



## **ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA**

**2025. 04. 24-26.**

### **Automatikus értékelő módszer fejlesztése nyulak fej súlyának becslésére komputer tomográfiás és vágási adatok felhasználásával**

**Development of an automatic evaluation method for estimating rabbit head weight using  
computed tomography and slaughter data**

**Készítette:** Magony Dorina  
Z45UVA  
Állattenyésztő mérnök, Bsc  
Nappali tagozat  
Kaposvári Campus

**Témavezető:** Csóka Ádám  
doktorandusz  
MATE, Kaposvári Campus, Állattenyésztési Doktori Iskola

Dr. Donkó Tamás  
c. egyetemi docens, kutatási egység vezető  
Medicopus Nonprofit Kft.

Dr. Gerencsér Zsolt  
tudományos főmunkatárs  
MATE, Kaposvári Campus, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állatnemesítési Tanszék

**Lehetséges OTDK szekció: Állattenyésztési  
2025**

## Tartalom

|        |                                        |    |
|--------|----------------------------------------|----|
| 1.     | BEVEZETÉS.....                         | 3  |
| 2.     | SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS .....          | 5  |
| 2.1.   | CT ESZKÖZÖK ÉS MÓDSZEREK .....         | 5  |
| 2.2.   | A NYÚL VIZSGÁLATA CT-VEL .....         | 5  |
| 2.3.   | GAZDASÁGOSSÁG ÉS TECHNOLÓGIA.....      | 7  |
| 3.     | ANYAG ÉS MÓDSZER .....                 | 8  |
| 3.1.   | EGYEDEK KIVÁLASZTÁSA.....              | 8  |
| 3.2.   | VIZSGÁLAT HELYE ÉS IDEJE .....         | 8  |
| 3.3.   | VÁGÁSOK IDEJE ÉS HELYE.....            | 8  |
| 3.4.   | CT ADATGYŰJTÉS .....                   | 9  |
| 3.5.   | CT KÉPEK UTÓMUNKÁJA .....              | 10 |
| 3.5.1. | CT KÉPEK SZEGMENTÁCIÓJA .....          | 10 |
| 3.5.2. | CT KÉPEK REGISZTRÁCIÓJA .....          | 17 |
| 3.5.3. | ADATGYŰJTÉS A CT FELVÉTELEKRŐL .....   | 19 |
| 3.5.4. | REGRESSZIÓ ÉS MODELL KIVÁLASZTÁS ..... | 19 |
| 4.     | EREDMÉNYEK.....                        | 20 |
| 5.     | ÉRTÉKELÉSEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK.....    | 25 |
| 6.     | ÖSSZEFOGLALÁS .....                    | 26 |
| 7.     | IRODALOMJEGYZÉK .....                  | 27 |
| 8.     | TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE .....     | 30 |
| 9.     | KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....               | 31 |

## 1. Bevezetés

Az elmúlt két évben a nyúlhús előállítás volumene csökkenő tendenciát mutatott (JURÁSKÓ, 2024), annak ellenére, hogy a nyúlhús fogyasztása a modern ételmezés iránti igényeknek megfelel, magas a többszörösen telített zsírsav -, illetve a B12 vitamin tartalma a többi húsféléhez viszonyítva. A 21. századi étrendeknek is megfelel, mivel alacsony a zsír- és koleszterintartalma, és magas az energiatartalma, ami miatt a diétázók és egyes allergiával küzdő felnőttek és gyerekek is fogyaszthatják. Hazánkban jelentősebb az export a nyúlhús terén, mint a saját fogyasztás (CSIPKÉS, 2021), de azt mindenképpen érdemes megemlíteni, hogy jelentős lehet azoknak az aránya, akik otthon nyulat tartanak, és valószínűleg fogyasztanak is nyúlhúst, azonban ezek aránya nem jelenik meg a statisztikákban.

Régebben, háztáji körülmények között, a szelekció szempontjai egészen mások voltak, mint napjaink nagyüzemi nyúltartása esetén. A kiválogatás elsősorban szemrevételezés alapján történt, és a fő irány a formalizmus volt. A 21. századi felgyorsult világban, a nagyvállalatok és nagyüzemi termelés mellett elengedhetetlen, hogy a technológiai fejlődés adta lehetőségeket a lehető legnagyobb mértékben kihasználják a szelekcióban is. Mindenki, a saját gazdasági érdekeinek legjobban megfelelő állományok „kialakítására” és fenntartására törekszik.

Korábban, de kiállítási fajták esetén még ma is, a szelekció a külső jellemzők, mint például a szőr színe és hosszúsága, a fül mérete és az egyed külleme alapján történt/történik. A 70-es években, Franciaországban kezdődő nagyütemű fejlődés (mesterséges termékenyítés, a termelés ütemezhetősége, a nyúltenyésztéssel kapcsolatos ismeretek bővülése, stb.) hatására a nyúltenyésztésben is elkezdődhetett az intenzív termelés és javult a jövedelmezőség (FORTUN-LAMOTHE és mtsai, 2009). Napjainkban, egy nyúl tenyésztésbevétele előtt nem elég a kézzel, a tapintás vagy épp a küllem útján történő vizsgálat. A hústermelésre szakosodott tenyészetekben a növekedési erélyt veszik figyelembe a megfelelő időközönként végrehajtott élősúlyméréssel. Néhány fajta szelekciójában alkalmazzák a CT-t (KOMPUTER TOMOGRÁFIA), aminek segítségével hamarabb kapnak információt a potenciális tenyészállatok hústermelő képességéről (vagy akár zsírosodási hajlamról; KASZA és mtsai, 2017 a,b), mint korábban. Az állományba vétel előtt természetesen a tenyészállat jelöltek esetében nem nélkülözhető a korábban említett szemrevételezés sem, mely elsősorban az egészségi állapot felmérése érdekében szükséges. A technikai lehetőségekkel együtt, az értékelési eljárások is gyors ütemű fejlődést mutatnak, kiszélesítve azon tulajdonságok körét, amit ezekkel a technológiai eszközök segítségével fejleszteni lehet.

Az óriás fajtacsoportba tartozó nyulak jellemzően nagy fejjel és hosszú fülekkel rendelkeznek, emiatt a vágási kitermelésük rosszabb, mint hasonló korban a középnyagtestű nyulaké. Abban az esetben, ha az óriás nyulakat hústermelésre kezdjük el szelektálni, hosszú idő alatt a fajtát (sokszor nem is tudatosan) középnyagtestűvé alakítjuk át. Annak érdekében, hogy ezt elkerüljük, érdemes lenne az óriás fajtacsoport nyulainál a vágási kihozatalt rontó fej méretét, és ezáltal a fej/test arányát csökkenteni.

Az előző bekezdésben leírtak természetesen csak elméleti lehetőségként vetődtek fel, jelenleg gyakorlati jelentősége nincs, de a fej vizsgálata sok szempontból érdekes lehet az értékelési módszerek fejlesztésében. Jelentősége abban áll, hogy a fej, a korábban vizsgált izmok és/vagy zsírdépő becslésével szemben két tulajdonságában is eltér: sem helyzete/pozíciója nem standardizált, sem automatikus szegmentálása nem megoldott. Így a fej súlyának (méreteinek) becslésére irányuló jelen vizsgálatok túlmutatnak a fejen, és alapot képeznek olyan, jövőbeli tulajdonságok vizsgálatához és becsléséhez, amik gazdasági jelentősége nagyobb, de hasonló jellemzőkkel rendelkeznek.

A fent leírtak alapján a célom a fej súlyának becslése, manuális szegmentáció által létrehozott atlaszokkal, melyek alkalmasak lesznek az automatikus szegmentáció elvégzésére 10 hetes életkorú tenyésznnyulak esetében.

A kísérlet során a 3D Slicer nevű szoftver (KIKINIS és mtsai, 2014, 3DSLICER) segítségével régebbi nyúl vizsgálatok keresztmetszeti képsorozatán szegmentáltuk a fejet és a koponyát. Az így kapott maszkokat felhasználva tulajdonságokat gyűjtünk két csoportba sorolt nyulak keresztmetszeti felvételeiről. A kapott adatokat különböző regressziós módszereket alkalmazva regresszáltuk a vágási adatokhoz. Végezetül következtetéseket vontunk le és javaslatokat tettünk a módszer további alkalmazhatóságára.

## **2. Szakirodalmi áttekintés**

### **2.1. CT eszközök és módszerek**

Az állatokat altatás nélkül, hason fekvő helyzetben rögzítettük. Tettük ezt egy olyan, speciálisan erre a célra fejlesztett állatrögzítő eszközzel, amellyel több mint háromszorosára emelhető az egységnyi idő alatt vizsgálható állatlétszám (ROMVÁRI, 2005). A CT rutinszerű alkalmazásakor merült fel ugyanis az igény arra, hogy az egy állatra jutó vizsgálati időt csökkentsék úgy, hogy közben ne sérüljön a képminőség, ezzel a levonható következtetések mennyisége, minősége. Különösen fontos ez a szelekciós célú vizsgálatok esetében, amikor tekintetbe kell venni, hogy a tenyésztésbe vett egyedek (20-30%) felvételezési költségeit a kiválasztásra nem került (70- 80%) állatoké is terheli.

