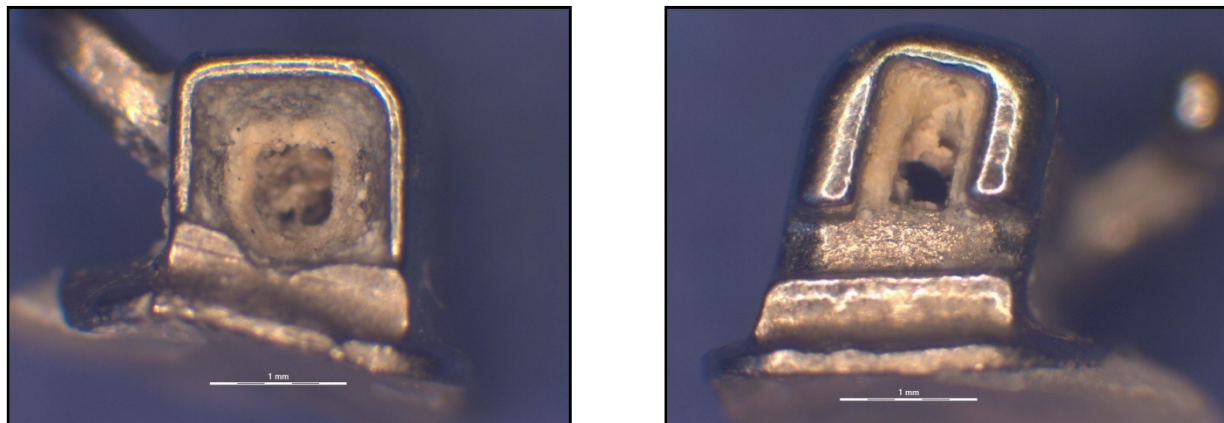
Kutatásom során alkalmam nyílt **atomierő-mikroszkópos vizsgálat** segítségével meghatározni a 3-as számú minta sínjének felületi érdességét. A vizsgálathoz le kellett csiszolni a brekettet, hogy a mikroszkóp tüje akadálytalanul tudja a sín felületét pásztázni. A mérés során kapott eredményeket a Gwyddion program segítségével értékeltem ki. A mikroszkóp tujével letapogatott felszínen 10 mérési területet vettem fel, amelyeknek felületi érdességi értékeit végül átlagoltam.

3 számú brekett atomierő-mikroszkópos mérési adatai

Mérési pontok	Mért felület (m^2)	Átlagérték (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)	Ra (μm)	Rms (μm)
1	$0,065930 \cdot 10^{-9}$	-3,256	-4,018	-2,667	0,261	0,312
2	$0,050156 \cdot 10^{-9}$	0,891	0,767	1,134	0,053	0,062
3	$0,100311 \cdot 10^{-9}$	0,618	0,265	1,188	0,079	0,105
4	$0,062343 \cdot 10^{-9}$	0,415	0,254	0,725	0,072	0,083
5	$0,069368 \cdot 10^{-9}$	0,319	0,029	0,754	0,087	0,104
6	$0,068368 \cdot 10^{-9}$	-0,075	-0,25	0,456	0,046	0,064
7	$0,087054 \cdot 10^{-9}$	0,061	-0,346	0,472	0,105	0,135
8	$0,123525 \cdot 10^{-9}$	0,324	-0,283	0,708	0,163	0,192
9	$0,084575 \cdot 10^{-9}$	0,008	-0,259	0,294	0,074	0,094
10	$0,064230 \cdot 10^{-9}$	0,413	0,087	0,749	0,073	0,092
Átlagértékek		-0,0282	-0,3754	0,3813	0,1013	0,1243

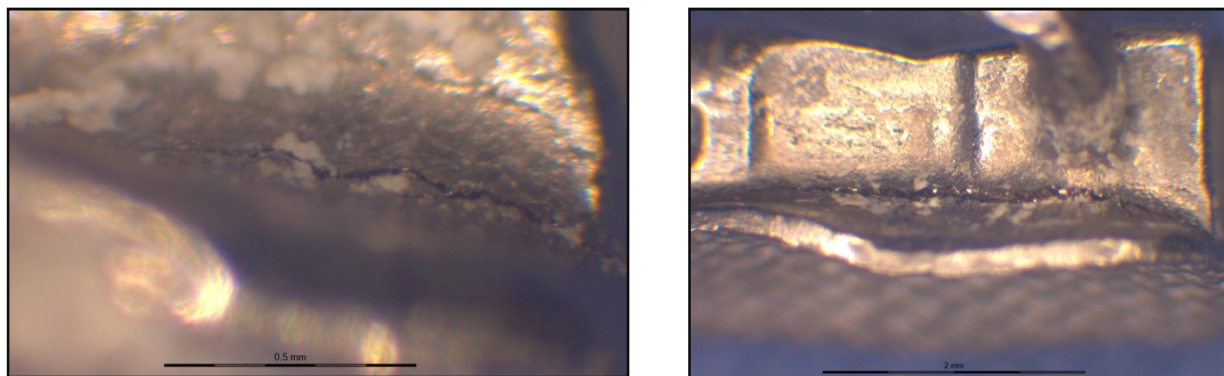
3.5 Tubusok vizsgálata

A tubusok vizsgálatait először *sztereomikroszkópos mérésekkel* kezdtem. A mikroszkóppal jól látható volt, hogy mindegyik mintánál a nyílások bemeneténél a használat során plakk és fogkő rakodott le (48. ábra).



