
(Hungarian Journal of) ANIMAL PRODUCTION

ÁLLATTENYÉSZTÉS

és **TAKARMÁNYOZÁS**

5

ENGLISH SUMMARIES

Vol. 54.

2005.

TARTALOM — CONTENT

<i>Horn, P. – Romvári, R.: A képkalkító eljárások fejlődése és jelentősége a XXI. század állattenyésztésében. (Present and future of imaging methods in the animal improvement in the 21st century)</i>	401
<i>Szendrő, Zs. – Romvári, R. – Milisits, G. – Metzger, Sz.Ms. – Nagy, I. – Radnai, I – Biróné Németh, E.Ms. – Szabó, A. – Petrási, Zs. – Repa, I. – Horn, P.: Komputer tomográfia alkalmazása a nyúltenyésztésben. (Computerised tomography in rabbit breeding).....</i>	416
<i>Romvári, R. – Petrási, Zs. – Andrásy, Z.-né Ms. – Locsmándi, I. – Repa, I. – Horn, P.: Komputer tomográfia alkalmazása a sertésenyésztésben. (Computer tomography in pig breeding)</i>	427
<i>Hancz, Cs. – Romvári, R. – Szabó, A. – Molnár, T. – Horn, P.: Képkalkító eljárások a halbiológiai kutatásokban. (Digital imaging techniques in the fish biology research)</i>	443
<i>Romvári, R. – Andrásy, Z.-né Ms. – Petrási, Zs. – Locsmándi, L. – Szabó, A. – Horn, P.: A képkalkító eljárások alkalmazásának lehetősége a baromfityenyésztésben. (Computer tomography in poultry breeding)</i>	453
<i>Maróti-Agóts, Ákos – Jávorka, L. – Gera, I. – Bodó, I.: Testméretfelvétel videokép-elemzés segítségével szarvasmarha állományokban. (Use of video-technics for measurements of cattle)</i>	466
<i>Holló, I. – Tőzsér, J. – Holló, G.Ms.– Zándoki, R.Ms. – Repa, I.: A képkalkító eljárások felhasználása a szarvasmarha húsrányú szelekciójában. (Using of scanning procedures in the meat type selection of cattle)</i>	480
<i>Bogner, P. – Bajzik, G. – Garamvölgyi, R.Ms. – Lőrincz, B.Ms. – Repa, I.: A mágneses rezonancia képkalkítás és spektroszkópia az állatorvosi és állattenyésztési kutatásokban. (Magnetic resonance imaging (MRI) and spectroscopy in veterinery and animal science)...</i>	494
<i>Gábor, Gy.: Képkalkító eljárások szaporodásbiológiai felhasználása. (Use of imaging technologies in animal reproduction)</i>	504

SZEMLE (Miscellaneous):

<i>Az Európai Állattenyésztők Szövetségének (EAAP) 57. tudományos ülészsaka. (57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 2006 Antalya, Turkey).....</i>	516
---	-----

Ebben a lapszámban „A Képkalkító-eljárások fejlődése a XXI. század állattenyésztésében” c. konferencia anyaga, szerkesztve, de lektorálás nélkül kerül közlésre.

In this issue, the papers of the conference on „Present and future of imaging methods in the animal improvement in the 21st century” are edited but not supervised.

KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK JELENTŐSÉGE A XXI. SZÁZAD ÁLLATTENYÉSZTÉSÉBEN

**(THE IMPORTANCE OF IMAGINE METHODS IN THE ANIMAL
BREEDING OF THE 21st CENTURY)**

tudományos konferencia a
Magyar Tudományos Akadémia Székházában

Scientific Conference at the
Hungarian Academy of Science

2005. november 8.

on November 8. 2005

Rendezők (Organizers):

**az MTA Agrártudományok Osztályának
Állatnevelési, Állattenyésztési és Takarmányozási
Bizottsága**

**(Animal Production Committee of the
Agricultural Science Section of the HAS)**

**a MAE Állattenyésztők Társasága
(Society of Animal Producers of the
Hungarian Association of Agricultural Sciences)**

**Magyar Állattenyésztők Szövetsége
(Association of Hungarian Animal Breeders)**

A RENDEZVÉNY TÁMOGATÓI

ABO-MIX Takarmányipari Rt.

Bábolna Takarmányipari Kft.

DAKOVIT Kft.

GABOMIX Takarmányipari Fejlesztő és Szolgáltató Kft.

Lohmann Animal Health Hungaria Kereskedelmi Kft.

Magyar Állattenyésztők Szövetsége

Vitafort Első Takarmánygyártó és Forgalmazó Rt.

A KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK FEJLŐDÉSE ÉS JELENTŐSÉGE A XXI. SZÁZAD ÁLLATTENYÉSZTÉSÉBEN

HORN PÉTER — ROMVÁRI RÓBERT

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők rövid összefoglalót adnak a keresztmetszeti képalkotó eljárások (CT, MRI) kialakulásáról, első állattudományi felhasználásukról. Alapvető módszertani ismereteket közölnek az állattenyésztési célú CT és MRI vizsgálatokról, illetve a vonatkozó képfeldolgozásról. Vázolják a képalkotó eljárások hazai alkalmazási lehetőségeit, majd állatfajonként összefoglalják az állattenyésztési szempontból eddig elért jelentős külföldi eredményeket. Egyfajta szakaszosságot állapítanak meg a CT vizsgálatok történetében, amennyiben a kezdeti módszertani fejlesztések után a kísérletek középpontjába a teljesebb összetételének és/vagy vágóértékének *in vivo* mérése került. A '90-es évek elejére a nemzetközi munkacsoportok a módszert szelekciós célra alkalmasnak tartották és ilyen irányú felhasználását megkezdték. Az első publikált szelekciós eredmények Kaposváron, húsnyúlón születtek, majd ezt követően jelentették meg juhon végzett eredményeiket az ausztrál kutatók. Végül a szerzők a digitális nem invazív *in vivo* vizsgálatok további intenzív térnyerését prognosztizálják az állattenyésztés és állattudomány területén, egyrészt az eszközök rohamos fejlődése, használhatósági területük erős szélesedése miatt, másrészt az „animal welfare” szemléletmód további térnyerése következtében is.

SUMMARY

Horn, P. – Romvári, R.: PRESENT AND FUTURE OF IMAGING METHODS IN THE ANIMAL IMPROVEMENT IN THE 21st CENTURY

The authors provide a short summary on the evolution and first animal science application of the cross sectional imaging methods (CT, MRI). Basic methodological information is published on the CT and MRI investigations performed in the field of animal science, as well as on the image processing. The national possibilities of the imaging methods are characterized, then the mainly important foreign results in the field of animal science are shown. A defined progress is described in the history of CT imaging, since after the initial improvements the focus of the CT investigations shifted to the measurement of the total body composition or slaughter value in an *in vivo* manner. At the beginning of the 90's, the international teams accepted the method to be applicable for selection purposes, and the use in this direction was initiated. The first selection results published originated in Kaposvár, on meat type rabbits, which was then followed by the ovine results of Australian researchers. Finally, the authors prognostize the expansion of the *in vivo* non invasive techniques in the field of animal breeding and animal science, partly due to the intensive improvement of the equipments as well as due to the broadening of the application areas, keeping the widening acceptance of the animal welfare aspects in mind.

BEVEZETÉS

Közel fél évszázada ezelőtt az Állattenyésztés és Takarmányozás c. folyóirat 40. évfolyamának 1. száma közölt összefoglalót a komputer tomográfia alapelveiről és gyakorlati alkalmazási feltételeiről (Horn, 1991a). Az eltelt időszakban hazai és nemzetközi szinten új képalkotó vizsgálati módszereket vezettek be, számos értékes kísérletes eredményt írtak le. A fő célok mindemellett nem változtak, megmaradt, sőt megerősödött az állattenyésztőknek régi törekvése, amely a tenyészállat-jelöltek testösszetételének nem invazív, *in vivo* módon történő megállapítására, és ezzel a szelekciós döntések megbízhatóságának jelentős növelésére irányul.

Közel fél évszázada ismert és azóta vizsgálatok sorozatában igazolódott, hogy a testösszetétel fő komponensei viszonylag jól öröklődnek, így a saját-teljesítmény-vizsgálat (*in vivo* testösszetétel meghatározás) a szelekció hatékonysága szempontjából kiemelt fontosságú. A teljes testösszetétel meghatározásával kapcsolatos kutatásoknak másfél évszázados múltjuk van (Von Bezold, 1857). A lehetséges eljárások alapvetően két csoportra oszthatók, amennyiben a standardnak tekinthető roncsoláson alapuló közvetlen kémiai analízis az ún. nem destruktív módszerek kalibrálására is szolgál. Utóbbi eljárások közül az első közelítésnek a test morfológiai indikátorain alapuló módszerek tekinthetők. A modern műszeres eljárások közül kiemelésre érdemesek az izotóp higitásos módszerek, a zsírdékony gázok eliminálásán és abszorpcióján alapuló mérések. A bioimpedancia analízises (BIA) eljárásokat az utóbbi időben egyre többen használják alapanyagcsere vizsgálatokban. Az ultrahangos készülékek (UH) a hatvanas évek végére váltak alkalmassá a bőr alatti zsírrétegek vastagságának és bizonyos szervek méretének meghatározására. Napjainkban, széles körben elterjedt, az ún. TOBEC módszer, amely a teljes test mágneses tér hatására bekövetkező elektromos vezetőképességének változásait méri. Állattudományi szempontból igen perspektívus a „dual energy X-ray absorptiometry” (DEXA) módszer is, melynek főbb felhasználási lehetősége is összefoglalásra került.

A modern képalkotó eljárások közül, az ezen bevezető előadásban ismertetésre kerülő komputer tomográfia (CT) és a mágneses rezonanciás képalkotás (MRI) érdemel kiemelt figyelmet. A további előadásokban példákkal szemléltetjük az *in vivo* képalkotó eljárások jelentőségét az állattenyésztésben a nagy hozzáadott értékű, egészséges táplálkozást szolgáló állati eredetű termékek előállításában.

A keresztmetszeti képalkotó eljárások (CT, MRI) kialakulása, hazai alkalmazási lehetőségei

A computer tomográfia gyakorlati alkalmazásának kidolgozása Hounsfield és Cormack nevéhez fűződik, akik ezért 1979-ben Nobel díjat kaptak (Hounsfield, 1980, Cormack, 1980). A 80-as évek elején a CT berendezések megjelenése minőségi változást eredményezett az *in vivo*, nem-invazív orvosi diagnosztikában a keresztmetszeti számítógépes képalkotás révén. A kitűnő felbontás és szöveti jellegzetességek feltárása a vizsgálati eljárás rendkívül gyors elterjedését eredményezte. Az évtized végétől a számítástechnikai fejlő-

dés a tomográfok teljesítményében és sebességében látványos javulást tett lehetővé.

A mágneses rezonancia jelenségét egymástól függetlenül két munkacsoport, a *Bloch* által vezetett Stanford-i és a *Purcell* által irányított Harvard egyetemi írta le 1946-ban, amiért 1952-ben mindketten Nobel-díjat kaptak (*Bloch*, 1946; *Purcell és mtsai*, 1946). Kezdetben főleg a spektroszkópia területére szorítottak a kutatások, mindaddig, amíg *Damadian* (1971) felismerte, hogy az egészséges és a daganatos szövetek T1 és T2 relaxációs ideje egymástól eltérő. A fejlődés ettől fogva jelentősen felgyorsult, és a '80-as évek végétől minden korábbi eljárásnál nagyobb hatást gyakorolt az MRI használata a modern orvosi képalkotásra. A módszer egyik változata EKG vezérelt szív MR képalkotás, amely a szív funkcionális vizsgálatának egyik legfejlettebb eljárása.

A modern digitális képalkotó berendezések és a nagy teljesítményű számítógépek együttese új távlatokat nyitott a gazdasági haszonállatok nemesítési célú *in vivo* vizsgálatában. Az első állattenyésztési célú CT felvételezésre 1981-ben került sor a Norvég Agrártudományi Egyetemen (*Skjervold és mtsai*, 1981), amit követett az MRI alkalmazása az aberdeeni Rowett Intézetben (*Fuller és mtsai*, 1984). A '80-as évek végétől a keresztmetszeti képalkotás, ezen belül elsősorban a CT állattudományi elfogadottsága folyamatosan nőtt. Állattenyésztési szempontból a két képalkotó tomográfias eljárás közös előnye az *in vivo*, nem invazív vizsgálatok lehetősége. Ennek megfelelően az egyes állatok testösszetétele, vágóértéke közvetlen módon becsülhető, ami minőségi változást jelent a szelekcióban. Az eljárás egyrészt pontosabb az ivadékvizsgálatnál, másrészt a tenyészállat jelöltek kiválasztásával a generációs intervallum rövidül, a szelekciós előrehaladás gyorsul. Miután ugyanazon állat ismételt tomográfra vihető, az eljárás lehetőséget nyújt a növekedés, a vemhesség, illetve a szoptatás alatti, vagy eltérő takarmányozás hatására bekövetkező testösszetétel változások folyamatos követésére is.

A CT és MRI vitathatatlan előnyei mellett szélesebb körű alkalmazását sokáig gátolta, hogy viszonylag kevés volt azon kutatóhelyek, illetve tenyésztővállalatok száma, melyek a megfelelő infrastruktúrával rendelkeztek. Ebből a szempontból kiemelt helyzetben volt a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kara, ahol a Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet, az „Eljárás állatok, főleg sertések továbbtenyésztéshez való kiválogatására” (1986) c. eljárási szabadalomra épülő, a Világbankhoz 1986-ban benyújtott, és kiemelt támogatásban részesített kutatásfejlesztési pályázatának alapján létesült, kezdetben a MÉM, az MTA és az OMFB jelentős kiegészítő támogatásával (*Horn*, 1991ab). Az 1990-ben megépült különleges infrastruktúrájú Központ, azóta nagymértékben bővített tomográf parkjával (3 CT rendszer, egy hagyományos és egy ún. nyitott MRI tomográf) az egyetem olyan komplex létesítménye, ahol orvosi és állattudományi (továbbá geológiai, talajtani és más) szolgáltatások és kísérleti programok folynak rutinszerűen, sokoldalúan használva a rendelkezésre álló nagy értékű keresztmetszeti képalkotó berendezéseket. A folyamatos fejlesztésben több főhatóság (OM, FVM, EÜM, PM) és több vállalat (pl. MOL, GE, Siemens) is anyagi támogatást biztosított, az intézmény saját fejlesztési forrásain túlmenően.

Az alapítói célnak megfelelően az itt működő digitális képalkotó és sugárterápiás berendezések, párhuzamosan szolgálják az egyetemi és főiskolai szintű graduális és posztgraduális oktatást, több tudományterületre kiterjedő kutatói

munkát, valamint folyamatos üzemeltetés révén egészségügyi betegellátó tevékenységet a képalkotó diagnosztika, valamint az onkológia területén. A '90-es évek elejétől a kísérletes munka a keresztmetszeti képalkotó eljárások állattenyésztési célú felhasználására koncentrált. A gazdasági jelentőséggel bíró állatfajok szelekciós célú CT vizsgálatait elsősorban a vágóérték javítása érdekében végzik. Növekedésbiológiai vizsgálatok során foglalkoznak az izom és zsírszövet beépülésével, a szöveti összetétel és a húsminőség kapcsolatával. Legújabban szív MRI metodikával vizsgálják sertések és brojlerpulykák keringési teljesítményének és vázizomzat-beépülésének összefüggéseit. Az elmúlt tizenöt évben összesen 23 állatfaj több mint 24000 egyedének képalkotó vizsgálatára került sor. Legnagyobb számban sertések, juhok, húsnyulak és libák felvételezése történt.

Az állattenyésztési-állattudományi kutatások mellett az állatmodell kísérletek is jelentősek. Invasiv és non-invasiv beavatkozások — gyógyszerek, új típusú stentek, katéterek kipróbálása, egyéb angiológiai, illetve ortopédiai műtéti metodikák — elvégzésére minden feltétel adott. A főbb kutatási projektek közül kiemelendők, a coronaria szűkület létrehozására végzett katéteres beavatkozások sertés állatmodellen. Nemzetközi szinten is érdeklődésre tartanak számot a különböző stentek implantációján alapuló coronarographiás vizsgálatok és infarktus-modellkísérletek, sertésen. A humán, rutin diagnosztikai képalkotó tevékenység mellett cél, új módszerek bevezetése és kipróbálása, valamint klinikai tanulmányokban való részvétel, többek között a CT, MRI intervenció, illetve az MRI angiográfia területén. A kísérletes munka egyik kiemelt területe a funkcionális MRI vizsgálatok köre, különös tekintettel a kardiológiai dinamikus MR képalkotásra. Alap kutatás jellegű kísérletekben a szöveti metabolitok vizsgálatát végzik *in vivo* spektroszkópia alkalmazásával.

A képalkotó vizsgálatok módszertanának alapjai

A kettős hasznosításnak megfelelően a Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetben a vizsgálati állatok pihentetésére, premedikációjára megfelelő alapterületű klimatizált, mobil ketrecekkel felszerelt kísérleti tér áll rendelkezésre. Az állatokat méretüktől függően eltérő kialakítású — egy, illetve három férőhelyes — tartókban rögzítve vizsgálják, átlagosan 12 órás éheztetést követően. Kísérletek (húsnyúl, brojlercsirke, tojtyúk, lúd) CT felvételezése *anaestheticumok* alkalmazása nélkül történik. A többi vizsgálatra altatásban került sor, mindenkor állatorvosi közreműködéssel. A sertések, juhok és pulykák kombinált CT és MRI felvételezésekor intubáláson, illetve maszk használatán alapuló altatógépes *anaesthesia-t* alkalmaznak. A mágneses rezonanciás vizsgálatoknál MRI kompatibilis egyedi tartókat használnak.

