

Arcidegek szakítóvizsgálata



Készítette:

Charalambous Dafni (RDGHML)

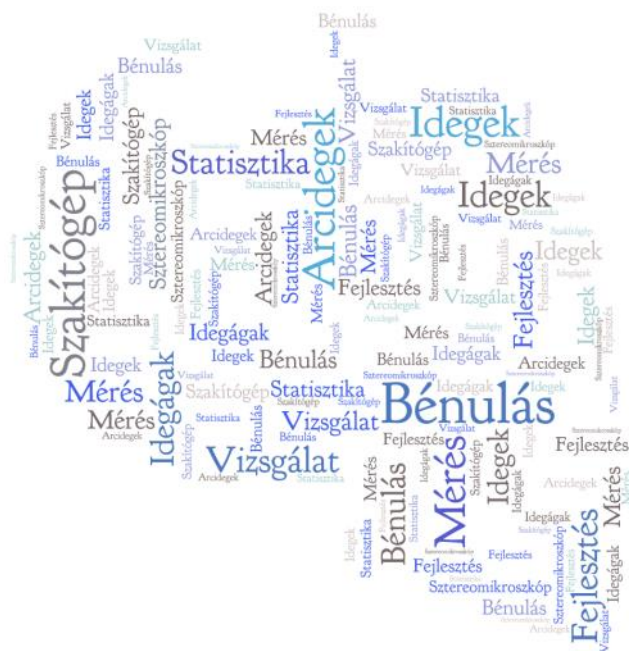
Bán Melinda (LSZNUZ)

Konzulensek:

Dr. Bognár Eszter
adjunktus, BME GPK ATT

Nagy Péter
tanársegéd, BME GPK ATT

Dr. Késmárszky Róbert
fej-nyaksebész



2014

Az emberi kommunikáció főbb csatornái a mimika, a beszéd, a testtartás, valamint a gesztikuláció. A különböző arckifejezések megvalósítására szolgálnak az arcon lévő, rendszert alkotó izmok, amelyek rendkívül finom beidegzéssel bírnak. A társadalom sokszor kirekeszti, megkülönbözteti azokat az embereket, akiknek az arcán valamilyen deformálódás látható. Ilyen arctorzulások lehetnek apró szépséghibák, súlyosabb esetet képezhetnek a jelentősebb fejlődési rendellenességek, traumák, a bőr betegségei, daganatok, illetve a témánk alapját képező arcideg bénulások is.

A műtéti beavatkozás közben az orvosok fő célja a betegséget és a bénulást okozó ok megszüntetése, illetve az oki terápia mellett ideális esetben az eredeti funkció visszaállítása. Emellett még arra is kell ügyelniük, hogy a beavatkozás során az arcon lévő érzékeny idegeket ne érje károsodás a műtét alatt. Ez az a terület, ahol a mérnöki tevékenység és az orvostudomány kapcsolódik.

Kutatásunk során összesen 17 elhunytból eltávolított arcideg szakaszt tanulmányoztunk. Kutatásaink azt a célt szolgálták, hogy az arcműtétet érintő idegszakaszok roncsolásos vizsgálatával és az ebből származó mérési eredményekkel mérhető legyen az idegek terhelhetősége. A kutatás során egy intervallumot határoztunk meg, amely műtét közben az ideg terhelhetőségét mutatja a károsodás (szakadás) pontjáig. Szakítógéppel történő mérésekkel vizsgáltuk a meghatározott idegszakaszokat, azaz az idegeket húzó igénybevételnek tettük ki. Az idegek terhelhetőségén kívül, még azon korábbi kutatásokat is tudtuk bizonyítani, amelyek az idegek anatómiai felépítésére, illetve azok szakadási folyamatára vonatkoznak.

A vizsgálat során alkalmazott befogók fejlesztése is célunk volt, mivel már maga a befogó alkalmazása is károsította az idegeket, így az idegek szakítási folyamata nem hozhatott valós, megbízható értéket.

ABSTRACT

The human's main forms of communication are the facial expressions, speech, body posture and gestures. The muscles of the face, which are of very fine innervation, serve the purpose of executing different expressions. Society often excludes and discriminates those people who have a deformity on their face. Such distortions can be minor flaws, in severe cases even a major developmental abnormality, trauma, skin disease, tumour or facial nerve palsy, on what our topic is based.

During the surgery the doctor's aim is to eliminate the disease which is causing the paralysis and in an ideal situation to reconstruct the function of the nerve. In addition to this they have to ensure that during the operation the sensitive facial nerves are not exposed to any damage. This is the area where the engineering and medicine gets related.

During our research we studied facial nerve sections removed from 17 cadavers. The research served to determine an interval, which indicates the maximum loadability of the nerve and the level at which the nerve gets damaged (tore apart) during the surgery. We used a tensile machine, with what we could measure in what extent the nerves sustain their kilter. Furthermore we could confirm former researches about the anatomical structure of nerves and their elongation process.

In our study we also planned to develop the clamps used for capturing the nerves, because the capturing itself damaged the nerves. This way the researches couldn't give real, reliable value during the rupture process.

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Charalambous Dafni kijelentem, hogy ezt a dolgozatot magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Dolgozatomban minden olyan részt, amelyet szó szerint, azonos tartalommal vagy fordítással átvettem, a forrás megadásával egyértelműen megjelöltem.

Budapest, 2014. október 22.

.....
Charalambous Dafni

Alulírott Bán Melinda kijelentem, hogy ezt a dolgozatot magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Dolgozatomban minden olyan részt, amelyet szó szerint, azonos tartalommal vagy fordítással átvettem, a forrás megadásával egyértelműen megjelöltem.

Budapest, 2014. október 22.

.....
Bán Melinda

TARTALOMJEGYZÉK

ABSZTRAKT.....	2
ABSTRACT.....	3
HALLGATÓI NYILATKOZAT	4
TARTALOMJEGYZÉK.....	5
TÉMASPECIFIKUS KIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA	7
1. BEVEZETÉS	8
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1 ANATÓMIAI HÁTTÉR.....	9
2.1.1 AZ ARCIDEGEKRŐL ÉS AZOK MŰKÖDÉSÉRŐL ÁLTALÁNOSÁGBAN	9
2.1.2. AGYIDEGEK FELÉPÍTÉSE	11
2.2. IDEGEKEN VÉGZETT KÍSÉRLETI MUNKA ÖSSZEFOGLALÁSA	13
3. KITŰZÖTT CÉLJAINK.....	15
4. KÍSÉRLETI MUNKA	16
4. 1. A KÍSÉRLETI MUNKA SORÁN ALKALMAZOTT BERENDEZÉSEK	16
4.1.1. SZAKÍTÓGÉP	16
4.1.2. SZTEREOMIKROSKÓP	17
4.2. KÍSÉRLETI MUNKA FELÉPÍTÉSE.....	17
4.3. ALKALMAZOTT BEFOGÓK FEJLESZTÉSE	21
4.3.1. POLIMER BEFOGÓK ALKALMAZÁSA.....	21
4.3.2. ALUMÍNIUM BEFOGÓK ALKALMAZÁSA.....	22
4.3.3. TOVÁBBFEJLESZTETT ALUMÍNIUM BEFOGÓK ALKALMAZÁSA.....	23
4.3.4. NÉGYZET ALAKÚ ALUMÍNIUM BEFOGÓK ALKALMAZÁSA	24
4.3.5. TOVÁBBI TERVEK	26
5. MÉRÉSEK KIÉRTÉKELÉSE.....	27
5.1 EHUNYTAK ISMERT ADATAI	27
5.2 SZAKÍTÓGÖRBÉK ELEMZÉSE.....	28
5.2.1 ZYGOMATIC ÁG SZAKÍTÓGÖRBÉI.....	29
5.2.2 BUCCALIS ÁG SZAKÍTÓGÖRBÉI	30
5.2.3 MARGINALIS ÁG SZAKÍTÓGÖRBÉI.....	32
5.3 STATISZTIKAI EREDMÉNYEK	34
5.3.1 IDEGEK TERHELHETŐSÉGE.....	34
5.3.2 ELHUNYTAK ISMERT ADATAI ALAPJÁN TÖRTÉNŐ KIÉRTÉKELÉS	36
5.3.3 ARCIDEGEKEN MÉRT JELEMZŐK ALAPJÁN.....	40

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	43
7. FORRÁSJEGYZÉK	44
7.1. IRODALOMJEGYZÉK	44
7.2. ÁBRAJEGYZÉK.....	45
8. FÜGGELÉK	47
8.1. STEREOMIKROSKÓPOS FELVÉTELEK	47
8.2. KITERÍTETT ARCIDEGEK.....	49
8.3. STATISZTIKAI EREDMÉYNEKHEZ FÜZŐDŐ TÁBLÁZATOK.....	51

TÉMASPECIFIKUS KIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA

ideg	szövet típus, mint például a csont, izomszövet, esetünkben egy perifériás elektrofiziológiai egység, mely ingerület vezetésére képes
zygomatic ág	szemág, az alsó szemhéj körüli izmok és a pofagumóról eredő mimikai izmok idege
buccalis ág	száj és pofa körüli izmok idege
marginális ág	az alsó ajakba és az áll bőrébe sugárzó izmok idege
perineurium	idegrostok kötegeit összefogó kötőszövetes hüvely
epineurium	nagyobb idegtörzseket körülvevő kötőszövetes hüvely
L4, L5 csigolyákban az „L” jelölés	lumbális, azaz ágyéki

1. BEVEZETÉS

Az arcidegek bénulása az esetek kétharmadában minden kimutatható ok nélkül jön létre, de egyes esetekben bizonyos betegségek (például vírusfertőzés, meghűlés, középfülgyulladás) vagy balesetek okozzák funkcióvesztését.

A kivizsgálás elvégzése után a bénulást kiváltó alapbetegséget meghatározva, a szakértő orvos eldönti, hogy a betegség (és annak következményeinek tükrében) gyógyszeresen vagy műtéten kezelhető és ezen felül az arcidegbénulást kell gyógyszeres kezelésnek alávetni [1].

Bizonyos esetekben - az ún. Bell- bénulás esetén - az arcidegbénulás minden kimutatható ok nélkül alakul ki. Az esetek többségében ez az idegbénulás viszonylag gyorsan, néhány hét alatt meggyógyul. Egyes súlyosabb esetekben azonban romlik, és a megfelelő kezelés ellenére az ideghüvely megduzzad és keskeny csatornájában tartós nyomás alá kerül. Ezen esetekben idegrost-elhalás jöhet létre. Ilyenkor a gyógyulás időtartama több hónap is lehet, de akár végleges is maradhat. Amennyiben az idegrostok működésének csökkentését a bénulás kezdeti szakaszában észleljük- ez bizonyos elektrodiagnosztikai vizsgálatokkal mérhető, úgy az arcideg műtéti feltárására lehet szükség. Ez az ún. korai dekompressziós műtét. Egyes esetekben amikor 5-6 hónap alatt sem észlelünk javulást, szintén szükség lehet műtetre. Ez az ún. késői dekompresszió [1].

Szakirodalmi áttekintésünk során vizsgáltuk az emberi idegek anatómiai hátterét, jellegzetességeit, az arcidegek felépítését (különös tekintettel a VII. arcidegre) a téma megismerésének érdekében. Ezeken kívül az eddigi, idegek mechanikai tulajdonságaira irányuló kutatásokat tekintettük át, gyakran kitérve olyan esetekre, amikor új módszerek keresését tűzték ki célul más kutatók az ideg műtéti eljárás közbeni keresésére és vizsgálták annak műtét közbeni viselkedését. Mindez azért volt fontos, hogy megismerkedjünk a korábban a témában alkotott szakmai véleményekkel, eredményekkel. Kitértünk arra is, hogy idegi sérülések milyen módon jöhetnek létre, milyen sérülések és betegségek okozhatják a problémákat, hogy megismerjük annak a problémának a részleteit, ami kutatásunkat motiválta.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 ANATÓMIAI HÁTTÉR

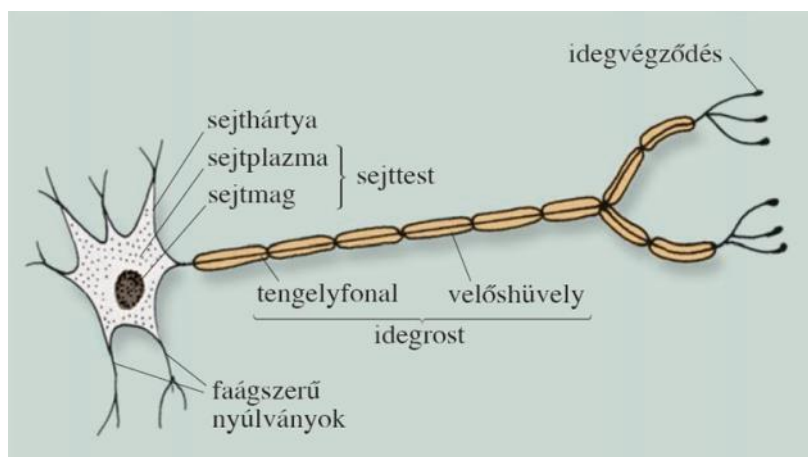
A kutatáshoz szorosan kapcsolódó szakirodalmi ismertetés előtt, a téma pontos megértéséhez szükségünk van az idegek mikro- és makroanatómiai felépítésének, jellegzetességeinek az ismertetésére. A még könnyebb megértéshez a dolgozat elején található a témaspecifikus kifejezések megértésére egy táblázat is.

2.1.1 AZ ARCIDEGEKRŐL ÉS AZOK MŰKÖDÉSÉRŐL ÁLTALÁNOSSÁGBAN

Az állatvilág szinte minden lényének jellemző tulajdonsága, hogy a külvilágban uralkodó viszonyokról információkat képes felvenni, ezeket specifikus szöveteiben fel tudja dolgozni, különböző jellegű információkat egymással kapcsolatba hozni, és megfelelő, az állat létfenntartása szempontjából biológiailag reagálni képes. E biológiai feladatra specifikusan differenciált szövet- és szervrendszer szolgál az idegrendszer és az érzékrendszer. Az érzékrendszer abban különbözik az idegrendszertől, hogy azok csupán a külvilágban lezajló kémiai vagy fizikai változásokról információkat felvevő receptorok nagyobb koncentrációi. [2]

Az idegszövetek és az idegszervek specifikus idegi és nem specifikus általános szöveti elemekből épülnek fel. Saját elemeik mellett tartalmaznak még más szöveteket is (pl.epineurium kötőszövete). A specifikus ingerületvezető szövetelemek bonyolult és rendszerint meglehetősen hosszú nyúlványokkal rendelkező sejtek, amelyeket idegsejteknek vagy neuronoknak neveznek. Az idegszövetek neuronokon kívül jelentékeny mennyiségben tartalmaznak specifikus idegszöveti, de az ingerületi működésekben közvetlenül részt nem vevő sejtes elemeket is. Ezek a neurogliák [2].

Az idegsejtek az idegszövet specifikus ingerületi működésű celluláris egységei. Dendriteknek a többnyire többes számban előforduló rövidebb nyúlványokat nevezzük és neuriteknek a rendszerint egyes-legfeljebb elágazó- főnyúlványokat nevezzük. A magtartalmú, tömegesebb plazmával körülvett rész neve sejttest. Az idegsejtek felépítését és részeit az 1. ábra mutatja [3].



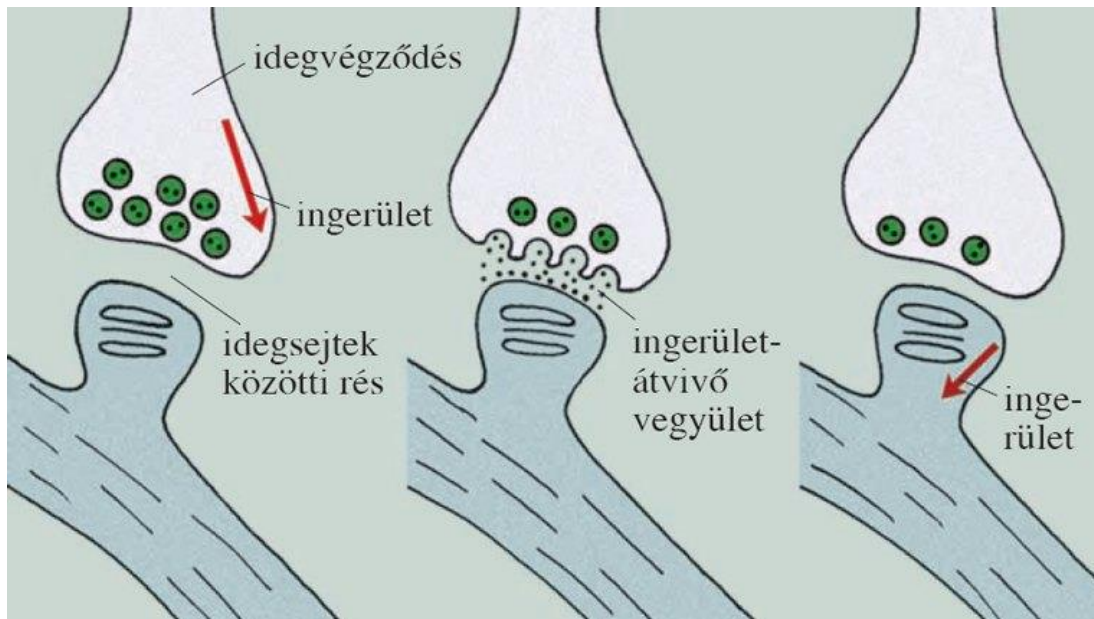
1. ábra: Az idegsejt felépítése

A bipoláris neuronok a perifériás idegrendszer ún. érzőneuronjai. A két nyúlvány közül az egyik a beidegzendő szövetrel vagy szervvel létesít kapcsolatot, ez a neuron perifériás nyúlványa. A másik nyúlvány benő a központi idegrendszerbe (gericvelőbe vagy az agytörzsbe), és ott végfácskájával multipoláris neuronokhoz kapcsolódik, ez a neuron centális nyúlványa. Szerkezetére nézve mindkét nyúlvány axon, de a perifériás nyúlvány végén inger felvételére alkalmas végfácskát találunk. [4]

Inger hatására a sejthártya szerkezete megváltozik, áteresztővé válik, és nátrium ionok áramlanak a sejt belsejébe. Így a sejthártya külső felszíne negatív, míg belső felszíne pozitív töltésű lesz. Ez az ingerületi állapot*, amely áterjed a szomszédos sejthártya részletre, miközben a korábban ingerületi állapotban levő rész nyugalomba kerül. Az ingerület az ingerlés helyétől mindkét irányban hullámszerűen tovaterjed [4].