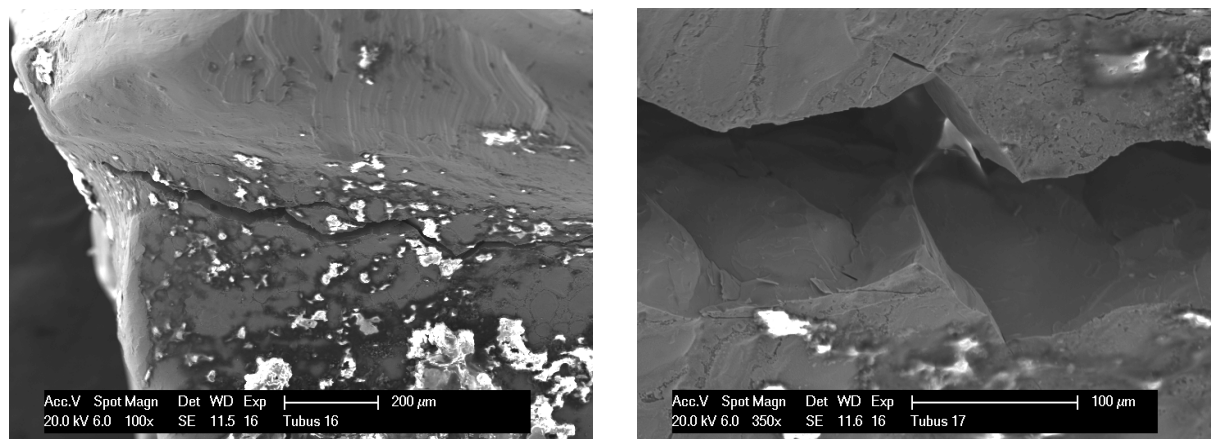
48. ábra. 16-os tubus nyílásain látható lerakódás sztereomikroszkópos képei

16-os és a 17-es számú tubusokon repedésekre lettem figyelmes. Mind a két mintánál ugyanazon az oldalon alakult ki. A 16-os számú mintán kisebb méretű töret látható, míg a másikon szinte a tubus teljes hosszában (49. ábra).



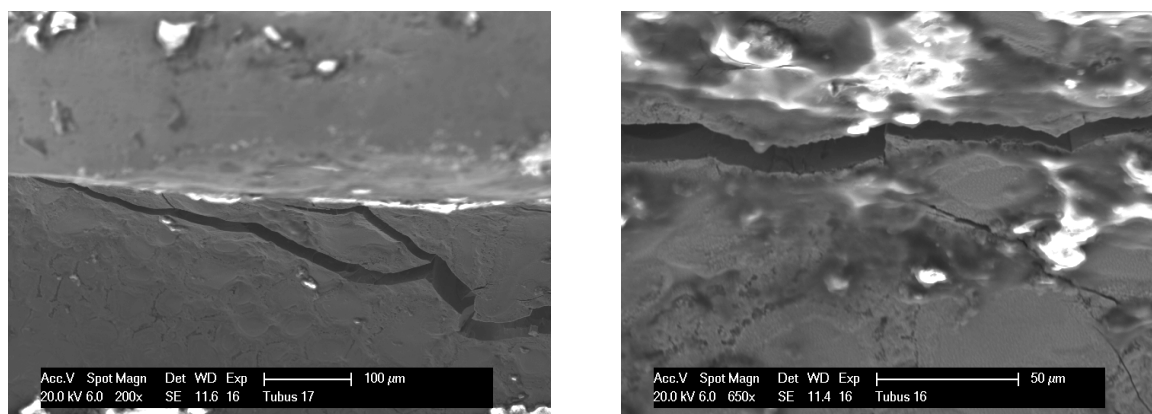
49. ábra. 16-os (bal oldali) és 17-es (jobb oldali) tubusokon található repedések sztereomikroszkópos képei

A pontosabb eredmények érdekében *elektronmikroszkóppal* is megvizsgáltam a tubusokat. A mérés során elkészített képeken látható, hogy a töret felülete éles éllel van határolva, amely bizonyítja, hogy ez a repedés egyszeri nagy igénybevétel következtében kialakult rideg töret (50. ábra).



50. ábra. 16-os és 17-es tubusokon kialakult repedések elektronmikroszkópos képei