A CT képek rekonstruálását követően különböző képfeldolgozási módszerek láttak napvilágot. ZHOU és mtsai (2006) leírtak egy olyan technikát, amely detektálásra és a belső struktúrák eltávolítására alkalmas, majd a későbbiekben, XIBERTA és mtsai 2017-ben egy szabályalapú, morfológiai módszereket alkalmazó technika operátorokat és távolságtérképeket írnak le a bélrendszerek automatizált eltávolításáról. A módszereket élő sertések CT-felvételeinek értékelésére dolgozták ki. Ezek az ugrásszerű fejlődések ihlették meg, hogy a nyulak CT felvételeinek elemzéséhez is lehetőség legyen ilyen programot használni. MATICS és mtsai (2020) a hosszú hátizom automatizált szegmentálására új módszert fejlesztettek ki, amely elvégezhető az élő nyulak CT-felvételein. A módszer alapja néhány egyszerű morfológiai műveleteken alapul. Egy általánosabb problémára fejlesztették ki, melynek lényege, azon voxelek eltávolítása a bináris képekből, amelyek nem részei semmilyen erősen összefüggő, lassan és egyenletesen változó objektumnak, azaz esetünkben a hosszú hátizomnak. A vizsgált régióban az ágyékizom érint számos szervet és lágyrészeket, amelyek sűrűségei az izoméval azonos tartományból származnak (máj, vese, bélrendszer), ezzel kapcsolatban a módszer paramétereinek a finomhangolására volt szükség a megfelelő eredmények létrejöttéhez.

### **2.2. A nyúl vizsgálata CT-vel**

A világon elsőként egyetemünkön, a Pannon Agrártudományi Egyetem, Állattenyésztési Karán, a későbbi Kaposvári Egyetem, Állattudományi Karán, majd a Magyar Agrár- és Élettudományi

Egyetem, Kaposvári Campusán alkalmaztak komputer tomográfias vizsgálatokat nyulakon szelekciós céllal. Jelenleg a vizsgálatokat a Medicopus Nonprofit Kft. Kutatási egysége végzi, a MATE munkatársaival szoros együttműködésben. E vizsgálatok során elért, részben módszertani eredmények erős befolyással voltak a későbbi kaposvári kísérletekre, mivel állatfajtól függetlenül metodikailag megalapozták azokat.

Mivel az államilag elismert Pannon fehér húsnyúl fajta tenyésztésének központja Kaposvár, s mint ilyen viszonylag nagy létszámú, kísérleti célra is jól használható, minőségi állománnyal rendelkezett, valamint az, hogy a nyúl esetében a rövid generációs intervallum igen kedvező alapot nyújtott a CT-re alapozott vágóértékre történő szelekció módszerének kidolgozásához, ellenőrzéséhez és alkalmazásához (ROMVÁRI, 2005). A CT vizsgálatok során gyűjtött adatok felhasználhatók a nyulak vágási tulajdonságainak és növekedésének javítására. DONKÓ és mtsai leírták (2022), hogy Kaposváron 1991 óta rendszeresen használják a komputer tomográfia (CT) által nyerhető információkat a nyúltenyésztésben. Eredményeik igazolták, hogy a CT alapú szelekcióval javítható a hátulsó rész aránya (NAGY és mtsai, 2010). A szelekciós munkájuk során az első 12 évben a növendéknyulak vágóértékének jellemzésére az L-értéket vezették be, ami a hosszú hátizom 2. és 3., valamint a 4. és 5. ágyékcsigolyák között felvett átlagos metszési felszínét jelentette. SZENDRŐ és mtsai (2002) a legjobb súlygyarapodású egyedeket vitték CT vizsgálatra. A nyulakat három egyed altatás nélküli vizsgálatára szolgáló „tartóba” helyezték, és rögzítették, úgy, hogy megakadályozzák a nyulak olyan jellegű mozgását, ami a felvételek minőségére, és/vagy az állatok egészségi állapotára negatív hatást gyakorolhatnak. A felülről készült topogramon bejelölték azokat az anatómiai pontokat (a 2. és a 3., illetve a 4. és az 5. ágyékcsigolya találkozásánál), ahol meghatározták a hosszú hátizom területének nagyságát. A CT felvételeken körülrajzolták a hosszú hátizmot és automatikusan megkapták a két metszési felszínt. Ezek után meghatározták a testsúly és a hosszú hátizom átlagos metszési felszíne közötti regressziós egyenest és azokat az egyedeket választották ki, amelyek ettől az egyenestől – pozitív irányban – a legtávolabb helyezkednek el. Az egyedi relatív L-értékek (a regressziós egyenestől való távolság) alapján kiszámították az édes- és a féltestvérek átlagát is. A legjobb egyedek kiválasztásakor az egyedi érték mellett a rokoncsoportok átlagos teljesítményét is figyelembe vették.

Az érdeklődés 2004-től a hosszú hátizomról a – 2-2,5-szer nagyobb izomtömeget képviselő – hátulsó lábak izmaira terelődött. A hátulsó lábokról készült 11-12 keresztmetszeti kép értékelésével kapták meg azok izomtérfogatát. A képalkotó eszközök, a képfeldolgozást végző számítógépek és algoritmusok fejlődésével – 2017-től, egy saját fejlesztésű szoftver

segítségével – lehetővé vált a hosszú hátizom térfogatának automatikus szegmentációval történő meghatározása. 2021-től egy elasztikus regisztrációt használó algoritmuson alapuló eljárást vezettek be a hosszú hátizom és a hátulsó lábak izmainak meghatározására. Ezzel tovább javult az automatikus értékelés pontossága és megbízhatósága. Az értékes húsrészek mennyiségén és arányán túl, az anyai vonalaknál – a szaporodási tulajdonságokkal összefüggésben – felmerült a zsírszövet élő állatokban történő mennyiségi meghatározásának jelentősége. A teljes test zsírszövet-térfogatának becslésével megvalósítottak egy kétirányú szelekciós programot. A szegmentálás lépéseit korábban már kidolgozták a comb és a hosszú hátizom vizsgálatára, ezt próbáltuk tovább fejleszteni (CSÓKA és mtsai, 2022).

### **2.3. Gazdaságosság és technológia**

Mivel a nyúlágazat jelenlegi helyzete jól rámutat arra, hogy nagyon nagy mértékű a kitettség a gazdasági-, geopolitikai - és egyéb környezettel szemben, minden lehetséges eszközzel és módszerrel azon kell dolgozni, hogy a nyúlhús, vagy egyéb nyúltermék, előállításának gazdaságosságát (hatékonyságát) javítani lehessen. Ehhez a jó technológiai és módszertani háttér adott (CT vizsgálatok). Érdekes lehet vizsgálni tehát, hogy ezek a technológiai és értékelési metódusok milyen egyéb tulajdonságok fejlesztésében lehetnek még hasznosak a jövőben.

### **3. Anyag és módszer**

#### **3.1. Egyedek kiválasztása**

Két nagytestű csoportot hasonlítottunk össze, A és B csoportként különítettük el őket. Az állatok kiválasztása véletlenszerű volt. 180 egyedből 170 darab lett végül felhasználva, mert 10 egyed felvételét szelektálnunk kellett adat hiányában, vagy azért, mert rosszul volt pozícionálva, és nem lehetett a valóságnak megfelelő képet leképezni. Az A csoport esetében 30 egyedet vizsgáltunk. A kísérletre csak megfelelő egészségi állapotban lévő egyedeket választottunk, és mind azonos CT vizsgálati protokollal lett vizsgálva. Kizárásra kerültek a tenyészállatok, vagy a tenyésztésbe vétel előtt álló egyedek, mert a vizsgálat után levágásra kerültek a kiválasztott alanyok.

#### **3.2. Vizsgálat helye és ideje**

A kísérlet nem egy időben történt, a B csoportunkról 2015 tavaszán (04.07.) készültek a felvételek, majd vágásra kerültek. A vizsgálat a Kaposvári Egyetem Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetében történt a B csoport esetében. Az A csoport CT vizsgálatát 2022. tavaszán (03.23.) végeztük, Kaposváron a SM KMOK Dr. Baka József Diagnosztikai, Onkoradiológiai, Kutatási és Oktatási Központ közreműködésével és a dolgozók segítségével. Az adatok feldolgozását a Medicopus Nonprofit Kft. alkalmazottjaival végeztük.

#### **3.3. Vágások ideje és helye**

A vágások a CT vizsgálatot követő napon történtek. A CT vizsgálatok előtt nincs koplaltatás, de a vágás előtt 4 órával az állat már nem ehethet. A vágást az Olivia Kft-nél végezték, a Blasco féle módszert alkalmazva (3 ponton történő vágás: csigolya + radius-ulna + tibia) (BLASCO ÉS OUHAYOUN, 1996)

### 3.4. CT adatgyűjtés

A két csoportunk két különálló helyről származott, ezzel is fokozva a véletlenszerűséget. Az A csoport felvételei Siemens SOMATOM Definition AS+ CT szkennelvel készültek a következő paraméterekkel: 120 kV csőfeszültség, 120 mAs áramerősséggel, spirális adatgyűjtés (Pitch faktor 0,6), kollimáció  $120 \times 0,6$ , 500 mm-es látótér, az ISO 9001:2015 minőségirányítási rendszer és az ISO 14001:2015 környezetirányítási rendszer szerint. A szabványos DICOM (Digital Imaging and CoMmunications in Medicine) (The DICOM Standard) képeket a Siemens Syngo CT VA48A programmal rekonstruáltuk I30f konvolúciós maggal. A képek felbontása  $0,977 \text{ mm} \times 0,977 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$  volt.