CT vizsgálatok

A kaposvári vizsgálati lehetőségek körét folyamatosan bővítette a korábban használt Siemens Somatom DRG (SIEMENS AG, Erlangen, Germany) tomográf felváltása Siemens Somatom Plus S40, illetve Siemens Somatom Emotion 6 spirál készülékkel. Az új berendezések egyrészt jelentősen csökkentették a felvételezési, adatkiviteli időt, másrészt az infrastruktúrális fejlesztéseknek kö-

szönhetően megteremtődtek a nappali vizsgálatok feltételei is. Mindezeknek megfelelően a '90-es évek közepére kialakult a standard állat-előkészítés, felvételezés, illetve a CT kép feldolgozás módszertana, figyelemmel az egy állatra jutó vizsgálati idő, ezzel párhuzamosan vizsgálati költség csökkentésére.

A CT vizsgálatok során a felvételek síkjának kijelölésekor két lehetőség közül választhatunk. Az első alternatíva anatómiai pontokhoz kötött, amikor jól azonosítható, könnyen megtalálható képleteket — pl. szomszédos csigolyák találkozása — metszenek a felvételek. Előnye a módszernek a pontosság és a jó ismételhetőség. A gyakorlatban hátrányt jelent azonban, hogy sokszor nehéz, és lassú az azonosító pont megtalálása, elsősorban a béltartalom, madarakon a tollazat zavaró hatása miatt. Ez a módszer a spirál CT installálását megelőzően volt jellemző, ugyanakkor a nyúl szelekciós vizsgálatokban egészen 2003. végéig használatban volt. Amennyiben valamilyen okból szükséges az anatómiai pontok azonosítása, lehetőség nyílik egy új technikával, gyorsabb és emiatt olcsóbb soroatfelvételek elkészítése, majd azokból utólag a szükséges képek kiemelése.

A második lehetőség soroatfelvételeken alapul. Ilyenkor a vizsgálni kívánt testszelvény határait jelöljük ki, majd ezeken belül készülnek a képek. A CT felvételeket jellemző adat az ún. szeletvastagság. A használt spirál tomográf fizikai felbontása megközelítően 1 mm (képmátrix=512x512, pixelméret=0,98x0,98 mm), a standardként alkalmazott szeletvastagság pedig 10 mm. Ennek megfelelően 10 mm³-es az az elemi térfogategység (voxel), amelyről közvetlen röntgensugár elnyelődési értékkel rendelkezünk. A felvételek közötti távolság, az ún. lépésköz, spirál CT vizsgálataink során általában 10 mm. Azonos szeletvastagság és lépésköz teljes átfedést eredményez, azaz a vizsgált teljes testszelvényről közvetlen információt szolgáltat.

Ha a szeletvastagságot és a lépésközt csökkentjük, megnő a vizsgálati érzékenység, mivel csökken az egy denzitásértékkel jellemzett voxel térfogata. Ez a közelítés gyakori a 3D rekonstrukciókon alapuló vizsgálatokban, amelyekben az alkalmazott legkisebb szeletvastagság 2 mm. Soroatfelvételek esetében, állandó lépésköz esetén, a kísérleti állat növekedésével párhuzamosan nő a felvételek száma. Ez bizonyos határ felett mind a felvételezést, mind pedig az értékelést lassítja, a vizsgálati költségeket pedig növeli. A megkívánt mérési pontosság figyelembevételével emelhető a lépésköz, nagyállatok (sertés, juh) szelekciós célú vizsgálatainál egészen 20 mm-ig. Használható az állandó felvételszám, változó lépésközzel kombinálva. Ez a megoldás azzal a komoly előnnyel jár, hogy a különböző testsúlyú (korú) egyedek azonos sorszámú felvétele, azonos metszési síkot jelöl.

Képfeldolgozás

Az elkészült felvételek értékelése az egyetemi fejlesztésű CTPC és Medimage, illetve az Osiris (Medical Image Analysis Software, 2000–2004) szoftverek segítségével meghatározott adatokon (pl. keresztmetszeti felszín, távolság), vagy a képpontokhoz (pixel) tartozó röntgensugár elnyelődési értékek gyakorisági eloszlásának további feldolgozásán alapul.

Standard képfeldolgozás esetén, a teljes HU skála –200 és +200 közötti szakasza kerül kiemelésre (zsír-víz-izom röntgensugár elnyelődési tartomány)

és a szomszédos 10-10 HU értékhez tartozó gyakoriságok pedig összevonásra (40 változó (HUv) képzése). Az ilyen módon képzett változókból egyrészt becslő egyenletek készíthetők, másrészt index értékek határozhatók meg, mely utóbbiak közvetlen térfogatos becslésnek tekinthetők. A morfológiai viszonyok 3D rekonstrukciókra alapozott vizsgálata — 2005 tavaszáig — a 3D-Doctor 2.0 (Able Software, 1998-99) alkalmazásával történt, melyet felváltott egy új, egyetemi fejlesztésű szoftver az „MePP”.

MRI vizsgálatok

A vizsgálatok 1999-ig, Siemens Magnetom SP 63 1.5 T térerejű tomográfival (SIEMENS AG, Erlangen, Germany), majd annak cseréjét követően, Siemens Magnetom Vision Plus 1.5 T, 2005-től, pedig Siemens Magnetom Avanto 1.5 T berendezéssel történnek. Rendelkezésre áll továbbá egy General Electric Ovation Sigma 0.35 T (GE Medical Systems) nyitott MRI berendezés is.

Felvételezés

Sertések, juhok és nagytestű pulykák testösszetételét az MRI berendezés testtekercsében vizsgálják. Ugyanígy járnak el a sertés féltetek esetében is, amikor több blokkban készülnek felvételek, figyelembe véve a mágneses tér inhomogenitását, valamint a geometriai deformitást is. A kisállatokhoz — nyúl, illetve brojlercsirke — gyakran használnak ún. térdtekercset. Az alkalmazott mérési technikákról külön előadásban adunk tájékoztatást (*Romvári és mtsai, 2005*).

Képfeldolgozás

A Siemens Magnetom SP 63-as tomográfiai készült felvételek értékelése az egyetemi fejlesztésű MRIPC szoftverrel történik. A Siemens Magnetom Vision Plus berendezéssel készített, DICOM formátumú felvételek feldolgozását az Osiris (Medical Image Analysis Software, 2000-2004), valamint a Medimage programra, legújabban a MePP-re alapozódik. A képfeldolgozás során a felszín, illetve távolság adatok mellett, a képpontokhoz tartozó szűrkeségi skálaértékeket is rögzítik.

A szív MRI vizsgálatok értékelését részben a MASS 4.0 szoftverrel (Magnetic Resonance Analytical Software System, 1994-2000), részben pedig a fent említett MePP programmal végzik. A felvételek posztprocesszálása során a balkamrai *epi-* és *endocardiumot*, valamint a balkamrai *papillaris* izmokat definiálják. A képfeldolgozásokkor meghatározzák a balkamrai térfogatokat, majd kiszámítják a verőtérfogat értékét és megadják az ejekciós frakció és perctérfogat értékeket.

A CT és MRI vizsgálatok legfontosabb külföldi eredményei

E rövid módszertani bevezető után, a következőkben állatfajonként foglaljuk össze az állattenyésztési szempontból jelentős külföldi eredményeket: A vonatkozó hazai vizsgálatok állatfajonként elkülönítetten kerülnek az egyes előadásokban, ill. közleményekben bemutatásra.

Sertés

Skjervold és mtsai (1981) a vizsgált sertésekről meghatározott anatómiai pontokon készítettek felvételeket. Ezt követően ezek metszési síkjában 1-1 cm széles szeleteket vágtak ki, majd azok teljes kémiai analízise során meghatározták a víz-, fehérje- és zsírtartalmat, illetve kiszámították az energiatartalmat. Az adott szeletre vonatkoztatva az R^2 értékek sorrendben a következők voltak: 0,85; 0,80; 0,89; 0,85.

Sertéseken végzett korai CT vizsgálatokról *Vangen* (1992) adott összefoglalást. Ebben, a tomográfias eljárás leírásán túlmenően, ismerteti az eltérő képfeldolgozási lehetőségeket, összehasonlítva az ún. norvég, illetve ausztrál iskola módszerét. A norvég közelítésre adnak példát a karkasz összetételének *in vivo* meghatározása érdekében *Allen és Vangen* (1984), *Vangen* (1984) és *Vangen és mtsai* (1984) által végzett vizsgálatok. A szerzők 11 jól azonosítható anatómiai ponton készítettek felvételeket a 9. hátcsigolyától a combcsont nyaki végéig. A CT-felvételek elkészülte után a vegyes ivarú sertéseket levágták. A képfeldolgozás során felvett gyakorisági értékeknek, valamint az élősülynak és az ivarnak, mint független változóknak segítségével, a zsír és az energia esetében 0,98-as, a fehérjére pedig 0,93-as R^2 értéket kaptak MGLH stepwise analízissel. A *Vangen és mtsai* (1984) által közölt becslő egyenleteket *Storlien és Sehested* (1992) a későbbiekben tesztelte. A korábban felállított egyenletek használatával — független mintán — lényegesen alacsonyabb regressziós koeficiens értékeket kaptak. A becslések pontossága nem érte el még az ultrahangos vizsgálatokét sem, amit az egyenletekbe bevont, viszonylag alacsony számú CT-változóval és azok egymással való szoros kapcsolódásával, másrészt az egyenletek nagyfokú érzékenységével magyaráztak és más biometriai módszerek alkalmazását javasolták. Ennek megfelelően *Luiting és mtsai* (1992) statisztikai feldolgozásuk során a gyakoriságeloszlási görbét matematikai módszerekkel három normál eloszlású összetevőre bontották, majd utóbbiak egymáshoz viszonyított arányát *maximum likelihood* módszerrel becsülték. Későbbi vizsgálataikban (*Luiting és mtsai*, 1995), hasonló képfeldolgozásra alapozva megállapították, hogy 65 kg-os élősúlyban a lapály sertések zsírszövetének denzitása meghaladta a durocét, jelezve ezzel az *intermuscularis* zsírtartalom különbözőségét.

Más megközelítést választottak az ausztrál kutatók, akik fix anatómiai pontok helyett, egymástól 30–50 mm távolságra lévő sorozatképekkel dolgoztak. A teljes állatról 20–30 felvételt készítettek, majd CATMAN nevű programjukkal értékelték azokat (*Thompson és Kinghorn*, 1992). Az eljárás lényege a kétdimenziós CT-felvételek háromdimenziós adattá alakítása, ami a testösszetevők térfogatosságot becslését teszi lehetővé. A két — norvég és ausztrál — értékelési mód célja eltérő. Amíg az előbbi nagy becslési pontosságra törekszik, és ezzel párhuzamosan viszonylag szűk értelmezési tartományban (adott genotípusra, meghatározott tömeg intervallumra) használható, addig az utóbbi a növekedés, vagy a takarmányozás testösszetételre gyakorolt hatásainak követésére alkalmas.

Az ún. norvég módszer eredményeit foglalta össze *Kolstad* (1996) PhD értekezésében. Vizsgálatainak középpontjában a létfenntartó takarmányon tartott norvég lapály és duroc sertések ivar-függő zsír eloszlásának és mobilitásának

vizsgálata állt. Összehasonlító CT vizsgálataiban megadta az *inter/intramuscularis* zsír arányának, valamint a *subcutan* zsír mennyiségének változását a hizlalás alatt (Kolstad és mtsai, 1996). Módszertanilag hasonló módon vizsgálták az energia megoszlás genetikai eltéréseit ismételt CT felvételezéssel (Kolstad és mtsai, 2002). A létfenntartó szükséglet felett adott metabolizálható energia (ME) eloszlását vizsgálva megállapították, hogy a takarmány okozta hőtermeléshez képest, a genetikailag zsíros állománynak volt a legnagyobb nettóenergia retenciója. Ebből a szempontból a duroc köztes állapotot mutat, míg a lapály a legalacsonyabb nettóenergia retencióval jellemezhető. Alternatív megoldásként a DEXA, mint igen perspektivikus módszer lehetőségeit Mitchell és mtsai (2002) mutatták be.

Korlátozott mértékben, de az MRI technikát is alkalmazzák sertések testösszetételének becslésére. Hasonlóan Skjervold (1981) korai vizsgálataihoz, Fowler és mtsai (1992) sertésen validálták az MRI alkalmazhatóságát a zsírszövet mennyiségének meghatározására szélsőségesen eltérő zsírtartalmú egyedeken. Állatonként 13 transzaxiális síkú felvétel készült, majd a metszési síkokból vágott szeletekből meghatározták a színhús mennyiségét, illetve lipidtartalmát. Németországban a mariensee-i intézetben Baulain és munkacsoportja kezdett hasonló vizsgálatokat (Kallweit és mtsai, 1994; Baulain és mtsai, 1996; Baulain, 1997). Az elért becslési pontosság a zsír és izomszövet mennyiségének *in vivo* meghatározásában jó egyezést mutat a — későbbiekben bemutatandó — kaposvári vizsgálatok eredményeivel. Az *in vivo* CT és MRI vizsgálatok lehetőségeit sertésen Szabó és mtsai (1999) foglalták össze.

Az élő sertések vizsgálata mellett természetesen a karkasz színhústartalmának mérésére is kipróbálták a CT módszert. Sehested és Vangen (1988) korai vizsgálataik alapján a CT-t alkalmasnak tartják ultrahangos és egyéb karkasz minősítő műszerek kalibrálására. A sertés karkaszok minősítésével kapcsolatban először Jones (1995) vetette fel az MRI technika alkalmazhatóságát.

Kérdőzők

Az első vizsgálatokat, suffolk juhokon, Simm és mtsai (1985) végezték, a 12-13. borda és a 3. ágyékcsigolya síkjában. A *subcutan* zsír vastagságát és az izom területét különböző típusú ultrahangos berendezésekkel, illetve CT-vel mérték. A kedvező eredményekre alapozva, a tomográfia a juhnemesítési programokba való használhatóságára hívja fel a figyelmet Simm (1987), aki a módszert második lépcsőben, ultrahangos mérések után javasolja alkalmazni.

A norvég munkacsoport — sertésekkel folytatott eredményes kísérletek tapasztalatai alapján — juhokon is megkezdte vizsgálatait. Ezek eredményeit foglalta össze PhD. értekezésében Sehested (1986), aki meghatározott anatómiai síkokban (11. és 13. háti-, 2., 4. és 6. ágyéki csigolya, a medence közepe, a combcsont feje és a medencenyúlvány *caudalis* vége) készített felvételeket. A már ismertetett eljárással (Vangen és mtsai, 1984) a gyakorisági értékekből változókat képeztek. Továbbiakban különböző módszerekkel (MGLH, főkomponens-analízis, kanonikus-korreláció) többféle becselő egyenletet dolgoztak ki. Véleményük szerint az MGLH stepwise regresszió kevésbé alkalmas módszer, ami elsősorban a változók közötti kollinearitásnak, illetve annak köszönhető, hogy az egyenletek a rendelkezésre álló változóknak csak kis részét használ-

ják. Az említett szerző eredményeit *Vangen* (1988) megállapításaival összevetve, juh esetében kapott gyengébb összefüggések két okkal magyarázhatók. Egyrészt a sertés sokkal zsírosabb és a zsírszövet is jobban azonosítható a felvételeken, másrészt a kiemelt anatómiai síkokban a pixelek nagyobb aránya hordoz hasznos információt (belső szervek elhelyezkedése, kiterjedése). A norvég és az ausztrál kutatócsoport közös munkájaként, *subcutan* zsírtartalomra kétirányba (+, -) szelektált juhokban értékelték CATMAN eljárással (*Vangen és Thompson, 1992*) a *subcutan*, az *intra-* és *intermuscularis* szövetek mennyiségi változásait.

Az első CT-n alapuló szelekció eredményeit bemutató közlemények ausztrál és új-zélandi munkacsoportoktól származnak, jelezve a képalkotó vizsgálatok kiemelt szerepét ezen két ország juhnemesítésében. *Jopson és mtsai* (1997) részletes, igen nagy állatlétszámon (1400 anyából álló nukleusz állományból származó kosokkal termékenyített több, mint 100 000 anya utódain) alapuló ökonómiai vizsgálatot követően, kétlépcsős szelekciós modell dolgoztak ki, felhasználva *Simm* (1987) korábbi eredményeit. A „Newstage” analízisen alapuló közelítés szerint, mindkét ivar UH vizsgálata mellett, a kosok legjobb 13%-nak CT felvételezése jelenti az optimális megoldást. A módszer három év után már pozitív gazdasági eredményt adott, ugyanakkor a maximális haszon tíz év elteltével prognosztizálható, értelemszerűen új-zélandi gazdasági környezetben. Kilenc évig tartó, az izombeépülés növelésére irányuló szelekciós kísérlet eredményeit foglalták össze Dorset Down genotípuson *Young és mtsai* (1998). A szelekció 7%-kal növelte a karkasz súlyát, úgy, hogy közben 8%-kal csökkent a zsírtartalom, illetve 2%-kal nőtt az izomtartalom.