Az ingerület végighalad az idegsejten, és a tengelyfonal finom végágaiból ingerületátvivő anyagot szabadít fel. Az átvivő anyag az idegvégződések apró hólyagocskáiban tárolódik, majd ingerület hatására a két idegsejt közötti részbe ürül. Ez váltja ki a szomszédos idegsejt ingerületét [4].

Az ingerületet rendszerint a rövid, faágyszerű nyúlványok vagy a sejtest veszi fel, ezután áterjed a tengelyfonalra, majd az ingerület újabb idegsejttel létesít kapcsolatot. Egy idegsejt több száz vagy több ezer másikkal is kapcsolatban állhat. Az idegsejt működését a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Az idegsejt működése

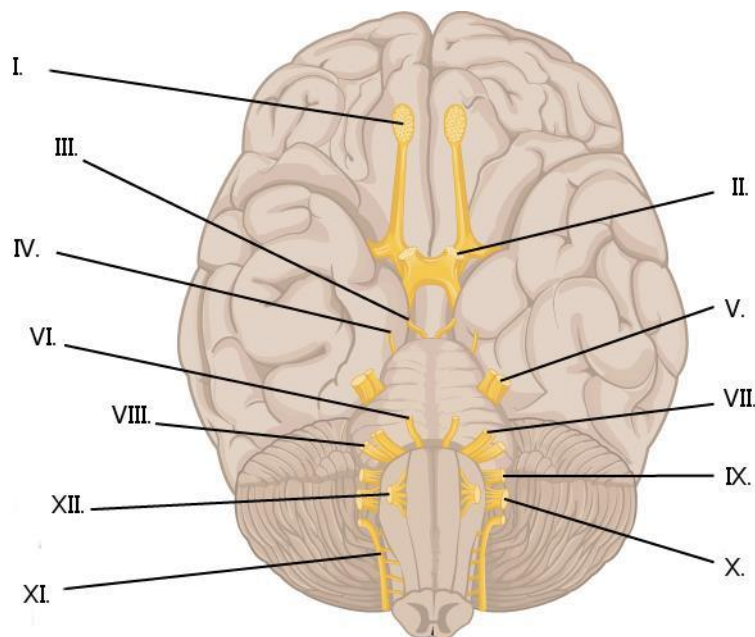
2.1.2. AGYIDEGEK FELÉPÍTÉSE

12 pár agyideg van:

- I. Nervus olfactorius (szaglóideg)
- II. Nervus opticus (látóideg)
- III. Nervus oculomotorius (közös szemmozgató ideg)
- IV. Nervus trochlearis (sodorideg)
- V. Nervus trigeminus (háromosztatú ideg)
- VI. Nervus abducens (távolító ideg)
- VII. Nervus facialis (arcideg)
- VIII. Nervus vestibulocochlearis (egyensúlyi és hallóideg)
- IX. Nervus glossopharyngeus (nyelv-garat ideg)
- X. Nervus vagus (bolygóideg)
- XI. Nervus accessorius (járulékos ideg)
- XII. Nervus hypoglossus (nyelv alatti ideg).

Ezek az agyidegek, amelyeknek a fejlődése és funkcionális struktúrája nagymértékben hasonlít a gerincvelői idegekére [5].

Az agyidegek a 3. ábrán láthatóak.



3. ábra: Az agyidegek (I. Nervus olfactorius (szaglóideg), II. Nervus opticus (látóideg), III. Nervus oculomotorius (közös szemmozgató ideg), IV. Nervus trochlearis (sodorideg), V. Nervus trigeminus (háromosztatú ideg), VI. Nervus abducens (távolító ideg), VII. Nervus facialis (arcideg), VIII. Nervus vestibulocochlearis (egyensúlyi és hallóideg), IX. Nervus glossopharyngeus (nyelv-garat ideg), X. Nervus vagus (bolygóideg), XI. Nervus accessorius (járulékos ideg), XII. Nervus hypoglossus (nyelv alatti ideg))

Tudományos Diákköri munkánk során a VII. agyideg, az arcidegvizsgálatával foglalkoztunk, hiszen jól látható, hogy funkcióinak fontossága kiemelkedő jelentőséggel bír az emberi élet minőségének tekintetében.

2.1.2.1 VII. AGYIDEG CSOPORT FELÉPÍTÉSE ÉS VIZSGÁLATA

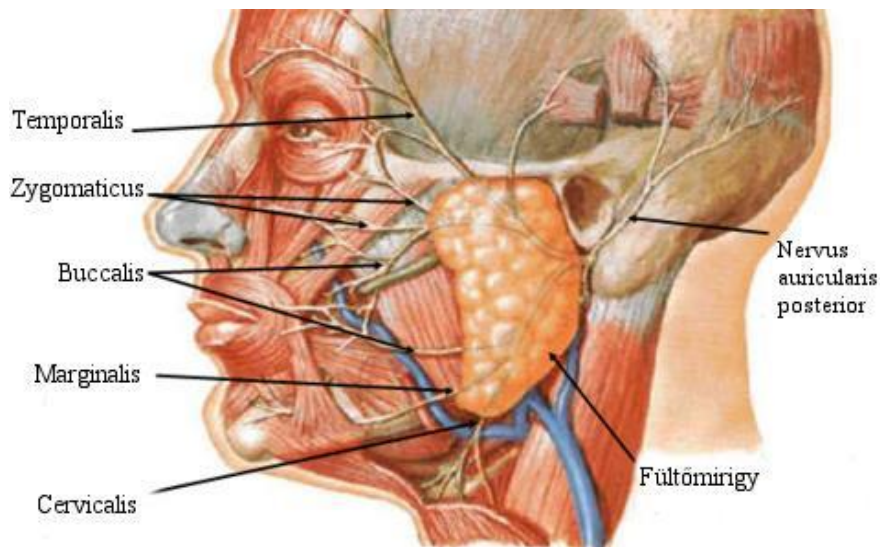
A VII. agyideg az az úgynevezett arcideg, latinul nervus facialis, amely az arcizomzatot mozgató ideg.

Az arcideg (VII. agyideg) az arcizomzatot mozgató agyideg. Az arcideg az agyból való kilépése után a kisagy-híd szögletben közvetlenül a halló- és egyensúlyozó ideg mellett halad, majd a csontos csatornában futó dobüregi szakasz végén kilép a koponyacsontból és a fültőmirigyben szerteágazva, ennek mellső határán a mimikai izmok rétegének szintje alatt kilépve jutnak el ágai az egyes izmokhoz, motorosan beidegezve az arcot. Közben a nyál- és könnyelválasztásra, hallójárat bemenetének érző beidegzését is ellátja a Ramsay-Hunt zónában valamint az ízérzékelésre is hatással van [6].

A nervus facialis három canalis facialisban leadott ágból- és hét canalis facialisban kívüli ágból áll. Kutatásunk folyamán az ideg három koponyán kívüli ágával foglalkoztunk, amelyek a következők:

- zygomaticus
- buccalis
- marginalis

A zygomatic ág (vagy szemág) az alsó szemhéj körüli izmok és a pofagumóról eredő mimikai izmok idegeit jelenti, a buccal a száj és pofa körüli izmok idegeinek összefoglaló neve, a marginalis ág az állkapocs mentén halad, az alsó ajakba és az áll bőrébe sugárzó izmok idege. A 4. ábrán az arcidegek elhelyezkedése látható [6].



4. ábra: Az arcidegágak elhelyezkedése, a fültömirigy és a nervus auricularis posterior

2.2. IDEGEKEN VÉGZETT KÍSÉRLETI MUNKA ÖSSZEFOGLALÁSA

1984-ben a Coloradoi Egyetemen egereken végeztek vizsgálatokat. Megvizsgálták a gerinc körüli idegek mechanikai igénybevételeit (ami miatt az ideg fájó, zsibbadó vagy zavaró érzést jelez). Azt figyelték meg, hogy az idegek törzse 10%-kal gyengébb a fő idegektől ahhoz képest, hogy azonos mennyiségű proteint tartalmaznak. Különböző csigolyák (L4,L5) mellől használtak fel idegeket, és azt figyelték meg, hogy az L5-ös körüli idegek sokkal nagyobb méretűek és jobb tulajdonságokkal rendelkeznek, mint az L4-es csigolya körüliek. A vizsgálatokat nem szakítógéppel végezték el, hanem rezgésekkel gerjesztették az idegeket, és azok amplitúdói alatti területével számolták az idegek maximális terhelését. Meg

kell jegyezni, hogy az egerekből kivett idegek különböző tartósító folyadékokban voltak tárolva (formalin, sóoldat) [7].

A Leideni Egyetemen végeztek egy kutatást, amely során az emberekből eltávolított idegeket vizsgálták szakítógéppel, hogy megállapítsák az emberi ideg mechanikai igénybevételeit. A vizsgálatot 20 elhunytból eltávolított idegeken végezték. Az elhunytak mintáit ez esetben 2% formalinban és 1-1,5%-os fenolban tárolták egy évig, majd a vizsgálathoz szükséges idegeket az eltávolítás után további négy hétig formalinban tárolták. A mérésük során átlagban 35 mm-es hosszúságú ideggel dolgoztak. Az általuk alkalmazott befogás eltér jelen mérésünkhöz alkalmazottól. Munkájuk alkalmával 4-6 fém lemezzel rögzítették az ideg végeit, és úgy tudták ellenőrizni, hogy az ideg kicsúszott-e vagy nem, hogy ha a fémlapátokon találtak szövetet, akkor az azt jelentette hogy az ideg szakítás folyamán kicsúszott. A kicsúszott idegeket hamis mérési eredmény miatt nem használták fel a mérési eredmények kiértékelése során. A mérési eredményeket kiértékelve arra jutottak, hogy az ideg mechanikai tulajdonságai nem csak az ideg szerkezetétől függenek, hanem a méretétől, az idegszál csomag számától, és attól, hogy eltávolításkor milyen és mennyi szövet maradt még rajta. Ezen kívül azt vették még észre, hogy az ideg szakítása három fázisból áll; első az epineurium szakadása, második a perineurium elszakadása és harmadik az idegszálak teljes elszakadása. Az eredményeket összesítve arra az eredményre jutottak, hogy az emberi ideg az eredeti hosszához képest 30 %-kal tovább tud nyúlni anélkül, hogy károsodjon, amely érték „valós”, mivel az emberi mozgások igénybevételeit figyelve ez a 30% szükséges [8].

A Wayne Állami Egyetemen, az Amerikai Egyesült Államokban végeztek egy kutatást 12 felnőtt hím patkányon, amelyeknek a gerincéből távolítottak el idegi szakaszokat, és azokat szakítógéppel szakították. A szakítás folyamán állandónak tartották a befogók távolságát, és két különböző szakító sebességgel végezték a mérést. Arra a következtetésre jutottak, hogy az ideg terhelését befolyásolja a sebesség amivel történik az igénybevétel. A mérési eredményeket kiértékelve azt figyelték, hogy az ideg a maximális terhelést elérve, további megnyúlás hatására a terhelés drasztikusan csökken, aztán teljes elszakadás előtt még egy kicsit nő. Itt azt figyelték, kamerás felvételek segítségével, hogy az ideg szakadása (szálak elszakadása) után az ideget körülvevő burok még képes a terhelés felvételére [9].

3. KITŰZÖTT CÉLJAINK

Kutatásunk során célul tűztük ki az idegek, azon belül is az arcidegek anatómiai hátterének megismerése, az őket érő sérülések típusainak vizsgálata. A szakirodalom megismerése során célunk volt feltárni a korábban mások által szerzett tapasztalatokat idegek mechanikai tulajdonságainak kutatásában.

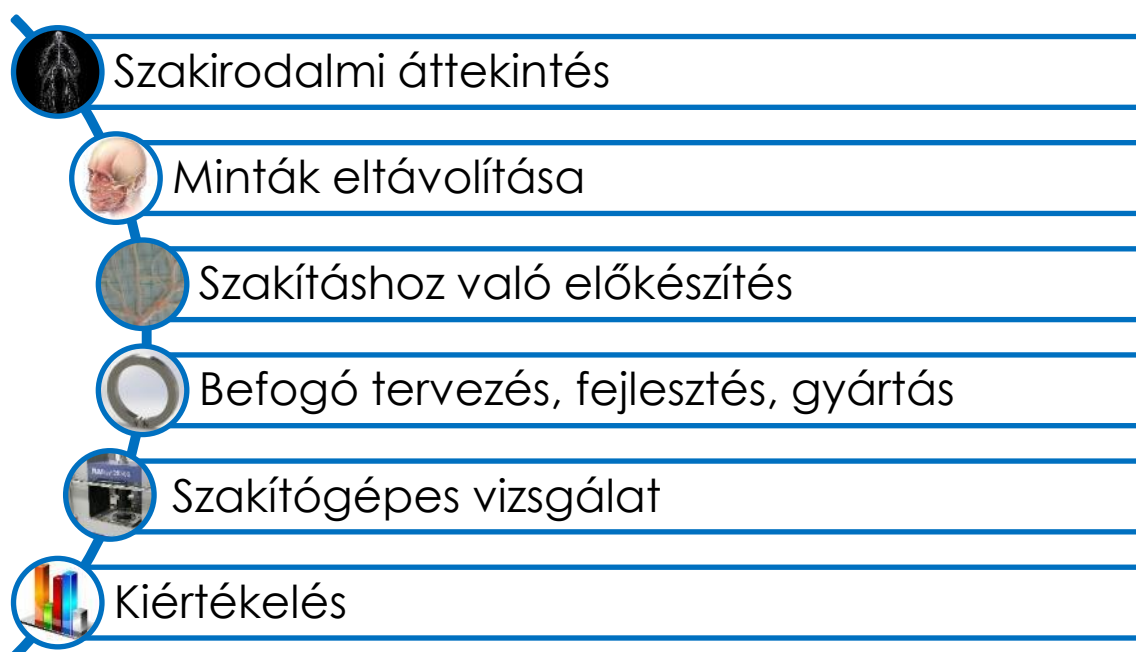
A második cél a vizsgálatokhoz szükséges minták elhunytakból való eltávolítása volt.

A harmadik cél a minták szakítógépes vizsgálatokra való előkészítése volt.

A negyedik cél a szakítógépes méréshez szükséges befogó tervezése és fejlesztése volt, amelynek segítségével lehetővé válhatott azok gépbe való befogása.

A végső cél az idegágak elszakítása (ezt megelőzően és követően egyéb vizsgálatoknak alávetése) volt. Ezek után következett az eredmények összefoglalása, statisztikai kiértékelése, a levont következtetések megfogalmazása.

A munka céljait az 5. ábra vázlatosan összefoglalva mutatja.



5. ábra: Kitűzött céljaink

4. KÍSÉRLETI MUNKA

4. 1. A KÍSÉRLETI MUNKA SORÁN ALKALMAZOTT BERENDEZÉSEK

4.1.1. SZAKÍTÓGÉP

A szakító vizsgálatokhoz az INSTRON 5965-os típusú szakítógépet berendezést használtuk, 5kN-os erőmérő mikrocella és 2kN-os befogópofa igénybevételével. A berendezés a 6. ábrán látható.



6. ábra: INSTRON 5965 típusú szakítógép

4.1.2. SZTEREOMIKROSKÓP

A szakítás előtti és utáni mikroszkópos képeket az OLYMPUS SZX 16 típusú sztereomikroszkóppal készítettük, ami a 7. ábrán látható.

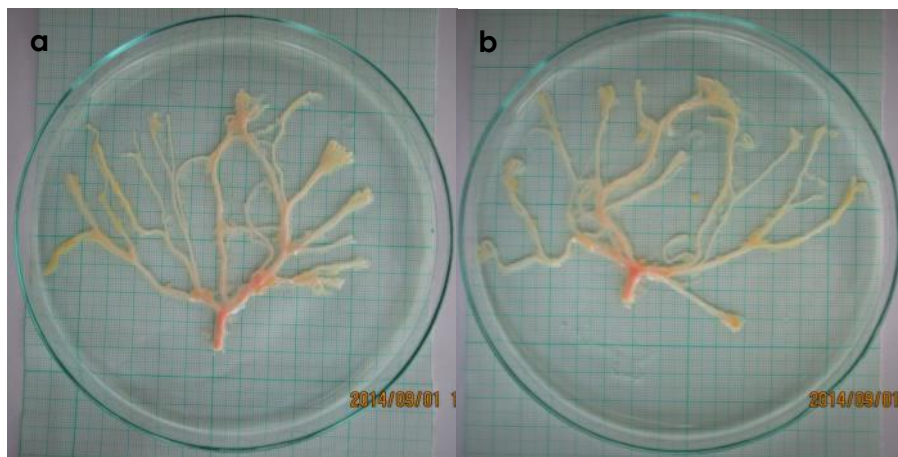


7. **ábra:** OLYMPUS SZX 16 típusú sztereomikroszkóp

4.2. KÍSÉRLETI MUNKA FELÉPÍTÉSE

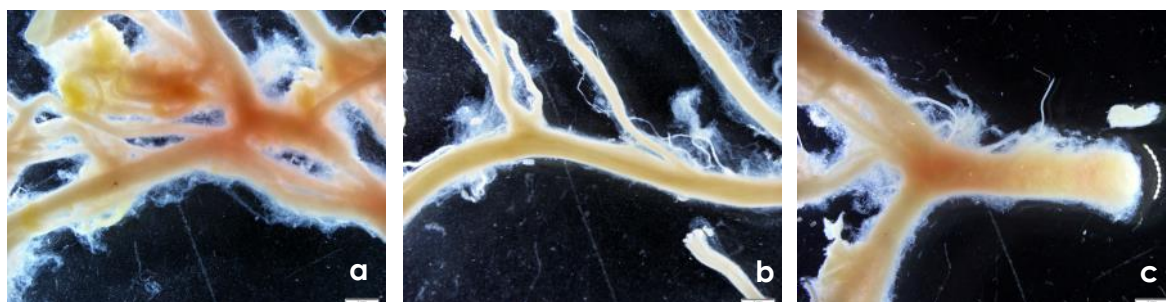
A kísérleti munka első szakaszában a Semmelweis Egyetem II. számú Patológiai Intézetében Dr. Késmárszky Róbert vezetésével és Bán Melinda közreműködésével eltávolítottuk a mintaként szolgáló arcidegeket elhunytakból. A Patológiai Intézetben a tetemek 6-9 °C-os tárolási hőmérséklet után kerültek boncolásra. A minták tárolóedénybe helyezése után vizsgálatuk a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken folytatódott. A kutatás Semmelweis Egyetem Regionális, Intézményi Tudományos és Kutatásetikai Bizottság által kiállított etikai engedélyének száma 127/2014.