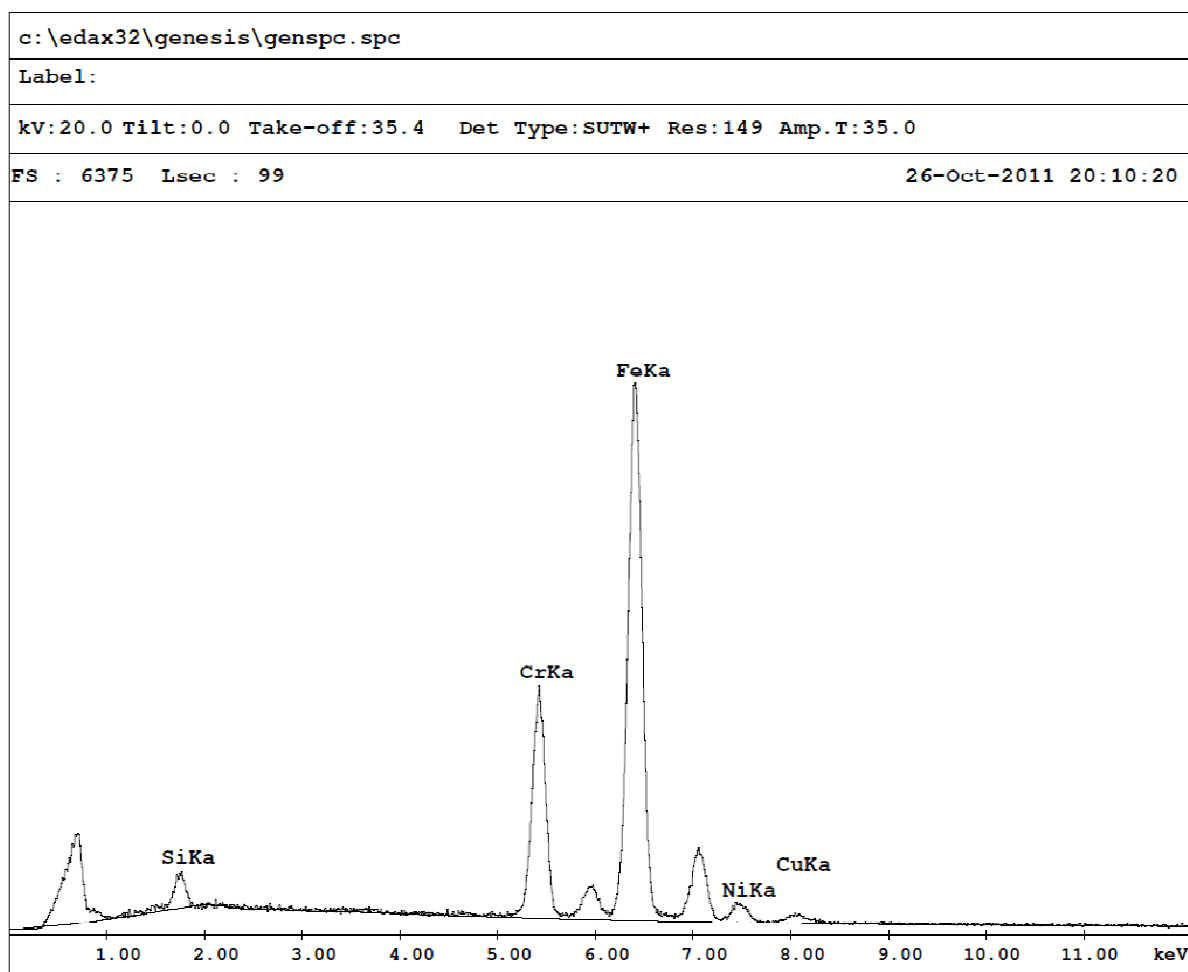
Ez a megállapítás arra enged következtetni, hogy a roncsolás a tubus eltávolítása során történt. Továbbá ezt a feltételezést az is alátámasztja, hogy a repedésekben nem található használat során lerakódott plakk és fogkő. A 17-es számú tubuson megfigyelhető, hogy a repedés nyílása ott a legszélesebb, ahol a talp a legnagyobb mértékben deformálódott, amely azt jelenti, hogy a ragasztó anyag a középső területen erősebben tartotta össze a fogat és a tubust, így eltávolítás során a minta képlékenyen alakváltozott, majd megrepedt és a repedés végig futott a minta teljes hosszán. A tubus két szélén a repedés hajszálvékony méretűvé csökken, és további repedések indulnak ki (51. ábra).



51. ábra. 16-os és 17-es tubusokon látható repedések elektronmikroszkópos képei

A 16-os és 17-es minták összehasonlítása során észrevettem, hogy a 16-os mintán kisebb méretű a repedés és az alakváltozás, amelyből arra következtettem, hogy a ragasztóanyag kötésének feloldásához kisebb erő befektetésére volt szükség. Továbbá a 16-os tubuson a roncsolás a szélén alakult ki, így valószínűleg ennél a mintánál ezen a helyen volt erősebb a kötés.

Az elektronmikroszkóp EDAX rendszere a tubus anyagösszetételéről a 4. diagramot készítette.



EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Element Normalized

SEC Table : Default

Element	Wt %	At %
SiK	1.97	3.82
CrK	18.12	18.94
FeK	73.00	71.04
NiK	4.27	3.96
CuK	2.63	2.25
Total	100.00	100.00

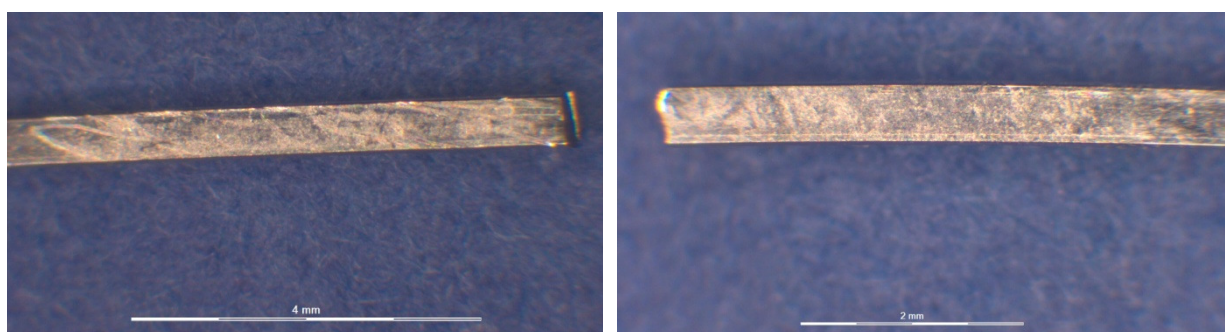
Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
SiK	30.30	23.02	2.89	1.32
CrK	251.73	16.68	0.67	15.10
FeK	639.05	14.19	0.41	45.04
NiK	24.82	11.80	2.81	2.10
CuK	12.34	10.39	4.68	1.19

4. diagram. Tubus anyagösszetétele

Az adatok kiértékelése során megtudtam, hogy a tubus anyaga valószínűleg egy martenzites korrózióálló acél.