A B csoportunk vizsgálata Siemens SOMATOM Sensation Cardia 16 MDCT szkennelvel készültek a következő paraméterekkel: 140 kV csőfeszültség, 90 mAs áramerősséggel, spirális adatgyűjtés (Pitch faktor 1), kollimáció  $120 \times 0,6$ , 500 mm-es látótér, az ISO 9001:2015 minőségirányítási rendszer és az ISO 14001:2015 környezetirányítási rendszer szerint. A képeket itt is a Siemens Syngo CT VA48A programmal rekonstruáltuk I30f konvolúciós maggal.

Az egyedeket elkülönítettük, és egy speciális műanyag tartóba helyeztük őket, hason fekve, hátsó lábukat hátrafelé, kinyújtva, tépőzáras hevederekkel lekötöttük, míg a mellső lábakat előre nyújtva madzaggal megkötve rögzítettük, hogy minél kevesebbet tudjanak mozogni. Egyes esetekben (a vizsgálat tesztjeként) a fej és a fül is rögzítésre került, a pontos képalkotás érdekében. A leírtakat az 1. ábra szemlélteti.



*1. ábra Nyulak rögzítése a CT vizsgálat előtt (saját kép)*

Ideális esetben olyan sikeres a rögzítés, hogy a mozgásból adódó elváltozások csak a nyulak légzése és szívdobogása következtében keletkeznek. Altatás esetén csak ezekkel kellett volna számolni, de mivel nem használunk anesztetikumot, így számolnunk kell a mozgásból adódó pontatlanságokat, testtartás-változásokat is. Egyszerre három állat kerül a rögzítőbe, ezáltal 3 nyúl van vizsgálva CT-vel, altatás nélkül. Speciális PVC tartókba helyezve és tépőzáras hevederekkel immobilizálva.

### **3.5. CT képek utómunkája**

A speciális, rögzítésre szolgáló műanyag tartókat egy automatizált programfolyamat segítségével távolítottuk el a képekből. Az egyedi képeket NIFTI (Neuroimaging Informatics Technology Initiative) metafájlokká konvertáltuk, és a koordinátarendszereket úgy állítottuk be, hogy a kiindulópont azonos legyen, az első axiális szelet bal alsó részén foglaljon helyet. A post-processing módszert Python környezetben generáltuk le.

#### **3.5.1. CT képek szegmentációja**

A manuális szegmentáció 3D Slicer programmal készült. Ez a program egy teljesen ingyenes többplatformos programcsomag, amelyet széles körben használnak orvosi, orvosbiológiai és képalkotási kutatásokhoz, ezek mellett az állat nemesítési kutatásokban is kedvelt és hasznos eszköz az egyes képértékelési feladatok végrehajtásához.

A kép szegmentálása alatt azt a folyamatot értem, amikor a képet felosztom különböző részekre. Ezek a részek fontosak a számunkra ezért szeretnénk tovább használni őket, az adott célterületről információ gyűjtés formájában. Sok esetben a szegmentációval vizuálisan reprezentálni szeretnénk az adott terület jellegzetes alakját vagy éppen az eltéréseit. Az esetemben két célterület szegmentálás volt a cél. A kijelölt szegmentumok néha átfedésben lehetnek egymással, ahogy az én esetemben is, ahol a koponya teljes egészében része a nyúl fej szegmentumnak. A szegmentáció megkezdéséhez az adott egyed CT képeit beolvastuk a 3D Slicer programba.

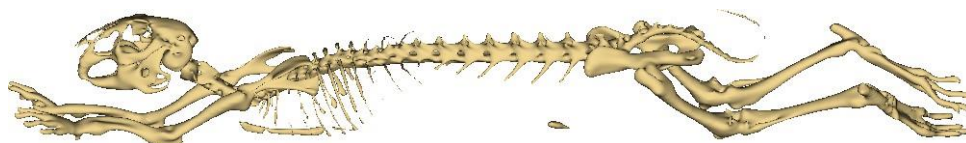
A program fejlécénél található egy eszköztár melyen könnyen elérhetők a különböző funkciók, egyszerű importálást és exportálást tesz lehetővé, a modul listából könnyedén elérhető minden eszköz. Alaphelyzetben jobb oldalon egy 4 részre osztott képi megjelenítésre szolgáló munkafelület lett kialakítva, ami módosítható 1, 2, vagy 3 részre, annak érdekében, hogy

könnyebbé tegye a különböző munkafolyamatokat, illetve a már kiszegmentált részek megjeleníthetők egy 3 dimenziós megjelenítést biztosító felülelelmen. A feladatköröm alatt a 4 részre osztott munkafelületből, mivel ezt tartottam a legpontosabbnak. A CT felvétel mindhárom nevezetes síkja (axiális, koronális, szaggitális) megjeleníthető. A kiválasztott síkban az egér görgőjének használatával és a kurzor billentyűzet segítségével lehet a szeletek között mozogni. A szegmentálás során a szegmensszerkesztő (Segment Editor) alábbi moduljait használtam:

Radír (Erase): A radír használata során egy állítható méretű kör segítségével tudjuk a szegmentumokat módosítani, törölni. A szigetek (Island) eszköz különálló szegmentumok feldolgozására szolgál. Használója képes megtartani a legnagyobb összekapcsolódó szegmentumot, eltüntetni a legkisebbet, az összes különálló szegmentumot külön szegmensbe rakni, megtartani vagy kitörölni az egérrel kiválasztottat. A “fill between slices” egy félig automata módszer, mellyel úgy szegmentálhatunk összetartozó több szeleten megjelenő területet, hogy csak pár szeleten szegmentálunk ecsettel vagy rajzoló tollal. A nem szegmentált szeletek közötti részt interpoláció segítségével automatikusan kitöltésre kerül. Az “Initialize” gombra kattintva tudjuk elindítani az interpolációs folyamatot. A javítási lehetősége is biztosított. Amennyiben úgy találjuk, hogy valahol a szegmentáció nem elégségesen pontos, akkor egy új szelet manuális szegmentációjával vagy valamelyik már berajzolt szelet módosításával, majd az “Update” gomb lenyomásával újra készíthető az interpolációs kitöltés. Az “Apply” gombbal fogadható el a végső jónak vélt szegmentáció. Az elfogadás után már csak manuálisan tudunk javítani az elkészült szegmentumon. Lehetőség van “auto-update” használatára is, ilyenkor minden egyes ecsetelés rajzolás után automatikusan megtörténik az interpoláció. Ennek a használatát akkor ajánlom, ha egy olyan szeleten történik változtatás, amit már előtte kirajzoltunk és a továbbiakban csak minimális változtatást szeretnénk végrehajtani. Minden más esetben nem célszerű a használata, mert nagy erőforrást igényelhet és zavaró lehet a folyamatosan háttérben történő munkája, ami akár le is lassíthatja az ecset mozgását.

A fenti effektek mindegyikénél alkalmazhatók a maszkolós funkciók (masking), a szerkeszthető intenzitástartomány (Editable intensity range), a rajzoló felület (Editable area), és a többi szegmens módosítása (Modify other segment). Az rajzoló felület beállításánál minden esetben az átfedést megengedőt (allow overlap) használtam, amely lehetővé tette, hogy az egyes szegmentumok egymással fedésbe kerülhessenek.

Két módszert dolgoztam ki a fej és a koponya szegmentálásához. Mind a két módszer esetén első lépés az anatómiai pontok azonosítása volt, majd azok felhasználásával történt szegmentáció. Mind a két esetben először küszöböléssel létrehoztam két szegmentumot (csontváz, teljes test). A csontváz esetén alsó küszöb értéknek a 200 HU-t még a felső értéknek a lehető legmagasabb elérhető értéket állítottam be, teljes nyúl (a fej szegmentálásához szükséges) szegmentumának létrehozásához pedig -200HU és a legmagasabb értéket használtam (2., 3. ábra).

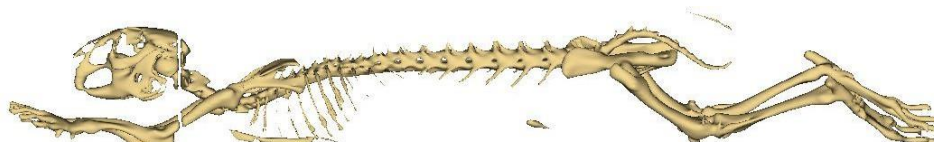


*2. ábra Csontváz 3D modellje küszöbölés után (saját kép)*



*3. ábra Teljes nyúl 3D modellje küszöbölés után (saját kép)*

Az első módszernél 2 darab anatómia pont közül mindig csak egyet használtam fel, a jobb vagy a bal oldali atlasz szárnyának a proximális részét. A két pont közül mindig az axiális felvételi síkot nézve az orr irányába haladva, az ahhoz közelebb eső pontot választottam. Egy szeletet még haladtam axiális síkban szintén az orr irányában, majd radír segítségével töröltem minden látható szegmentumot az adott síkban.