Laboratóriumi körülmények között az arcidegek szétterítése, azok ágainak azonosítása(vázlatosan, papírra vetve), bejelölése volt a következő fontos részfolyamat. Ilyen, további vizsgálatokra előkészített minta látható a 8. ábrán.



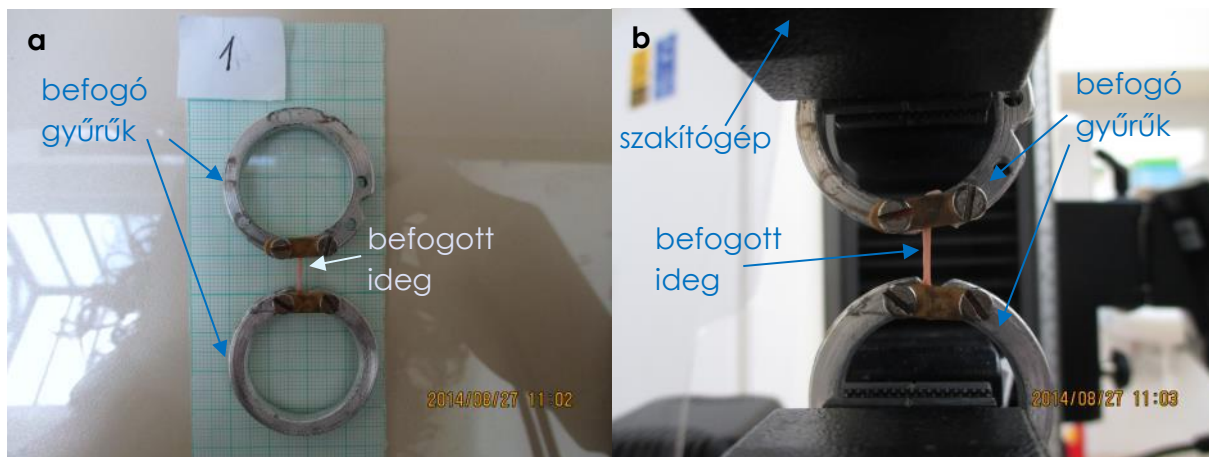
8. ábra: A bejelölt arcidegek csészében kiterítve (a – bal oldali arcideg, b – jobb oldali arcideg)

Ezt követően a minták sztereomikroszkópos vizsgálatára került sor. Az adott mintáról minden esetben készült sztereomikroszkópos felvétel az ideg teljes alakjában, a szakítani kívánt szakaszokon. Egy adott minta sztereomikroszkópos felvételeire példa a 9. ábrán látható



9. ábra: Sztereomikroszkópos felvételek a szakítás előtt (a - zygomaticus, b – buccalis, c – törzs)

A szakítógéppel való elszakítás előtt fontos volt a befogás után is képeket készíteni, erre példa a 10. ábrán látható.



10. ábra: Befogás után készült kép a mintáról (a – befogott ideg a méretskálán, üveglapon elhelyezve, b – a befogók a befogott ideggel együtt a szakító gépben)

A következő lépés a szakítás tényleges elvégzése volt. Ennek módja a 11. ábrán látszik.



11. ábra: Szakítógépes vizsgálat elvégzése az idegágakon (a – a szakítás elvégzése előtt, b – a szakítás után)

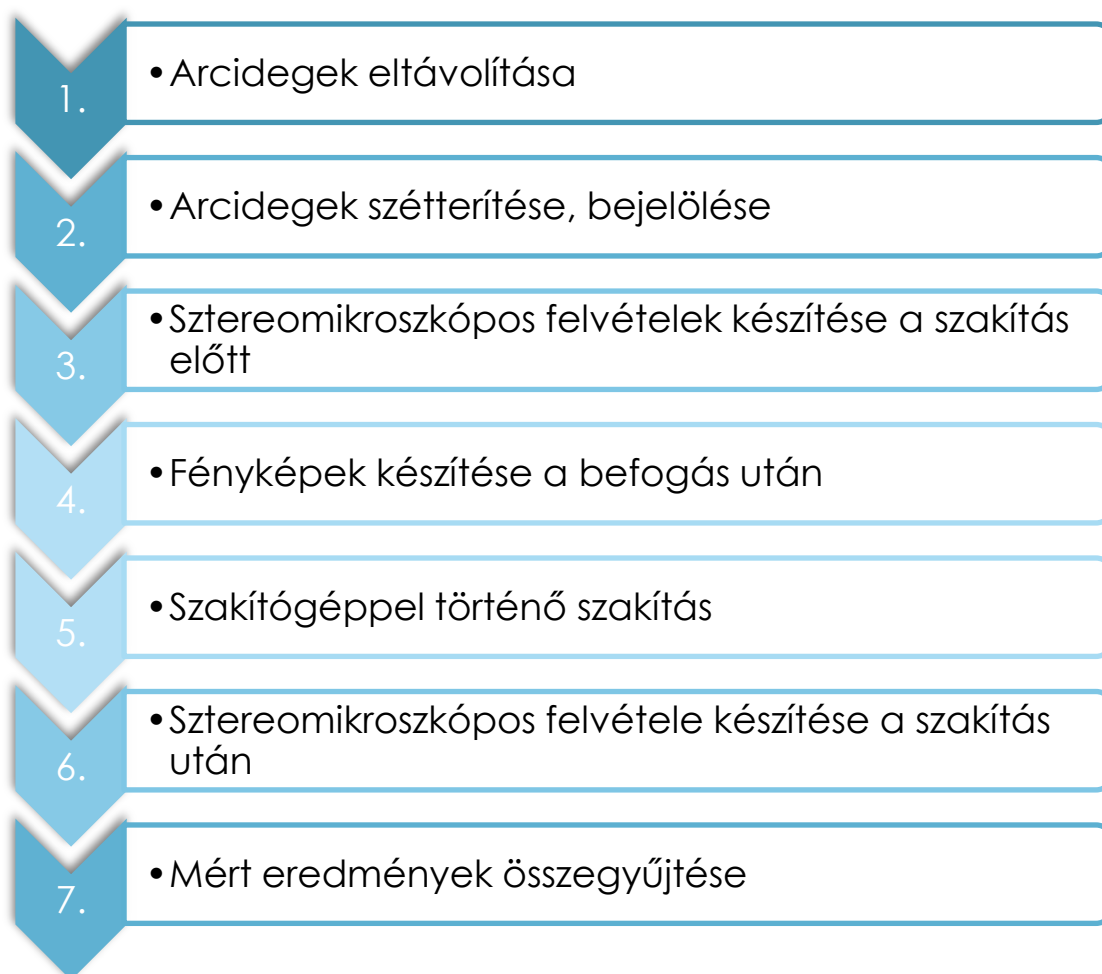
A szakítás után újra sztereomikroszkópos vizsgálatnak vetettünk alá az idegeket. Szakítás után készült képek a 12. ábrán láthatóak.



12. ábra: Sztereomikroszkópos felvételek a szakítás után (a - zygomaticus, b – buccalis, c – marginális)

A vizsgálat utolsó szakaszában következett a mért eredmények összegyűjtése, összefoglalása. Ezek alapján készült a későbbiekben statisztika a szakítógép segítségével mért eredményekről. A összes minta említett folyamatbeli lépései közben készült felvételt az 1. számú melléklet tartalmazza.

A kísérleti munka lépéseit összefoglalva a 13. ábra mutatja be.



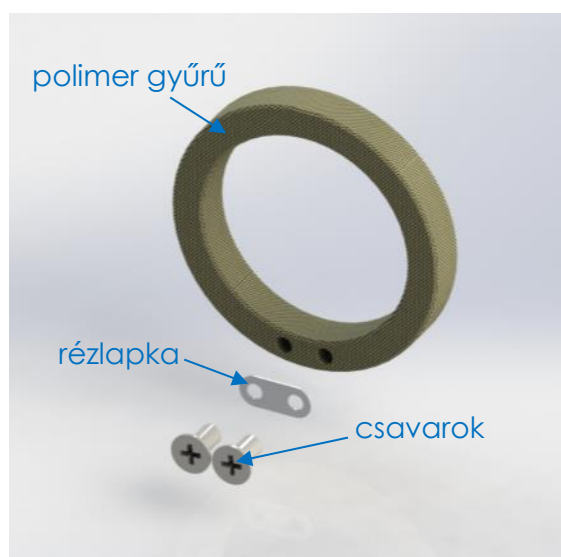
13. ábra: Szakítógépes vizsgálat elvégzése az idegágakon

4.3. ALKALMAZOTT BEFOGÓK FEJLESZTÉSE

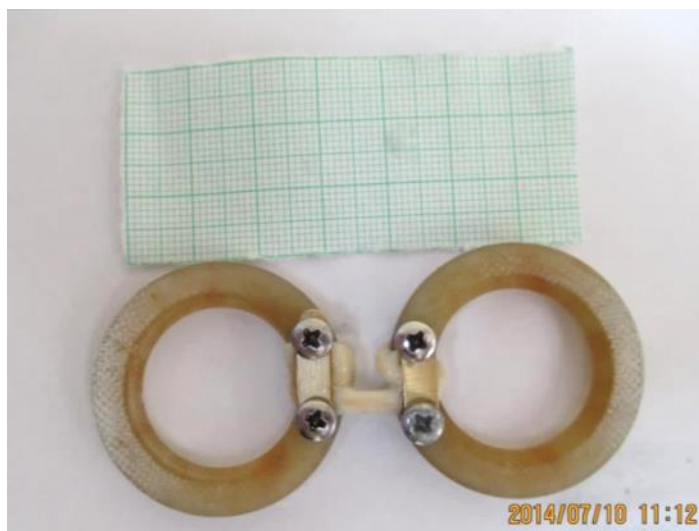
Tudományos diákköri munkánk egyik fő célkitűzése volt az idegágak szakítógépes vizsgálatához szükséges befogó fejlesztése is. Erre azért is szükség volt, mert a mérnöki gyakorlatban gyakran szakítógéppel vizsgált mintáktól jelentősen eltért az általunk vizsgált minta. Mérete és tulajdonságai miatt nagyfokú precizitást igényelt az arcidegek szakítása, és ez már a befogó megtervezésére is érvényes volt. Vizsgálataink során többféle típust kipróbáltunk, a következő fejezet ezt hivatott bemutatni.

4.3.1. POLIMER BEFOGÓK ALKALMAZÁSA

Először polimer kompozitból készült befogókat alkalmaztunk. Az első befogó esztergával készült két azonos geometriájú gyűrűből és két, szintén azonos geometriájú rézlapkából, amelyet két csavar rögzített a gyűrűkhöz két-két furaton át. A lapkák és a gyűrű közé rögzítettük az idegeket méréseink során. A kompozit befogó modellje a 14. ábrán, már rögzített minta a 15. ábrán látható.



14. ábra: Polimer kompozit anyagból készített befogó és részei

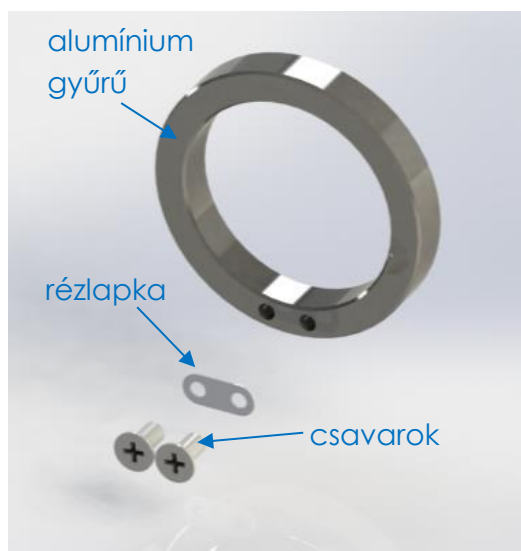


15. **ábra:** Polimer kompozit anyagból készített befogóról készült fénykép minta befogása után

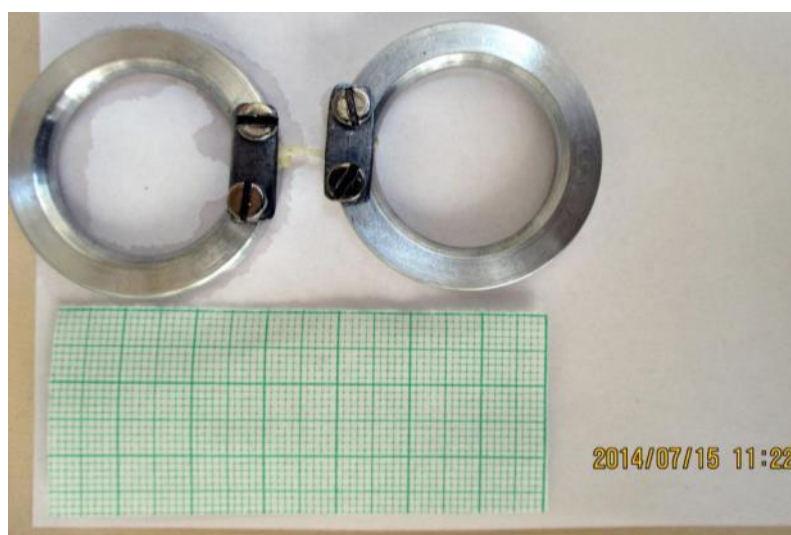
A polimer kompozit befogók alkalmazása során azzal a problémával kellett szembenéznünk, hogy a furatok menete eltört pár mérés után, így a mintákat kevés alkalommal lehetett egy befogóval mérni. További problémát jelentett ezeknél a befogóknál az, hogy pár használatot követően el is törtek, így azokon újabb menetes furatok készítésével sem lehetett tovább mérni, így került sor alumíniumból készült befogók alkalmazására.

4.3.2. ALUMÍNIUM BEFOGÓK ALKALMAZÁSA

Felépítésük megegyezett a polimer kompozit befogókéval: két azonos geometriájú gyűrűből, két rézlapkából és négy darab csavarból állt a konstrukció. A modell a 16. ábrán, a befogó alkalmazás közben a 17. ábrán látható. Az alumínium befogók a kompozit befogókhoz hasonlóan készültek el, azzal a fontos különbséggel, hogy a gyűrű élein letörés helyett lekerekítést alkalmaztunk, hogy az ne okozzon sérülést a befogott idegen.



16. ábra: Alumíniumból készített befogó és részei



17. ábra: Alumíniumból készített befogóról készült fénykép minta befogása után

Az alumínium befogókkal történő mérés során a problémát már csak az jelentette, hogy rövidebb idegszakaszoknál nem állt rendelkezésre megfelelő hossz, hogy azokat körbe tudjuk tekerni a gyűrűkön. Ezért az ezt követő méréseink során továbbfejlesztett alumínium befogókat alkalmaztunk.

4.3.3. TOVÁBBFEJLESZTETT ALUMÍNÍUM BEFOGÓK ALKALMAZÁSA

Továbbfejlesztett alumínium befogónk szintén az ezt megelőző felépítést követték, csak a gyűrűket vékonyítottuk a rövidebb idegszakaszok szakíthatósága érdekében. Ezek felépítése a 18. ábrán látható, alkalmazásuk pedig a 19. ábrán.



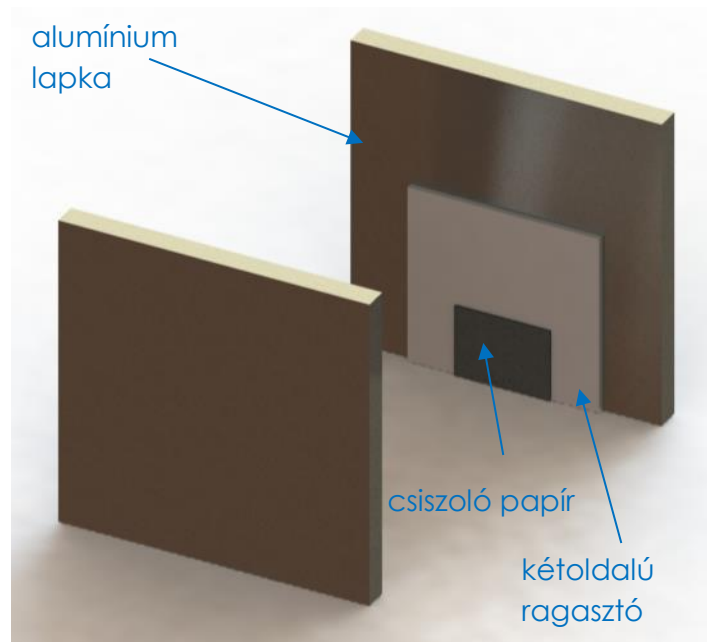
18. ábra: Alumíniumból készített, egy helyen vékonyított befogóról készült fénykép minta befogása után



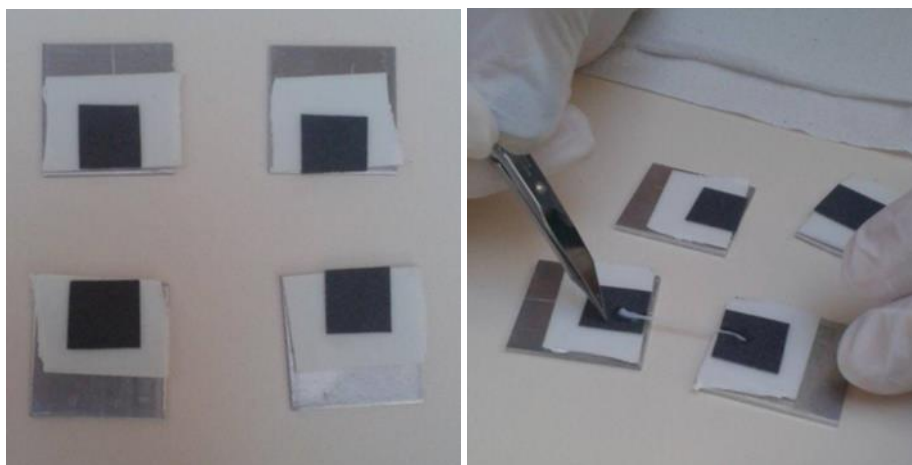
19. ábra: Továbbfejlesztett alumínium befogó alkalmazás közben

4.3.4. NÉGYZET ALAKÚ ALUMÍNIUM BEFOGÓK ALKALMAZÁSA

Annak érdekében, hogy az idegeknél még hosszabb szakítási hossz elérhető legyen, tovább gondolkodtunk a befogók felépítéséről. Így született meg a 20. ábrán látható befogó terve. Két sima, alumínium lapka összeszorítása károsította a kör keresztmetszetű mintákat, ezért arra egy puha-rugalmas, nedvességtűrő kétoldalú ragasztót alkalmaztunk, amire csiszoló papírból vágott, kisebb területű csiszoló papír réteget helyeztünk, hogy a két fél összetapadása, és az ideg rögzítése is biztosítottá váljon. Alkalmazás közben ez a típusú befogó a 21. ábrán látható.