Hasonlóan az új-zélandi gyakorlathoz, a skót juhnemesítésben is intenzív a CT használata. *Jones és mtsai* (2002a) Suffolk, Texel és Charolais juhokon végeztek vizsgálatokat anatómiai pontokhoz kötött felvételek segítségével (5. hátszígolya, femur közép, *os ischium*). Némileg meglepő módon, a combizomzat esetében — a törzshöz képest — szorosabb összefüggést ($r=0,48-0,60$ vs. $0,33-0,54$) találtak a CT eredmények és a próbavágás között. Mások, anatómiai pontokhoz kötött vizsgálatokban, így juhon (*Pászty, 2000*), illetve nyúlön (*Romvári, 1996*) a comb felvételezésével nem tudtak hasonló eredményt elérni. Ugyanezen skót kutatócsoport (*Jones és mtsai, 2002*) publikált először h^2 értékeket ($0,30-0,46$) a karkasz izmoltságával kapcsolatban, tíz éven keresztül. Suffolk állományon végzett, CT-re alapozott szelekció adatainak feldolgozásával. *Junkuszew és Ringdorfer* (2005) közleménye beszámol a CT első teljesítményvizsgálati felhasználásáról Ausztriában, mely program kialakításában döntő szerepe volt a kaposvári tapasztalatok adaptálásának.

Alig néhány közlemény foglalkozik az MRI juhtenyészteségi célú felhasználásával. Ahogy a sertés vizsgálatokban, itt is a marienseei kutatók a legaktívabban, melyet részben az magyaráz, hogy a vizsgálatok időpontjában nem rendelkeztek CT berendezéssel. Elsősorban eltérő genotípusok (német merinó, feketefejű német húsjuh, texel és ezek keresztezései) testösszetételét *in vivo* vizsgálták (*Streitz és mtsai, 1995; Baulain, 1997*). A karkasz-összetétel vizsgálatának szempontjából a módszert *Stanford és mtsai* (1998) értékelték.

Tejelő kecskék testösszetételét először *Sørensen* (1992) vizsgálta. A juhok esetében leírthoz hasonló kedvező eredményeik alapján, *Lewis és Simm* (2002) két lépcsős szelekciót javasol a karkasz izmoltságának növelésére kiskérő-

dzőkben. *Jopson és mtsai* (1992) dámszarvasokat vizsgáltak. Kísérletük során az első nyakcsigolya és a fartájék között átlagosan 22 felvétel készült, melyek értékelését *Thompson és Kinghorn* (1992) által fejlesztett CATMAN szoftverre alapozták. Eredményeik szerint, ezzel a módszerrel, a téli évszak folyamán követhető a zsírdepók felhasználási üteme, segítve az optimális értékesítési kondíció meghatározását, maximalizálva az értékesítés során elérhető árbevétel nagyságát.

Baromfi fajok

Bentsen és mtsai (1986; 1989), valamint *Bentsen és Sehested* (1989) brojlerek abdominális zsír és mellizom mennyiségét mérte CT-vel. A vizsgált norvég hibridekben a metszési síkok kiválasztásához felhasználták az általuk képzett változók háromdimenziós gyakoriság-eloszlását. Vágás után megmérték az abdominális zsír és a mellizomzat tömegét és meghatározták a karkaszhoz viszonyított arányukat. Hasonlóan a sertés- és a juhvizsgálatok értékeléséhez, a gyakoriságeloszlási adatokból képzett változókkal, MGLH stepwise és főkomponens analízis módszerével egyenleteket szerkesztettek. Ezeket független állományon tesztelve $r=0,86$ -os összefüggést állapítottak meg a becsült és a mért abdominális zsír mennyisége között. *Svihus és Kattle* (1993) három egymást követő évben vizsgált brojlereket *Bentsen* előbb ismertetett módszerével. Amennyiben az abdominális zsír, vagy a mellizom tömegének becsülését azonos évből származó, de független állományon tesztelték, úgy $r=0,63-0,70$, ill. $0,54-0,76$ erősségű összefüggést találtak a becsült és mért értékek között. Ezzel szemben a korreláció szignifikáns csökkenését tapasztalták, amennyiben az ellenőrzést eltérő évből származó mintán végezték.

A mellizom súlyát és kihozatali arányát mérték brojlercsirkében *Remignon és mtsai* (1997). Hasonló elven vizsgálták eltérő genotípusú pulykák (BUT 9, Nicholas) szöveti összetételét (zsír, izom, csont) 4 és 17 kg között *Brenoe és Kolstad* (2000), akik a testösszetételben mutatkozó meghatározott ivari eltérések miatt, a nőivar alacsonyabb élősúlyban történő vágását javasolják. Érdekes — élelmiszer-technológiai — felhasználást ismertetett *Tao és Ibarra* (2000), akik a CT-t csontszilánkok detektálására használták csontozott baromfihúsban.

Az MRI módszert baromfiféléken először *Mitchell és mtsai* (1991) alkalmazták, akik *transaxialis* síkban készült felvételek alapján, 140 és 2760 g közötti élősúly tartományban mérték a mellizomzat térfogatát. A megadott $0,99$ -es R^2 érték saját tapasztalataink alapján túlzónak tűnik. *Scollan és mtsai* (1998) a képfeldolgozás továbbfejlesztésével, 3D rekonstrukciókra alapozva becsülték a mellizomzat térfogatát, \bar{x} korábbihoz hasonló becsülési pontosságot megadva. A francia CEMAGREF kutatói (*Davenel és mtsai*, 2000), hasonló technikával, $0,92$ -es R^2 értéket adtak meg. Vizsgálataik célja az UH vizsgáló berendezések megfelelő pozicionálása volt.

Halfajok

Gjerde (1987) halakon folytatott kísérletében előzetesen -25 °C-on fagyasztott, majd 4 °C-on 4 napig tartott $2-4$ kg testsúlyú szívárványos piszt-rángokat vizsgált, halanként három felvételt készítve, naponta 150 állat felvéte-

lezésére volt lehetőség. Rye (1991) vizsgálataiban, a CT módszert a lazac testösszetételének meghatározására adaptálta. Ugyancsak lazacokon tanulmányozták a testarányok változását és a fiú kihozatalt, Einen és mtsai (1998), a vágást megelőző éheztetést követően. Kolstad és mtsai (2004) atlanti laposhal (*Hippoglossus hippoglossus*) filé-zsírtartalmát mérték CT-vel. Az MRI igen érdekes alkalmazási területét mutatták be Nott és mtsai (1999), akik a fagyasztás és felolvasztás hatását vizsgálták: tökehalon és makrélán, élelmiszerminősítési szempontokra való tekintettel.

KÖVETKEZTETÉSEK

Figyelemmel a nemzetközi és hazai kísérleti eredményekre, állatfajtól függetlenül jól érzékelhető szakaszosságot figyelhetünk meg a CT — és kisebb mértékben az MRI — vizsgálatokban. Első lépcsőben a módszert fix anatómiai pontokhoz kötött felvételekkel tesztelték. A CT kép információ tartalma, valamint a hozzátartozó szelet (testszelvény) szöveti összetétele közötti szoros korrelációs értékek további vizsgálatokat indukáltak. Ezt követően sorozatfelvételeken (ausztrál módszer), vagy előkísérletek alapján meghatározott anatómiai síkokban (norvég módszer) készült felvételekkel becsülték a teljestest összetételét és/vagy a vágóértéket. Gyakorlatilag minden munkacsoport eljutott addig a pontig (a '90-es évek eleje), hogy a módszert szelekciós célra alkalmasnak tartotta és ilyen irányú felhasználását javasolta. Az első publikált szelekciós eredmények Kaposváron, húsnyúlón születtek (Szendrő és mtsai, 1996), majd ezt követően jelentették meg juhon végzett eredményeiket Jopson és mtsai (1997), illetve Young és mtsai (1998). A juh és a nyúl esetében becsültek elsőként h^2 értékeket (Jones és mtsai, 2002; Nagy és mtsai, 2004, illetve Szendrő és mtsai, 2004).

A lúdfajban, a világon, először két magyar tenyésztővállalat (Bábolna Rt., Kolos Agro Kft.) alkalmazott CT-re alapozott szelekciót, együttműködve a kaposvári szakemberekkel, 1995 és 2000 között. Mindkét programban kétlépcsős tömegszelekcióval generációnként 6%-kal sikerült növelni a mellhús tömegét, bizonyítva az eljárás nagy gyakorlati hatékonyságát (Czinder és mtsai, 2001; Miklósné, 2001). A közeljövőben, a digitális, nem invazív *in vivo* vizsgálatokra alkalmas eljárások állattudományi, állattenyésztési hasznosítása jelentősen növekedni fog, egyrészt az eszközök rohamos fejlődése, használhatósági területük erős szélesedése miatt, másrészt az „animal welfare” szemléletmód további térnyerése következtében is. A különböző képalkotó eljárások és továbbfejlesztett változataik (pl. funkcionális MRI) mind több olyan tulajdonság *in vivo* nyomon követését, mérését teszik lehetővé, amelyeket korábban a szelekcióban nem lehetett érdemben érvényesíteni, de amelyek gazdasági hatása már ma is jelentős, illetve a közeljövőben növekvő jelentőségű (pl. kardiovaszkuláris rendszer teljesítményének javítása, szalonnák szerkezete, csontok minősége). Aligha kétséges továbbá, hogy az állati genom mind teljesebb ismerete hatalmas, új kutatási területet nyit meg a gén-gén, a gén-háttér genom és a genetikai-környezeti, genetikai-takarmányozási kölcsönhatások kutatásában, beleértve a kedvező kombinációk gyakorlati kiválasztásának és hasznosításának területét is. Utóbbi feladat nagysága összemérhető a gén-

térképek elkészítésével. A különböző kölcsönhatások széleskörű feltárásában megkerülhetetlen lesz az állatok kiválasztott egyedeinek több időpontban történő, sokoldalú nem invazív „átvilágítása”, az adatok részletes értékelése. Elkerülhetetlenül közeledik az az idő is, hogy speciális célokkal klónozási programokat fognak végezni. A sejtdonorok minden korábbinál sokoldalúbb és pontosabb kiválasztása, csak a mainál összehasonlíthatatlanul nagyobb információs ismeretekre épülhet az adott egyedre vonatkozóan, a tömegszelekció egészen szélsőséges változatát megtestesítve. Ebben a folyamatban a digitális képalkotó rendszerek, és a továbbfejlesztett eljárások, felbecsülhetetlen segítséget nyújtanak majd. Addig is azonban mind az eszközök, mind pedig az alkalmazható újabb módszerek kidolgozása, továbbfejlesztése a műszaki fejlesztők és a kutatók fontos, kötelezően elvégzendő dolga lesz.

Amíg a kaposvári vizsgálatok kezdetén, a '90-es évek elején, a kutatóhely nemzetközileg is egyedülálló lehetőségeket nyújtott a CT és MR képalkotásban, addig az utóbbi években jól láthatóan növekszik ezen eljárások — elsősorban a CT módszer — alkalmazása az állattudományok területén. Legújabb információink szerint számos európai kutatóhely telepít CT berendezést, vagy tervezi annak üzembe állítását. Megítélésünk szerint ehhez a kedvező folyamathoz saját eredményeink érdemben hozzájárultak.

IRODALOM

- Alien, P. – Vangen, O.*(1984): X-ray tomography of pigs. Some preliminary results. In: *In vivo* measurement of body composition in meat animals. Elsevier Appl. Sci. Publish., London, 52–66.
- Baulain, U.*(1997): Magnetic resonance imaging for the *in vivo* determination of body composition in animal science. *Comput. Electron. Agr.*, 17. 2. 189–203.
- Baulain, U. – Henning, M. – Kallweit, E.*(1996): Determination of body composition in German Landrace pigs of various ages by means of MRI. *Arch. Tierzucht*, 39. 4. 431–440.
- Bentsen, H.B. – Sehested, E.*(1989): Computerized tomography of chickens. *Br. Poult. Sci.*, 30. 3. 575–585.
- Bentsen, H.B. – Sehested, E. – Kolstad, N. – Katle, J.*(1986): Body composition traits in broilers measured by computerised tomography. *Proc. Second Inter. Poult. Breed. Conf. Artificial Insemination Workshop, Ayr*, 27–35.
- Bentsen, H.B. – Sehested, E. – Kolstad, N. – Katle, J.*(1989): Body composition traits in broilers measured by computerised tomography. *Zootech. Int.*, 4. 46–49.
- Bloch, F.*(1946): Nuclear induction. *Phys. Rev.*, 70. 7–8. 460–474.
- Brenoe, U.T. – Kolstad, K.*(2000): Body composition and development measured repeatedly by computer tomography during growth in two types of turkeys. *Poult. Sci.*, 79. 4. 546–552.
- Cormack, A.M.*(1980): Early two-dimensional reconstruction (CT scanning) and recent topics stemming from it. *Nobel lecture, J. Comput. Assist. Tomogr.* 4. 5. 658–664.
- Czinder, K. – Beck, K. – Beregházi, A. – Kanyó, Á. – Kiss Cs. – Mátyus, A.*(2001): Bábolnai Emdeni Fehér pecsenye és húsliba teljesítményvizsgálata. Három különböző módon szelektált szubpopuláció összehasonlítása. *Baromfi ágazat*, 1. 50–56.
- Damadian, R.*(1971): Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science*, 171. 976. 1151–1153.
- Davenel, A. – Selgneurin, F. – Collewet, G. – Remignon, H.*(2000): Estimation of poultry breastmeat yield: magnetic resonance imaging as a tool to improve the positioning of ultrasonic scanners. *Meat Sci.*, 56. 2. 153–158.
- Einen, O. – Waagan, B. – Thomassen, M.S.*(1998): Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proxima-é and fatty acid composition. *Aquacult.*, 166. 1–2. 85–104.

- Fowler, P.A. – Fuller, M.F. – Glasbey, C.A. – Cameron, G.G. – Foster, M.A.(1992): Validation of the *in vivo* measurement of adipose tissue by magnetic resonance imaging of lean and obese pigs. *Am. J. Clin. Nutr.*, 56. 1. 7–13.
- Fuller, M.F. – Foster, M.A. – Hutchison, J.M.S.(1984): Nuclear magnetic resonance imaging. In: *In vivo* measurement of body composition in meat animals. Elsevier Appl. Sci. Publish., London, 123–133.
- Gjerde, B.(1987): Predicting carcass composition of rainbow trout by computerised tomography. *J. Anim. Breed. Genet.*, 104. 121–136.
- Hom, P.(1991a): A röntgen komputeres tomográfia (RCT) alapelvei és a gyakorlati alkalmazás feltételei az állattenyésztésben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 40. 1. 61–68.
- Hom, P.(1991b): Az *in vivo* testanalízis újabb lehetőségei a húshasznosítású állatfajok nemesítésében, különös tekintettel a röntgen komputeres tomográfia (RCT) alkalmazására. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 46. 3. 133–137.
- Hounsfield, G.N.(1980): Computed medical imaging. Nobel Lecture, *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 4. 665–674.
- Jones, H.E. – Lewis, R.M. – Young, M.J. – Simm, G.(2002b): Incorporating CT measures of composition and muscularity into selection programs for Suffolk sheep. *Proc. 7th Wrlld Congr. Genetics Appl. Livest. Prod.*, Montpellier, France, Session 2. 1–4.
- Jones, H.E. – Lewis, R.M. – Young, M.J. – Wolf, B.T.(2002a): The use of X-ray computer tomography for measuring the muscularity of live sheep. *Anim. Sci.*, 75. 3. 387–399.
- Jones, S.D.M.(1995): Future directions in carcass assessment. In: *Quality and grading of carcasses of meat animals*. Ed. Jones, S.D.M. CRC Press: Boca Raton, 215–228.
- Jopson, N.B. – McEwan, J.C. – Fennessy, P.F. – Dodds, K.G. – Nicoll, G.B. – Wade, C.M.(1997): Economic benefits of including computed tomography measurements in a large terminal sire breeding programme. *Assoc. Advanc. Anim. Breed. Genetics, Proc.12th Conf.*, Dubbo, NSW, Australia, 1. 72–76.
- Jopson, N.B. – Thompson, J.M. – Fennessy, P.F.(1992): Body compositional changes during fasting periods in fallow deer bucks. *Dep. Anim. Sci., Univ. New England Armidale NSW, Australia*
- Junkuszew, A. – Ringdorfer, F.(2005): Computer tomography and ultrasound measurement as methods for the prediction of the composition of lambs. *Small Rum. Res.*, 56. 121–125.
- Kallweit, E. – Wesemeier, H.H. – Smidt, D. – Baulain, U.(1994): Application of magnetic resonance measurements in animal research. *Arch. Tierzucht*, 37. 2. 105–120.
- Kolstad, K.(1996): Maintenance requirements in pigs: a breed comparison including body composition study. PhD Thesis, Inst. Husdyrfag, Norges Landbrukshoyskole, 21.
- Kolstad, K. – Brenoe, U.T. – Vangen, O.(2002): Genetic differences in energy partitioning in growing pigs. *Acta Agric. Scand. Sect. A., Anim. Sci.*, 52. 4. 213–220.
- Kolstad, K. – Jopson, N.B. – Vangen, O.(1996): Breed and sex differences in fat distribution and mobilization in growing pigs fed at maintenance. *Livest. Prod. Sci.*, 47. 1. 33–41.
- Kolstad, K. – Vegusdal, A. – Baeverfjord, G. – Einen, O.(2004): Quantification of fat distribution in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) using computerised X-ray tomography (CT). *Aquaculture*, 229. 1–4. 255–264.
- Lewis, R.M. – Simm, G.(2002): Small ruminant breeding programmes for meat: progress and prospects. *Proc. 7th Wrlld Congr. Genetics Appl. Livest. Prod.*, Montpellier, France, Session 2. 1–8.
- Luiting, P. – Enting, H. – Vangen, O.(1992): Breed differences in maintenance requirements in pigs measured by computerized tomography. *Paper, Genet. Comm., EAAP, Madrid*.
- Luiting, P. – Kolstad, K. – Enting, H. – Vangen, O.(1995): Pig breed comparison for body composition at maintenance: analysis of computerized tomography data by mixture distributions. *Livest. Prod. Sci.*, 43. 3. 225–234.
- Miklósné Horváth, E.(2001): Ha húslúd legyen izmos. *Baromfiágazat*. 1. 57–59.
- Mitchell, A.D. – Scholz, A. – Pursel, V.(2002): Prediction of the *in vivo* body composition of pigs based on cross sectional region analysis of dual energy X-ray absorptiometry (DXA) scans. *Arch. Tierzucht*, 45. 6. 535–545.
- Mitchell, A.D. – Wang, P.C. – Rosebrough, R.W. – Elsasser, T.H. – Schmidt, W.F.(1991): Assessment of body composition of poultry by nuclear magnetic resonance imaging and spectroscopy. *Poult. Sci.*, 70. 12. 2494–2500.
- Nagy, I. – Szendrő, Zs. – Romvári, R. – Metzger, Sz. – Hom, P.(2004): CT-re alapozott szelekció eredményességének vizsgálata. 16. Nyúlteny. Tud. Nap, Kaposvár, 109–112.