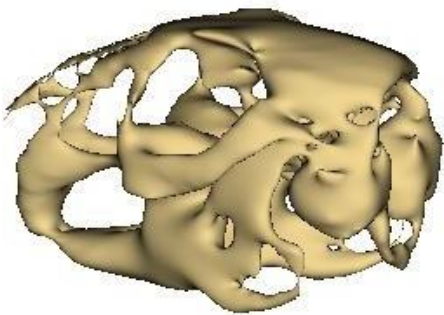


*4. ábra Csontváz 3D modellje a vágás után (saját kép)*

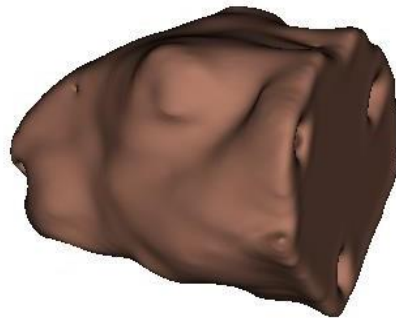


5. ábra Teljes nyúl 3D modellje a vágás után (saját kép)

Majd a szigetek (Islands) effekt közül a kiválasztott sziget (Keep select island) használatával, az egér segítségével mind a két szegmentum esetén kiválasztottam a kívánt szegmentumot a koponyát (6. ábra) és a fejet (7. ábra).



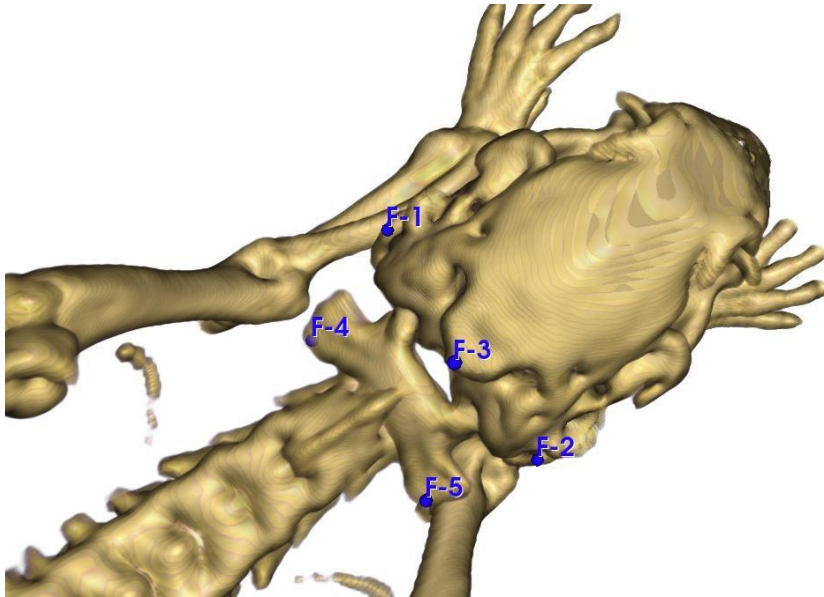
7. ábra Szegmentált koponya 3D modell (saját kép)



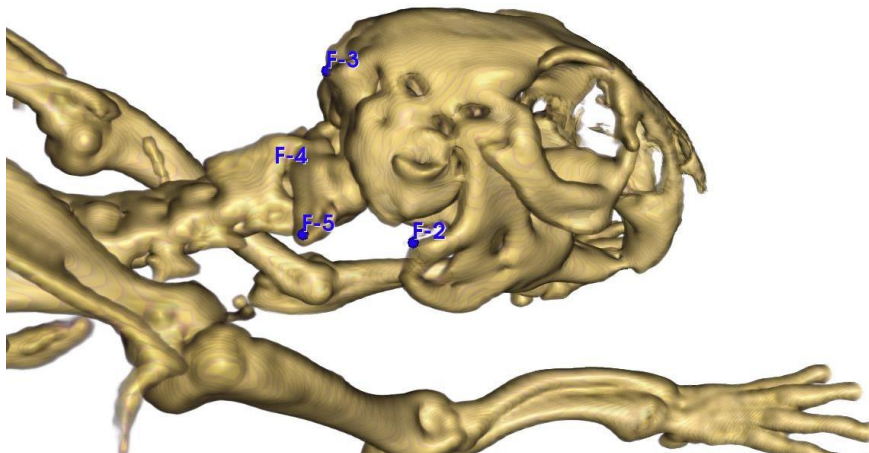
6. ábra Szegmentált fej 3D modell (saját kép)

A második módszer esetén a küszöbölés után a 3D Slicer Markups moduljának a használatával a CT felvételeken az alábbi anatómia pontokat azonosítottam a 8. és 9. ábrákon látható módon:

- Atlasz jobb oldali szárnyának a disztális éle (F-1)
- Atlasz bal oldali szárnyának a disztális éle (F-2)
- Külső nyakszirti gumó (tarkó) (F-3)
- Jobb saroknyúlvány (F-4)
- Bal saroknyúlvány (F-5)



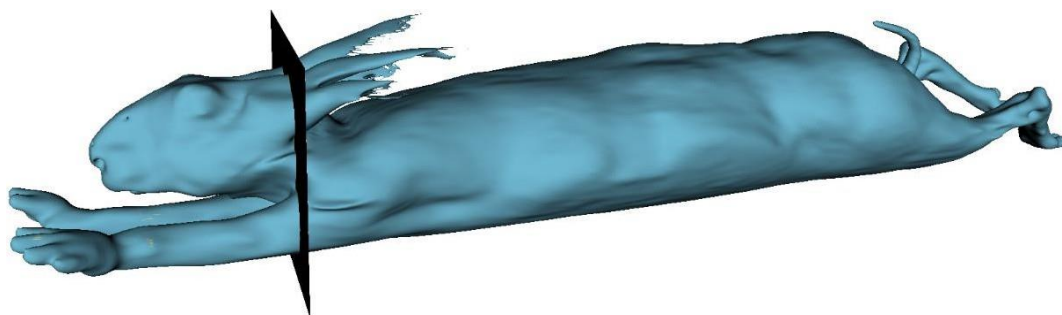
8. ábra A koponyán bejelölt anatómiai pontok felül nézetből (saját kép)



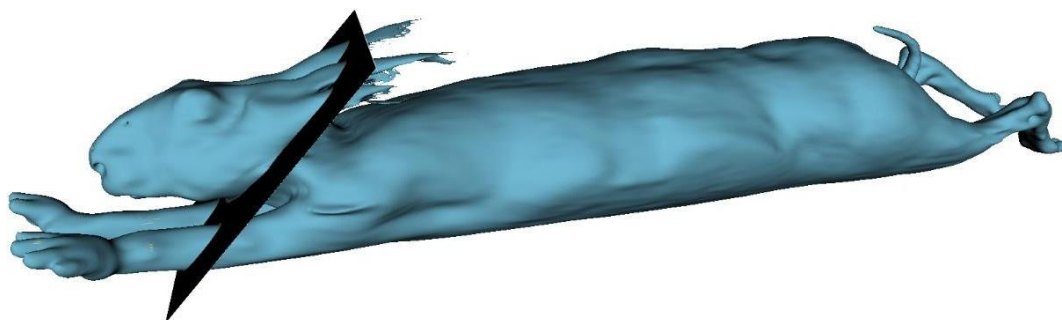
9. ábra A koponyán bejelölt anatómiai pontok oldalnézetből (saját kép)

Az anatonómia pontok meghatározása után a 3D Slicerhez készített szkript modult (Scripted Loadable Module) használtam, mely a következő linken érhető el, (<https://github.com/cseka7/fitPlanes2Fiducials-slicer.git>). A modul a 3D Slicerbe történő betöltése után fitPlanes2Fiducials néven található meg. A modul segítségével a megjelölt pontokat felhasználva döntött interpolációs sík jeleníthető meg az újra formázott szele

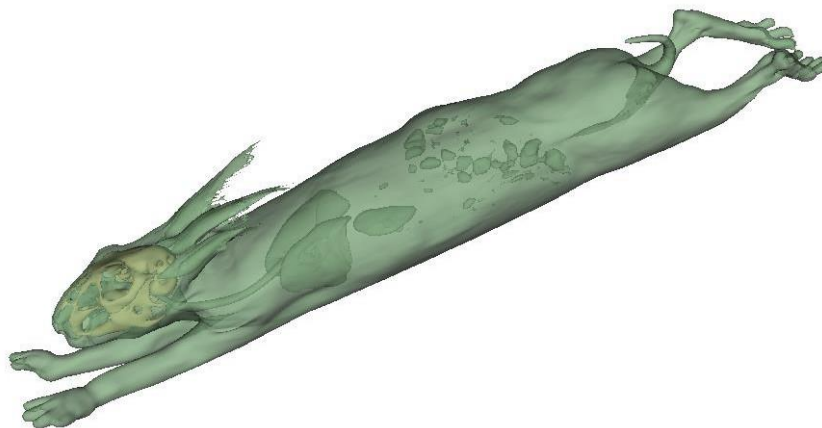
(Reformat Slice) nézetben. Külön-külön kétszer alkalmaztam a modult először az F-1, F-2, F-3 pontokra illesztettem síkot (10. ábra), majd a F-3, F-4, F-5 pontokra (11. ábra). Mind a két sík mentén, meghatározott pontban radír segítségével virtuálisan levágtam a koponyát és a fejet a testtől. Majd az előző módszernél már leírt módon a kiválasztott sziget (Keep select island) használatával létrehoztam a két szegmentumot (12., 13. ábra)