20. **ábra:** Négyzet alakú alumínium befogók modellje és részei



21. **ábra:** Négyzet alakú befogó alkalmazása

Ennél a befogónál több próbát is végeztünk:

- 🕒 csiszoló papír nélkül (kizárólag kétoldalú ragasztót alkalmazva az alumínium lapkák között) az ideg kilapult, de az idegrostok nem szakadtak el, ez a típus kudarcot vallott
- 🕒 P1200-as (nagyon durva) csiszolópapír alkalmazása az ideg szakítása szempontjából megfelelő volt, de további vizsgálatra alkalmatlan volt, mert a csiszolópapír szennyezetté tette az ideget

- ⌚ P600-as (finom szemcsés) csiszoló papír alkalmazásával a szakítás folyamata megfelelően zajlott, azonban a két oldalú ragasztó összetapadása miatt nem lehetett két vizsgálatot ugyanazzal a papírral és ragasztóval végezni.

A négyzet alakú befogót alkalmazva a görbék is más lefutásúak voltak, mint a korábban, kör alakú befogóknál tapasztaltak voltak: a maximális terhelést elérve hirtelen terhelés csökkenés jelent meg.

4.3.5. TOVÁBBI TERVEK

További terveink között szerepel egy olyan, idegek szakításához alkalmazható fejlesztése, amely a befogás során a legnagyobb mértékben megóvjaa az ideget, ezáltal a mérés során pontosabb eredményeket, görbéket kapnánk.

5. MÉRÉSEK KIÉRTÉKELÉSE

Vizsgálataink során 17 elhunytból eltávolított arcidegpárt vizsgáltunk (jobb-, és baloldali).

Az eredmények kiértékelésére összesen 7 elhunytból eltávolított arcidegpárt vizsgáltunk, mert ebben a hét esetben nem történt hiba vizsgálat során (nem csúszott ki a minta, megfelelő volt a befogás a szakítógépben, stb).

5.1 EHUNYTAK ISMERT ADATAI

Nem	Életkor	Magasság [cm]	Testsúly [kg]	Boncolásig eltelt napok száma	Dohányzó
férfi	58	182	74	2	igen
nő	67	150	74	4	igen*
nő	69	158	54	6	igen
nő	72	157	64	5	igen
nő	73	162	58	5	igen
férfi	81	167	58	10	igen
nő	87	156	64	10	-

1. táblázat: Elhunytak adatai: nem, életkor, magasság, testsúly, boncolásig eltelt napok a halál beállta után, dohányzás (*nagyon sokat dohányzott)

Elhunytak kiválasztásának feltétele az volt, hogy mindegyiknek összehasonlítható legyen a szemág, a marginális és a buccalis ág és a szakítási folyamat ugyanaz volt / helyesen történt.

Nem	Életkor	Magasság [cm]	Testsúly [kg]	BMI	BMI alapján
férfi	58	182	74	22	Egészséges
nő	67	150	74	33	Elhízva
nő	69	158	54	22	Normális alkat, testsúly felesleg nincs
nő	72	157	64	26	Túlsúlyos
nő	73	162	58	22	Normális alkat, testsúly felesleg nincs
férfi	81	167	58	21	Egészséges
nő	87	156	64	26	Túlsúlyos

2. táblázat: Elhunytak adatai: nem, életkor, magasság, testsúly, BMI index, index alapján besorolás

A betegségeikkel kapcsolatos adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

Életkor	Nem	Betegségek	További megjegyzések (betegségek)
58	férfi	szívbetegség	jobb VII szokatlanul lejjebb eredt
67	nő	magas vérnyomás	aorta dissectiv
69	nő	hypotroph pajzsmirigy	-
72	nő	szív és légzési elégtelenség	-
73	nő	pajzsmirigy	-
81	férfi	szív és légzési elégtelenség	-
87	nő	szívelégtelenség	véralvadásgátló kezelés

3. táblázat: Elhunytak egészségükkel kapcsolatos megjegyzések

5.2 SZAKÍTÓGÖRBÉK ELEMZÉSE

A 13. ábra segítségével nyomon követhető a vizsgálat lépéseinek a sora. Ebben a fejezetben az 5. lépésben kapott eredményeket fogjuk kiértékelni.

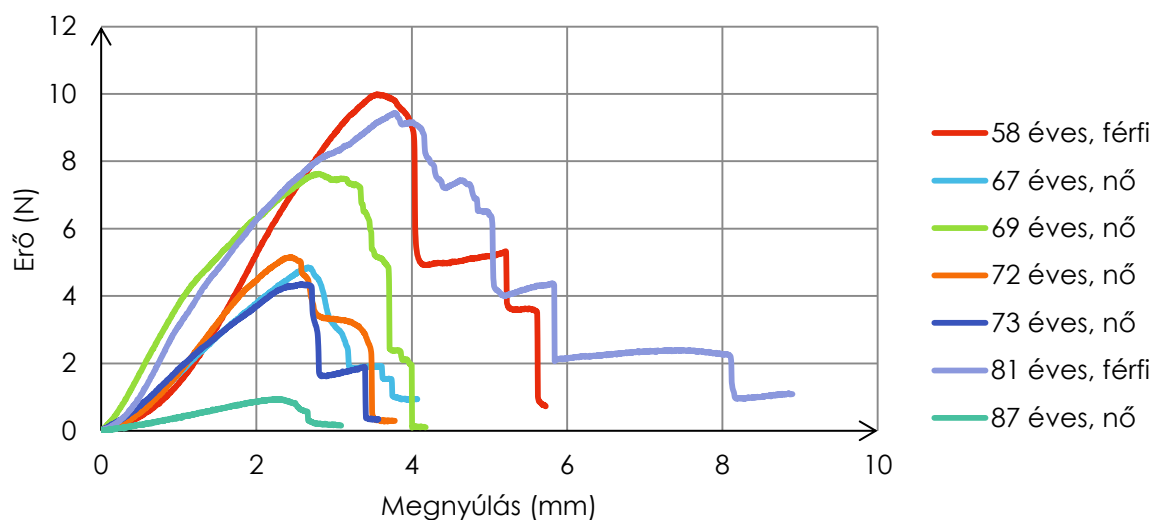
Vizsgálatunk során oldalanként az ideg 3 szakaszát vizsgáltuk: marginális, buccalis és zygomatic(szem) ágakat.

Mivel a mi feladatunk az volt, hogy megvizsgáljuk az idegek terhelhetőségét, a szakítási vizsgálatok során, a maximális terhelést elérve (és a jellegzetes görbe kialakulása után), amint 1N alatti értékeket kaptunk, leállítottuk a programot. Így vizsgálni tudtuk azt az utolsó rostot/ideg szövetet ami vitte az utolsó terhelés/egybe tartotta az utolsó pillanatig az ideget.

A további diagramokban csoportosítottuk külön oldalanként, és külön áganként az idegek szakítógörbéit az összehasonlíthatóság érdekében.

5.2.1 ZYGOMATIC ÁG SZAKÍTÓGÖRBÉI

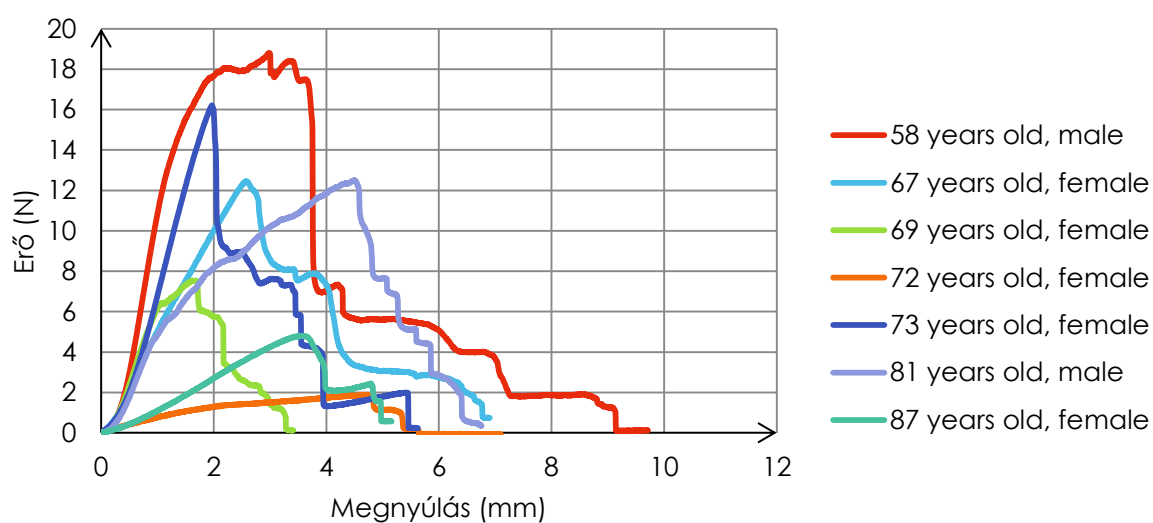
Baloldali VII arcideg zygomatic ága



1. diagram: Baloldali VII arcideg zygomaticus ágának szakító görbéi

A fenti diagramon az látható, hogy az idegek szakítógörbéinek karakterisztikája hasonlóságot mutat. Kezdetben közel „lineárisan” nőnek, a maximális terhelést elérve (kezdetben még) lassan csökken az erő, ezután pedig hirtelen terhelés „szakadás” következik be. Az is látható, hogy a hirtelen terhelés csökkenése után egy enyhe erőnövekedés jelenik meg, és azután megint bekövetkezik a terhelés hirtelen csökkenése.

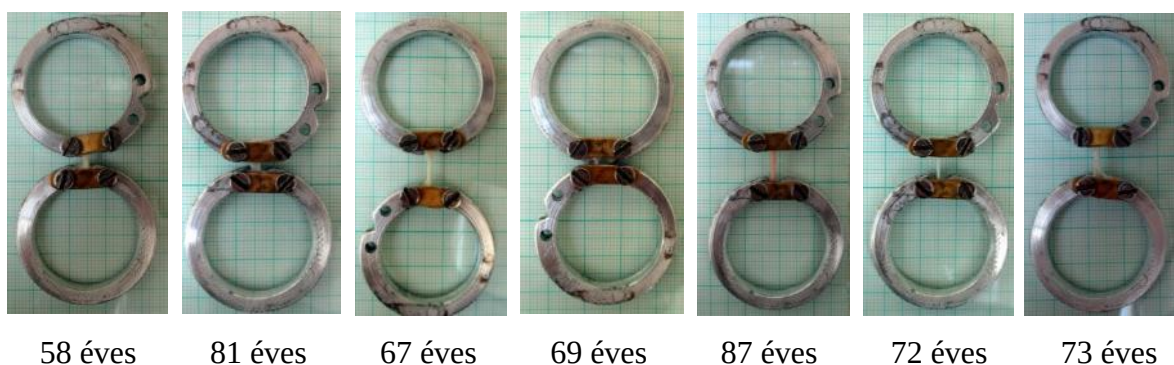
Jobboldali VII arcideg zygomatic ága



2. diagram: Jobboldali VII arcideg zygomaticus ágának szakító görbéi

A 2. diagramon láthatóak a jobb oldali szemág szakítógörbéi. A baloldali szemág szakító görbéivel összehasonlítva azt látjuk, hogy a szakító görbék karakterisztikája egymáshoz hasonló.

58, 81, 69-es minták szakító görbéin látható, hogy a maximális terhelés elérése után nem úgy viselkednek, mint a többi ideg, nem 2-, vagy 3 lépcsős a szakadás utána, hanem több lépcsőből áll. A befogós képeket vizsgálva, melyek szakítás előtt készültek, az látható, hogy a befogó gyűrűk nagyon közel voltak egymáshoz, ami az ideg rövid hossza miatt szokott történni.

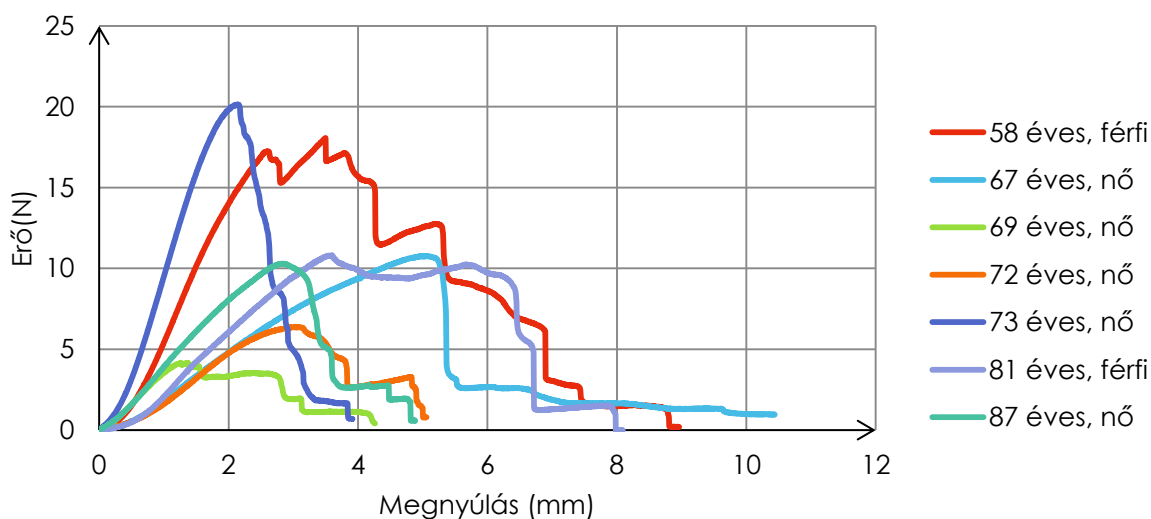


22. ábra: Statisztikáink során kiértékelt idegek befogóba fogva, a minták jelölése (elhunytak életkora) a képek alatt található

Statisztikáink során kiértékelt idegek befogóba fogva, a minták jelölése (elhunytak életkora) a képek alatt található

5.2.2 BUCCALIS ÁG SZAKÍTÓGÖRBÉI

Baloldali VII arcideg buccalis ága



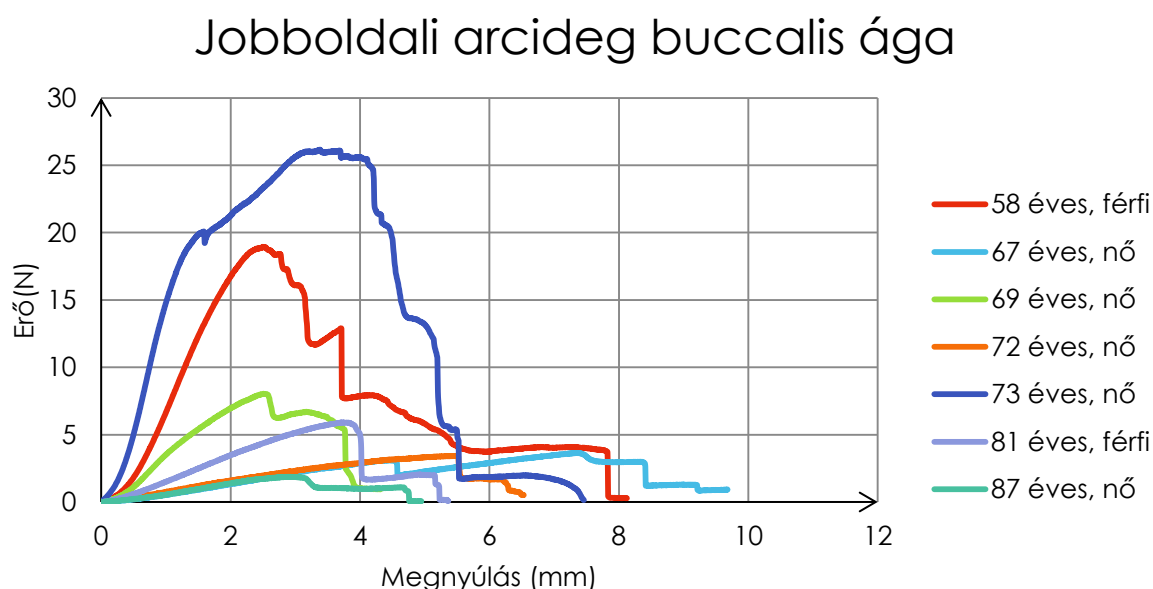
3. diagram: Baloldali VII arcideg buccalis ág szakító görbéi

A szakítógörbéken látható, hogy az idegek a szokásos, kezdetben lineáris és a maximális erő elérése után 2-3 lépcsős alakot vették fel. Az 58 éves férfi szakító görbéje az egyetlen, ami a szokásostól egy picit eltér. A sztereomikroszkópos felvételeket vizsgálva látható, hogy az ideg ebben az esetben a közepén egy rövid szakaszú elágazást tartalmaz, majd ez az elágazás újra egyesül egy ideggé.