- Nott, K.P. – Evans, S.D. – Hall, L.D.(1999): The effect of freeze-thawing on the magnetic resonance imaging parameters of cod and mackerel. *Food Sci. Tech. Int.*, 32. 261–268.
- Pászty, Gy.(2000): *In vivo* testanalízis felhasználása a juhtenyésztésben. Doktori (PhD.) értekezés, Kaposvár
- Purcell, E.M. – Torrey, R.V. – Pound, R.V.(1946): Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a solid. *Phys. Rev.*, 69. 37–43.
- Rémignon, H. – Seigneurin, F. – Resrosiers, V.(1997): Measuring breast meat in live broilers with tomography. *Wrld Poul.*, 14. 5. 24.
- Romvári, R.(1996): A komputer tomográfia lehetőségei a húsnyúl és a brojlercsirke testösszetételének és vágóértékének *in vivo* becslésében. PhD. értekezés, Kaposvár, 121.
- Romvári, R. – Petrás, Zs. – Andrásy, Z.-né – Locsmándi, L. – Repa, I. – Horn, P.(2005): Komputer tomográfia alkalmazása a sertésenyésztésben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 54. 5. 427–442.
- Rye, M.(1991): Prediction of carcass composition in Atlantic salmon by computerized tomography. *Aquacul.*, 99. 35–48.
- Scollan, N.D. – Caston, L.J. – Liu, Z. – Zubair, A.K. – Leeson, S. – McBride, B.W.(1998): Nuclear magnetic resonance imaging as a tool to estimate the mass of the pectoralis muscle of chickens *in vivo*. *Br. Poul. Sci.*, 39. 2. 221–224.
- Sehested, E.(1986): *In vivo* prediction of lamb carcass composition by computerized tomography. PhD. Thesis, Dept. Anim. Sci., Agricultural University of Norway, 81.
- Sehested, E. – Vangen, O.(1988): Computer tomography, a nondestructive method of carcass evaluation. Paper, VI. Wrld Conf. Carcass Evaluation, Helsinki, 8.
- Simm, G.(1987): Carcass evaluation in sheep breeding programmes. A review. *New Techniques in sheep production*. London, Butterworths, 125–144.
- Simm, G. – Avalos, E. – Dingwall, W.S. – King, J.W.B. – Parratt, A.C. – Owen, M.G. – Cuthbertson, A.(1985): Selection for improved lean meat production in Suffolk sheep: performance test regime and use of ultrasonic and X-ray computed tomography. *Br. Soc. Anim. Prod.*, Winter Meeting, Scarborough, Paper 35. 2.
- Skjervold, H. – Grønseth, K. – Vangen, O. – Evense, A.(1981): *In vivo* estimation of body composition by computerized tomography. *Z. Tierzücht. Züchtbiol.*, 98. 77–79.
- Sørensen, M.T.(1992): *In vivo* prediction of goat body composition by computer tomography. *Anim. Prod.*, 54. 1. 67–73.
- Stanford, K. – Jones, S.D.M. – Price, M.A.(1998): Methods of predicting lamb carcass composition: a review. *Small Rumin. Res.*, 29. 3. 241–254.
- Storlien, H. – Sehested, E.(1992): Slaktegenskaper i avlsarbeidet på svin (Slaughter traits in pigs). *Norsvinreport no. 1/92*, Hamar, Norway. 37.
- Streitz, E. – Baulain, U. – Kallweit, E.(1995): Investigation on body composition of growing lambs by means of magnetic resonance imaging (MRI). *Züchtungskunde*, 67. 5. 392–403.
- Svihus, B. – Katie, J.(1993): Computerised tomography as a tool to predict composition traits in broilers. Comparisons of results across samples and years. *Acta Agric. Scand.*, Sect. A, Anim. Sci., 43. 4. 214–218.
- Szabó, Cs. – Babinszky, L. – Versteegen, M.W.A. – Vangen, O. – Jansman, A.J.M. – Kanis, E.S.O.(1999): The application of digital imaging techniques in the *in vivo* estimation of the body composition of pigs: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 60. 1–11.
- Szendró, Zs. – Romvári, R. – Horn, P. – Radnai, I. – Bíró-Németh, E. – Milisits, G.(1996): Two-way selection for carcass traits by computerised tomography. 6th Wrld Rabbit Congr., Toulouse, 2. 371–377.
- Szendró, Zs. – Romvári, R. – Nagy, I. – Andrásy-Baka, G. – Metzger, Sz. – Radnai, I. – Bíró-Németh, E. – Szabó, A. – Vigh, Zs. – Horn, P.(2004): Selection of Pannon White Rabbits based on computerised tomography. 8th Wrld Rabbit Congr., Puebla, 175–180.
- Tao, Y. – Ibarra, J.G.(2000): Thickness-compensated X-ray imaging detection of bone fragments in deboned poultry-model analysis. *Trans. ASAE*, 43. 453–459.
- Thompson, M.J. – Kinghorn, B.(1992): CATMAN – A program to measure CAT-Scans for prediction of body components in live animals. *Austr. Assoc. Anim. Breed. Genet.*, Proc. 10th Conf., Rockhampton, Australia, 5.
- Vangen, O.(1984): Evaluation of carcass composition of live pigs based on computed tomography. 35th Ann. Meet. EAAP, The Hague, Netherlands, 1. G5. 23. 2.
- Vangen, O.(1988): Experience from several years of using computerised tomography (CT) in animal breeding research. *Wrld Conf. Anim. Prod.*, Helsinki, Session 4. Paper 4. 37.

- Vangen, O.*(1992): Assessing body composition of pigs by computer assisted tomography. *Rev. Pig News Inf.*, 13. 4. 1–22.
- Vangen, O. – Standal, N. – Walach-Janiak, M.*(1984): Tissue deposition rate in genetically lean and fat pigs estimated by computerised tomography (CT). 35th Ann. Meet. EAAP, The Hague, Netherlands, 1. G5. 22. 1.
- Vangen, O. – Thompson, J.M.*(1992): The use of CAT-scanning to measure maintenance efficiency in genetic lines of sheep. Paper, Comm. Sheep and Goat Prod., EAAP, Madrid
- Von Bezold, A.*(1857): Untersuchungen über die Verteilung von Wasser, organischer Materia und anorganischen Verbindungen im Thierreiche. *Z. Wissenschaftl. Zool.*, 8. 487–524.
- Young, M.J. – Nsoso, S.J. – Beatson, P.R.*(1998): Response to selection for lean tissue growth in sheep as assessed by X-ray computer tomography. *Proc. 6th Wrld Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.*, Armidale, Australia, 24. 153–156.

Érkezett: 2005. augusztus
Szerzők címe: Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Authors' address: University of Kaposvar, Faculty of Animal Science
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u.40.
e-mail: phorn@mail.atk.u-kaposvar.hu

KOMPUTER TOMOGRÁFIA ALKALMAZÁSA A NYÚLTENYÉSZTÉSBEN

SZENDRŐ ZSOLT — ROMVÁRI RÓBERT — MILISITS GÁBOR — METZGER SZILVIA —
NAGY ISTVÁN — RADNAI ISTVÁN — BIRÓNÉ NÉMETH EDIT — SZABÓ ANDRÁS —
PETRÁSI ZSOLT — REPA IMRE — HORN PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők összefoglalták az 1991 óta CT használatával elért kutatási eredményeket. A növendéknyulak vágási tulajdonságai a hosszú hátizom 2. és 3. és a 4. és 5. ágyékcsigolyák találkozásánál felvett átlagos metszési felszíne (L-érték), illetve a hátulsó lábokról készült 11–12 szelet (combizom súly) alapján jól becsülhető. Mindkét tulajdonság alapján végzett szelekció eredményes. Kéttirányú szelekcióval, valamint REML és BLUP eljárások alkalmazásával bizonyították a vágási tulajdonságok szignifikáns javulását. A Pannon fehér és a Hycole, illetve a Zika befejező apai vonalak ivadékcsoportjainak összehasonlítása bizonyítja, hogy a CT alapján folytatott szelekció eredményeként, a Pannon fehér ivadékoknak volt a legjobb vágási kitermelésük és a legtöbb hús a gerincen, illetve a hátulsó lábakon. 3D hisztogram segítségével nyomon követhető és becsülhető az izom- és zsírszövet beépülése a növendéknyulakban, illetve a zsírdepók változása a vemhesség és a szoptatás alatt az anyanyulakban. A teljes test kémiai analízissel megállapított zsírtartalma jól becsülhető a HU változók alapján felállított egyenletek segítségével.

SUMMARY

Szendrő, Zs. – Romvári, R. – Milisits, G. – Metzger, Sz. Ms. – Nagy, I. – Radnai, I. – Biróné Németh, E. Ms. – Szabó, A. – Petrási, Zs. – Repa, I. – Horn, P.: COMPUTERISED TOMOGRAPHY IN RABBIT BREEDING

The authors summarized the experimental results have been achieved by using CT since 1991. Carcass traits of growing rabbits can be estimated by measuring the average surface of *m. longissimus dorsi* between the 2nd and 3rd and the 4th and 5th lumbar vertebrae (L-value) or by the volume of the muscles on hind legs summing the surface of 11–12 scans. Selection for both criteria is effective. The divergent selection or data analysis by BLUP and REML methods proved the significant increase in carcass traits. Comparing the progenies of Pannon White, Hycole or Zika terminal bucks higher dressing out percentage, higher amount of *longissimus dorsi* and more muscles on hind legs were achieved as a result of CT based selection of Pannon White breed. Creating three-dimensional (3D) histograms the growing of muscles and that of fat in growing rabbits or the changing of fat depots in does during pregnancy and lactation can be followed and estimated. The chemical composition (fat content) of total body can be estimated using equations based on HU variables.

BEVEZETÉS

A gazdasági állatfajok első komputer tomográfias (CT) vizsgálata után tíz évvel a Kaposvári Egyetemen is elkezdődtek, és azóta is a világon egyedül itt folynak nyúltenyésztési vizsgálatok. A kezdetek óta a felvételezési és értékelési módszereket folyamatosan fejlesztettük. Eddig közel 6000 egyedden készültek különböző célból *in vivo* felvételek. A nyúl CT vizsgálatokról eddig két PhD. és egy MTA doktori disszertáció született (*Romvári, 1996, 2005; Milisits, 1998*).

Az alábbiakban összefoglaljuk azokat a legfontosabb eredményeket, amelyek a vágóérték javítása érdekében végzett szelekció, valamint a házinyúl szöveti és kémiai testösszetételének becslése során elértünk.

EREDMÉNYEK

A Pannon fehér nyulak CT-re alapozott szelekciója

A szelekció célja a súlygyarapodás és a vágási kitermelés egyidejű javítása. A szelekció megkezdése előtt azt kellett megkeresni, hogy melyek azok az ideális CT adatok (felvételek), melyek alapján a vágási tulajdonságok jól becsülhetők.

Ennek megállapításához 55 azonos testsúlyú (2800 ± 50 g) 12–13. hetes nyulat vizsgáltunk CT-n. Több anatómiai ponton megmértük a hosszú hátizom vastagságát és felszínét, a combizom metszési felszínét, a gerinc és a combcsont hosszát, valamint ezekből néhány értéket (indexet) számítottuk ki. Ezt követően a nyulakat *Blasco és mtsai* (1993) módszere szerint levágtuk, részletesen feldaraboltuk, és összesen 36 vágási adatot vettünk fel róluk. Korrelációszámítás alapján meghatároztuk, hogy a 2. és 3. illetve a 4. és 5. ágyékcsigolyánál felvett hosszú hátizom átlagos metszési felszíne (L-érték) adja a legjobb becslést: a karkasz középső részének súlyával és testsúlyhoz viszonyított arányával, valamint a karkasz középső + a hátulsó rész súlyával $r=0,71-0,74$, a karkasz súlyával, a vágási kitermeléssel, a gerincen + a combon levő hús súlyával $r=0,65-0,67$ szorosságú korrelációban van (*Szendrő és mtsai, 1992*). E vizsgálat alapján döntöttünk arról, hogy a CT-re alapozott szelekciót az L-érték alapján végezzük.

A tenyészkiválasztás két lépcsőben történik. Az elsőben a 6–10. hét közötti súlygyarapodás alapján választjuk ki a legjobbakat. A második lépésben, ezeket a jól gyarapodó egyedeket (kezdetben: 1992 és 1994 között csak a hímivarúakat, 2000-től mindkét ivart) vizsgáljuk a CT-n, és a hosszú hátizom keresztmetszete alapján a legnagyobb értéket elérő nyulakat hagyjuk meg tenyészaltnak.

A CT vizsgálat során a nyulakat altatás nélkül, három egyed egyidejű vizsgálatára alkalmas tartóba rögzítjük tépőzáras hevederrel (1. kép).

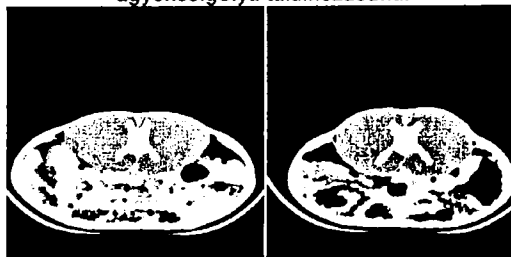
Elsőként egy ún. topogramot készítünk, amely lényegében a hagyományos röntgen-felvételnek felel meg. A topogramon jelöljük be azokat az anatómiai pontokat, ahol a CT felvételeket készítjük (pl. a hosszú hátizom metszési felszínét a 2. és 3. ill. 4. és 5. ágyékcsigolya találkozásánál, 2. kép). A módszer részletes leírását *Romvári* (1996) adja meg.

1. kép: A nyulak elhelyezése CT vizsgálathoz



Picture 1.: Position of rabbits during CT examination

2. kép: A hosszú hátizom metszési felszíne a 2.-3. (bal) és a 4.-5. (jobb) ágyékcsigolya találkozásánál



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
In colors www.atk.hu (2005/5)

Picture 2.: The surface of *m. longissimus dorsi* is measured on the junction of the 2nd and 3rd (left) and that of the 4th and 5th (right) lumbar vertebrae

Az L-érték azonban függ a testsúlytól. Mivel a nyulakat azonos életkorban vizsgáljuk, a testsúly hatását figyelembe kell venni. Folyamatosan meghatározzuk a testsúly és az L-érték közötti regressziót és ettől az egyenestől (az adott testsúlyhoz viszonyított átlagos L-értéktől) pozitív irányban legtávolabbi egyedeket választjuk ki tenyésztésre (1. ábra).

1. ábra: A testsúly és az L-érték közötti összefüggés (regressziós egyenes)

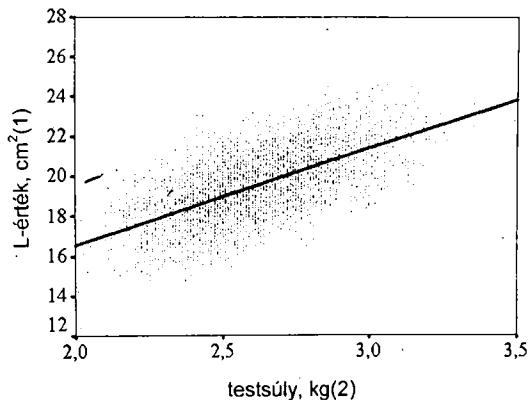


Fig. 1.: Connection between body weight and L-value (regression line)
L-value(1), body weight(2)

A szelekció eredményességét (a továbbiakban: „sel”) többféle módon vizsgáltuk. Az első esetben kétirányú szelekciót végeztünk. A kísérletben 216 himivarú növendéknyúlból a 6. és a 10. hét közötti súlygyarapodás alapján kiválasztottuk a legjobb 61 állatot és ezeket CT-n megvizsgáltuk. Az L-érték alapján kiválasztottuk a legjobb (+sel) és a leggyengébb (–sel) 5-5 egyed. A +sel bakok 40 ivadéka közül ismét kiválasztottuk a legjobb 5 egyed (+sel). Az összes bakkal (nem sel, –sel, +sel, ++sel) egyidejűleg termékenyítettünk CT-vel nem vizsgált anyanyulakat. Az ivadékok közül száz egyed CT-vel is megvizsgáltunk, de az összes (n=323) nyulat levágtuk. Az eredmények (Szendrő és mtsai, 1996) alapján megállapítható, hogy az L-érték a szelekció irányának megfelelően alakult: a –sel csoporttól a ++sel irányába a hosszú hátizom felszíne folyamatosan nőtt (2. ábra).