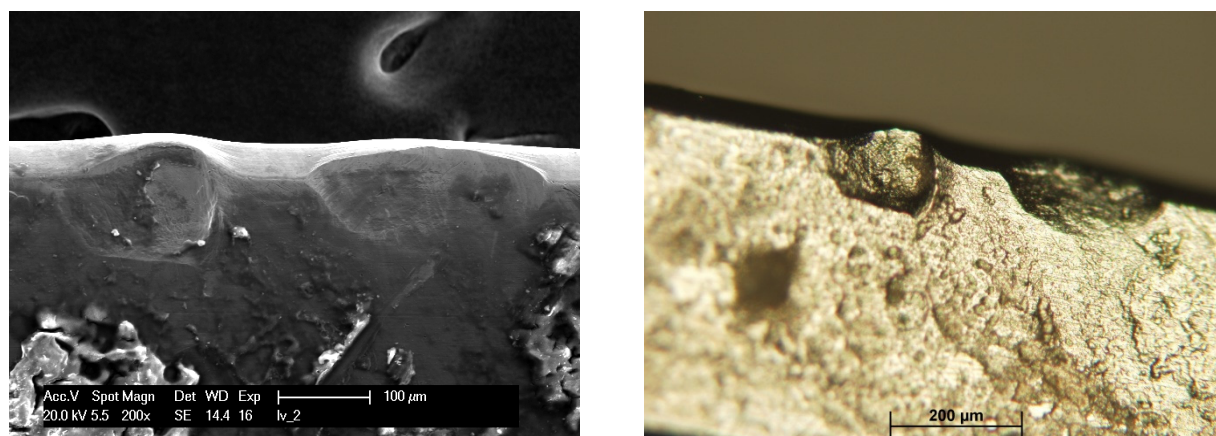
3.6 Fogsabályozó ívek vizsgálata

Szabad szemmel is észrevehető, hogy a vizsgálatra felajánlott ívek keresztmetszete téglalap alakú. Pontosabb mérések érdekében a mintákat *sztereomikroszkóppal* is megvizsgáltam. Az I. és II. számokkal jelölt mintákon hasonló anyaghibákat találtam. Mindkét ív végein mély kopási nyomok figyelhetők meg, amelyet az ív beállítása, meghúzása során használt műszer okozhatott (52. ábra).

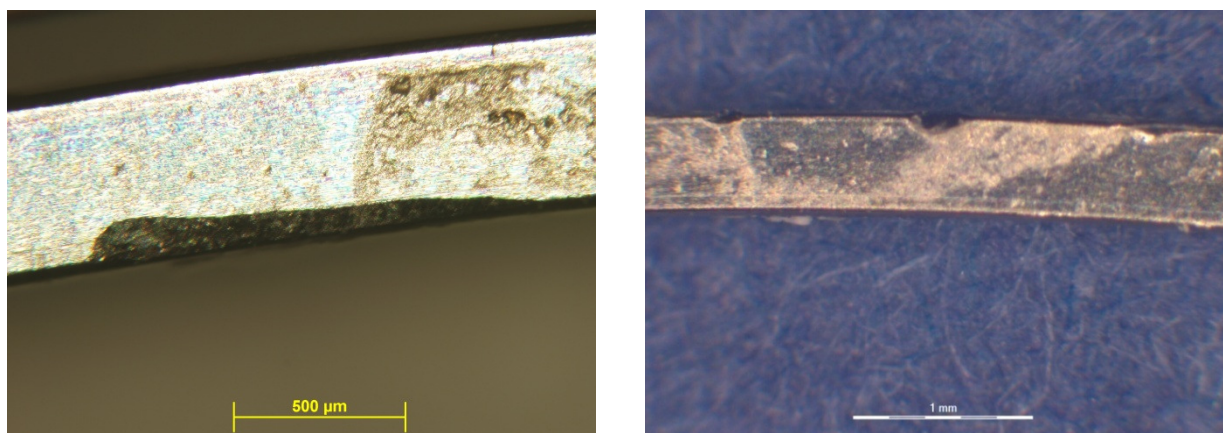


52. ábra. I-es és II-es számú ívek végeinek kopási nyomai sztereomikroszkópos képeken

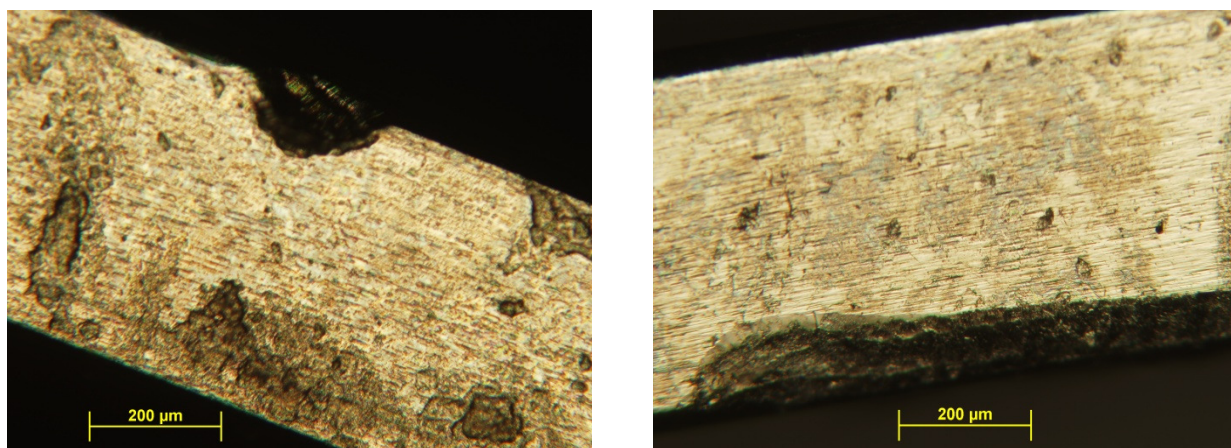
Ugyancsak mindkét mintán látható a használat során lerakódott plakk és fogkő a brekett sínjei által nem takart felületeken. Az ívek éles éllel rendelkeznek, amelyek feszültség gyűjtő helynek számítanak, emiatt könnyedén roncsolódhatnak. Ezekre az élhibákra sztereo-, fém- és elektronmikroszkóppal készített képek mutatnak példákat (53-55. ábrák).