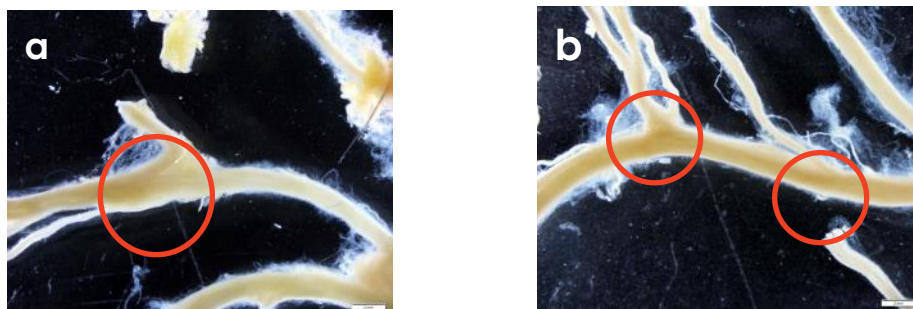
23. ábra: A baloldali ideg buccalis ágának vizsgálata: elágazást tartalmaz az ideg, ami újra egyesül

A 81 éves nő szakító görbéjén is látható egy eltérés a maximális terhelés elérése után. Olyan, mintha a második csúcs el akarna érni megint a maximális terhelést. A második legmagasabb csúcs után a szakítógörbe a szokásos 2-3 lépcsős alakot vette fel. Befogáskor a gyűrűk nem voltak közel egymáshoz, az ideg eléggé hosszú volt, de a sztereomikroszkópos képen sem látható eltérő alak.



4. diagram: Jobboldali VII arcideg buccalis ág szakító görbéi

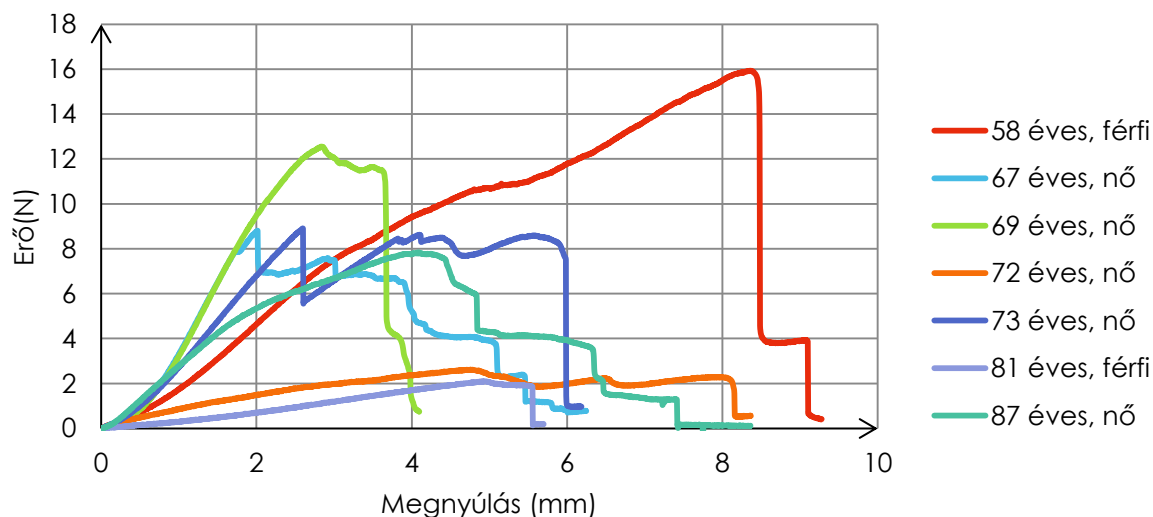
Ebben az esetben az összes szakító görbe hozta a várt jelleget. Eltérés a 73 éves nő és az 58 éves férfi esetén látható. Mind két esetben, mint feljebb indokoltuk, az ideg befogásakor a befogó gyűrűk nagyon közel voltak egymáshoz, mivel az idegek hossza rövid volt. Sztereomikroszkópos felvételeket vizsgálva még arra a következtetésre jutottunk, hogy mindkét esetben, hogy csak a buccal ágat szakítsuk, sok kicsi elágazást kellett róla eltávolítani.



24. ábra: a-58 éves férfi, b-73 éves nő jobboldali buccalis ágán lévő elágazások

5.2.3 MARGINALIS ÁG SZAKÍTÓGÖRBÉI

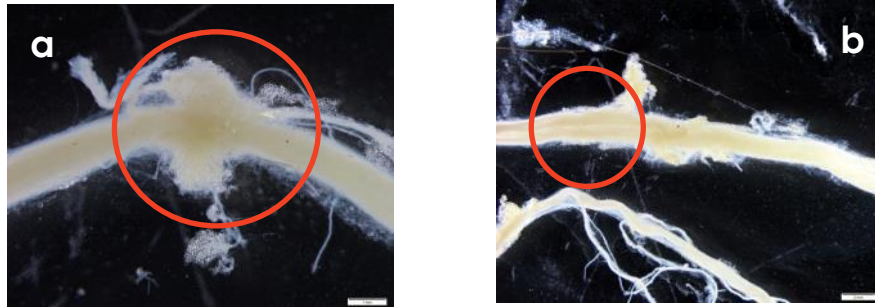
Baloldali VII arcideg marginális ága



5. diagram: Baloldali VII arcideg marginális ág szakító görbéi

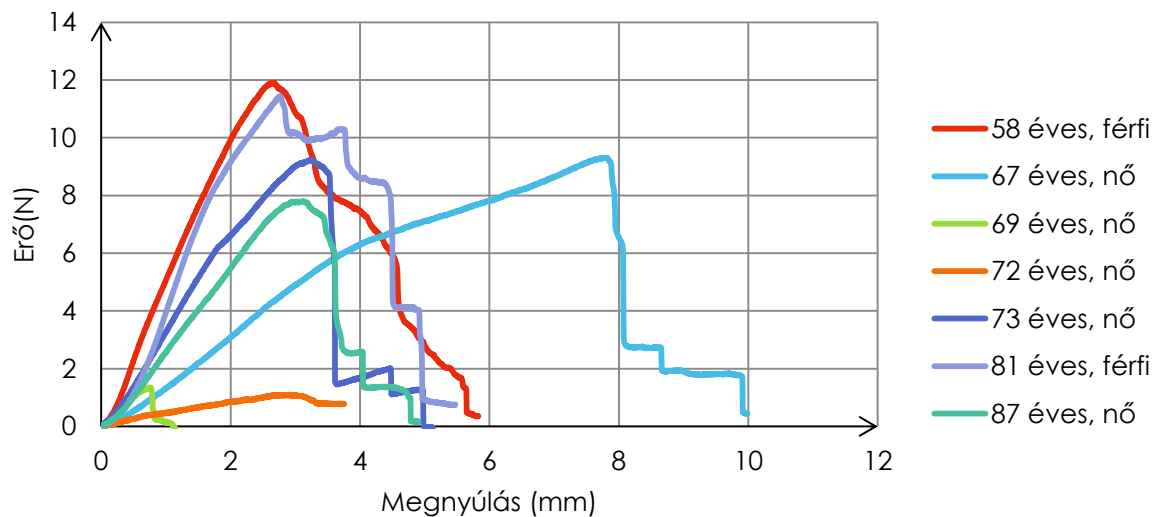
Jellegzetes viselkedést mutatnak. A 69 éves és a 67 éves nők szakító görbéin látható enyhe eltérő viselkedés. A 69 éves nő esetén az ideg hossza nem okozta a gyűrűk közeli elhelyezését, de a sztereomikroszkópos felvételen látható egy pont amelyről (mintha) két kiálló ágat vágtak volna le. A 67 éves nő esetén pedig, mint feljebb, az ág egy rövid szakaszán

elágazás volt, ami újra egyesült egy ideggé. A befogók nem helyezkedtek el közel egymáshoz.



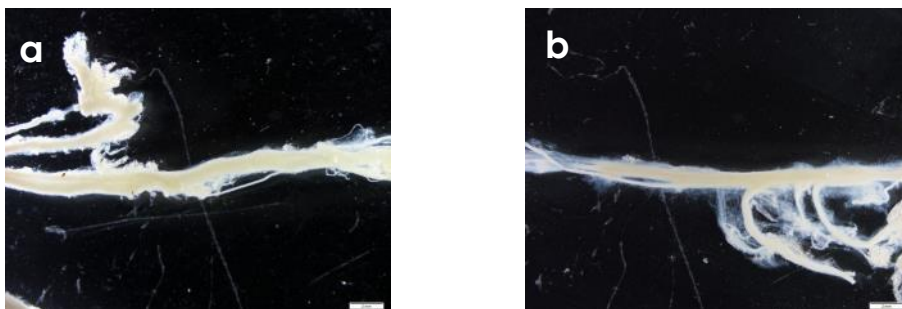
25. ábra: a - 69 éves nő baloldali marginális ágán lévő mellékágak maradványai,
b - 67 éves nő baloldali marginális ágán lévő rövid elágazó szakasz

Jobboldali VII arcideg marginális ága



6. diagram: Jobboldali VII arcideg marginális ág szakító görbéi

Ezen a diagramon a 69 éves és a 72 éves mintáink görbéi láthatóak. Mind két esetben, az ideg hosszúsága megfelelt, de mint a sztereomikroszkópos felvételeken is látható, nagyon vékonyak voltak.



26. ábra: a – a 69 éves nő és b – a 72 éves nő vékony jobboldali marginális ága

5.3 STATISZTIKAI EREDMÉNYEK

Mivel a vizsgálatok során 7 elhunytból eltávolított arcideg mintákat vizsgáltunk, statisztikai eredményeink korlátozottak.

Mivel a mintáinkat elhunytakból kaptuk meg, az ő életkoruk adott volt, nem minden korosztályból tudtunk mintákat gyűjteni. Ehhez hasonlóan testi adottságaik is meghatározottak voltak. Az idegek méretei, elhelyezkedése egyénenként változó, így a várt terhelési érték is eltérő volt.

Vizsgált mintáink között 2 férfiból és 5 nőből eltávolított ideget vizsgáltunk, a női és férfi test tulajdonságai idegek szempontjából is eltérőek lehetnek, így ezeket a mintákat külön vizsgáltuk.

5.3.1 IDEGEK TERHELHETŐSÉGE

A szakítógéppel kapott eredményeket összegezve, meghatároztuk külön, az ágakra vonatkozó intervallumot. Az alábbi táblázatban láthatók az idegek szakítóvizsgálati eredményei mintánként és áganként.

Életkor	Nem	Marginális		Buccalis		Zygomatic	
		baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal
		Erő (N)					
58	férfi	15.934	11.909	18.06	18.953	9.996	18.794
67	nő	8.808	9.308	10.772	3.651	4.851	12.455
69	nő	12.552	2.345	4.161	8.045	7.632	7.538
72	nő	2.62	1.102	6.375	3.433	5.159	1.882
73	nő	8.906	9.235	20.135	26.159	4.35	16.207
81	férfi	2.101	11.443	10.815	5.922	9.432	12.501
84	nő	7.84	7.802	10.291	1.881	0.946	4.806
Minimum erő		2.101	1.102	4.161	1.881	0.946	1.882
Átlagerő		8.394	7.592	11.516	9.721	6.052	10.598
Maximum erő		15.934	11.909	20.135	26.159	9.996	18.794

5. táblázat: Szakítóvizsgálati eredmények áganként és azoknak minimális, maximális és átlagértéke.

A 4. táblázatban szereplő minimális értékeket vettük figyelembe. A maximális értékekhez képest igen nagy különbséget mutattak ezek az értékek. Ezekkel határoztuk meg az idegek erő-intervallumát. Ezeknek az értékeknek a betartásával az ideg karosodása elkerülhető.

Ág	Marginális		Buccalis		Zygomatic	
Oldal	bal	jobb	bal	jobb	bal	jobb
Meghatározott biztonsági intervallum (N)	0 - 2.101	0 - 1.102	0 - 4.161	0 - 1.881	0 - 0.946	0 - 1.882

6. táblázat: Bal és jobboldali marginális, buccalis és zygomatic ágakra meghatározott biztonsági intervallumok

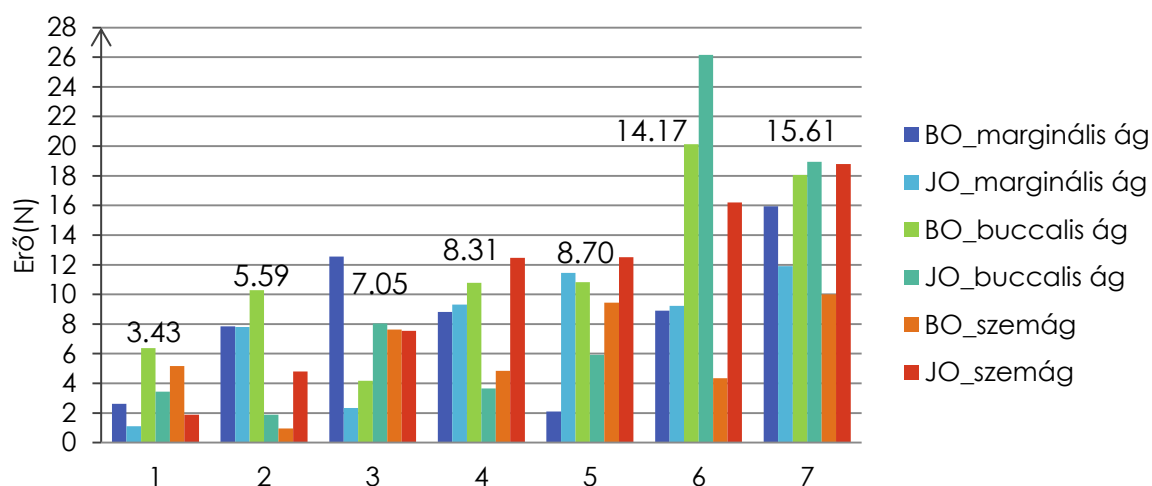
Az 5. táblázatban található a különböző ágak terhelhetőségi intervalluma. Viszonyításképpen:

1N egyenlő 0.1 kg-al, ami kb. kilenc darab csonthéjasas dió tömegének terhelését jelenti.

A maximális terhelést figyelembe véve pedig példaként említhető:

26N egyenlő 2.651 kg terheléssel, ami valamivel több mint két és fél tasak liszt tömegének felel meg.

Arcidegek terhelése elhunytként csoportosítva



7. diagram: 1 - 72 éves nő 2 - 87 éves nő 3 - 69 éves nő 4 - 67 éves nő 5 - 81 éves férfi
6 - 73 éves nő 7 - 58 éves férfi

A fenti táblázaton látható, a személyek összes idegágának átlagterhelését figyelembe véve a rangsorolás (1-a legkisebb átlag terhelés 7-legnagyobb átlag terhelés).

Az oszlopok felett feltüntetett értékek az átlagterhelési értékek, amelyeket a következő képlettel határoztunk meg:

$$\text{Átlag Terhelés} = \frac{BO.(\text{marginális} + \text{buccalis} + \text{szem}) + JO.(\text{marginális} + \text{buccalis} + \text{szem})}{6}$$

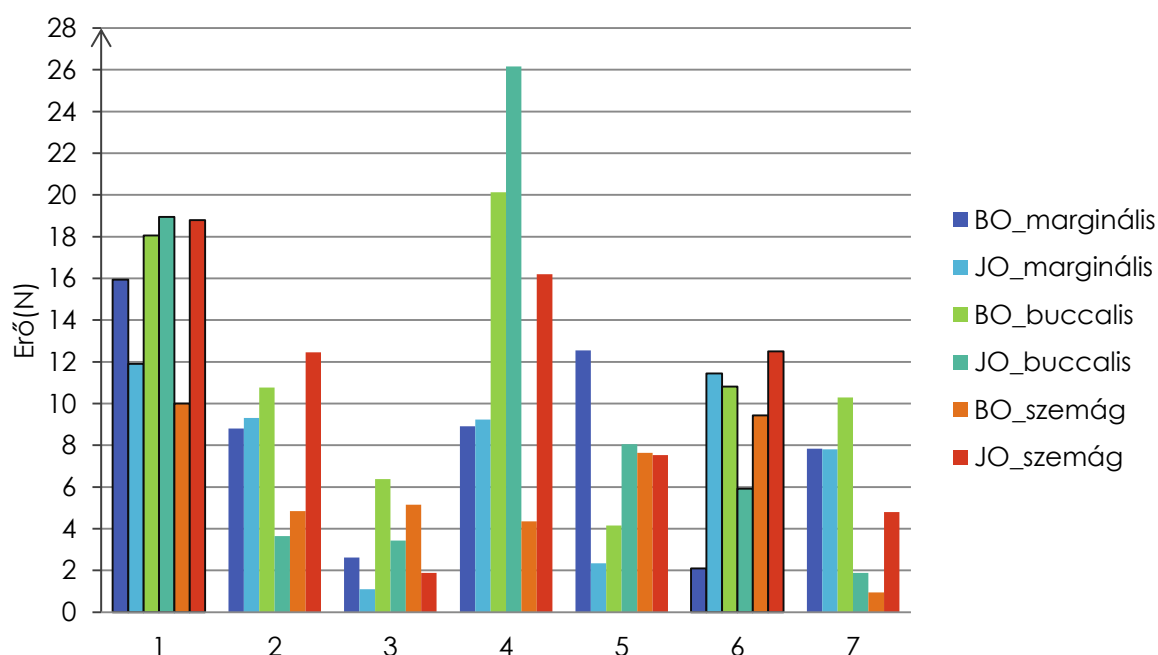
Az egyetlen közös tulajdonságuk az volt, hogy dohányosak voltak.

Az elhunytak ismert adatai, az idegek geometriai tulajdonságai és terhelhetőségük alapján fogjuk végezni a kiértékelést.