2. ábra: A kétirányba szelektált nyúl ivadékcsoportok L-értékének alakulása

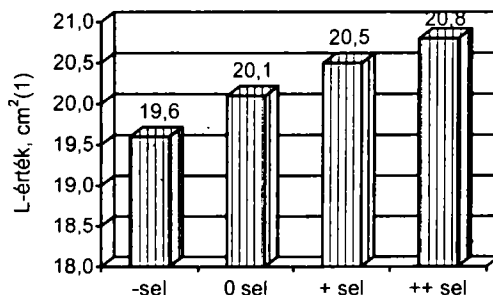


Fig. 2.: L-value of rabbits selected divergently
L-value, cm²(1)

A vágási eredmények (1. táblázat) igazolták, hogy az L-értékre folytatott szelekció eredményeként nőtt a karkasz súlya, javult a vágási kitermelés, a karkaszon belül jelentősebben nőtt a középső és valamivel kevésbé a hátulsó rész súlya, ugyanakkor csökkent a veszteségnek számító bőr és ehetetlen belsőségek súlya.

1. táblázat

A kétirányba szelektált nyúl ivadékcsoportok legfontosabb vágási eredményei

Tulajdonság(1)	–sel	++sel
Testsúly, g(2)	2785,0±33	2781,0±39
Vágási kitermelés, %(3)	62,3±1,5 ^a	64,1±0,9 ^b
Referencia karkasz súlya, g(4)	1347,0±44 ^a	1382,0±44 ^b
Elülső rész, g(5)	397,0±16	395,0±18
Középső rész, g(6)	430,0±26 ^a	452,0±26 ^b
Hátulsó rész, g(7)	513,0±24 ^a	527,0±22 ^b
Bőr, g(8)	386,0±24 ^b	370,0±23 ^a
Emésztőrendszer, g(9)	379,0±36 ^b	356,0±35 ^a

^{a,b} Az eltérő betűvel jelzett csoportok közötti eltérés P<0,5 szinten szignifikáns(10)

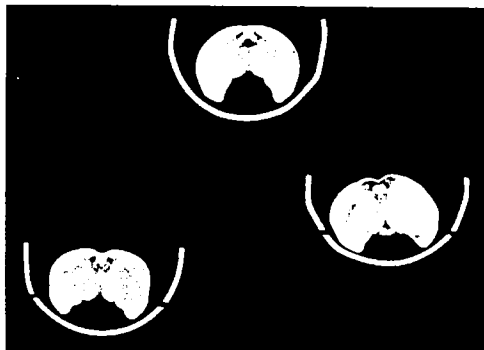
Table 1.: Carcass traits of rabbits selected divergently
traits(1), body weight, g(2), dressing out, %(3), reference carcass weight, g(4), fore part, g(5), intermediate part, g(6), hind part, g(7), skin, g(8), gastrointestinal tract, g(9), ^{a,b}: different letters mark significant difference at P<0.05(10)

Továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy a szelekció kezdete (1992 ősze) után két évvel, hogyan alakult az L-érték és a vágási kitermelés. Az eredmények szerint az induló értékhez (L-érték: 18,35 cm², vágási kitermelés: 61,8%) képest a hosszú hátizom metszési felszíne 11%-kal (20,71 m²), a vágási kitermelés 2%-kal (63,8%) lett nagyobb (Szendrő és mtsai, 1996). Bár a javulás háttérében a szelekción kívül más tényezők is közrejátszhattak, azonban a kétirányú szelekció eredménye alapján feltételezhető, hogy a CT adatokra alapozott tenyészkiválasztás valóban hatékony volt.

2003-ban a teljes adatbázis felhasználásával REML és BLUP (egyedmodell) eljárással becsültük a genetikai paramétereket és a tenyészértéket (Szendrő és mtsai, 2004). Az összes egyed 6. és 10. hét közötti napi súlygyarapodása 42,1 g volt. A CT vizsgálatra kiválasztott 27,2% nőivarú egyedé 45,0 g, a 18,3% hímivarúé pedig 47,6 g volt. Az átlagos L-értékhez (19,5 cm²) képest a tenyésztésre meghagyott anyák (36,9%) és bakok (19,2%) L-értéke sorrendben 20,5 és 21,3 cm² volt. A napi súlygyarapodás örökölhetőségére 0,11, az L-értékre 0,41 és a vágási kitermelésre 0,79-es értéket kaptunk. A napi súlygyarapodásban és az L-értékben becsült tenyészérték 2001, 2002, és 2003-ban 0,13; 0,17 és -0,07 g, illetve 0,12; 0,35 és 0,78 cm² volt. Az eredmények igazolják, hogy bár a súlygyarapodás alig javult, de az L-értékre folytatott szelekció eredményeként éves szinten 1,65%-os genetikai haladást sikerült elérnünk. Mivel az L-érték és a vágási kitermelés közötti genetikai korreláció (r_G) 0,45; megállapítható, hogy a vágási tulajdonságok is megfelelő ütemben javultak.

2004-től megváltoztattuk a szelekciót. A hosszú hátizom metszési felszíne helyett a combizom súly alapján választjuk ki a nyulakat. Az első lépés ebben az esetben is a súlygyarapodás szerinti a rangsorolás, de a CT vizsgálat során a csípőlapát és a térdizület között készítünk cm-enként felvételeket (3. kép). A 11–12 felvétel alapján számítható combizom térfogat (cm³-ben kifejezve), és megbecsülhető a tömege (g-ban kifejezve). Mivel a combizom súlya 2,3–2,5-szer nagyobb, mint a hosszú hátizomé, ezért azonos szelekciós előrehaladás esetén is jelentősebb izombeépülés (hústermelés) várható.

3. kép: Három nyúl combizmáról egyidejűleg készült CT felvétel



Picture 3.: CT scan of the hind leg muscles of three rabbits

Számításaink szerint a CT segítségével mért combizom súly az egész karkasz, a karkaszon belül a középső és a hátulsó rész, illetve a combok és a combizmok súlyával sorrendben $r=0,50; 0,44; 0,64$ és $0,68$ és $0,71$ szorosságú összefüggésben van.

1011 egyedén felvett adat felhasználásával végzett becslés szerint, a súlygyarapodás h^2 értéke $0,20$, a combizom súlyé $0,33$. A két tulajdonság között nincs genetikai korreláció (Nagy és mtsai, 2005).

A combizom súlyra is elkezdődött egy kétirányú szelekciós kísérlet. A pozitív és a negatív irányba kiválasztott csoport ivadécai között már az első generációban szignifikáns különbséget kaptunk a vágási kitermelésben, a karkasz hátulsó részében és a combhús vágósúlyhoz viszonyított arányában (3. ábra), ami a szelekció eredményességét bizonyítja.

3. ábra: A combizom súly alapján pozitív és negatív irányba szelektált első ivadékcsoport vágási kitermelése, valamint a karkasz hátulsó részének és a combizmoknak a karkaszhoz viszonyított aránya

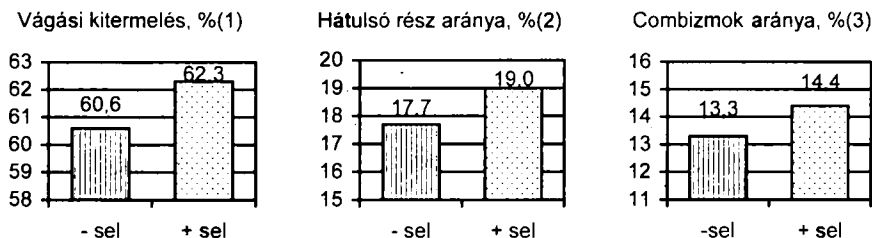
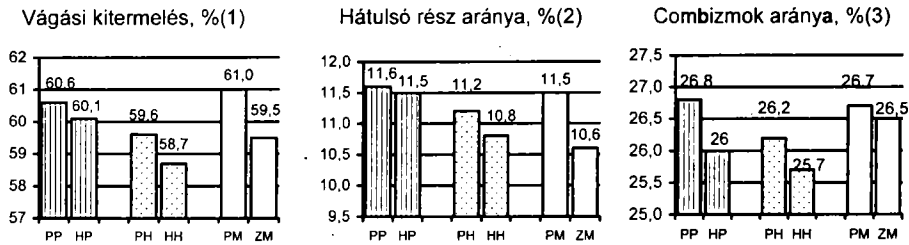


Fig. 3.: Dressing out percentage, the ratio of hind part and that of hind leg muscles to body weight of rabbits selected divergently (-sel or +sel) for the ratio of the hind leg muscles dressing out percentage(1), the ratio of hind part(2), and that of hind leg muscles(3)

A szelektált Pannon fehér nyulak teljesítményét folyamatosan összehasonlítjuk más állományok vágási eredményével. A legutóbbi vizsgálatok (Metzger és mtsai, 2004) bizonyítják, hogy a Pannon fehér jobb vágóértékkel rendelkezik, mint a világ legismertebb hibridjeinek apai vonalai. Ugyanazt az anyai állományt (Pannon fehér, Hycole szülőpár anyja, anyai vonal) Pannon fehér, Hycole és Zika befejező apai vonal bakjával termékenyítettük és genotípusonként 60 egyed levágása után összehasonlítottuk a legfontosabb vágási tulajdonságokat.

Amint a 4. ábrán látható, a Pannon fehér baktól származó ivadékoknak jobb a vágási kitermelése, nagyobb a hosszú hátizom és a combizmok karkaszhoz viszonyított aránya, mint a Hycole vagy a Zika befejező apai vonalokból született egyedeké. Nemcsak az apai, hanem anyai oldalról is kimutatható a különbség. Jobb volt ugyanis a Pannon fehér anyától származó ivadékok teljesítménye, mint a Hycole szülőpár anyák utódai (függetlenül attól, hogy milyen bakkal voltak termékenyítve).

4. ábra: Azonos anyai állományok (Pannon fehér (P), Hycole szülőpár (H) és anyai vonal (M)) különböző bakokkal (Pannon fehér (P), Hycole befejező bak (H), Zika befejező bak (Z)) történő termékenyítéséből származó nyulak fontosabb vágási tulajdonságai



Az első betű mindig az apa, a második pedig az anya genotípusát jelöli(4)

Fig. 4.: Carcass traits of the progenies of the same maternal stocks (Pannon white (P), Hycole patent doe (H), and maternal line (M)) mated with different male lines (Pannon white (P), Hycole terminal sire (H) and Zika terminal sire (Z)) dressing out percentage, %(1), ratio of *m. Longissimus dorsi*, %(2), ratio of hind leg muscles to reference carcass, %(3), first letter marks the paternal, while the second one marks the maternal genotype(4)

A testösszetétel becslése

Ebben az esetben a megfelelő mérési pontosság elérése érdekében a CT vizsgálathoz egyesével rögzítjük a nyulakat. Amikor a növendéknyulak testösszetételét különböző korban vagy súlyban vizsgáljuk, a teljes testről azonos számú felvételt készítünk eltérő lépésközzel, így biztosítva, hogy az egyes keresztmetszeti képek mindig közel azonos anatómiai pontnál készüljenek. Ezt a módszert is Romvári (1996) írja le részletesen.

Egy testszelvényről készült felvételen (jelen esetben a veséket metsző síkban) jól elkülönülve látszik a zsír- és az izomszövet, illetve ezek életkorral történő változása (5. ábra). Egyértelmű, hogy amíg az izomszövet folyamatosan épül be és átlagos denzitás értéke egyre nagyobb, addig a zsírszövet csak 2,5 kg feletti testsúlyban kezd intenzíven növekedni (Romvári, 1996).

5. ábra: A veséket metsző testszelvényből 0,5; 1,5; 2,5 és 3,5 kg-os nyulakról készült hisztogramok

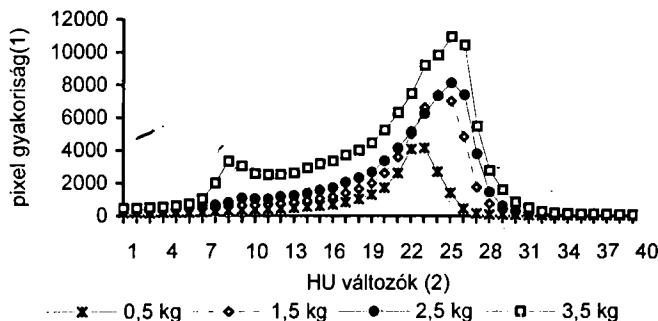


Fig. 5.: Histograms scanned at the renal region of 0.5, 1.5, 2.5 and 3.5 kg rabbits frequency of pixels(1), HU variables(2)

A nyulak növekedése, a teljes testet lefedő sorozatfelvétellel egyenként, illetve az ebből készült 3 dimenziós (3D) hisztogrammal sokkal pontosabban leírható. 24 felvétel, hat 3,5 kg-os nyúl átlagos értékei alapján készült el a 6. ábrán látható 3D hisztogram (Romvári és mtsai, 1996).

6. ábra: 3,5 kg-os növendéknyúl 3D hisztogramja

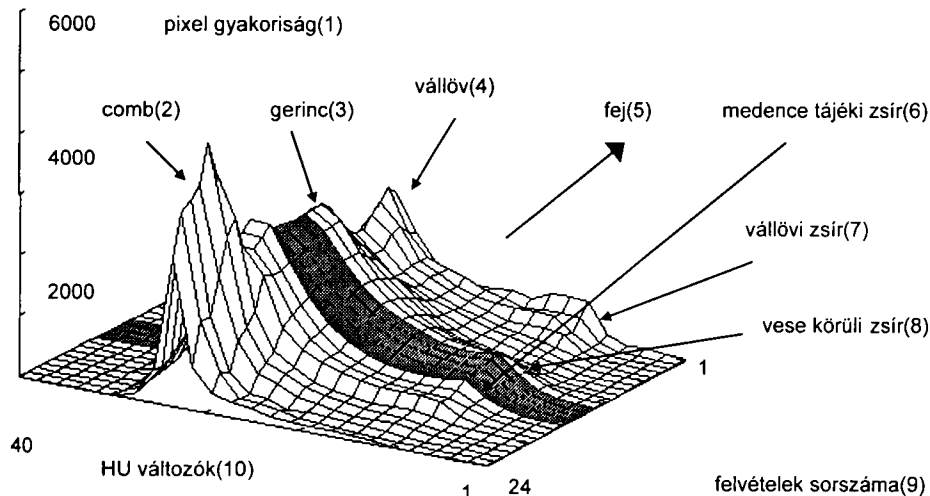


Fig. 6.: 3D histogram of a 3.5 kg rabbit frequency of pixels(1), thigh(2), loin(3), scapular arch(4), head(5), pelvic fat(6), scapular fat(7), perirenal fat(8), number of slides(9), HU variables(10)

A domborzati alakzathoz hasonlítható ábrán a fej felől haladva, az izomszövet-tartományban kiemelkedik a vállöv, a gerinc és a combok tájéka, közöttük a tüdő és a medence résszel. Ugyancsak jól kirajzolódik a zsírszövet-tartományban a vállövi-, a vesekörüli és a medencetáji zsírdepó.

A testösszetétel változások, a zsír- és az izomszövet beépülése a különböző időpontokban (testsúlyban) készült hisztogramok különbségeként képzett 3D térhálón követhető. A 7. ábra a 2,5 és 3,5 kg testsúly közötti változást mutatja (Romvári és mtsai, 1996abc).

Ebben az életkorban az izombeépülés lelassul, csak a comb tájékán figyelhető meg jelentősebb mennyiségi növekedés. Ezzel szemben a váll, a vese és a medence régiójában kifejezett a zsírszövet beépülése. A fenti változások mennyiségi becslésére is lehetőség van. Az induló (0,5 kg) helyzethez képest 3,5 kg-os testsúlyban 3,8-szor több volt az izom- és 7,1-szeres a zsírszövet mennyisége a vese körüli tartományban (Romvári és mtsai, 1996abc).

A 8. ábra a termékenyítés és a fialás közötti időszakban az anyanyulak zsírdepóinak csökkenését mutatja (Milisits és mtsai, 1999). Jól látható, hogy az anyanyulak a vehem táplálása érdekében zsírtartalékaikat mobilizálják és emiatt a depózsír mennyisége jelentősen csökken. Hasonló változás figyelhető meg szoptatás alatt is. Ezzel szemben a nem vemhesült anyanyulakban ugyanezek a helyeken a zsírtartalék növekedése figyelhető meg.