53. ábra. Elektron- (bal oldali) és fémmikroszkópos (jobb oldali) képek a II-es ív egyik élhibájáról



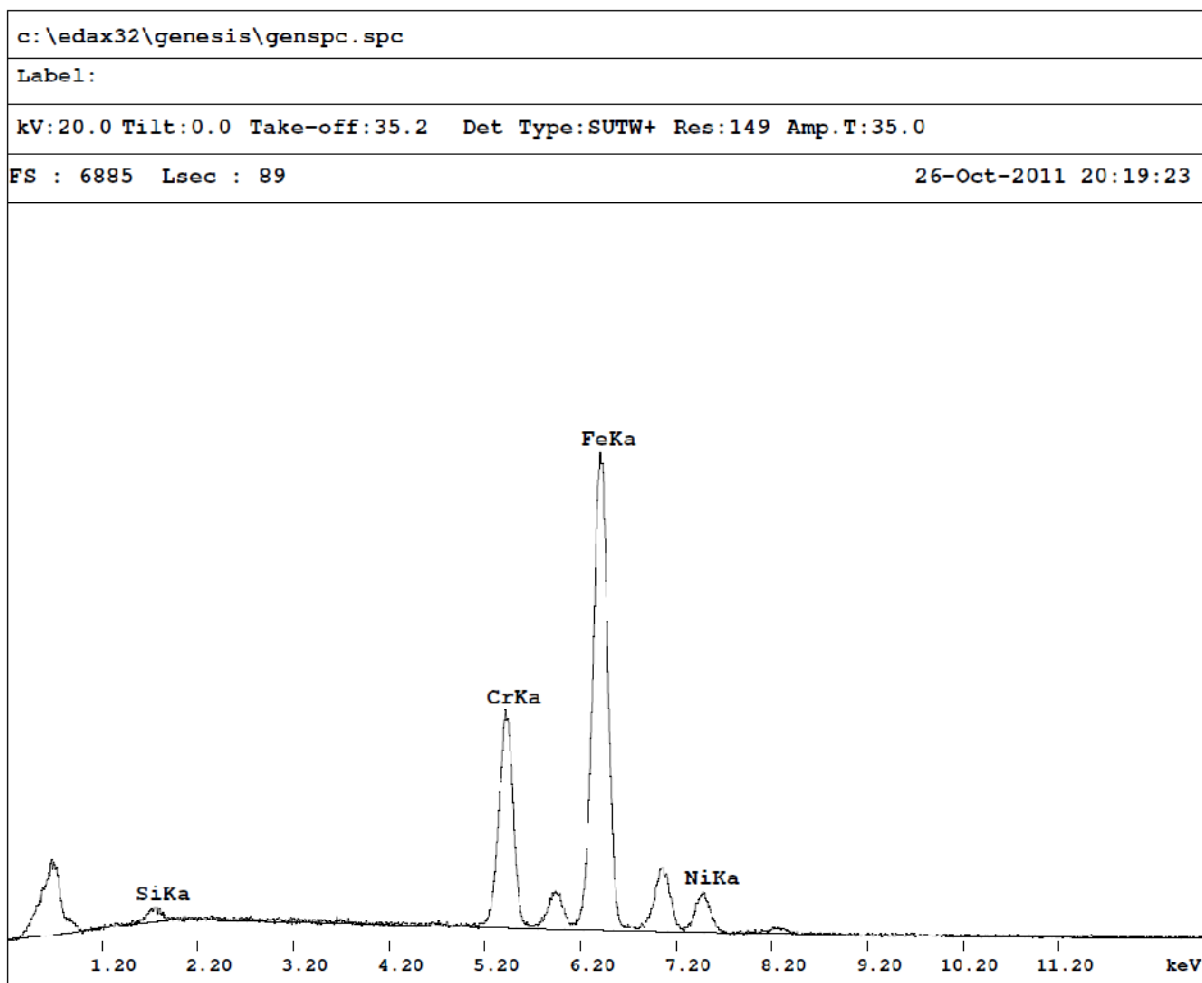
54. ábra. Fém-(bal oldali) és sztereomikroszkópos (jobb oldali) képek az I-es ív élhibáiról



55. ábra. II-es ív fémmikroszkópos képei a keletkezett élhibákról

A roncsolások mérete és alakja különböznek egymástól kialakulásuktól függően. A károsodást okozhatta az ív eltávolítása során használt műszer, esetleg a használat során fogyasztott keményebb ételek vagy az ív meghúzása, amikor a brekett sínje „belevágott” az ívbe a köztük lévő éles szög miatt.