5.3.2 ELHUNYTAK ISMERT ADATAI ALAPJÁN TÖRTÉNŐ KIÉRTÉKELÉS

5.3.2.1 ÉLETKOR ALAPJÁN

Arcidegek terhelhetősége életkor alapján



8. diagram: 1 - 58 éves férfi 2 - 67 éves nő 3 - 69 éves nő 4 - 72 éves nő 5 - 73 éves nő
6 - 81 éves férfi 7 - 87 éves nő

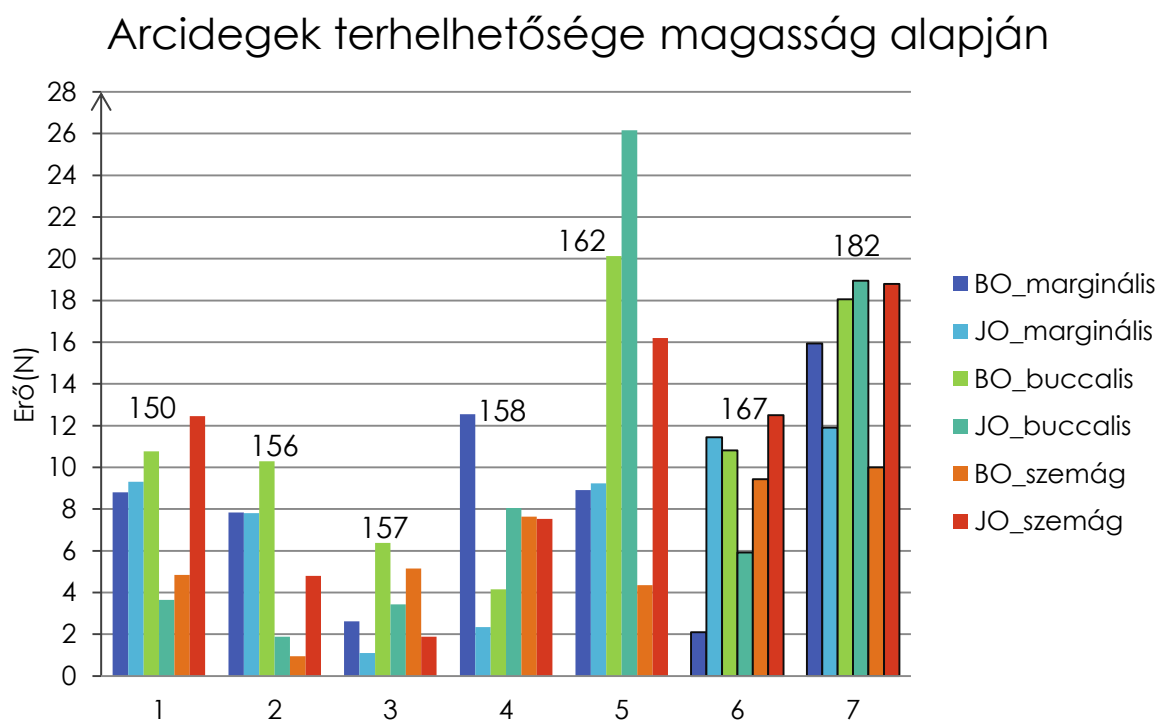
1-es a legfiatalabb 7-es pedig a legidősebb. Fekete vonallal kihúzott oszlopok a férfiakat jelölik.

A két vizsgált férfit összehasonlítva az mondható el, hogy az életkor számít az ideg terhelhetőségének vizsgálata során, mivel az 58 (1) évesé mindegyik ága sokkal többet bírt, mint a 81 (6) évesé.

Az öt nő összehasonlítása során az előbbi megállapítás nem mondható ki. Ha összehasonlítjuk a fiatalabb nőt (2) és a legidősebb (7) nőt, akkor az látható, hogy az idegek közel azonos terhelést bírtak. A 69 éves nő (3) terhelései pedig sokkal kisebbek mint a fiatalabb és a többi nőé.

Mivel férfiakból kevés minta állt rendelkezésünkre a vizsgálathoz, azokból nem vonható le egyértelműen következtetés a terhelés életkorfüggését illetően, a nőknél pedig bebizonyosodott, hogy nem függött a terhelhetőség az életkortól.

5.3.2.2 MAGASSÁG ALAPJÁN



9. diagram: 1 - 67 éves nő 2 - 87 éves nő 3 - 72 éves nő 4 - 69 éves nő 5 - 73 éves nő
6 - 81 éves férfi 7 - 58 éves férfi

1-es a legalacsonyabb 7-es pedig a legmagasabb. Fekete vonallal kihúzott oszlopok a férfiakat jelölik.

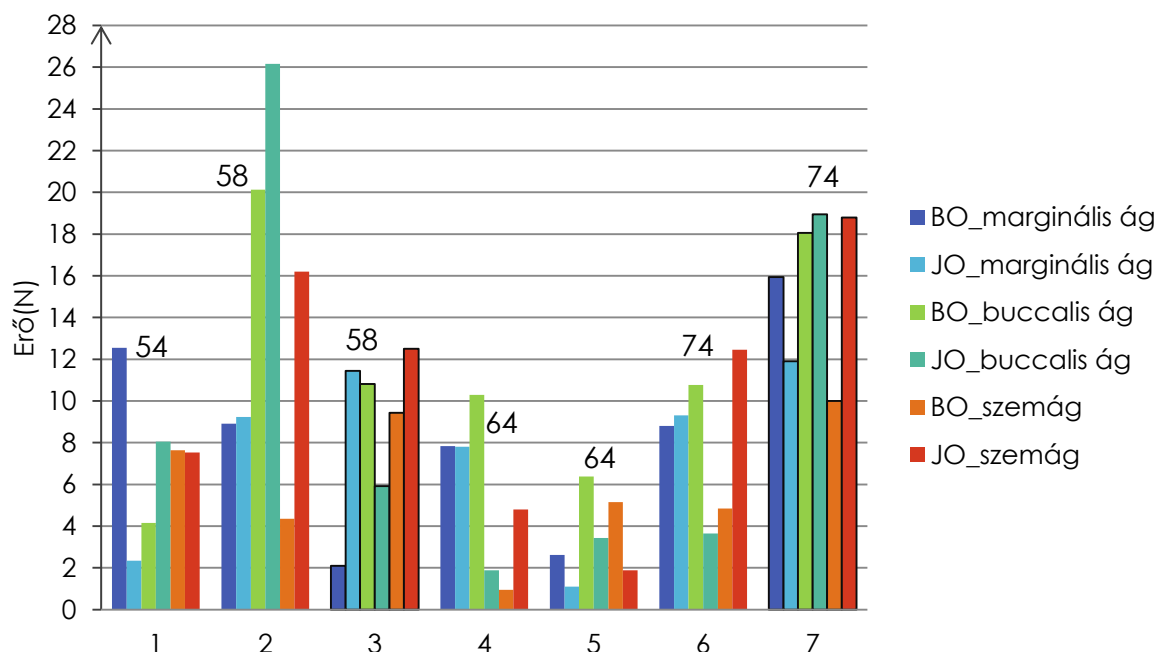
Az oszlopok felett látható az elhunytak magassága cm-ben.

A két férfit összehasonlítva az látható, hogy az idegek függenek az test magasságától.

A nők magasságát figyelembe véve, az látható, hogy a magasság nem befolyásolja az ideg terhelését.

Összegezve, a magasság paramétere nők adatait figyelembe véve nem jelentett befolyásoló tényezőt, férfiak mintáinál megfigyelhető összefüggés, de az életkorhoz hasonlóan, a minták alacsony száma miatt nem vonható le egyértelmű következtetés arra vonatkozóan, hogy a magasság befolyásolja a terhelhetőséget.

Arcidegek terhelhetősége testsúly alapján



10. diagram: 1 - 69 éves nő 2 - 73 éves nő 3 - 81 éves férfi 4 - 87 éves nő 5 - 72 éves nő
6 - 67 éves nő 7 - 58 éves férfi

1-es a legvékonyabb 7-es pedig a legsúlyosabb. Fekete vonallal kihúzott oszlopok a férfiakat jelölik.

Az oszlopok felett az elhunytak testsúlyát tüntettük fel.

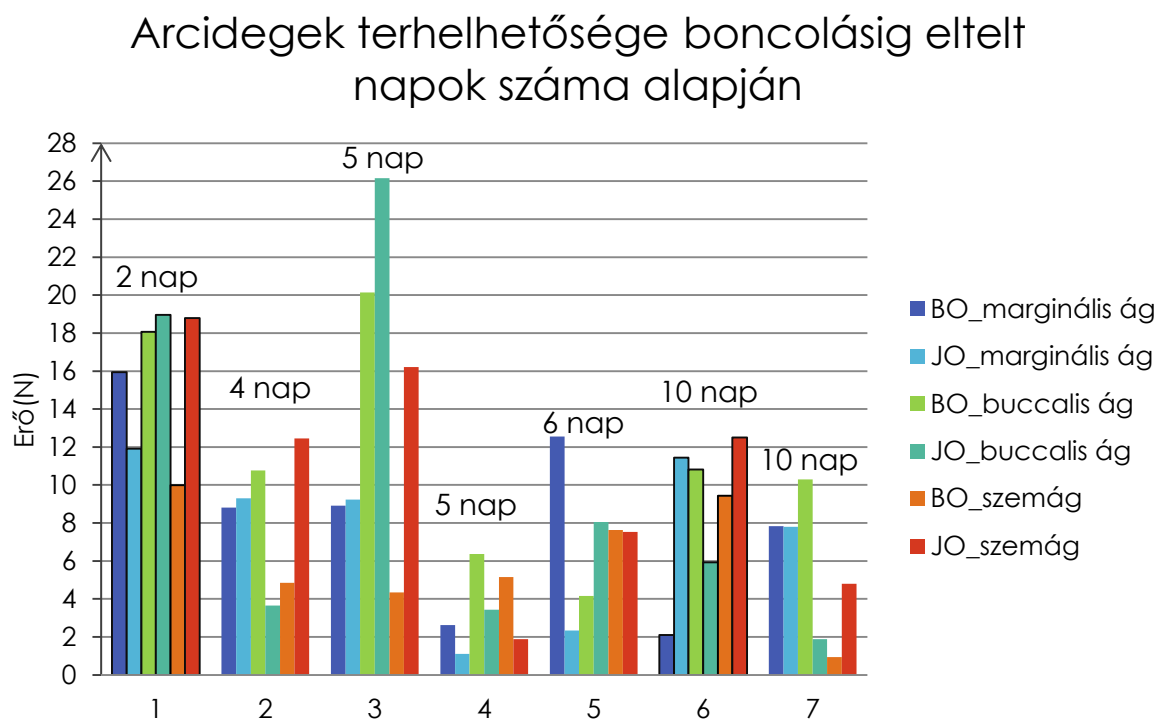
Ez esetben testsúlyukon kívül a BMI indexet is figyelembe vettük, amely leginkább a testsúlyhoz kapcsolódik.

Mindkét BMI index azt mutatta, hogy a magasságukhoz és a testsúlyukhoz képest egészséges testtömegük volt. Ebben ez esetben csak a testsúlyukat figyelembe véve látható, hogy a súlyosabb férfi (7) idegei sokkal nagyobb terhelés felvételére voltak képesek, mint a 16 kg kevesebb tömegű (3) férfi arcidegei.

A nőknél sem lehet a testsúlyhoz kapcsolni az idegek terhelhetőségét. Azonban ha figyelembe vesszük hogy a 72 (5) és a 87 (4) éves nők a BMI indexük alapján túlsúlyosnak bizonyultak, akkor megállapítható, hogy az idegek igen kis terheléseket voltak képesek felvenni. A 67 (6) éves nő BMI indexe alapján az elhízott kategóriába tartozott már, ez megcáfolja az előző megállapításokat, de az látható, hogy ennek a nőnek is kevés terhelést bírtak az arcidegei.

Összegezve eredményeinket, arra a következtetésre jutottunk, hogy az idegek terhelhetősége függhet a testsúlytól, ha figyelembe vesszük a BMI indexet is.

5.3.2.4 HALÁL BEÁLLTÁTÓL A BONCOLÁSIG ELTELT NAPOK SZÁMA ALAPJÁN



11. diagram: 1 - 58 éves férfi 2 - 67 éves nő 3 - 73 éves nő 4 - 72 éves nő 5 - 69 éves nő
6 - 81 éves férfi 7 - 87 éves nő

1-es a legkevesebb eltelt nap 7-es pedig a legtöbb eltelt nap. Fekete vonallal kihúzott oszlopok a férfiakat jelölik.

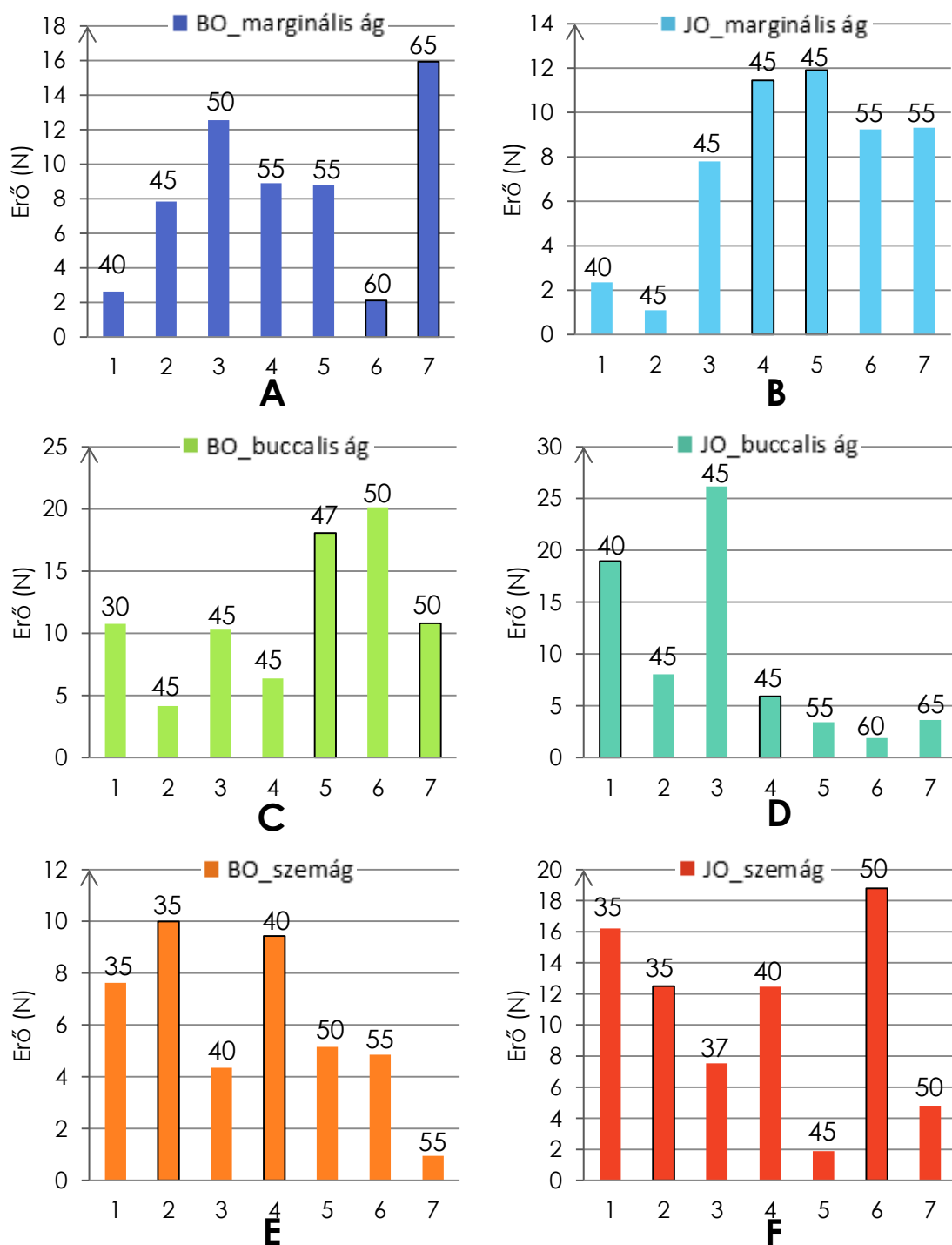
Ebben az esetben tisztán megállapítható, hogy az idegek az eltelt napok után egyre gyengébbek lettek.

Az ágakat külön-külön is szemrevételezve az is látható, hogy egyes esetekben látható egy eltérő viselkedés, de egyre csökken az értékük az eltelt napok számának növekedésével.

Összegezve, eddig ez az egyetlen tényező, ami jelentősebb összefüggést mutatott az idegek viselkedéséről. Tehát minél frissebb az ideg (még nem indult be teljesen a bomlás), annál több terhelést bír az arcideg a szakítógépben.

5.3.3 ARCIDEGEKEN MÉRT JELEMZŐK ALAPJÁN

5.3.3.1 IDEGHOSSZ ALAPJÁN



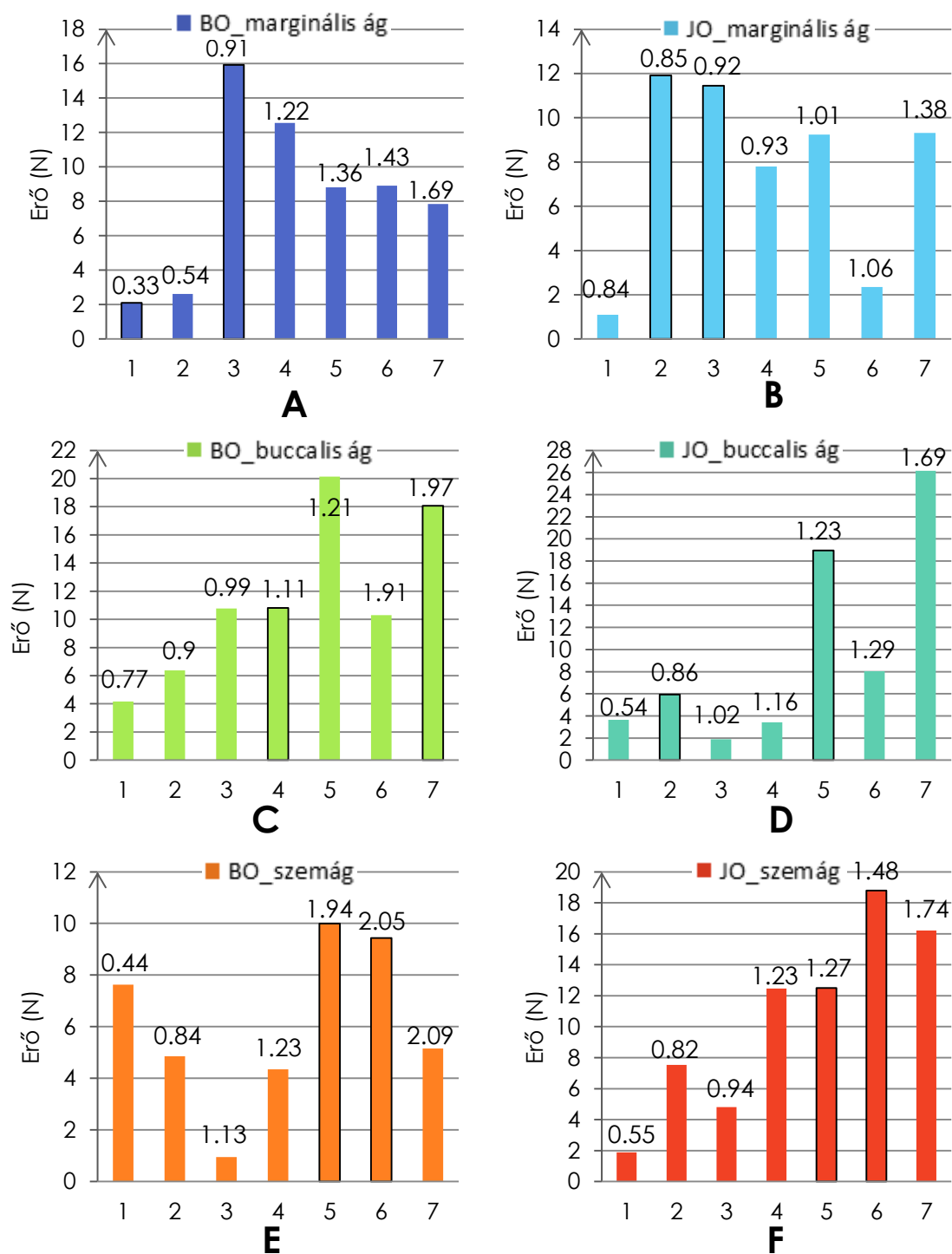
12.diagram: Arcidegek terheleltősége ideghossz alapján (1-legrövidebb 7-leghosszabb ideg mm-ben)

A hat ág közül egyikre sem mondható ki az, hogy hosszabb ideg esetén nagyobb erő felvételére képes. A jobb oldali buccalis ág esetén, az idegek erőfelvevő képessége sokkal

nagyobb volt a rövidebb idegek esetén. Ez a baloldali és a jobb oldali marginális ág diagramjain is látható.