7. ábra: 2,5 és 3,5 kg között az izom és zsírszövet beépülés 3D hisztogramja

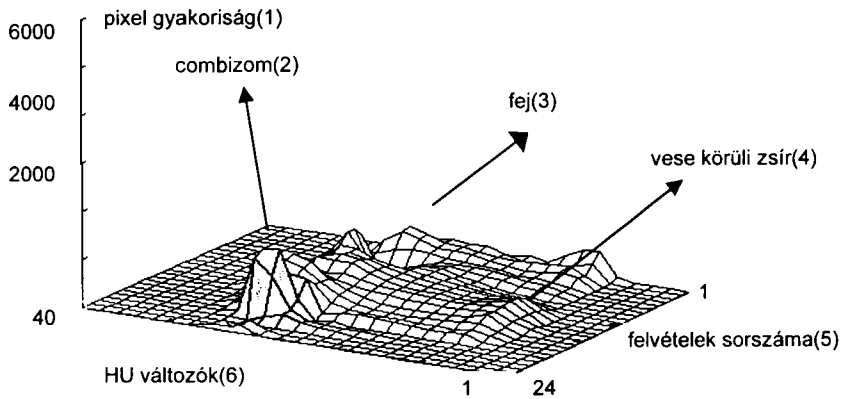


Fig. 7.: 3D histogram of the development of muscle and fat tissues between 2.5 and 3.5 kg body weight
frequency of pixels(1), hind leg muscles(2), head(3), perirenal fat(4), number of slides(5), HU variables(6)

A 3D térháló alkalmas az anyanyulak testösszetételének, mindenek előtt zsírdepóinak vemhesség és laktáció alatti változásának nyomon követésére is.

8. ábra: A vemhesült anyanyulak testösszetételében (a zsírdepó) bekövetkezett változások
pixel gyakoriság(1)

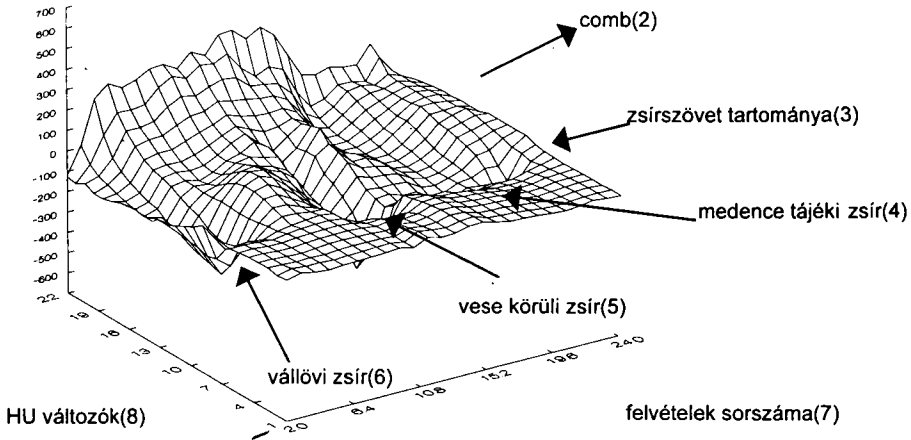


Fig. 8.: Changes in the body composition (fat depots) of pregnant does
frequency of pixels(1), thigh(2), density of fat tissue(3), pelvic fat(4), perirenal fat(5), scapular fat(6), slices(7), HU variables(8)

A zsírtartalom mennyiségének változását a pixeldenzitás-értékek gyakoriság-eloszlása alapján is követni lehet. Ebben az esetben a zsírtartalmat a zsírra leginkább jellemző és az összes pixel arányában fejezik ki. Az így számított zsírindex és a kémiai analízissel a teljestestre meghatározott nyerszsírtartalom

között $R^2=0,75$ erősségű kapcsolatot kaptunk (Romvári, 1996abc). A 28 napos szoptatás alatt az anyanyulak becsült zsírtartalma (a teljestestben) jelentősen 13,7-ről 11,8%-ra csökkent.

A denzitás értékekből képzett HU változók és a teljestest-analízis eredménye közötti összefüggés alapján becsülő egyenleteket dolgoztunk ki (Romvári és mtsai, 1996). MGLH és főkomponens-analízis segítségével előállított egyenletekkel, a számított és a mért zsírtartalom között, $R^2=0,85-0,95$ szorosságú összefüggést kaptunk. Ettől jelentősen elmaradt a nyersfehérje becslési pontossága ($R^2=0,63$).

A főkomponens analízisen alapuló becslési eljárás ellenőrzése céljából a teljestest zsírtartalmát becsülő egyenlet pontosságát független állományon teszteltük. A becsült és a mért zsírtartalom közötti összefüggés, ebben az esetben, $R^2=0,68$ és $0,77$ között változott (Romvári és mtsai, 1996abc).

KÖVETKEZTETÉSEK

A hosszú hátizom metszési felszíne (L-érték) és a combokról készült sorozatfelvétel (combizom súly) alapján egyaránt jól becsülhetők a növendéknyulak vágási tulajdonságai. A Pannon fehér nyulak CT-re alapozott eredményes szelekcióját, kétirányú szelekcióval, REML és BLUP eljárások alkalmazásával egyaránt bizonyítani lehet úgy, hogy szignifikánsan javul a vágási kitermelés, a legfontosabb testrészek és a húsrészek aránya. Hibrid apai vonalakkal összehasonlítva is igazoltuk a Pannon fehér fajta kiváló vágóértékét.

A teljes testről, vagy annak egy részéről készült 3D hisztogram alkalmas a növendéknyulak izom- és zsírszövet beépülésének vagy az anyanyulak vemhesség és laktáció alatti kondíció változásának követésére. A módszer előnye, hogy a változások ugyanazon az állaton követhetők. A felvételek számának növelésével és a két vizsgálat között eltelt időszak lerövidítésével a szöveti változás követése még pontosabbá tehető.

A teljestest zsírtartalma megfelelő pontossággal egy zsírindex segítségével becsülhető. Ezzel a módszerrel is követhető a növendék- vagy az anyanyulak teljestest zsírtartalmának változása.

A HU változókon alapuló MGLH, illetve főkomponens-analízissel jól becsülhető a teljestest zsír- és energiatartalma. A nyersfehérje-tartalom viszont csak közepes megbízhatósággal állapítható meg. Ezekkel a becsülő egyenletekkel kapcsolatban azonban meg kell jegyezni, hogy nem általános érvényűek, az életkortól, a genotípustól, a takarmányozástól, stb. függően új egyenletek használata indokolt lehet.

IRODALOM

- Biasco, A. – Ouhayoun, J. – Masoero, G. (1993): Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat science. *World Rabbit Sci.*, 1. 1. 3–10.
- Metzger, Sz. – Odermatt, M. – Szendrő, Zs. – Mohaupt, M. – Romvári, R. – Makai, A. – Biróné Németh, E. – Radnai, I. – Horn, P. (2004): Examination on the carcass traits of different rabbit genotypes. 8th World Rabbit Congr., Puebla City, Mexico, 1429–1434.

- Milisits, G.*(1998): Növendék- és anyanyulak testösszetétel változásának vizsgálata komputer tomográfiai és TOBEC módszerrel. PhD. értekezés, Kaposvári Egyetem
- Milisits, G. – Romvári, R. – Dalle Zotte, A. – Szendrő, Zs.*(1999): Non-invasive study of changes in body composition in rabbit during pregnancy using X-ray computerised tomography. *Ann. Zootech.*, 48. 25–34.
- Nagy, I. – Metzger, Sz. – Gyovai, M. – Vigh, Zs. – Römvári, R. – Petrás, Zs. – Szendrő, Zs.*(2005): CT felvételek alapján becsült combizom-tömeg genetikai paraméterei Pannon fehér nyúlpopulációban. 17. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, 25–28.
- Romvári, R.*(1996): A komputer tomográfia lehetőségei a húsnyúl és a brojlercsirke testösszetételének és vágóértékének *in vivo* becsülésében. PhD. értekezés, Kaposvári Egyetem, 137.
- Romvári, R.*(2005): Keresztmetszeti képalkotó eljárások (CT, MRI) állattenyésztési alkalmazási lehetőségei. MTA doktori értekezés, Kaposvár
- Romvári, R. – Milisits, G. – Szendrő, Zs. – Horn, P.*(1996a): Measurement of the total body fat content of growing rabbits by X-ray computerised tomography and direct chemical analysis. *Acta Vet. Hung.*, 44. 2. 145–151.
- Romvári, R. – Milisits, G. – Szendrő, Zs. – Sorensen, P.*(1996b): Non invasive method to study the body composition of rabbits by X-ray computerised tomography. *Wrlrd Rabbit Sci.*, 4. 4. 219–224.
- Romvári, R. – Szendrő, Zs. – Horn, P.*(1996c): Studies on the growth of rabbits by X-ray computerised tomography. *Acta Vet. Hung.*, 44. 2. 135–144.
- Szendrő, Zs. – Horn, P. – Kövér, Gy. – Berényi, E. – Radnai, I. – Biróné Németh, E.*(1992): *In vivo* measurement of carcass traits of meat type rabbits by X-ray computerised tomography. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15. 799–809.
- Szendrő, Zs. – Romvári, R. – Horn, P. – Radnai, I. – Biróné Németh, E. – Milisits, G.*(1996): Two-way selection for carcass trait by computerised tomography. 6th Wrlrd Rabbit Congr., Toulouse, 2. 371–377.
- Szendrő, Zs. – Romvári, R. – Nagy, I. – Andrassy-Baka, G. – Metzger, Sz. – Radnai, I. – Biróné Németh, E. – Szabó, A. – Vigh, Zs.*(2004): Selection of Pannon White rabbits based on computerised tomography. 8th Wrlrd Rabbit Congr., Puebla City, 175–179.

Érkezett: 2005. augusztus
Szerzők címe: Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Authors' address: University of Kaposvár, Faculty of Animal Science
H-7401 Kaposvár, Pf. 16.

KOMPUTER TOMOGRÁFIA ALKALMAZÁSA A SERTÉSTENYÉSZTÉSBEN

ROMVÁRI RÓBERT — PETRÁSI ZSOLT — ANDRÁSSY ZOLTÁNNÉ —
LOCSMÁNDI LÁSZLÓ — REPA IMRE — HORN PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

Szerzők röviden összefoglalják a kaposvári sertés CT vizsgálatok főbb eredményeit. Ezek során a '90-es évek elején a vizsgálatok kezdeti szakaszában — eltérő genotípusú, ivarú és korú egyedeken — anatómiai pontokhoz kötött felvételekkel becsülték a teljестest szöveti összetételét, majd a világon elsőként áttértek a spirál CT használatára. Az új technikára alapozva, mangalica- és modern hűssertés összehasonlító növekedés-vizsgálatával leírták a színhústartalom növelésére, a testarányok megváltoztatására irányuló hosszú távú szelekció hatásait. A teljестest vizsgálatok mellett bemutatják az oldalsó rész (bacon szalonna) szöveti összetételének meghatározására kidolgozott módszert is. Nemzetközi együttműködésben, a sertés féltestek színhústartalmának CT-n alapuló mérése során elérték az eddig referenciaként használt kulmbachi típusú darabolás megbízhatóságát. A vizsgálatok során definiálták a sertés féltestek vázizomszövetére jellemző denzitás tartományt, valamint felhívták a figyelmet a féltestek közötti aszimmetria jelentőségére. Metodikai fejlesztés során nem invazív, *in vivo* — a CT és az MRI módszer együttes használatán alapuló — eljárást fejlesztettek ki a szívteljesítmény funkcionális vizsgálatára. Ezt felhasználva nemzetközi szinten is elsőként határozták meg a szívteljesítmény és a vázizomtér fogat korfüggő összefüggését mangalicában és modern hűssertésben. Intenzív hűssertésen végzett kétirányú szelekciós modell kísérletben bizonyították az oldalsó rész szöveti összetételének módosíthatóságát, továbbá a szívteljesítmény javítására irányuló, *in vivo* CT és MRI felvételezésen alapuló tenyész kiválasztás lehetőségét.

SUMMARY

Romvári, R. – Petrási, Zs. – Andrásy, Z.-né Ms. – Locsmánda, I. – Repa, I. – Horn, P.: COMPUTER TOMOGRAPHY IN PIG BREEDING

The authors briefly summarize the main results of the pig CT investigations at Kaposvár. In the frame of these, at the beginning of the 90's the early investigations for the estimation of the body composition were performed on different genotypes, age categories and genders, and the imaging was carried out at defined anatomical points. Later, first in the world, spiral CT has been invented. Based on this new technique, the effects of the long-term selection for total body lean meat content and for the alteration of body proportions have been characterized, in the frame of a comparative study on Mangalica and intensive, meat type pigs. Besides the total body investigations, the method worked out for the imaging of the side part (bacon) is also presented. In the frame of an international co-operation, for the exact, CT-based measurement of the lean meat content of pig carcasses the accuracy of the former reference method, the Kulmbach dissection has been reached. In these investigations the characteristic density interval of the carcass meat content has been defined, moreover, the asymmetry between the two carcass halves was emphasized. In a methodological improvement a non-invasive *in vivo* method was worked out, with the joint application of CT and MRI, for the functional investigation of the cardiac capacity. Applying this methodology, first in an international comparison, the age-dependent relationship between heart performance and skeletal muscle volume in Mangalica and modern meat-type pigs has been determined. In a two-way selection model trial in meat-type pigs the modification possibility of the tissue composition of the bacon part was proven. Moreover, the possibility of the selection of breeder candidates with best heart performance, as assessed by *in vivo* CT and MRI imaging has been shown.

BEVEZETÉS

Amikor Észak-Amerika és Európa élelmiszerhiányban szenvedett, a sertészsír keresett terméknek számított, s így a genetikusan zsíros állatok képviselték a magas piaci értéket. A modern nyugati társadalmakban az állati zsír iránti preferencia azonban csökkent és a sovány sertés vált értékessé. A sertésnevelők erre a változásra a genetikailag zsíros egyedek selejtezésével válaszoltak, ami a nagyobb növekedési rátára irányuló tenyészkiválasztással párosult (Merks, 2000). A szelekció hatékonyságának megítélése szempontjából nélkülözhetetlenek azok az *in vivo* eljárások, melyek elegendően érzékenyek és pontosak ahhoz, hogy jelezzék a testösszetétel, valamint legújabban a *cardiovascularis* rendszer változásait a szelekció során.

A továbbiakban összefoglaló képet adunk az 1990–2005 közötti idő képalakító vizsgálati eredményeiről sertés fajban. Az első eredményekről Kövér és mtsai (1993) számoltak be, akik az ivadékteljesítmény vizsgálati (ITV) vágást közvetlenül megelőző tomografáltak lapály típusú sertéseket. A spirál tomográfia felhasználásának lehetőségeit sertéseken először Hom és mtsai (1997) vizsgálták. KA-HYB hibrideken végzett vizsgálataik során először élő állapotban, majd a 4 °C-ra hűtött karkaszokon is meghatározták a szöveti összetételt. Utóbbi esetben az R^2 értékek 0,93–0,95-nek adódtak, melyek 0,2–0,3-del meghaladták az élő állapotban mérteket. Szabó (2001) takarmányozási aspektusból közelítette meg a CT felhasználási lehetőségeit. A takarmány eltérő ileálisan emészthető lizin/emészthető energia arányának hatását vizsgálta a testösszetételre, részben élő állatokon, részben féltesteken.

Állatorvos-tudományi, takarmányozási határterületként kiemelésre érdemeket Zomborszky és mtsai (2000) eredményei a fumonisin B1 toxin dózisok okozta tüdőelváltozások CT vizsgálaton alapuló számszerűsítésében. Hasonló képfeldolgozási módszert alkalmaztak Magyar és mtsai (2003) kísérletesen előidézett torzító orrgyulladás okozta elváltozások vizsgálatában.

Intenzív hústípusú és mangalica sertés testösszetételének összehasonlítása

Napjainkban a világon több mint 500 sertésfajta ismert, melyek testösszetételében megmutatkozó nagy biológiai diverzitását kívántuk bemutatni, a bizonyos értelemben szélsőséggként felfogható zsír-, illetve hús típusú sertés egy-egy példáján. Amíg az utóbbi csoportba sorolható genotípusok karkász jellemzői jól ismertek, addig az őshonos mangalica ebből a szempontból kevéssé kutatott. Ennek alapján *in vivo* CT vizsgálataink célja az intenzív hússertés és a szőke mangalica sertés-szöveti összetételének összehasonlítása volt.

Tekintettel a jelentősen eltérő növekedési erélyre, a genotípusok közötti összehasonlítást azonos testsúlyban (30, 60 és 90 kg) végeztük, 6-6 ártány ismételt vizsgálatával. A testösszetétel különbségeket az 1. ábra szemlélteti.

Az utolsó vizsgálati időpontban — 90 kg-os testsúlyban — a szöveti összetevők anatómiai lokalizációját bemutató 2. ábrán az izom tartományban (HUv 21–40) mindkét fajtában két jellemző csúcs látható. A fej felől az első a vállöv régiója (2–8), majd azt követi a valamivel alacsonyabb gerinc tájék, végül a legmagasabb kiemelkedés a combnál látható (18–25). A zsírtartományban — elsősorban a hasüri területen — (HUv 2–18) igen jelentős különbség látszik a

két genotípus között. A 3D felszín alapján a 90 kg-os mangalicát közel azonos izom és zsírszövet térfogat jellemzi.