Az elektronmikroszkópos vizsgálat során az ív anyagát is meg tudtam határozni a röntgensugárzás intenzitását és energiáját ábrázoló diagram alapján (5. diagram). A diagramról leolvasható, hogy az ív anyaga ugyancsak egy 304-es korrózióálló acél, amely szinte teljesen megegyezik a brekett sínjének anyagával. Ezáltal biztosítják, hogy az ív és a sín a lehető legkisebb mértékben koptassák egymást, annak érdekében, hogy fennmaradjon a felületek közötti jó tapadás, amely az erők közvetítésében játszik nagy szerepet.



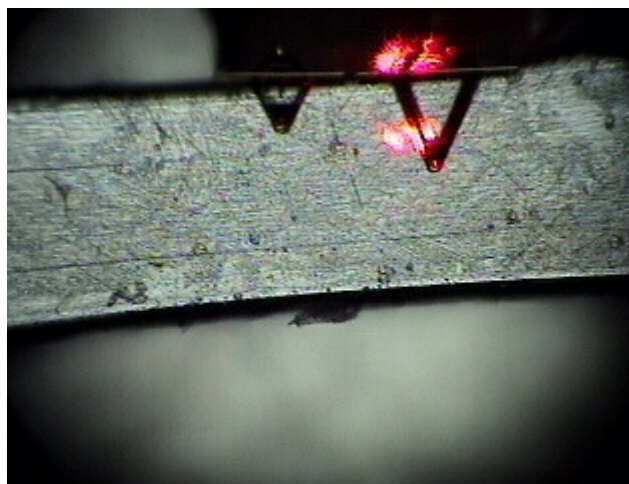
EDAX ZAF Quantification (Standardless)
 Element Normalized
 SEC Table : Default

Element	Wt %	At %
SiK	0.95	1.85
CrK	19.11	20.14
FeK	70.78	69.45
NiK	9.16	8.55
Total	100.00	100.00

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
SiK	16.08	23.32	5.20	0.69
CrK	294.49	20.68	0.66	14.24
FeK	691.59	18.00	0.41	38.42
NiK	59.37	15.37	1.69	3.86

5. diagram. Az ívek anyagösszetétele

Atomierő-mikroszkóp segítségével a II-es számú ív más tulajdonságát, a felületi érdességét is volt alkalmam megvizsgálni. (56.ábra) A mérés elvégzéséhez az ívet kisebb részekre kellett vágni, hogy beférjen a mikroszkópba. A vizsgált ív végéről és közepéről kivágott mintákat vizsgáltam. A mintáról készített képeken 9 darab mérési felületet vettem fel és ezeket az adatokat is a Gwyddion program segítségével értékeltem ki. A táblázatban



56. ábra. A II-es számú ív felületének pásztázása atomi-erőmikroszkóp mérése során

összefoglalt adatok mutatják, hogy az ív végén sokkal nagyobb a minimális értékek átlaga mint az ív középső részén, azonban a Ra és Rms felületi érdességi értékek közel azonosak, sőt az ív középső részén mért érdességi értékek magasabbak. Ezek az adatok alátámasztják, hogy az ív végei erősen kopottak, és néhány helyen mély karcolásokat okozott az eszköz, amellyel a szakorvos a drót beállítását végezte.

II. számú ív középső részének AFM-el mért adatai:

Mérési pontok	Mért felület (m ²)	Átlagérték (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)	Ra (μm)	Rms (μm)
1	2,458105 × 10-9	0,28	-0,153	0,464	0,071	0,086
2	0,125457 × 10-9	0,242	-0,096	0,498	0,049	0,062
3	0,167265 × 10-9	0,247	0,003	0,594	0,073	0,09
4	2,357235 × 10-9	0,213	-0,075	0,306	0,039	0,05
5	0,151813 × 10-9	0,136	0,023	0,388	0,033	0,041
6	0,120350 × 10-9	0,184	0,019	0,634	0,03	0,041
7	2,832045 × 10-9	0,101	-0,624	0,885	0,09	0,14
8	0,298742 × 10-9	0,09	-0,053	0,648	0,033	0,045
9	0,081717 × 10-9	0,092	-0,056	0,343	0,032	0,044
Átlagértékek:		0,176	-0,112	0,529	0,05	0,067

II. számú ív végének AFM-el mért adatai:

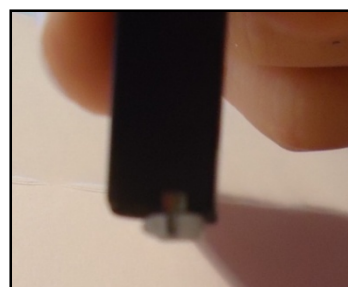
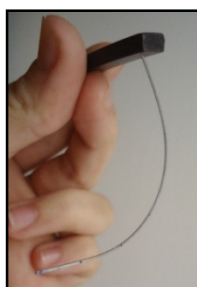
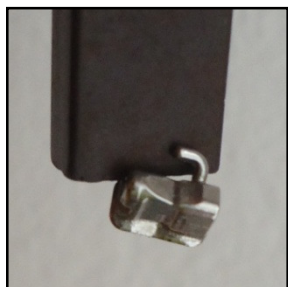
Mérési pontok	Mért felület (m ²)	Átlagérték (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)	Ra (μm)	Rms (μm)
1	0,152629 × 10 ⁻⁹	0,192	-0,046	0,436	0,031	0,039
2	0,322068 × 10 ⁻⁹	0,182	-0,826	0,35	0,037	0,048
3	0,245440 × 10 ⁻⁹	0,195	0,023	0,359	0,028	0,039
4	2,535522 × 10 ⁻⁹	0,243	-0,456	0,452	0,04	0,055
5	0,143866 × 10 ⁻⁹	0,249	0,171	0,363	0,015	0,02
6	0,190185 × 10 ⁻⁹	0,25	0,09	0,42	0,034	0,043
7	2,639763 × 10 ⁻⁹	0,211	-2,359	0,507	0,102	0,136
8	0,136110 × 10 ⁻⁹	0,203	-0,435	0,719	0,04	0,062
9	0,137774 × 10 ⁻⁹	0,116	-0,208	0,59	0,073	0,094
Átlagértékek		0,205	-0,450	0,466	0,044	0,060