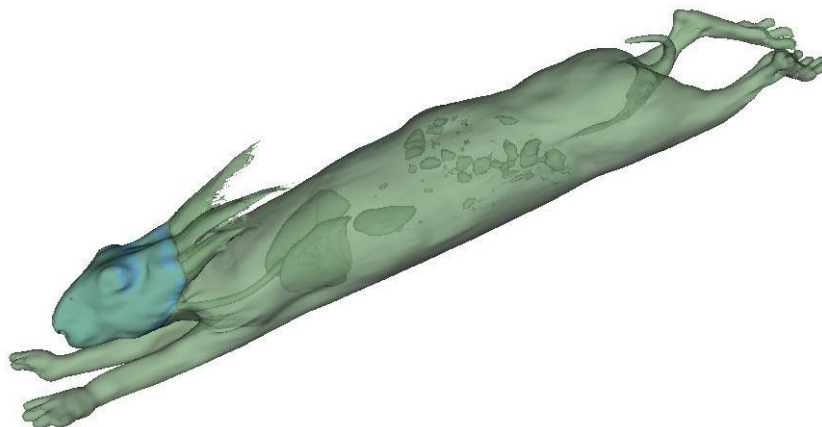
*10. ábra F-1, F-2, F-3 anatómiai pontokra illesztetett sík a nyúl 3D modelljén (saját kép)*



*11. ábra F-3, F-4, F-5 anatómiai pontokra illesztetett sík a nyúl 3D modelljén (saját kép)*



12. ábra 3D koponya modell a nyúl modellen (saját kép)



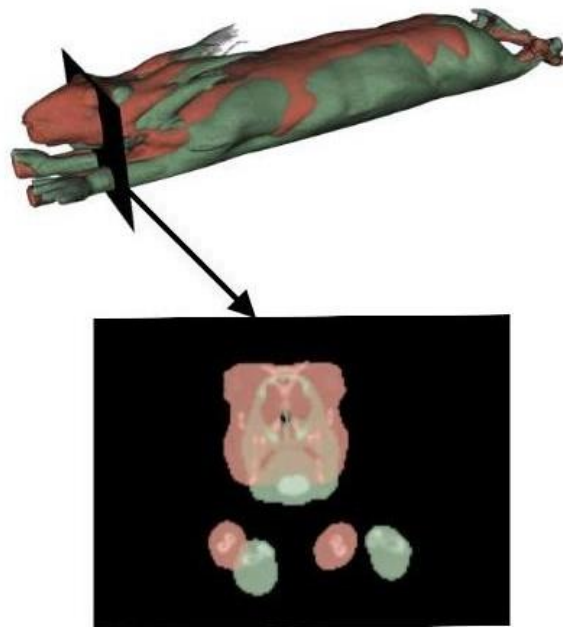
13. ábra 3D nyúl fej modell a nyúl modellen (saját kép)

Az elsőként reprezentált módszert, csak az A állománnyal azonos típusú 20 darab véletlenszerűen kiválasztott régebbi vizsgálatból származó képsorozaton végeztem el még a második módszert ugyanazon a 20 egyeden és a B állománnyal azonos típusú korábbi vizsgálatból származó 20 darab véletlenszerűen kiválasztott régebbi CT felvételen. Mivel a B állomány esetén az állatok feje a vizsgálat során nem volt rögzítve, ezért az első módszer csak néhány állaton végezhető el, mert sok esetben a fej az első lábbaktól nem elkülöníthető.

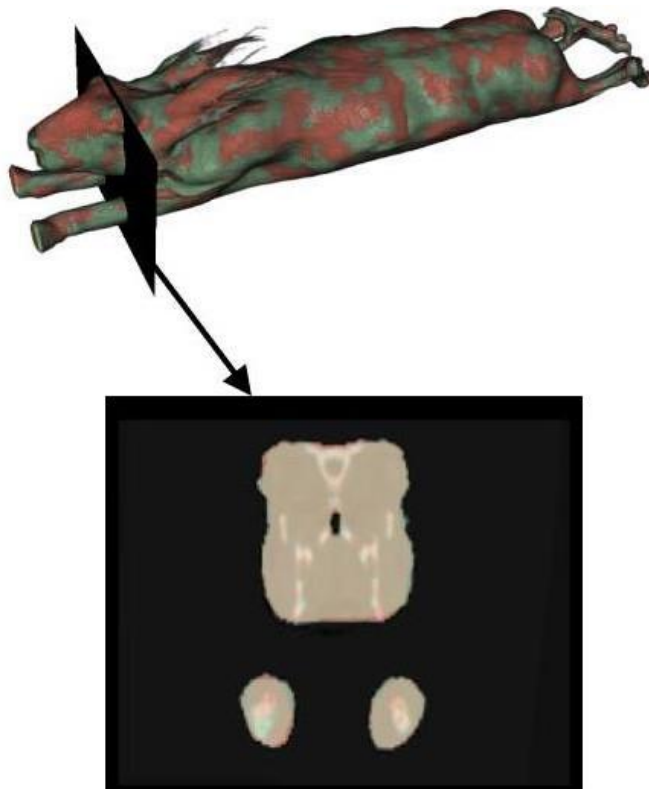
A módszerrel azonos szegmentáció csak időigényes és pontatlan teljesen manuális szegmentációval kivitelezhető.

### 3.5.2. CT képek regisztrációja

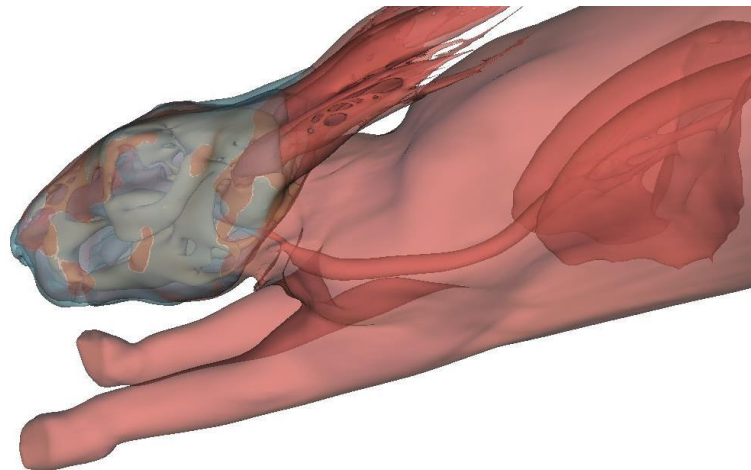
A képregisztráció egy olyan folyamat mely során az egyes képeket egymáshoz igazítjuk, tehát egy koordináta rendszerbe transzformáljuk. Az információt hordozó több regisztráció során alkalmazott képsorozatott, a mi esetünkben azokat a képsorozatokat, amelyekhez szegmentáció készült szokás atlasz képeknek, képsorozatoknak nevezni. Ezek alapján a manuális szegmentumokkal rendelkező CT képsorozatokat használtam fel a vágott állatokhoz történő regisztráláshoz. A regisztrációhoz az ingyenesen elérhető humán gyakorlatban elterjedt elastix (KLEIN és mtsai. 2010; MARSTAL és mtsai. 2016) szoftver csomagot használtam.



*14. ábra Az atlasz nyúl és a vágott nyúl pozíciója a regisztráció előtt 3D modelleken és axiális CT szeleten reprezentálva (saját kép)*



15. ábra Az atlasz nyúl és a vágott nyúl pozíciója a regisztráció után 3D modelleken és axiális CT szeleten reprezentálva (saját kép)



16. ábra A transzformált szegmentumok modelljei vágott nyúl modellen (saját kép)

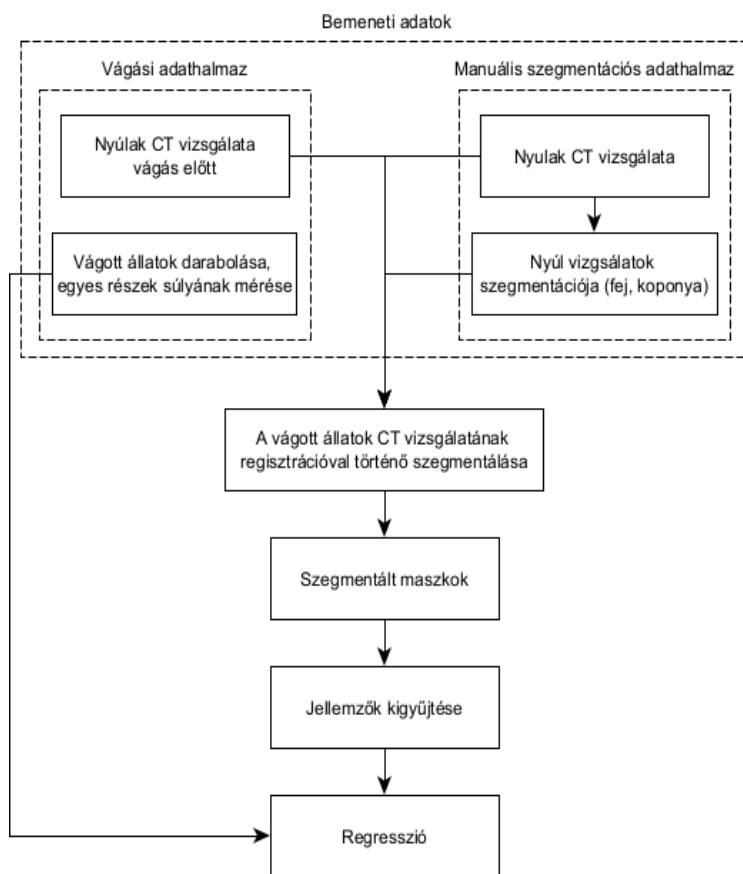
### 3.5.3. Adatgyűjtés a CT felvételekről

Az adatgyűjtéshez a vágott egyedek CT felvételeit és a regisztráció után a deformációs mező használatával áttranszformált szegmentumokat használtam fel. Az áttranszformált szegmentumokat először küszöböléssel bináris képekké alakítottam 0.5 alsó küszöbértéket alkalmazva. A maszkok által lefedett területekről összesen 20-szor (atlaszok száma) 6 jellemzőt gyűjtöttem (voxelszám, voxelek HU értékének átlaga, a voxelek HU értékének összege, szórás, ferdeség, csúcosság) minden levizsgált egyed esetén.