1. ábra: A vese síkjában készült keresztmetszeti felvételek 90 kg-os testsúlyban

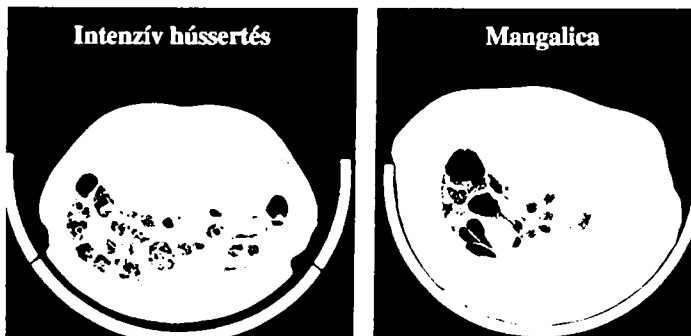


Fig. 1. Cross sectional images in the plane of the kidneys, at 90 kg liveweight

2. ábra: Intenzív húsertés és mangalica szöveti összetételének 3D hisztogramja, 90 kg-os testsúlyban

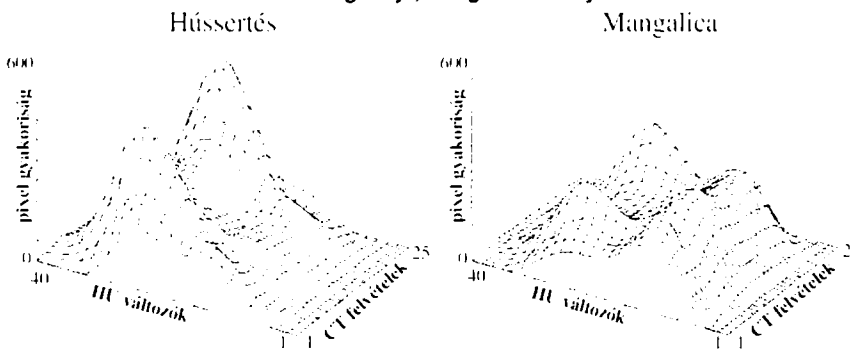


Fig. 2.: 3D histograms of intensive, meat-type pig and mangalica, at 90 kg liveweight

A zsír- és húsertések szöveti összetételében fordított izom/zsír arány állapítható meg. Azonos testsúlyban vizsgálva, az intenzív genotípus izomszövet tartalma közel azonos a mangalica zsírtartalmával. Harminc kg-os testsúlyban a színhússzázalék 61,5, illetve 35,5% volt, 3,4, illetve 1,0-es izom/zsír arány mellett a hústípusú és a mangalica sertés esetében. A CT felvételezés alapján intenzív szöveti beépülés figyelhető meg mindkét genotípusban, amit a 60 kg-ban mért adatok bizonyítanak. Ekkor sorrendben 57,7, illetve 30,9%-os színhústartalmat és 3,2, illetve 0,6-os izom/zsír arányt állapítottunk meg a két genotípusban. Az utolsó vizsgálati időpontban (90 kg) a mangalica esetében gyakorlatilag nem volt további izombeépülés, ugyanakkor további erős zsírdepozíció volt detektálható. A szöveti összetételt 28,5%-os színhústartalommal és 0,5-ös izom/zsír aránnyal lehetett jellemezni. Az intenzív húsertés az utolsó vizsgálati periódusban is (60–90 kg) intenzív izombeépülést mutatott, amit jól jellemez az 53,2%-os színhústartalma és az 1,9-es izom/zsír aránya (Petrási, 2002).

Sertés karkaszok vizsgálata referencia módszer kidolgozására

Az Európai Unió szabályozása szerint minden, a színhústartalom meghatározására szolgáló karkasz minősítő készüléket kalibrálni kell, legalább 120 sertés féltesten. A ma hivatalosan elfogadott ún. „EU referencia módszer” (Council Regulation No. 3220/84) a bal karkasz standardizált darabolásán, majd a fő részek (lábak, gerinc, váll, has) szöveti összetételének meghatározásán alapul. A módszernek számos hátránya van: igen költséges, időigényes és a megfelelő pontosságú munkához különösen képzett henteseket igényel. Ezen problémák ismeretében az EU 5. keretprogram által finanszírozott „EUPIGCLASS” projekt részeként került sor vizsgálatainkra. Ezek célja objektív, a próbavágást kiváltó referenciamódszer létrehozása volt CT és MRI módszerek fejlesztésére alapozva.

Összesen 60 bal- és 120 jobb oldali karkasz CT vizsgálatát végeztük el. Először a kalibráció menetét ismertetjük, ami azon a 60 bal oldali karkaszon történt, melyeket a CT felvételezést követően daraboltak. A minták színhústartalmának meghatározását négy különböző módszerrel végeztük, bemutatva a képfeldolgozás lehetséges alternatíváit. Végül a legjobbnak bizonyult közelítéssel becsültük az európai sertéspopuláció szempontjából reprezentatív mintát képviselő karkaszok színhústartalmát.

Kalibráció

Anatómiai pontokon készített felvételek: A színhústartalom meghatározásának általunk használt módszere öt különböző anatómiai ponton készült felvételen alapul, hasonlóan *Vangen és Thompson* (1992), valamint *Kövr és mtsai* (1993) vizsgálatához. Az öt anatómiai pontot (a 4. és 5., illetve az 5. és 6. hátcsigolya között, a 3. és 4. borda között, valamint a 3. és 4., illetve az 5. és 6. ágyéki csigolya között) utólag választottuk ki a teljes karkaszt lefedő sorozatfelvételek közül. Az adott CT képeken meghatároztuk a teljes izom- és zsírfelszín, a hátszalonna vastagságát és a hosszú hátizom felszínét. Ezen kívül mértük a teshosszt az első borda és a fancsont között.

Az összesen felvett 23 változó alapján az MGLH stepwise módszerével meghatározott színhússzázalék R^2 értéke 0,932 volt (Standard error of calibration (SEC)=1,35%). A színhústartalom mennyiségének becslésekor közel azonos pontosságot értünk el ($R^2=0,937$ SEC=740 g). Az igen jó minőségű felvételek lehetővé tették az anatómiai képletek megbízható azonosítását. Mindemellett az időigényes képfeldolgozás kézzel történő szegmentáláson alapult. A módszer pontossága a színhústartalom becslésében meghaladta a legmodernebb európai vágóhidakon üzemelő AUTOFOM rendszerét ($R^2=0,85$, Standard error of prediction (SEP)=1,6%) (*Brondum és mtsai*, 1998).

Közvetlen térfogatos módszer

Horn és mtsai (1997) eredményei szerint a sorozatfelvételeken alapuló módszer igen hatékonynak bizonyult élő sertések vágóértékének spirál CT-vel kapott becslésében. Amíg *in vivo* vizsgálatokban a képfeldolgozás során elkerülhetetlen a belső szervek kiemelése az értékelésből, addig a féltesteken a

folyamat teljesen automatizálható. A standardnak tekinthető izom denzitás tartományt (HU 20–200) alapul véve, a referenciaként meghatározott színhússzázalék (színhús (kg) \times 100/fél karkasz súlya) és a CT hús % (izom voxelok/összes voxel) közötti összefüggés R^2 értéke 0,92 (SEC=1,44%). A továbbiakban, a küszöbértékek változtatásával, a korrelációs érték szignifikáns növekedését értük el. A legmagasabb R^2 érték (0,93, SEC=1,33%) a HU 0–110 intervallum használatán alapult.

Általában a keresztmetszeti képalkotáson alapuló, a szöveti összetétel meghatározását célzó kalibrációs vizsgálatok két független adatállományt feltételeznek, melyek közül az egyik a képfeldolgozásból, a másik pedig a próbavágásból (darabolásból) ered. A sertés esetében ez utóbbi az egyszerűsített EU referencia módszer. Ehhez képest saját vizsgálataink körülményei lényegesen kedvezőbbnek tekinthetők, miután azok a sokkal részletesebb és egyúttal pontosabb ún. „Kulmbach”-i típusú daraboláson alapultak (Scheper és Scholz, 1985). Ennek megfelelően lehetőségünk volt az izomszövetre jellemző denzitás tartomány pontosabb definiálására. A feldolgozás eredménye szerint, a színhústömeg és az izomtérfogat közötti legszorosabb korrelációs érték ($R^2=0,976$, SEC=432 g) a HU 0–110-es tartomány esetén érhető el.

A féltetek CT vizsgálatakor első közelítésben színhústérfogat értéket kapunk, amely a húshoz rendelhető HU-értékeket mutató felületek összegének és a szeptevastagságnak a szorzataként számítható. Ez a térfogat 0,98-as korrelációt mutat a darabolás eredményként kapott színhús súllyal. Ez az összefüggés azonban nem elegendően magas, ha tekintetbe vesszük, hogy két abszolút módszert hasonlítunk össze, és az összehasonlítás standard hibája \pm 432 g, közel 2%.

Test- és denzitás intervallumok alkalmazása

Miután a vizsgálatok alapját képező minta extrém módon eltérő féltetekből állt össze (3. ábra), feltételezhető volt, hogy azok pixelgyakorisági eloszlása is különböző.

3. ábra: A lapockacsont végének síkjában készült felvételek



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
In colors www.atk.hu (2005/5)

Fig 3. Cross sectional images at the plane of the end of shoulder

Ahhoz, hogy a CT által megadott izom térfogatból a hús súlyát megkapjuk, a megfelelő sűrűség értékkel kell szorozni a térfogatot. Ez azonban minden féltestnél más és más, tekintettel az eltérő zsírtartalomra. Első közelítésben

megpróbáltuk a húsrá jellemző Hounsfield tartományt három szubintervallumra osztani, és ezekhez regresszió számítás segítségével megfelelő sűrűségi értékeket (mint együttthatókat) hozzárendelni.

Figyelemmel erre a karkasz összetételben és a voxel eloszlásban kimutatható variabilitásra, denzitás szubintervallumokat (I1: 0–47 HU, I2: 48–59 HU, I3: 60–110 HU) és test tartományokat (Ra: az atlasztól a lapockacsont végéig, Rb: a lapockacsont és a fancsont között, Rc: a hátulsó lábak régiója a fancsonttól) képeztünk. Ennek megfelelően a hústér fogat 9 részből tevődött össze (RaI1-től RcI3-ig), ami egy kilenc változóból felépülő becsülő egyenlettel írható le. Ezen túlmenően két, egyenként három változóból álló közelítést is kipróbáltunk, amikor is a következő változókat nyertük: Ra(I1,I2,I3), Rb(I1,I2,I3), Rc(I1,I2,I3), (RaRbRc)I1, (RaRbRc)I2 és (RaRbRc)I3. A fenti változókat összegezve a teljes izomtér fogatot kapjuk meg. Az 1. táblázatban a négy különböző becslési módszer összehasonlítása szerepel.

1. táblázat

A színhústartalom meghatározása a test- és denzitás intervallumok alapján

Modell	R ²	RSD, g
Minden változó(1)	0,985	366
Denzitás intervallumok ((RaRbRc)I1, (RaRbRc)I2, (RaRbRc)I3)(2)	0,983	369
Testtartományok (Ra(I1,I2,I3), Rb(I1,I2,I3), Rc(I1,I2,I3))(3)	0,975	438
Teljes térfogat (Σ HU 0–110)(4)	0,975	432

Table 1.: Determination of the lean meat content, based on body- or density intervals all variable(1), density intervals(2), part of the body(3), total volume(4)

Az eredmények szerint a teljes karkasz felosztása három régióra, nem emelte az R² értéket, növelte viszont a becslési hibát. Tény, hogy a kilenc változón alapuló formula valamivel nagyobb becslési pontosságot nyújt a három denzitás szubintervallumra épülőnél. Ennek oka az, hogy a 60-as mintaszámhoz képest, relatíve magas a felhasznált változók száma (9), így az elért eredmény valószínűleg erősen minta-specifikus. A fentiek alapján, legjobb kalibrációs eredménynek a három denzitás szubintervallumon alapuló tekinthető (R²=0,983, SEC=369 g).

PLS regresszió használata

Az előzőekben bemutatott eljárások adaptálásának két nehézsége van a sertés karkaszok minősítésében. Az első, hogy a CT berendezés térfogatos adatot szolgáltat, ugyanakkor a minősítés a színhústartalom súlyszázalékán alapul. A második gond, hogy az izomszövet denzitás tartománya nem egzak, köszönhetően az eltérő mértékű *intramuscularis* zsír beszűrődésnek. Ennek alapján különböző sűrűség értékek használata indokolt az eltérő HU értékekhez. A feladat megoldásában a PLS módszer igen hatékonynak bizonyult.

Egzakt kalibrációt csak a bal oldali 60 karkaszon tudtunk végezni (4. ábra). A jobb oldali féltestek információt szolgáltatottak a sertés karkaszok szimmetriájáról, modellünk megbízhatóságáról.

4. ábra: A mért és a becsült hústartalom összefüggése

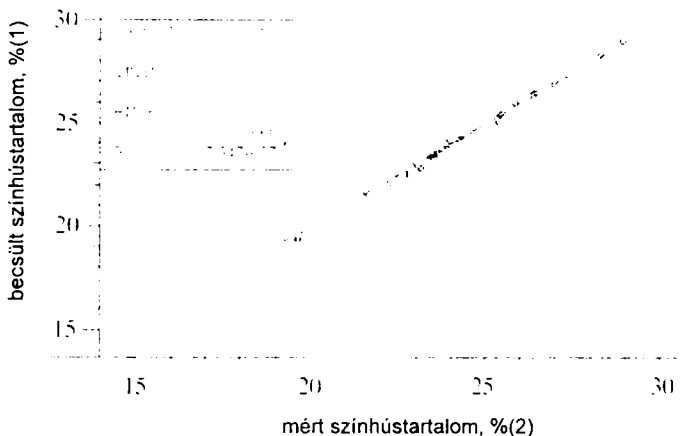


Fig. 4.: Relationship between measured and estimated lean meat content estimated lean meat content, %(1), measured lean meat content, %(2)

A kapott kalibrációs eredmények ($r=0,996$, $SEC=232$ g) kitűnőnek tekinthetők, amennyiben a hiba a színhússúly 1%-ával egyenlő. A Kulmbach-i Intézet évtizedes tapasztalatai alapján ez az érték megegyezik a részletes darabolás hibájával (Schepfer és Scholtz, 1985). A formula becslési teljesítményét a „full cross-validation” teszt eredménye mutatja, miszerint a függetlenül becsült eredmények korrelációja 0,995, a SEP pedig 270 g. A teljes variancia több mint 99%-át lefedő, hat főkomponensen alapuló módszer előnye, hogy minden a Hounsfield skála egy adott értékéhez tartozó voxel mennyiséghez saját koefficiens értéket rendel. Ennek megfelelően minden röntgensugár elnyelődési értékhez egyedi fajlagos sűrűség érték tartozik (Dobrowolski és mtsai, 2004).

A színhústartalom becslése

Először a PLS regresszióval a 60 CT-n vizsgált és darabolt bal oldali karkaszon kidolgozott modellel becsültük a 120 féltest színhústömegét, a jobb félről készült felvételek alapján. Ebben az esetben figyelembe kell venni a lehetséges anatómiai aszimmetriát, illetve a két féltest közötti darabolásbeli eltéréseket. Ezek alapján az $R^2=0,976$ és a 455 g-os SEP érték megfelelőnek tekinthető. Amennyiben a bal oldali karkaszokon fejlesztett modellt ugyanazon testek jobb oldalának színhústömeg becslésére használjuk, az előzőknél jobb eredményt kapunk ($R^2=0,982$ és $SEP=419$ g).

Ha a jobb oldali CT felvételekből, illetve a bal oldali darabolási adatokból épül fel a modell nagyobb a standard hiba és gyengébb a korreláció, mint a tisztán bal oldali becslésnél. Ez azt jelenti, hogy az aszimmetriának szignifikáns hatása van, ami nem hagyható figyelmen kívül ($R^2=0,980$ és $RMSEC=\pm 427$ g). Ez a hiba ugyanakkor együttesen tartalmazza a darabolás és a felvételezés, valamint a két testfél eltéréseinek hibáját. Ahhoz, hogy ez utóbbit számszerűsítsük, a többi típusú hibát ebből ki kell vonni. Korábban, a kalibráció során meg-

határozott 270 g-os becslési hiba (RMSEP), a darabolás és a felvételezés hibájának tekinthető. A fentiek alapján a testfél eltérések hibája ± 331 g. Ennek megfelelően szélső esetben 1 kg-ot is meghaladhatja a színhústartalom különbség két karkaszfél között. Hangsúlyozni kell, hogy egy egész biológiai egységet mindig könnyebb mérni, mint annak egy önkényesen kiemelt részét. Ugyanez a probléma jelentkezik a mostani EU referencia módszernél, amennyiben az egész helyett ez is féltesten alapul. Mindenesetre indokolt lenne mindkét féltest egyidőben történő CT felvételezése, ami minden bizonnyal pontosabb becslést eredményezne.

Amennyiben a színhústartalom helyett áttérünk a színhússzázalék becslésére, a hiba továbbra is 1% körüli (5. ábra). Eredményeink szerint a módszer alkalmas arra, hogy helyettesítse a jelenleg alkalmazott referencia módszert a sertés karkaszok színhústartalmának meghatározásában. A színhústartalom becslés igen robusztusnak tűnik, ugyanakkor szignifikáns hatást gyakorol az eredményre az, hogy melyik oldali féltesten alapul. A módszer hibája nem nagyobb az eddig referenciának használt kulmbachi típusú darabolásnál, ezzel szemben könnyen standardizálható (Romvári és mtsai, 2005).