A baloldali buccalis és a bal illetve jobb oldali marginális ágak esetén látható, hogy az ideg hossz növelésével mintha nőnek az erőfelvétel is, de ebben az esetben is megállapítható, hogy ez nem lineárisan nő.

5.3.3.2 IDEG ÁTMÉRŐ-VASTAGSÁG ALAPJÁN



13.diagram: Arcidegek terhelehtősége idegátmérő alapján (1-legvékonyabb 7-legvastagabb ideg mm-ben)

A hat ág vizsgálatakor megállapítható, hogy minél vastagabb volt az ideg, annál nagyobb terhelés felvételére volt képes. eltérő viselkedést a jobboldali marginális ágak mutattak, de több tényező is befolyásolja az ideg viselkedését, mi csak a diagramon látható, általunk kapott eredményekre összpontosítunk.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani mindenkinek, akik munkánkat segítették, elsősorban konzulenseinknek.

Dr. Bognár Eszternek a rengeteg segítségért, megosztott tapasztalatokért, a gyors és pontos javításokért, útmutatásért.

Nagy Péternek a laborban végzett munka folyamatos irányításáért, ellenőrzéséért, az elkészült befogóknál nyújtott segítségért, tanácsaiért.

Dr. Késmárczky Róbertnek a Patológiai Intézetben végzett munkáért, hogy részt vehettünk a minták eltávolításában, és hogy közben folyamatosan tanulhattunk tőle a téma orvosi vonatkozásairól.

Köszönjük az I. sz. Patológiai Intézet összes dolgozójának a boncolásokban nyújtott szakszerű és mindig rendelkezésre álló segítséget.

Tiszteletünket szeretnénk kifejezni az elhunytak felé, akik haláluk után a tudomány előrelépését ilyen módon szolgálják, ezzel együtt hálánkat kifejezni, hogy betekintést nyerhettünk a patológiába, az orvostudomány e nemes ágába, amely a betegségek vizsgálatával foglalkozik.

7. FORRÁSJEGYZÉK

7.1. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Betegtájékoztató: Arcidegi műtéti feltárása arcidegbénulás esetén (Nervus facialis decompressio); Letöltve: http://florhosp.hu/dokumentumok/linkdok/linkdok_87.pdf (Utolsó letöltés: 27/10/2014)
- [2] Réthelyi Miklós – Szentágothai János(2002): Idegszövet. In: Réthelyi Miklós – Szentágothai János: Funkcionális anatómia I. Budapest, Medicina Könyvkiadó Zrt. ISBN 9789632425641
- [3] Réthelyi Miklós – Szentágothai János(2002): A velőcsőből kialakuló neuronok és támasztósejtek szerkezete. In: Réthelyi Miklós – Szentágothai János: Funkcionális anatómia I. Budapest, Medicina Könyvkiadó Zrt. ISBN 9789632425641
- [4] Réthelyi Miklós – Szentágothai János(2002): Idegsejtek(neuronok). In: Réthelyi Miklós – Szentágothai János: Funkcionális anatómia I. Budapest, Medicina Könyvkiadó Zrt. ISBN 9789632425641
- [5] Réthelyi Miklós – Szentágothai János(2002): Agyidegekhez kapcsolódó agytörzsi magok. In: Réthelyi Miklós – Szentágothai János: Funkcionális anatómia III. Budapest, Medicina Könyvkiadó Zrt. ISBN 9789632425641
- [6] Réthelyi Miklós – Szentágothai János(2002): A környéki idegrendszer. In: Réthelyi Miklós – Szentágothai János: Funkcionális anatómia III. Budapest, Medicina Könyvkiadó Zrt. ISBN 9789632425641
- [7] Jeffrey A. BEEL, Louis S. STODIECK, Marvin W. LUTTGES(1985): Structural Properties of Spinal Nerve Roots: Biomechanics, Experimental neurology, 91,30-40
- [8] E. Marania, J.L. van Leeuwena, C.W. Spoorb (1993): The tensile testing machine applied in the study of human nerve rupture: a preliminary study. Clinical Neurology and Neurosurgery, 95
- [9] Anita SINGH (2005): Mechanical properties of spinal nerve roots subjected to tension at different strain rates. Journal of Biomechanics, 39, 1669–1676

7.2. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Mozaik web-tankönyv: Az idegsejt felépítése [https://www.mozaweb.hu/ Lecke-BIO-Biologia_es_egeszsegtan_8-Az_idegsejtek_felepitesi_es_mukodese-104888](https://www.mozaweb.hu/Lecke-BIO-Biologia_es_egeszsegtan_8-Az_idegsejtek_felepitesi_es_mukodese-104888) (2014. október)

2. ábra: Mozaik web-tankönyv: Az ingerület átadása kémiai jellegű folyamat https://www.mozaweb.hu/Lecke-BIO-Biologia_es_egeszsegtan_8-Az_idegsejtek_felepitesi_es_mukodese-104888 (2014. október)

3. ábra: The Peripheral Nervous System: The anatomical arrangement of the roots of the cranial nerves observed from an inferior view of the brain [http://cnx.org/contents/e5012e2b-8f3f-4600-a061-b44e3d930f49@4/ The_Peripheral_Nervous_System](http://cnx.org/contents/e5012e2b-8f3f-4600-a061-b44e3d930f49@4/The_Peripheral_Nervous_System)

4. ábra: Quizlet: Head and Neck Anatomy flashcards http://o.quizlet.com/i/gjqXBmHH7ik73xAyAcO0tQ_m.jpg (2014. október)

A következő ábrák saját készítésűek (fényképek, mikroszkópos képek, SolidWorks modellek renderelésével vagy Microsoft Word SmartArt segítségével készültek):

5. ábra: Kitűzött céljaink

6. ábra: INSTRON 5965 típusú szakítógép

7. ábra: OLYMPUS SZX 16 típusú sztereomikroszkóp

8. ábra: A bejelölt arcidegek csészében kiterítve (a – bal oldali arcideg, b – jobb oldali arcideg)

9. ábra: Sztereomikroszkópos felvételek a szakítás előtt (a - zygomaticus, b – buccalis, c – törzs)

10. ábra: Befogás után készült kép a mintáról (a – befogott ideg a méretskálán, üveglapon elhelyezve, b – a befogók a befogott ideggel együtt a szakítógépben)

11. ábra: Szakítógépes vizsgálat elvégzése az idegágakon (a – a szakítás elvégzése előtt, b – a szakítás után)

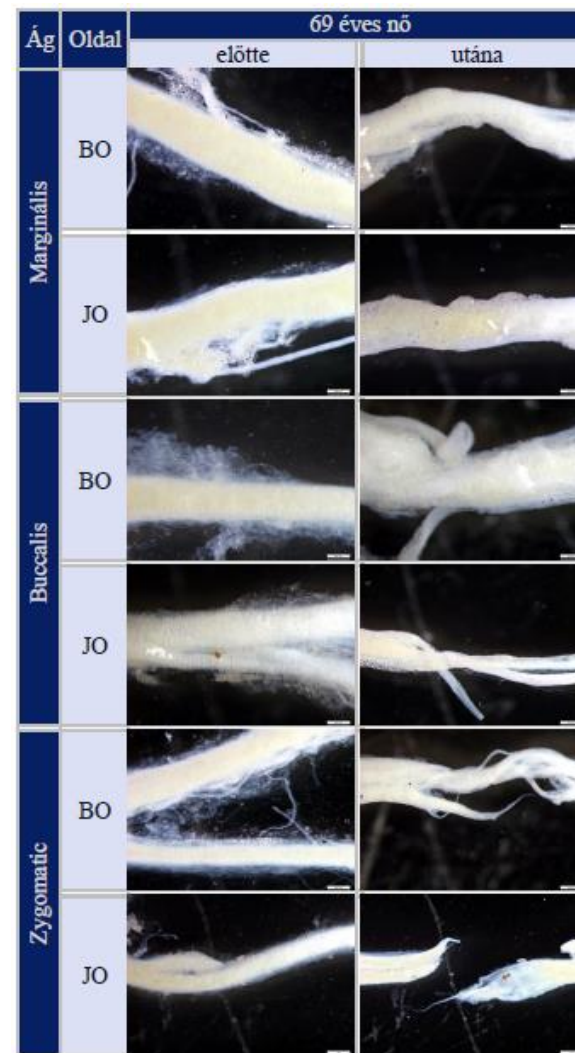
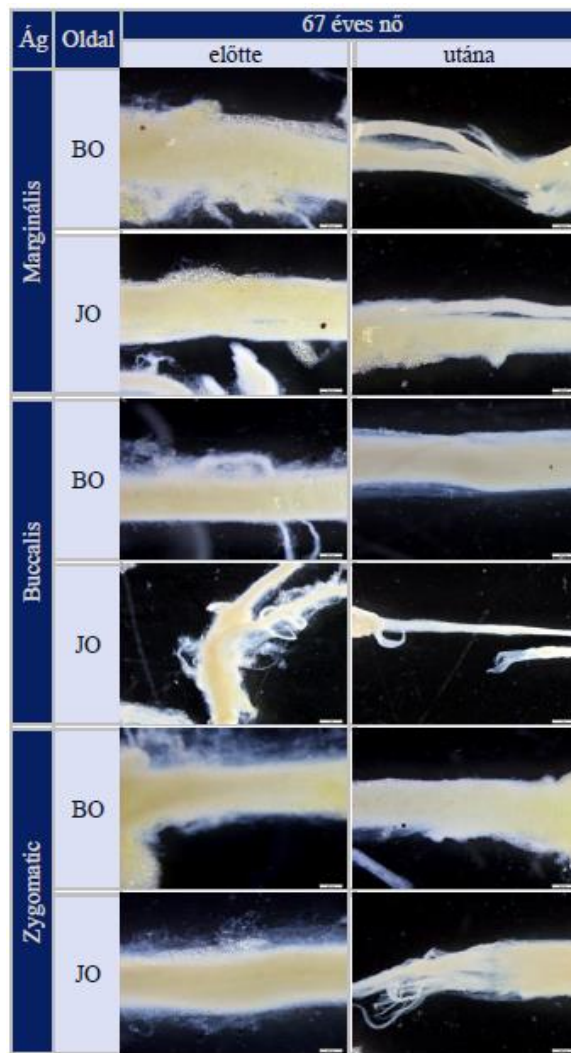
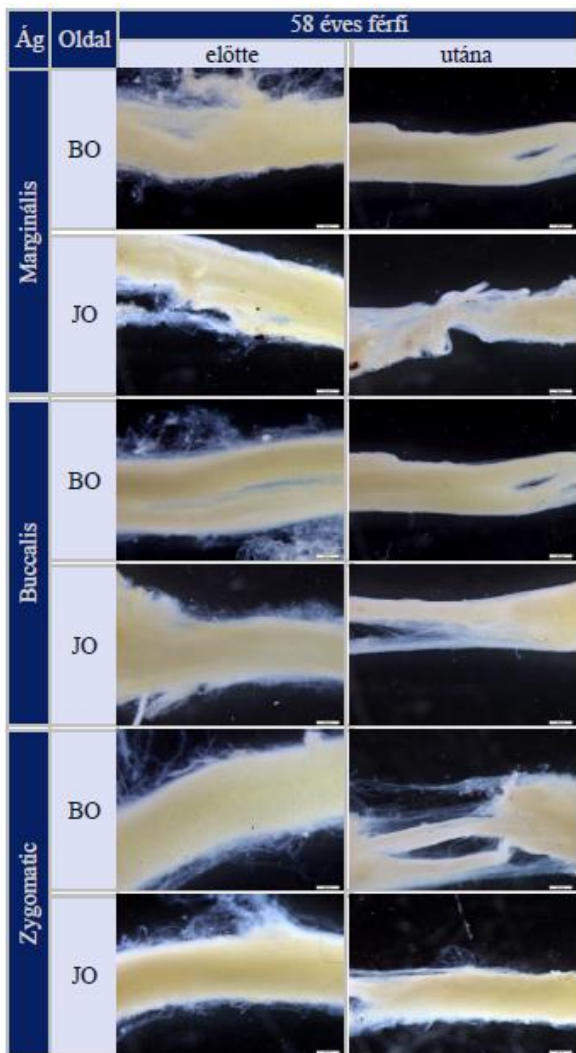
12. ábra: Szakítógépes vizsgálat elvégzése az idegágakon

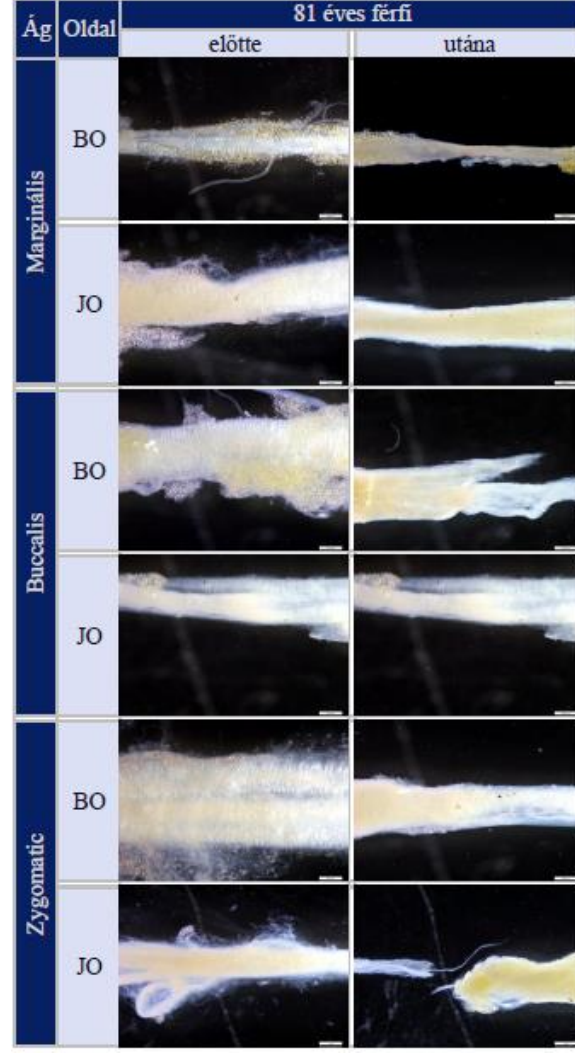
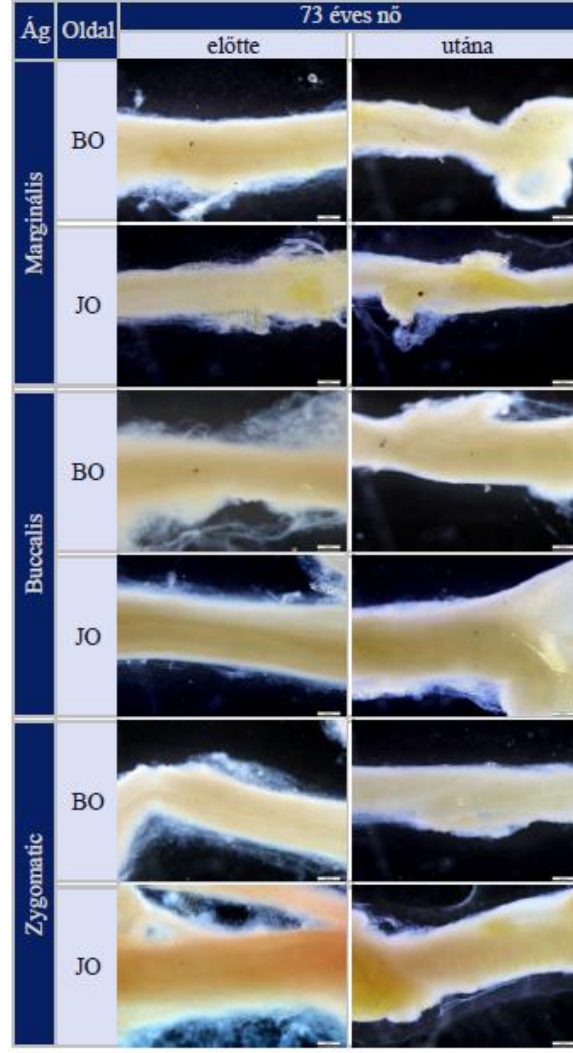
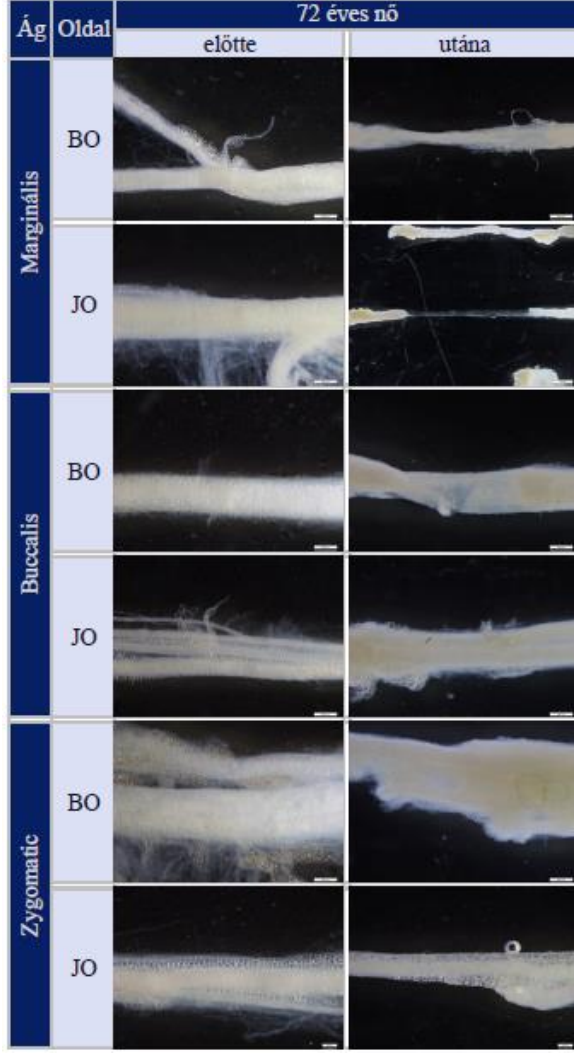
13. ábra: Sztereomikroszkópos felvételek a szakítás után (a - zygomaticus, b – buccalis, c – marginális)