### 3.5.4. Regresszió és modell kiválasztás

A regresszióhoz különböző lineáris regressziós módszereket alkalmaztunk (lineáris, lasso, ridge, PLS). A PLS regressziónál a komponensek számát 2 és az aktuális jellemzőszám között változtattam. Lasso és a Ridge regressziónál a regularizációs faktor 0.01 és 10 között változott. A modell és ezzel együtt a jellemző kiválasztáshoz simulated annealing algoritmust használtunk, melynél 20 ismétléses 5-flod keresztvalidációt alkalmaztunk.

Az anyag és módszerben leírt teljes folyamatot röviden reprezentálja a 17. Ábra.



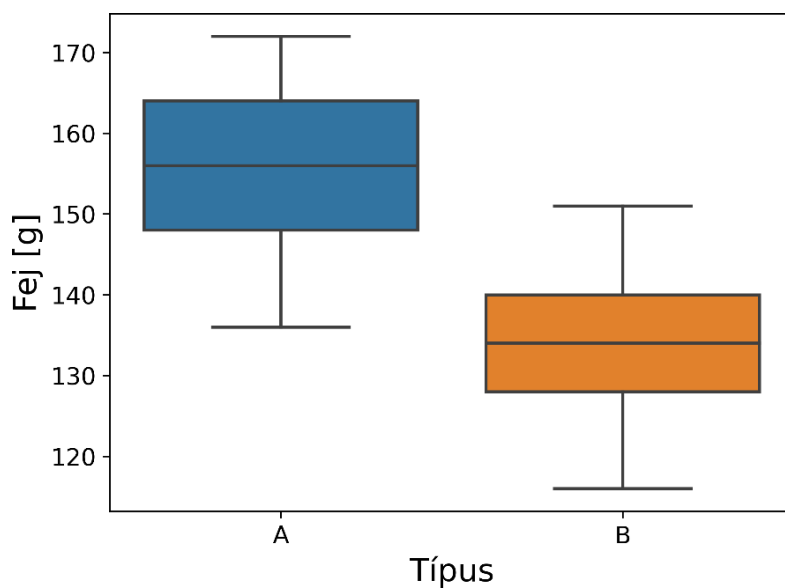
17. ábra Nyúl fej vizsgálatának folyamatábrája (saját kép)

## 4. Eredmények

A két állomány fej súly adatait felhasználva kiszámolt fontosabb alapstatisztikai adatokat foglaltam össze a 1. táblázatban. A fej súly adatait boxploton is ábrázoltam.

|         | A fej [g] | B fej [g] |
|---------|-----------|-----------|
| minimum | 136       | 116       |
| maximum | 172       | 151       |
| átlag   | 155.93    | 134.06    |
| szórás  | 10.06     | 8.13      |

1. táblázat Az egyes állományok fej súly adatainak alap statisztikai értékeit bemutató táblázat

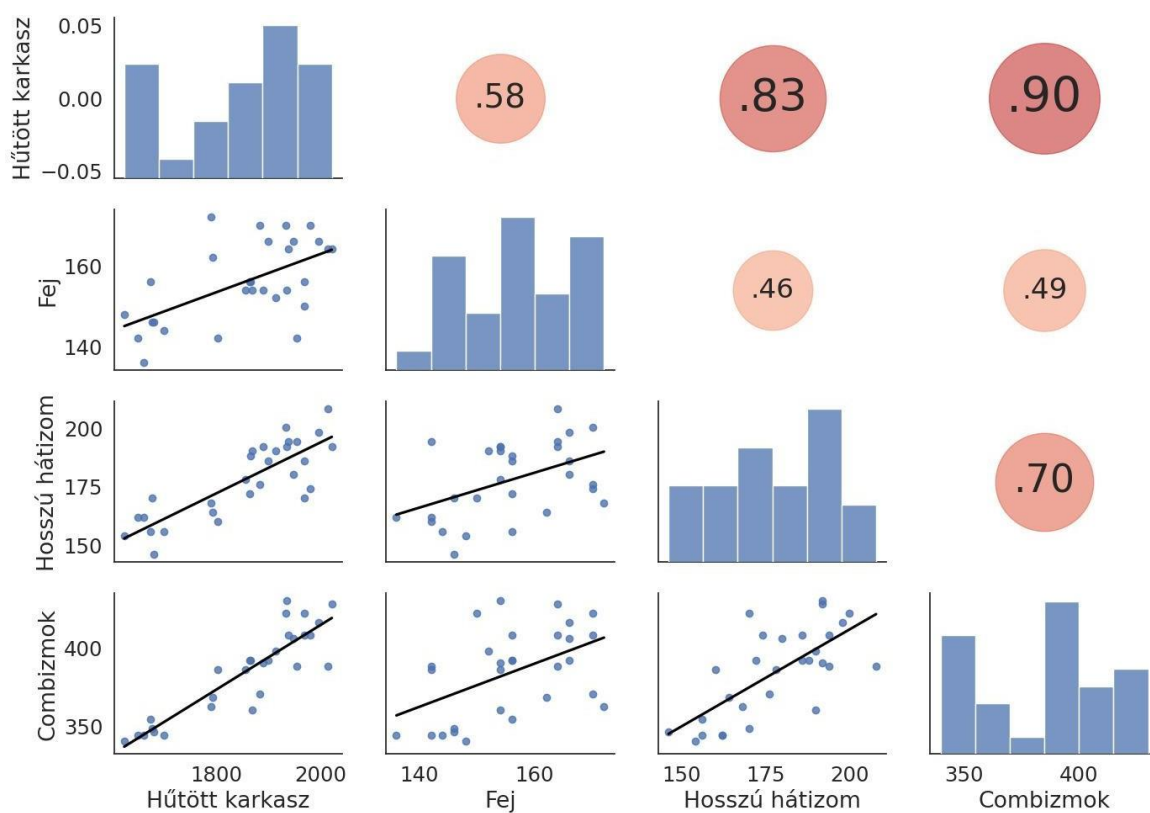


18. ábra A fej súly adatait boxploton is ábrázolva (saját kép)

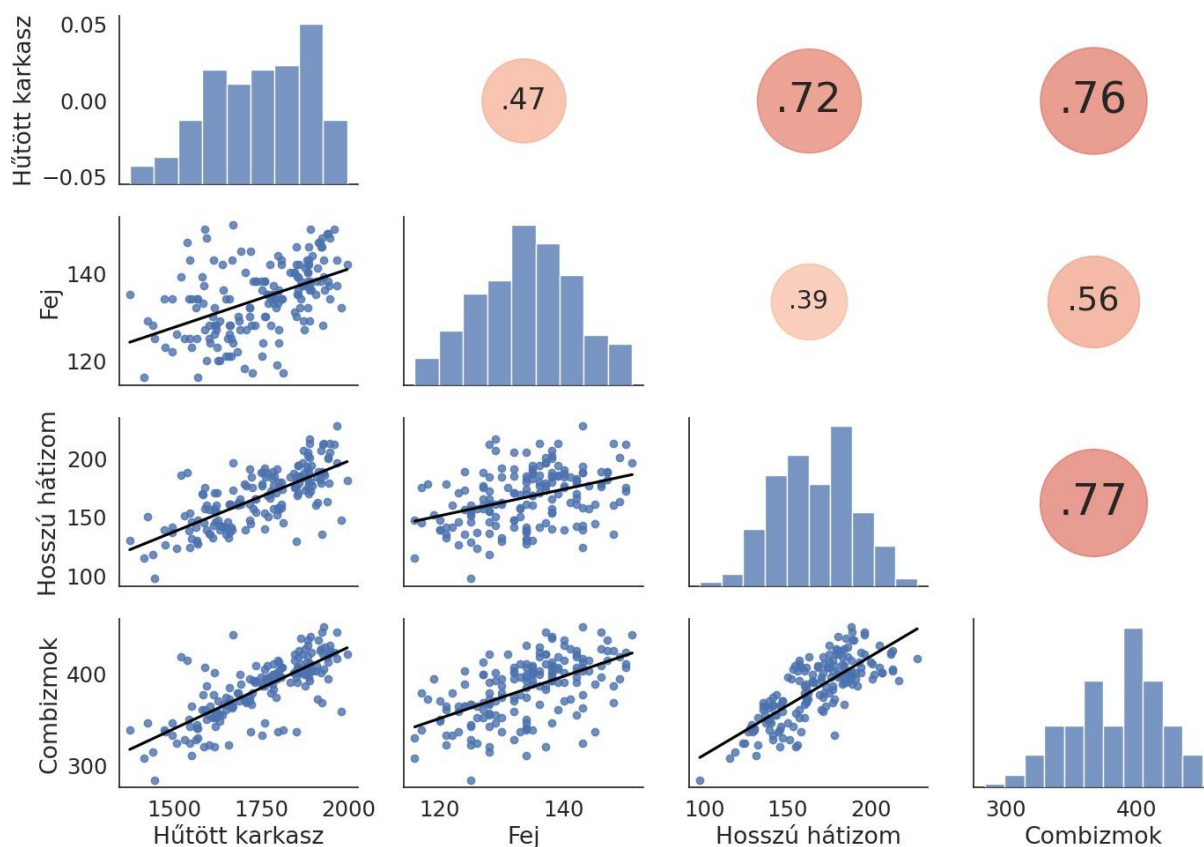
Korrelációval vizsgáltam az egyes a módszer és a szelekció szempontjából fontosabb testrészek súlyai közötti kapcsolatot. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a fej az A állomány esetén minden felhasznált súllyal közepes kapcsolatot mutat. Az értékes húsrészek (combizmok, hosszú hátizom) a hűtött karkasszal szoros kapcsolatban állnak (19. ábra). A B állomány esetén a fej és a hosszúhátizom között gyenge kapcsolatot figyeltünk meg, még a többi változóval a fej közepes kapcsolatot mutatott. Magas korreláció jelentkezett az