3.7 A legérdekesebb mérési eredményem

A pásztázó elektronmikroszkópos mérés során a legmeghökkenőbb eredményem egy teljesen véletlen mozdulatnak köszönhető. Amikor a tubus a mintatartóra került felhelyezésre, „hozzáragadt” a fém csipeszhez, így meglepő módon tapasztaltam, hogy a tubus mágnes tulajdonságokkal rendelkezik. Később más mágneses anyagokhoz közelítve is kitűnően gyakorolta mágneses képességét, ezáltal kizárhattam azt a feltételezést, hogy a csipeszen esetleg ragasztó anyag volt, és csak emiatt ragadt meg rajta a tubus (57. ábra).

Kíváncsiságomat nem hagyta nyugodni az a feltételezés, hogy vajon a fogszabályozó többi része is rendelkezik-e mágneses tulajdonságokkal. A vizsgálat érdekében az ívet is egy mágnes mellé helyeztem, amely a képen látható módon erősen vonzódott a mágneshez.

Az elektronmikroszkópos mérések során kiderült, hogy az ív és a brekett sínjének anyaga minimális százalékban térnek el egymástól, emiatt várható volt az eredmény, hogy a brekett sínje is mágneses. A képen látható, hogy a kerámia szárnyat lefejtettem a fém sínről, hogy bizonyítani tudjam mágneses képességét (57. ábra).



57. ábra A tubus (bal oldalt), az ív (középen) és a brekett sínjének (jobb oldalt) mágneses képességét bemutató képek

3.8 A mérési eredményeim összefoglalása

Az anyagvizsgálati mérések és a szakirodalmi kutatások eredményei alátámasztják, hogy a vizsgálatra felajánlott Al_2O_3 kerámia szárnyakkal és ausztenites acéllal erősített fém sínekkel rendelkező breketteket a szakorvosok nem tudják többször felhasználni, mert eltávolításuk roncsolásos eljáráson alapul.

A tubusok állapota is jelentős mértékben a fogszabályozó eszköz levétele során roncsolódott, hiszen négy darab mintából kettőn jól észrevehető rideg töret felületet találtam a mikroszkópos mérések során. A tubusok apró mérete miatt (körülbelül 4mm a hosszúságuk) a repedéseket szabad szemmel szinte lehetetlen lenne észrevenni, emiatt újra felhasználás előtt mindenképpen szükséges egy alapos mikroszkópos vizsgálat.

A fogszabályozó ívek az anyagvizsgálati eljárások során nem mutattak olyan folytonossági hibákat, amelyek másodlagos felhasználás során veszélyt jelentenének a páciensek számára. Bár a kopott felületek és az él hibák kisebb tapadást biztosítanak, de az új ligatúrák nem engednék kicsúszni az ívet a zárból. Az ív felületén lerakódott plakk és fogkő is eltávolítható megfelelő sterilizáló anyagokkal és eszközökkel.

A vizsgált fogszabályozó eszköz részeinek újrafelhasználását azonban mágneses tulajdonsága megkérdőjelezi. A brekettek, tubusok és ívek mágneses képessége nem csak másodlagos, hanem már az elsődleges felhasználásnál is jelentős veszéllyel fenyegeti a viselőjét, hiszen a szakorvosok nem számítanak rá. Például a Pécsi Diagnosztikai Központ oldalán olvastam, hogy "fogszabályzó esetén a koponya, a nyaki lágyrész és a nyaki gerincvizsgálatát különböző mértékű műtermékek zavarhatják meg. Ilyen esetekben a vizsgálat értékelhetőségének eldöntéséhez az MR-berendezésen egy úgy nevezett topogram készül, ami egy tájékoztató jellegű néhány másodperces vizsgálat, amely alapján megállapítható, hogy várhatóan a konkrét vizsgálat során a keletkező műtermékek (a fém diagnosztikai felvételen tapasztalható árnyéka) a vizsgálatot mennyire zavarják. Abban az esetben ajánljuk a folytatást, ha az orvos úgy ítéli meg, hogy a műtermékek ellenére a vizsgálat megfelelően értékelhető lesz." Ez a kis idézet is jól tükrözi, hogy a rögzített fogszabályozó eszközök árnyékolására számítanak azonban mágnesességére egyáltalán nem, amely súlyos kockázatokat jelenthet.

4 TOVÁBBI KUTATÁSI TERVEIM

További kutatásaim során szeretném megvizsgálni, hogy:

- más geometriájú és anyagú brekettek alkalmasak lennének-e másodlagos felhasználásra.
- hogy milyen okból tartalmaz a kötőanyag ilyen mennyiségű ezüstöt.