14. ábra: Polimer kompozit anyagból készített befogó és részei után
15. ábra: Polimer kompozit anyagból készített befogóról készült fénykép minta befogása
16. ábra: Alumíniumból készített befogó és részei
17. ábra: Alumíniumból készített befogóról készült fénykép minta befogása után
18. ábra: Alumíniumból készített, egy helyen vékonyított befogóról készült fénykép minta befogása után
19. ábra: Továbbfejlesztett alumínium befogó alkalmazás közben
20. ábra: Négyzet alakú alumínium befogók modellje és részei
21. ábra: Négyzet alakú befogó alkalmazása
22. ábra: Statisztikáink során kiértékelt idegek befogóba fogva, a minták jelölése (elhunytak életkora) a képek alatt található
23. ábra: A baloldali ideg buccalis ágának vizsgálata: elágazást tartalmaz az ideg, ami újra egyesül
24. ábra: a-58 éves férfi, b-73 éves nő jobboldali buccalis ágán lévő elágazások
25. ábra: a - 69 éves nő baloldali marginális ágán lévő mellékágak maradványai,
b - 67 éves nő baloldali marginális ágán lévő rövid elágazó szakasz

8. FÜGGELÉK

8.1. STEREOMIKROSZKÓPOS FELVÉTELEK

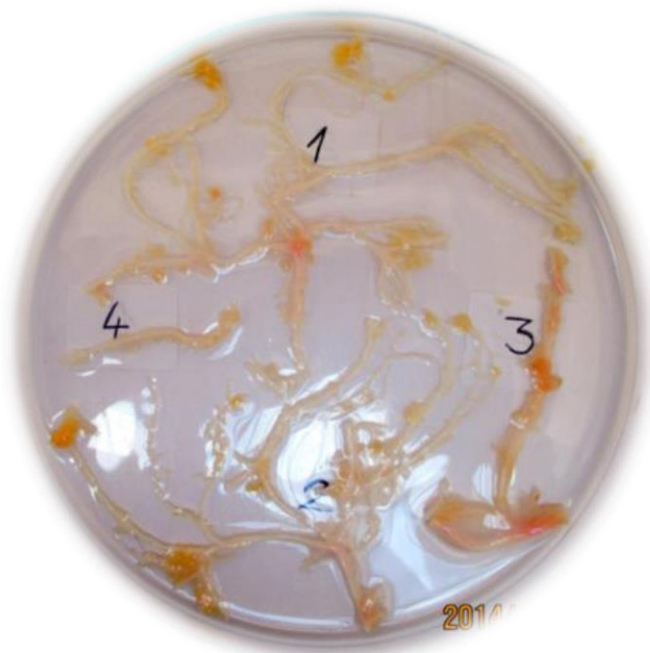




8.2. KITERÍTETT ARCIDEGEK



58 ÉVES FÉRFI KITERÍTETT ARCIDEGEI. 1-JOB B ÉS 2-BALOLDALI VII. ARCIDEG



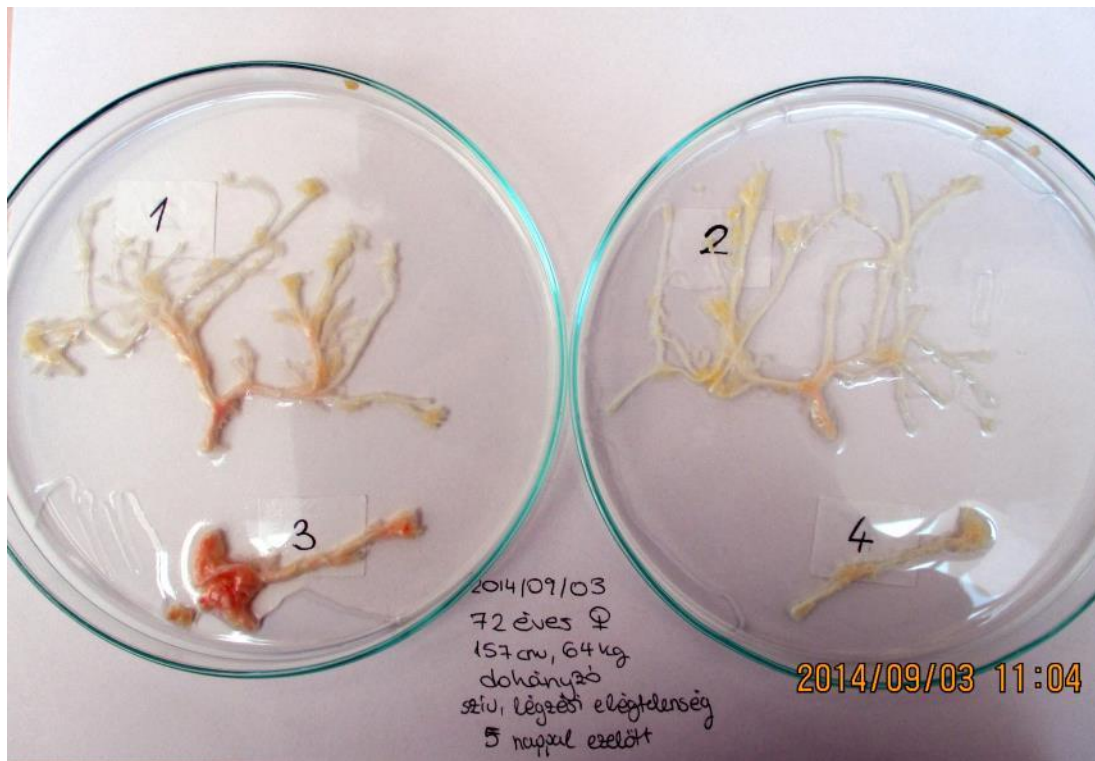
67 ÉVES NŐ KITERÍTETT ARCIDEGEI. 1-BAL ÉS 2-JOB BOLDALI VII. ARCIDEG



69 ÉVES NŐ KITERÍTETT ARCIDEGEI. 1-BAL ÉS 2-JOB BOLDALI VII. ARCIDEG



73 ÉVES NŐ KITERÍTETT ARCIDEGEI. 1-BO ÉS 2-JO OLDALI VII. ARCIDEG



72 ÉVES NŐ KITERÍTETT ARCIDEGEI. 1-
JOBB ÉS 2-BALOLDALI VII. ARCIDEG



81 ÉVES FÉRFI KITERÍTETT ARCIDEGEI.
1-JOBB ÉS 2-BALOLDALI VII. ARCIDEG



87 ÉVES NŐ KITERÍTETT ARCIDEGEL. 1-
JOBB ÉS 2- BALOLDALI VII. ARCIDEG

8.3. STATISZTIKAI EREDMÉYNEKHEZ FÜZŐDŐ TÁBLÁZATOK

Rangsorolás 7. diagram esetén	Életkor	Nem	Marginális		Buccalis		Zygomatic		Erő átlagértékek áganként (N)
			baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	
			Erő (N)						
1	72	nő	2.62	1.102	6.375	3.433	5.159	1.882	3.429
2	84	nő	7.84	7.802	10.291	1.881	0.946	4.806	5.594
3	69	nő	12.552	2.345	4.161	8.045	7.632	7.538	7.046
4	67	nő	8.808	9.308	10.772	3.651	4.851	12.455	8.308
5	81	férfi	2.101	11.443	10.815	5.922	9.432	12.501	8.702
6	73	nő	8.906	9.235	20.135	26.159	4.35	16.207	14.165
7	58	férfi	15.934	11.909	18.06	18.953	9.996	18.794	15.608

7.DIAGRAMHOZ HASZNÁLT ADATOK – ÁGAK ERŐ-ÁTLAGÉRTÉKE SZERINT

Rangsorolás 8. diagram esetén	Életkor	Nem	Marginális		Buccalis		Zygomatic	
			baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal
			Erő (N)					
1	58	férfi	15.934	11.909	18.06	18.953	9.996	18.794
2	67	nő	8.808	9.308	10.772	3.651	4.851	12.455
3	69	nő	12.552	2.345	4.161	8.045	7.632	7.538
4	72	nő	2.62	1.102	6.375	3.433	5.159	1.882
5	73	nő	8.906	9.235	20.135	26.159	4.35	16.207
6	81	férfi	2.101	11.443	10.815	5.922	9.432	12.501
7	84	nő	7.84	7.802	10.291	1.881	0.946	4.806

8.DIAGRAMHOZ HASZNÁLT ADATOK – ÉLETKOR SZERINT

Rangsorolás 9. diagram esetén	Életkor	Nem	Marginális		Buccalis		Zygomatic		Magasság (cm)
			baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	
			Erő (N)						
1	67	nő	8.808	9.308	10.772	3.651	4.851	12.455	150
2	84	nő	7.84	7.802	10.291	1.881	0.946	4.806	156
3	72	nő	2.62	1.102	6.375	3.433	5.159	1.882	157
4	69	nő	12.552	2.345	4.161	8.045	7.632	7.538	158
5	73	nő	8.906	9.235	20.135	26.159	4.35	16.207	162
6	81	férfi	2.101	11.443	10.815	5.922	9.432	12.501	167
7	58	férfi	15.934	11.909	18.06	18.953	9.996	18.794	182

9.TÁBLÁZATHOZ HASZNÁLT ADATOK – MAGASSÁG SZERINT

Rangsorolás 10. diagram esetén	Életkor	Nem	Marginális		Buccalis		Zygomatic		TESTSÚLY (kg)
			baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	
			Erő (N)						
1	69	nő	12.552	2.345	4.161	8.045	7.632	7.538	54
2	73	nő	8.906	9.235	20.135	26.159	4.35	16.207	58
3	81	férfi	2.101	11.443	10.815	5.922	9.432	12.501	58
4	72	nő	2.62	1.102	6.375	3.433	5.159	1.882	64
5	84	nő	7.84	7.802	10.291	1.881	0.946	4.806	64
6	58	férfi	15.934	11.909	18.06	18.953	9.996	18.794	74
7	67	nő	8.808	9.308	10.772	3.651	4.851	12.455	74

10. DIAGRAMHOZ HASZNÁLT ADATOK – TESTSÚLY SZERINT

Rangsorolás 11. diagram esetén	Életkor	Nem	Marginális		Buccalis		Zygomatic		Boncolásig eltelt napok száma
			baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	baloldal	jobboldal	
			Erő (N)						
1	58	férfi	15.934	11.909	18.06	18.953	9.996	18.794	2
2	67	nő	8.808	9.308	10.772	3.651	4.851	12.455	4
3	72	nő	2.62	1.102	6.375	3.433	5.159	1.882	5
4	73	nő	8.906	9.235	20.135	26.159	4.35	16.207	5
5	69	nő	12.552	2.345	4.161	8.045	7.632	7.538	6
6	81	férfi	2.101	11.443	10.815	5.922	9.432	12.501	10
7	84	nő	7.84	7.802	10.291	1.881	0.946	4.806	10

11. DIAGRAMHOZ HASZNÁLT ADATOK – BONCOLÁSIG ELTELT NAPOK SZÁMÁNA SZERINT

Rangsorolás 12.A diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti ideghossz [mm]
1	72	nő	2.62	40
2	87	nő	7.84	45
3	69	nő	12.552	50
4	73	nő	8.906	55
5	67	nő	8.808	55
6	81	férfi	2.101	60
7	58	férfi	15.934	65

12. DIAGRAM CSOPORTNAK A-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGHOSSZ SZERINT

Rangsorolás 12.B diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti ideghossz [mm]
1	69	nő	2.345	40
2	72	nő	1.102	45
3	87	nő	7.802	45
4	81	férfi	11.443	45
5	58	férfi	11.909	45
6	73	nő	9.235	55
7	67	nő	9.308	55

12. DIAGRAM CSOPORTNAK B-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGHOSSZ SZERINT

Rangsorolás 12.C diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti ideghossz [mm]
1	67	nő	10.772	30
2	69	nő	4.161	45
3	72	nő	6.375	45
4	87	nő	10.291	45
5	58	férfi	18.06	47
6	73	nő	20.135	50
7	81	férfi	10.815	50

12. DIAGRAM CSOPORTNAK C-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGHOSSZ SZERINT

Rangsorolás 12.D diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti ideghossz [mm]
1	58	<i>férfi</i>	18.953	40
2	69	<i>nő</i>	8.045	45
3	73	<i>nő</i>	26.159	45
4	81	<i>férfi</i>	5.922	45
5	72	<i>nő</i>	3.433	55
6	87	<i>nő</i>	1.881	60
7	67	<i>nő</i>	3.651	65

12. DIAGRAM CSOPORTNAK D-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGHOSSZ SZERINT

Rangsorolás 12.E diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti ideghossz [mm]
1	69	<i>nő</i>	7.632	35
2	58	<i>férfi</i>	9.996	35
3	73	<i>nő</i>	4.35	40
4	81	<i>férfi</i>	9.432	40
5	72	<i>nő</i>	5.159	50
6	67	<i>nő</i>	4.851	55
7	87	<i>nő</i>	0.946	55

12. DIAGRAM CSOPORTNAK E-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGHOSSZ SZERINT

Rangsorolás 12.F diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti ideghossz [mm]
1	73	<i>nő</i>	16.207	35
2	81	<i>férfi</i>	12.501	35
3	69	<i>nő</i>	7.538	37
4	67	<i>nő</i>	12.455	40
5	72	<i>nő</i>	1.882	45
6	58	<i>férfi</i>	18.794	50
7	87	<i>nő</i>	4.806	50

12. DIAGRAM CSOPORTNAK F-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGHOSSZ SZERINT

Rangsorolás 13.A diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti idegátmérő [mm]
1	81	<i>férfi</i>	2.101	0.33
2	72	<i>nő</i>	2.62	0.54
3	58	<i>férfi</i>	15.934	0.91
4	69	<i>nő</i>	12.552	1.22
5	67	<i>nő</i>	8.808	1.36
6	73	<i>nő</i>	8.906	1.43
7	87	<i>nő</i>	7.84	1.69

13. DIAGRAM CSOPORTNAK A-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGÁTMÉRŐ SZERINT

Rangsorolás 13.B diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti idegátmérő [mm]
1	72	<i>nő</i>	1.102	0.84
2	58	<i>férfi</i>	11.909	0.85
3	81	<i>férfi</i>	11.443	0.92
4	87	<i>nő</i>	7.802	0.93
5	73	<i>nő</i>	9.235	1.01
6	69	<i>nő</i>	2.345	1.06
7	67	<i>nő</i>	9.308	1.38

13. DIAGRAM CSOPORTNAK B-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGÁTMÉRŐ SZERINT

Rangsorolás 13.C diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti idegátmérő [mm]
1	69	<i>nő</i>	4.161	0.77
2	72	<i>nő</i>	6.375	0.9
3	67	<i>nő</i>	10.772	0.99
4	81	<i>férfi</i>	10.815	1.11
5	73	<i>nő</i>	20.135	1.21
6	87	<i>nő</i>	10.291	1.91
7	58	<i>férfi</i>	18.06	1.97

13. DIAGRAM CSOPORTNAK C-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGÁTMÉRŐ SZERINT

Rangsorolás 13.D diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti idegátmérő [mm]
1	67	nő	3.651	0.54
2	81	férfi	5.922	0.86
3	87	nő	1.881	1.02
4	72	nő	3.433	1.16
5	58	férfi	18.953	1.23
6	69	nő	8.045	1.29
7	73	nő	26.159	1.69

13. DIAGRAM CSOPORTNAK D-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGÁTMÉRŐ SZERINT

Rangsorolás 13.E diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti idegátmérő [mm]
1	69	nő	7.632	0.44
2	67	nő	4.851	0.84
3	87	nő	0.946	1.13
4	73	nő	4.35	1.23
5	58	férfi	9.996	1.94
6	81	férfi	9.432	2.05
7	72	nő	5.159	2.09

13. DIAGRAM CSOPORTNAK E-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGÁTMÉRŐ SZERINT

Rangsorolás 13.F diagram esetén	Életkor	Nem	Maximális Erő [N]	Kezdeti idegátmérő [mm]
1	72	nő	1.882	0.55
2	69	nő	7.538	0.82
3	87	nő	4.806	0.94
4	67	nő	12.455	1.23
5	81	férfi	12.501	1.27
6	58	férfi	18.794	1.48
7	73	nő	16.207	1.74

13. DIAGRAM CSOPORTNAK F-DIAGRAM ADATAI – KEZDETI IDEGÁTMÉRŐ SZERINT