értékes húsrészek és a hűtött karkasz között.

Korrelációval vizsgáltuk az egyes típusokon belül a vágott testrészek közötti kapcsolatot.



19. ábra Vágott testrészek súlyának korrelációja A állomány esetén (saját kép)



20. ábra Vágott testrészek súlyának korrelációja B állomány esetén (saját kép)

A kidolgozott módszer eredményei a 2., 3., 4. és 5. táblázatban láthatóak.

2. táblázat (saját kidolgozás)

| A állomány     |         |          |       |       |       |
|----------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| r <sup>2</sup> |         |          |       |       |       |
|                | Módszer | Lineáris | Ridge | Lasso | PLS   |
| Fej            | A5      | 0.746    | 0.994 | 0.981 | 0.998 |
|                | A1      | 0.884    | 0.994 | 0.952 | 0.998 |
|                | B5      | 0.996    | 0.992 | 0.982 | 0.991 |
| Koponya        | A5      | 0.997    | 0.998 | 0.991 | 0.986 |
|                | A1      | 0.995    | 0.990 | 0.976 | 0.983 |
|                | B5      | 0.998    | 0.973 | 0.994 | 0.993 |

A kapott  $r^2$  értékek 20 alkalommal megismételt 5-fold keresztvalidáció használatával az egyes regressziós módszerek esetén a fej és a koponya szegmentumokkal az A állományon gyűjtött adatok felhasználásával

3. táblázat (saját kidolgozás)

| A állomány |         |          |       |       |       |
|------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| RMSE       |         |          |       |       |       |
|            | Módszer | Lineáris | Ridge | Lasso | PLS   |
| Fej        | A5      | 4.982    | 0.784 | 1.380 | 0.394 |
|            | A1      | 3.374    | 0.755 | 2.161 | 0.461 |
|            | B5      | 8.124    | 7.902 | 8.373 | 7.920 |
| Koponya    | A5      | 0.512    | 0.431 | 0.958 | 1.159 |
|            | A1      | 0.688    | 0.996 | 1.530 | 1.275 |
|            | B5      | 0.446    | 1.627 | 0.785 | 0.805 |

A kapott RMSE értékek 20 alkalommal megismételt 5-fold keresztvalidáció használatával az egyes regressziós módszerek esetén a fej és a koponya szegmentumokkal az A állományon gyűjtött adatok felhasználásával.

4. táblázat (saját kidolgozás)

| B állomány     |         |          |       |       |       |
|----------------|---------|----------|-------|-------|-------|
| r <sup>2</sup> |         |          |       |       |       |
|                | Módszer | Lineáris | Ridge | Lasso | PLS   |
| Fej            | A5      | 0.455    | 0.679 | 0.488 | 0.489 |
|                | A1      | 0.554    | 0.592 | 0.519 | 0.437 |
|                | B5      | 0.532    | 0.572 | 0.592 | 0.387 |
| Koponya        | A5      | 0.674    | 0.939 | 0.698 | 0.593 |
|                | A1      | 0.869    | 0.833 | 0.861 | 0.574 |
|                | B5      | 0.690    | 0.943 | 0.690 | 0.817 |

A kapott r<sup>2</sup> értékek 20 alkalommal megismételt 5-fold keresztvalidáció használatával az egyes regressziós módszerek esetén a fej és a koponya szegmentumokkal az B állományon gyűjtött adatok felhasználásával.

5. táblázat (saját kidolgozás)

B típus

|         |         | RMSE     |       |       |       |
|---------|---------|----------|-------|-------|-------|
|         | Módszer | Lineáris | Ridge | Lasso | PLS   |
| Fej     | A5      | 7.298    | 7.241 | 7.117 | 7.111 |
|         | A1      | 7.284    | 6.834 | 7.134 | 7.141 |
|         | B5      | 5.600    | 5.354 | 5.227 | 6.407 |
| Koponya | A5      | 4.675    | 2.020 | 4.498 | 5.220 |
|         | A1      | 2.963    | 3.348 | 3.056 | 5.344 |
|         | B5      | 4.560    | 1.961 | 4.562 | 3.509 |

A kapott  $r^2$  értékek 20 alkalommal megismételt 5-fold keresztvalidáció használatával az egyes regressziós módszerek esetén a fej és a koponya szegmentumokkal az B állományon gyűjtött adatok felhasználásával

Jelmagyarázat a 4 táblázathoz:

A1 - 1 anatómia pont felhasználásával készült atlaszok A típusú nyulakon

A5 - 5 anatómia pont felhasználásával készült atlaszok A típusú nyulakon

B5 - 5 anatómia pont felhasználásával készült atlaszok B típusú nyulakon

## 5. Értékelések és következtetések

Az alapstatisztika eredményeiben látható variancia jó alapot szolgáltat az eredményes szelekcióhoz.

A kapott korrelációs értékek alapján elmondható, hogy a fej közepes, egy esetben gyenge korrelációja miatt a fejre történő szelekció valószínűleg csak kis mértékben befolyásolná az értékes húsrészek alakulását, azonban a vágási kitermelést indirekt módon javíthatná.

Az egyedszám mindkét állomány esetén viszonylag kevés volt a CT felvételekről gyűjtött változók számához képest, így fennállt a túlillesztés lehetősége, melynek kiküszöbölésére tulajdonság kiválasztást alkalmaztunk. A jellemző- és modell kiválasztásra alkalmazott optimalizáció (Simulated annealing algoritmus) jól működött, melyet a jó eredmények bizonyítottak minden alkalmazott regressziós eljárás esetén.

A kapott eredmények alapján jól látható, hogy a simulated annealing algoritmus nagyon jól működött a problémára, mivel közel azonos eredmények születtek minden alkalmazott regressziós módszernél.

Az egy darab anatómiai pont felhasználásával készült szegmentálások az elvártnál jobban teljesítettek. Az alkalmazott módszer robusztus voltát mutatja, hogy jól alkalmazhatók az A állománnyal azonos genotípuson elvégzett szegmentációk a B állományon és fordítva.

Az egy síkkal történő virtuális vágás csak a pozícionált fejű nyulak esetében volt alkalmazható.

## 6. Összefoglalás

A választott témám részletesen tárgyalja a nyúltenyésztésben alkalmazott komputer tomográfiás technológiákat és módszereket. A dolgozatomban kifejtem a szelekció fontosságát a nagyüzemi nyúltenyésztésben, különös tekintettel a középnagy és nagy testű fajtacsoportokra. Célom egy már kidolgozott, nyulak értékes húsrészeinek becslésénél alkalmazott automatizált szegmentációs módszer adaptálása volt nyúlfej súlyának becslésére, mely során két új eljárást dolgoztam ki és teszteltem nyúlfejek szegmentálására, szem előtt tartva a jó reprodukálhatóságot.

Igyekeztem részletesen bemutatni és definiálni azokat a paramétereket, melyeket a CT vizsgálatok és a vágások során gyűjtöttünk. Az alapstatisztika eredményeiben látható variancia jó alapot szolgáltat a szelekcióhoz és nagyobb szelekciós előrehaladási lehetőség meglétét jelentheti.

Bár a nyúlfejen, mint kísérleti egységen végzett vizsgálat csak elméleti következtetések levonására alkalmas, de a korrelációk alapján az erre történő szelekció valószínűleg csak kis mértékben befolyásolná az értékes húsrészek alakulását, viszont a vágási kitermelést javíthatja.