Későbbi kutatásaim során szeretnék:

- a tubusokról csiszolatot készíteni, hogy alagútszerű nyílásuknak belső felszínét is pontosan meg tudjam vizsgálni.
- részletesen kitérni az ívek merevségi és keménységi tulajdonságaik mérésére, azt kutatva, hogy az ívek használatuk során milyen mértékben képesek megtartani merevségüket.
- a fogszabályozó eszköz részein mágneses tulajdonság méréseket végezni illetve más fajta készülékeket is vizsgálni, hogy rendelkeznek-e mágneses képességgel.

5 FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] <http://www.tintakiado.hu/cgi-bin/e-szotar/lat/search.cgi> (2011-11-06)
- [2] <http://www.super55.com/main.php?lang=hun> (2011-11-06)
- [3] Bognár Eszter, Ring György, dr. Dobránszky János: *Fogászati szerszámok vizsgálata*, TDK-dolgozat, 2004. november 9.
- [4] Szentágothai János, Réthelyi Miklós: *Funkcionális anatómia I., II., III.*, Medicina Könyvkiadó RT., Budapest 2002, ISBN 963 242 564 2
- [5] http://drimmun.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=235&Item (2011-11-06)
- [6] <http://www.sanoraldentalclinic.eu/hu/muhlreiter> (2011-11-06)
- [7] <http://fogaszatinfo.hu/a-fogszuvasodas-kialakulasa.html> (2011-11-06)
- [8] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Fogszuvasod%C3%A1s> (2011-11-06)
- [9] [http://www.diamantdent.hu/index.php/lang-en/fogaszati kezelesek](http://www.diamantdent.hu/index.php/lang-en/fogaszati_kezelesek) (2011-11-06)
- [10] <http://patikapedia.hu/fogszabalyozas> (2011-11-06)
- [11] <http://www.szikrazomosoly.hu/fogszabalyozas> (2011-11-06)
- [12] <http://www.budadent.hu/fogszabalyozas/52/hun/52> (2011-11-06)
- [13] http://www.fedaszdentel.hu/szolgalatasaink_fogszabalyozas.php (2011-11-06)
- [14] <http://www.hermannortho.hu/> (2011-11-06)
- [15] Tae-Kyung Kim, Ki-Dal Kim, and Seung-Hak Baekc (2008)
Comparison of frictional forces during the initial leveling stage in various combinations of self-ligating brackets and archwires with a custom-designed typodont system
American Association of Orthodontists
- [16] Manu Krishnan, Sukumaran Kalathil, and Kurian Mathew Abrahamc (2009)
Comparative evaluation of frictional forces in active and passive self-ligating brackets with various archwire alloys
American Association of Orthodontists

- [17] Chin-Liang Yeh, Budi Kusnoto, Grace Viana, Carla A. Evans, and James L. Drummond (2007)
In-vitro evaluation of frictional resistance between brackets with passive-ligation designs
American Association of Orthodontists
- [18] Glenys A. Thorstenson, Robert P. Kusy (2004)
Resistance to sliding of orthodontic brackets with bumps in the slot floors and walls: effects of second-order angulation
Elsevier, Dental Materials
- [19] Minna Ehrnrooth, Heidi Kerosuo (2009)
Face and Neck Dermatitis from a Stainless Steel Orthodontic Appliance
The EH Angle Education and Research Foundation
- [20] <http://www.dentalcoop.hu/araink/arlista/> (2011-11-06)
- [21] <http://www.zugloifogaszat.hu/zugloi-fogaszati-arak.html> (2011-11-06)
- [22] M Bosetti, A Masse, E Tobin, M Cannas: *Silver coated materials for external fixation devices: in vitro biocompatibility and genotoxicity*. Biomaterials Volume 23, Issue 3, February 2002, Pages 887-892
- [23] Kiss Ferenc, Szentágothai János: *Az ember anatómiájának atlasza 1. kötet, 2. kötet*, Medicina Könyvkiadó RT., Budapest 2000, ISBN 963 242 644 4
- [24] http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/orthodontics/Unitek/products/ceramic/Clarity-ceramic/ (2011-11-06)
- [25] <http://www.zendent.hu/hu/fogszabalyozas.html> (2011-11-06)
- [26] <http://www.smile-dental.hu/fogszabalyozas.html> (2011-11-06)
- [27] <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/dental+braces> (2011-11-06)
- [28] <http://www.matweb.com/> (2011-11-06)

6 KÉPEK HIVATKOZÁSAI

- {1} http://szajesztetika.network.hu/kepek/fogszabalyzas/vidam_szinesben
- {2} <http://hu.wikipedia.org/wiki/Fog>
- {3} <http://www.dunamed.wlap.hu/hu/dunamed/fogaszati-rontgen/>
- {4} <http://www.archeo.mta.hu/antropologia/metodus.html>
- {5} http://drimmun.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=235&Itemid
- {6} Kiss Ferenc, Szentágothai János: Az ember anatómiájának atlasza 1. kötet, 2. kötet, Medicina Könyvkiadó RT., Budapest 2000, ISBN 963 242 644 4
- {7} Fehér Erzsébet: Maxillofacialis anatómia; Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2001
- {8} <http://www.sanoraldentalclinic.eu/>
- {9} <http://hu.wikipedia.org/wiki/Fogszuvasod%C3%A1s>
- {10} http://www.fogaszat.org/cikkek/sok_antitest_talalhato_az_egeszseges_szajban.
- {11} <http://www.diamantdent.hu>
- {12} <http://www.rozsakertdental.hu/>
- {13} <http://www.lathatatlanfogszabalyzo.hu/fogszabalyzas.html>
- {14} http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/orthodontics/Unitek/
- {15} <http://www.budadent.hu/fogszabalyozas>
- {16} <http://www.hermannortho.hu/>