Az eredmények tükrében elmondható, hogy a nyúl értékes hús részeinek becslésére kidolgozott módszer a nyúlfejek esetén is jól használható. Szükséges a nyúlfejek megfelelő rögzítése, mivel az csökkenti a vizsgálat közben történő elmozdulás lehetőségét, ezáltal a mozgási műtermékek és különböző irányba néző, esetleg csavart pozícióban lévő nyúlfejek megjelenésének valószínűségét a képsorozatokon.

## 7. Irodalomjegyzék

1. 3DSlicer (a free open source software application for medical image computing, <https://www.slicer.org>). (Downloaded: 2022.05.31)
2. BLASCO, A. – OUHAYOUN, J. (1996): Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4. 93-99.
3. CSIPKÉS, M., (2021): A nyúlhúspiac és az egy főre jutó nyúlhúsfogyasztás alakulása Magyarországon: 413-429. (414)
4. CSÓKA, Á., KOVÁCS, G., ÁCS, V., MATICS, Z., GERENCSÉR, Z., SZENDRŐ, Z., NAGY, I., PETNEHÁZY, Ö., REPA, I., MOIZS, M., DONKÓ, T., (2022). A general technique for the estimation of farm animal body part weights from CT scans and its applications in a rabbit breeding program. *Computers and Electronics in Agriculture*, 196, 106865. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.106865><https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.106865>
5. DONKÓ, T. – CSÓKA, Á. – PETNEHÁZY, Ö. – REPA, I. (2022): Komputertomográfia alkalmazása a nyúltenyésztésben; *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 2022. 71. 3.
6. FORTUN-LAMOTHE L., COMBES S., GIDENNE T. (2009) Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semiquantitative analysis of the production in France. *World Rabbit Sci.* 17:79-85.
7. HOLDAS, S., ROMVÁRI, R., (2002): Nyúl (*Gazdasági állataink – Fajtatan*)
8. JURÁSKÓ R. (2024) A magyar nyúltenyésztés helyzete. 35. *Nyúltenyésztési Tudományos Nap*, Kaposvár szeptember 26, 7-13.
9. KASZA R., DONKÓ T., GERENCSÉR ZS., SZENDRŐ ZS., NAGY I., ÁCS V., KACSALA L., RADNAI I., CULLERE M., DALLE ZOTTE A., MATICS ZS. (2017A) A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása a növendéknyulak termelési és vágási tulajdonságaira. 29. *Nyúltenyésztési Tudományos Nap*, Kaposvár május 31, 41-47.
10. KASZA R., DONKÓ T., SZENDRŐ ZS., RADNAI I., GERENCSÉR ZS., CULLERE M., DALLE ZOTTE A., KACSALA L., NAGY I., ÁCS V.,

MATICS ZS.(2017b) A teljes test CT-vel becsült zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása az anyanyulak termelésére. 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár május 31, 41-47.

11. KIKINIS, R., PIEPER, S.D., VOSBURGH, K. (2014) 3D Slicer: a platform for subject- specific image analysis, visualization, and clinical support. Intraoperative Imaging Image-Guided Therapy, *Ferenc A. Jolesz*, Editor 3(19):277–289 ISBN: 978-1-4614- 7656-6 (Print) 978-1-4614-7657-3 (Online)
12. KLEIN, S., STARING, M., MURPHY, K., VIERGEVER, M. A., & PLUIM, J. P. W. (2010). elastix: A Toolbox for Intensity-Based Medical Image Registration. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 29(1), 196–205. <https://doi.org/10.1109/TMI.2009.2035616>
13. MARSTAL, K., BERENDSEN, F., STARING, M., & KLEIN, S. (2016). SimpleElastix: A User-Friendly, Multi-lingual Library for Medical Image Registration. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 574–582. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2016.78>
14. MATICS, ZS., KOVÁCS, GY., CSÓKA, Á., ÁCS, V., KASZA, R., PETNEHÁZY, Ö., NAGY, I., GARAMVÖLGYI, R., PETRÁSI, ZS., DONKÓ, T. (2020): Automated estimation of loin muscle mass in living rabbits using computed tomography; *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68(1): 63–72.
15. MIKÓ, A. (2010): A CT szelekciós célú használata nyúltenyésztésben és hasznosságának ökonómiai vizsgálata; *A kari tudományos diákköri konferencián 2010. március 26-án bemutatott dolgozatok; Junior kutatók TDK munkái a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karán*, 2010. március 26.
16. NAGY, I. (2016): Kvantitatív genetikai vizsgálatok multipara állatokban; *MTA doktori képzés*
17. NAGY, I., GYOVAI, P., RADNAI, I., MATICS, ZS., GERENCSÉR, ZS., DONKÓ, T., NAGYNÉ KISZLINGER, H., SZENDRŐ, ZS. (2010): Növekedési, CT-vel becsült és vágási tulajdonságok genetikai paraméterei pannon fehér nyulakban; 22. *Nyúltenyésztési Tudományos Nap*, Kaposvár

2010

18. ROMVÁRI, R. (2005): Keresztmetszeti képalkotó eljárások (CT, MRI) állattenyésztési alkalmazási lehetőségei; *MTA doktori értekezés*; 14-17.
19. SZENDRŐ, ZS., ROMVÁRI, R., ANDRÁSSYÉ BAKA, G., METZGER, SZ., HORN P., REPA, I., RADNAI, I., BIRÓNÉ NÉMETH, E. (2002): A pannon fehér nyulak CT-re alapozott szelekciója; *14. Nyúltenyésztési Tudományos Nap*, Kaposvár 2002
20. XIBERTA, P., BOADA, I., BARDERA, A., FONT-I FURNOLS, M., 2017. A semi-automatic and automatic segmentation algorithm to remove the internal organs from live pig CT images. *Comput. Electron. Agric.* 140, 290–302.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.003>.
21. ZHOU, X., HAYASHI, T., HARA, T., FUJITA, H., YOKOYAMA, R., KIRYU, T. AND HOSHI, H. 2006. Automatic segmentation and recognition of anatomical lung structures from high-resolution chest CT images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 30(5): 299–313

## 8. Táblázatok és ábrák jegyzéke

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra Nyulak rögzítése a CT vizsgálat előtt (saját kép) .....                                                                              | 9  |
| 2. ábra Csontváz 3D modellje küszöbölés után (saját kép) .....                                                                               | 12 |
| 3. ábra Teljes nyúl 3D modellje küszöbölés után (saját kép) .....                                                                            | 12 |
| 4. ábra Csontváz 3D modellje a vágás után (saját kép) .....                                                                                  | 12 |
| 5. ábra Teljes nyúl 3D modellje a vágás után (saját kép) .....                                                                               | 13 |
| 6. ábra Szegmentált fej 3D modell (saját kép) .....                                                                                          | 13 |
| 7. ábra Szegmentált koponya 3D modell (saját kép) .....                                                                                      | 13 |
| 8. ábra A koponyán bejelölt anatómiai pontok felül nézetből (saját kép) .....                                                                | 14 |
| 9. ábra A koponyán bejelölt anatómiai pontok oldalnézetből (saját kép) .....                                                                 | 14 |
| 10. ábra F-1, F-2, F-3 anatómiai pontokra illesztett sík a nyúl 3D modelljén (saját kép) .....                                               | 15 |
| 11. ábra F-3, F-4, F-5 anatómiai pontokra illesztett sík a nyúl 3D modelljén (saját kép) .....                                               | 15 |
| 12. ábra 3D koponya modell a nyúl modellen (saját kép) .....                                                                                 | 16 |
| 13. ábra 3D nyúl fej modell a nyúl modellen (saját kép) .....                                                                                | 16 |
| 14. ábra Az atlasz nyúl és a vágott nyúl pozíciója a regisztráció előtt 3D modelleken és axiális CT szeleten reprezentálva (saját kép) ..... | 17 |
| 15. ábra Az atlasz nyúl és a vágott nyúl pozíciója a regisztráció után 3D modelleken és axiális CT szeleten reprezentálva (saját kép) .....  | 18 |
| 16. ábra A transzformált szegmentumok modelljei vágott nyúl modellen (saját kép) .....                                                       | 18 |
| 17. ábra Nyúl fej vizsgálatának folyamatábrája (saját kép) .....                                                                             | 19 |
| 18. ábra A fej súly adatait boxploton is ábrázolva (saját kép) .....                                                                         | 20 |
| 19. ábra Vágott testrészek súlyának korrelációja A állomány esetén (saját kép) .....                                                         | 21 |
| 20. ábra Vágott testrészek súlyának korrelációja B állomány esetén (saját kép) .....                                                         | 22 |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat Az egyes állományok fej súly adatainak alap statisztikai értékeit bemutató táblázat ..... | 20 |
| 2. táblázat (saját kidolgozás) .....                                                                  | 22 |
| 3. táblázat (saját kidolgozás) .....                                                                  | 23 |
| 4. táblázat (saját kidolgozás) .....                                                                  | 23 |
| 5. táblázat (saját kidolgozás) .....                                                                  | 24 |

## **9. Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Donkó Tamás külső konzulensemnek; Dr. Gerencsér Zsolt belső konzulensemnek és Csóka Ádám témavezetőmnek a munkám elkészítéséhez nyújtott segítségüket, hasznos ötleteiket, illetve jó és szakmai tanácsaikat. Köszönetemet fejezem ki, a Somogy Vármegyei Kaposi Mór Oktató Kórház munkatársainak, akik biztosították számomra a vizsgálatokhoz szükséges eszközöket és az ideális vizsgálati feltételeket.