5. ábra: A CT által becsült és az EU referencia módszer szerint meghatározott színhússzázalék közötti összefüggés

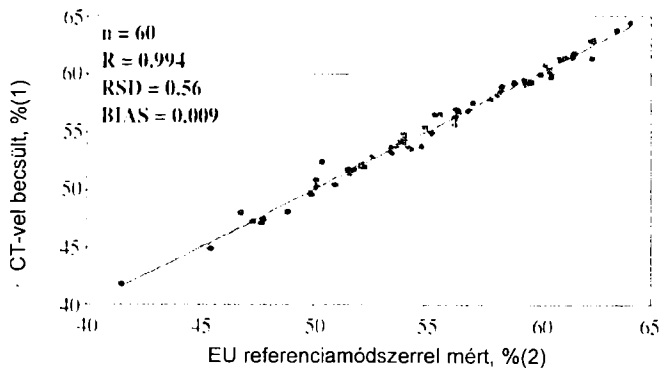


Fig. 5. Relationship between the CT-estimated and the measured (by the EU reference method) lean meat content estimated using CT, %(1), measured by EU reference method, %(2)

A szívteljesítmény és a vázizomtérfogat összefüggése

A vizsgálatokban alkalmazott dinamikus szív MRI módszer alapjait sertésen dolgoztuk ki (Petrási és mtsai, 2001). Az MRI vizsgálatokat követően CT felvételezéssel meghatároztuk a vázizomzat térfogatát, ami lehetővé tette az izomzat és a szívteljesítmény együttes vizsgálatát. A kísérletben 6-6 magyar nagyfehér, valamint szőke mangalica ártány vett részt. Az intenzív sertéseket 30, 60 és 90 kg-os élősúlyban vizsgáltuk ismételten. A mangalicák hasonló élősúlyban, de — tekintettel a két genotípus eltérő növekedési- és fejlődési ütemére — eltérő életkorban kerültek vizsgálatra. Az összehasonlíthatóság érdekében a 6 mangalica egyeden 170. napos életkorban (30 kg) is elvégeztük a

kombinált CT és MRI felvételezést (Petráši és mtsai, 2003). A vizsgálatok eredményei közül itt csak az ún. relatív perctérfogat érték alakulását mutatjuk be. Az MRI és a CT adatok együttes értékelése során számított index, a szív teljesítőképessége és a vázizommennyiség közötti kapcsolatot jellemzi, nyugalmi állapotban. E mutató testsúly függő változását a 6. ábra szemlélteti.

6. ábra: Relatív perctérfogat átlag értékeinek ($\text{dm}^3/\text{L}/\text{perc}$) változása hús- és mangalica sertésben

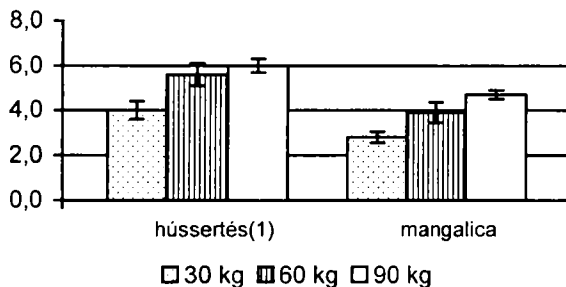


Fig. 6.: Changes of the relative cardiac output values ($\text{dm}^3/\text{L}/\text{min}$) in mangalica and meat type pigs
meat type pig(1)

A vonatkozó adatok mangalicákban 2,8, 3,9 és 4,7, míg húsertésekben 4,0, 5,6 és 6,0 $\text{dm}^3/\text{L}/\text{perc}$). A szöveti összetételben kisebb vázizomsúlyt tartalmazó mangalica sertés index értékei kedvezőbbnek bizonyultak mindhárom vizsgálati időpontban, jelezve a genotípus nagyobb keringési tartalmát.

A keresztmetszeti képző eljárások szelekciós célú alkalmazása sertésen

A bacon rész szöveti összetétele: Napjainkban a sertés piac két részre osztható. Az egyik alapanyagot állít elő a feldolgozóipar számára, a másik — egyre növekvő fontosságú — ellátja a vásárlókat magas minőségi követelményeket kielégítő hússal és bacon szalonnával. Általában elmondható, hogy az *intramuscularis* zsírtartalom csökkenése rontja a húsminőséget, ugyanakkor nehezíti a zsír és izomszövet (lean) elkülönítését is. Utóbbi szempontból a hasi rész ugynevezett szilárdsága alapvető hatást gyakorol a termék gazdasági értékére (Schinckel és mtsai, 2002).

Saját kísérletünkben CT felvételezésre alapozva a hasi rész összetételében mutatózó variabilitást 130, 71–145 kg közötti lapály típusú sertések vizsgálatával írtuk le. Az állatok kiválasztása egy FAT-O-METER-rel előzetesen screenelt állományból, random módon történt. A minta átlagos színhústartalma 35–68% között változott. A CT felvételezés után a sertéseket levágtuk és a színhústartalmat az egyszerűsített EU referencia módszer szerint (Council Regulation N.3220/84) határoztuk meg.

A CT vizsgálatok alapján meghatározott izom-arány és a próbavágás során mért színhústartalom között szoros összefüggés ($r=0,97$) bizonyítja az *in vivo* módszer alkalmazhatóságát a színhústartalom meghatározásában. Hasonló az

összefüggés ($r=0,95$) a zsírtartalom becslésekor. A kapott eredmények jó egyezést mutatnak a *Horn és mtsai* (1997) által közölt adatokkal. A képfeldolgozás során meghatároztuk az izom/zsír arányt a teljestestben, illetve a hasi részen. Miután nem találtunk szignifikáns eltérést a különböző testsúly kategóriákhoz tartozó arányértékek között, megállapítottuk, hogy a testsúly önmagában nem alkalmas a hasi részen belüli izom/zsírretek megoszlásának jellemzésére. Ezt követően hét csoportra osztottuk a vizsgált sertéseket a CT-vel meghatározott színhústartalom alapján. A 2. táblázatban bemutatott adatok szerint az izom/zsír arány emelkedése — a teljestesten, illetve a hasi részen belül — együtt járt a színhústartalom növekedésével.

2. táblázat

Az eltérő színhústartalmú csoportok jellemzői

Színhús kategória(1)	n	Átlagsúly, kg(2)	Színhús EU% ± SD(3)	Izom/zsír arány az oldalsó részben(4)	Izom/zsír arány a teljestestben(5)
1	15	104	36,3±1,8	0,37	0,82
2	15	110	41,4±2,1	0,49	1,07
3	23	117	46,9±1,9	0,69	1,42
4	17	112	52,3±2,2	0,96	1,89
5	19	94	57,4±1,9	1,42	2,78
6	27	117	62,0±1,5	1,65	3,53
7	14	121	67,1±1,3	2,41	5,19

Table 2.: Characteristics of the groups of different lean meat content lean meat category(1), mean bodyweight(2), lean meat, EU%(3), muscle/fat ration in the side part(4), muscle/fat ratio in the whole body(5)

A hasi rész izomszázalékában mért eltérés (26 és 67%) a két szélsőséges színhústartalmú csoport között (36 és 67%) több mint kétszeres.

Figyelemre méltó módon a hasi rész teljes térfogatában viszonylag alacsony, nem szignifikáns eltéréseket találtunk ($8,6 \pm 1 \text{ dm}^3$), az eltérő színhústartalmú csoportok között (7. ábra). Ugyanakkor igen jelentős zsírtérfogat csökkenés ($6,6$ és $2,5 \text{ dm}^3$) és vele párhuzamosan izomtér fogat növekedés ($2,4$ és $5,5 \text{ dm}^3$) volt tapasztalható. A hasi rész színhústartalmának becsült értéke megfelelt az irodalmi adatoknak. Hús évvel ezelőtt, egy tipikusnak tekinthető sertés hasi részének színhústartalma 45% alatt maradt (azonos a 3. színhús kategóriával) 103 kg-os vágósúlyban (*Johnson és mtsai*, 1984). Napjainkban a vonatkozó érték 60% körüli (hasonló a 6. színhús kategóriához), 85 kg-os élősúlyban mérve (*Tholen és mtsai*, 2003).

Üzemi körülmények között nincs mód egy adott érték mérő, esetünkben a hasi rész jellemzőinek mindig egy előre meghatározott testsúlyban történő vizsgálatára. Ahhoz, hogy a hasi rész összetevőinek testsúlyfüggő változását leírjuk, tíz lapály típusú ártányt vizsgáltunk, úgy, hogy minden egyedet az előre meghatározott testsúlyban (70, 90 és 110 kg) felvételeztünk. A feldolgozás során meghatározott átlagos izom/zsír arány $4,17 \pm 0,73$, $3,21 \pm 0,48$ és $2,82 \pm 0,64$ volt. Jól érzékelhető a vizsgált testsúly tartományban az izom/zsír arány folyamatos csökkenése. Az egyedi adatokra többváltozós lineáris regressziós egyenletet illesztettünk ($M/F = -0,0301 \cdot LW + 6,0153$, ahol M/F: izom/zsír arány, LW: testsúly). A 0,65-ös, szignifikáns „r” érték nem túl szoros. Tekintettel az alacsony mintaszámra elfogadható és alkalmas az egyedi adatok standard testsúlyra való korrekciójára, ami szelekciós döntések esetén jelentős segítség.

7. ábra: A bacon rész szöveti összetételének változása

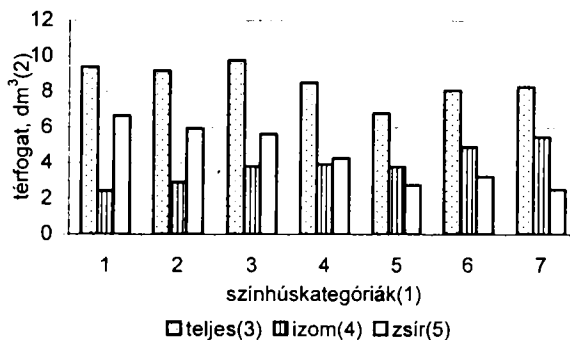


Fig. 7.: Alteration of the tissue composition of the bacon part lean meat categories(1), volume, dm^3 (2), complete(3), muscle(4), fat(5)

A szívteljesítmény és a bacon jelleg javítására irányuló szelekció

Az NKFP 4/034/2001 program keretében végzett vizsgálatok során először a szelekció alapját képező lapály populáció szülői nemzedékének jellemző variabilitását határoztuk meg, mindkét ivarban számszerűsítve a bacon rész szöveti összetételét, illetve a kanok esetében azok szívteljesítményét a vázizomzatra vonatkoztatott perctérfogat érték alapján.

A szülői populáció jellemzése

A rendelkezésre álló lapály vonalból 130 hímivarú sertést vizsgáltunk meg. (A használt vonal 1990-től zárt, az átlagos állatlétszám 80–90 tenyészkoca és 10–12 kan generációnként. Az eredeti alappopulációt Norvégiából importálták, úgy, hogy a tenyészanyag kiválasztását a NORSVIN cég, illetve a kaposvári Állattenyésztési Kar munkatársai együttesen végezték CT vizsgálatok felhasználásával, a Norvég Agráregyetem CT egységében (Ås). Ez volt a világon az első sertésimport, amelynél a CT alkalmazására is sor került a legjobb egyedek kiválasztásában.) A DNS markerek alapján stressz-érzékeny, valamint a nem megfelelő ÜSTV eredményekkel rendelkező egyedeket kizártuk, végül a kombinált MRI és CT metodika alapján a képalkotó vizsgálatokra 36 hímivarú és 50 nőivarú sertés került.

A szívteljesítmény jellemzése érdekében a két *in vivo* vizsgálatot ugyanazon altatásban végeztük. A 30 jól értékelhetőnek bizonyult hímivarú egyed dinamikus MRI és térfogatós CT vizsgálati eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

A mért verőtérfogat értékek jó egyezést mutatnak korábbi adatainkkal. Az átlagos 58,9%-os ejection frakció, a humán adatokkal analóg módon, a normál élettani állapotnak felel meg. Ezzel szemben a minimumként megadott 32,7% alacsonynak tekinthető. A számított perctérfogat érték a szívteljesítmény fontos mutatója, a közel kétszeres különbség a min. és max. értékek között (4,5–9,6 L/min) igen figyelemre méltó. A táblázatban szerepel a relatív perctérfogat értéke is, ami a korábbiak szerint alkalmas a szívteljesítmény jellemzésére.

A szülői generáció szívteljesítményének jellemzői

	LW, kg	LVEDV, ml	LVESV, ml	LVSV, ml	LVEF, %	HR, b/m	CO, l/min	MVTB, dm ³	RCO, dm ³ /(L·min ⁻¹)
\bar{x}	95,8	104,2	43,5	60,6	58,9	114,2	6,89	48,7	7,29
SD	8,5	16,3	15,5	10,9	10,0	12,4	1,27	5,17	1,50

LW=testsúly, LVEDV=balkamrai végdiasztolés térfogat, LVESV=balkamrai végszisztolés térfogat, LVSV=balkamrai verőtérfogat, LVEF=balkamrai ejekciós frakció, HR=szívfrekvencia, CO=perctérfogat, MVTB=teljestest izomtérfogat, RCO=relatív perctérfogat(1)

Table 3. Characteristics of the heart performance values in the parental generation
LW=live weight, LVEDV=left ventricular end-diastolic volume, LVESV=left ventricular end-systolic volume, LVSV=left ventricular stroke volume, LVEF=left ventricular ejection fraction, HR=heart rate, CO=cardiac output, MVTB=muscle volume of the total body, RCO=relative CO(1)

A bacon jelleg CT vizsgálatakor nyolcvan kacsüldő, illetve 50 emse az oldalsó rész izom- és zsírszövet térfogatát, valamint ezek arányát határoztuk meg. A mért izom/zsír arány értékeket az előzőekben leírtak szerint 95 kg-os testsúlyra korrigáltuk. A kocasüldőket az izom/zsír arány alapján sorba rendeztük, majd tízes csoportokat képeztünk (8. ábra). A két szélső csoport közötti arány-eltérés igen jelentősnek tekinthető és mint ilyen, biztató az értékmérő szelekcióval történő módosítására.

8. ábra: A kialakított kocasüldő csoportok átlagsúlya, az oldalsó rész átlagos izom/zsír arányának feltüntetésével

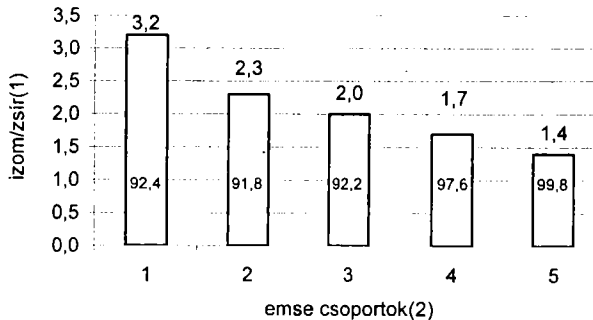


Fig. 8: Mean live weight of the female progeny groups, indicating also the muscle/fat proportion in the side part muscle/fat(1), groups of gilts(2)

A tenyészkánok kiválasztásakor azok szívteljesítményét az egységnyi vázizomsúlyra vonatkoztatott CO értékkel (relCO) jellemeztük, ami a jól értékelhető MRI vizsgálatok átlagában 7,29 dm³/L/perc volt (3. táblázat). Ugyanezen állatok spirál CT felvételezéssel meghatározott izom/zsír arányának átlaga 2,6 volt a hasi régióban. A tenyészállatok elsődleges kiválasztási szempontja a szívteljesítmény volt. A 6,8 dm³/L/perc relCO érték alatti kanokat rangsoroltuk a hasi rész összetétele alapján, szelekciós limitnek a 3,5 feletti izom/zsír arányt választottuk.

Ezt követően a két paraméter együttes figyelembe vételével kiválasztott négy plusz- és az egy mínusz variáns kant tenyésztésbe állítottuk (relCO: 5,14, 5,69, 6,14, 6,74 és 8,97 dm³/L/perc), illetve izom/zsír arány: 4,3, 3,8, 3,6, 3,5, és 2,1). A kocasüldőkből az első tizet a legjobb, az utolsó tizet pedig a leggyengébb kanhoz osztottuk be. A 11-től 39-ig rangsorolt nőivarú egyedeket arányosan a 2., a 3. vagy a 4. helyezett kannel termékenyítettük.

Biometriai feldolgozás során nem találtunk összefüggést a mért bacon-, illetve szívteljesítmény jellemzők között, ezért a kétirányú szelekció hatását a két tulajdonság szempontjából külön-külön értékeltük. Tekintettel voltunk arra, hogy szemben a szívteljesítmény vizsgálatával, a bacon jellemzőknél mindkét szülő egyedi adatai ismertek. Amíg tehát a szívteljesítmény szempontjából a kocasüldőket random módon párosítottuk a kiválasztott kanokkal, addig a bacon esetében ez irányítottan történt.

Az első utódgeneráció jellemzése

A szívteljesítmény vizsgálatokor, az első szelektált nemzedék egyedei részére, a szülőihez képest szigorúbb szelekciós limiteket állítottunk fel a hizlalási és karkasz tulajdonságokban. Ennek megfelelően a hímivarú egyedek 15%-a (n=33, átlagsúly=91,1±4,2 kg) került MRI és CT vizsgálatra (ebből háromnál az MRI felvételezés értékelhetetlen volt). A csoport átlagos relatív perctérfogat értéke 6,3±0,9 dm³/L/perc volt. Annak érdekében, hogy a kétirányú szelekció szívteljesítményre gyakorolt hatását értékelni lehessen, a két utódcsoport összehasonlítottuk. A négy „plusz variáns” kan utódainak átlagos perctérfogat értéke 5,7±0,94, 5,0±1,9, 5,8±1,26 és 6,0±0,7, a „mínusz variáns” kan utódaié pedig 8,2±0,65 dm³/L/perc volt. A „mínusz variáns” és az összevontan kezelt „plusz variáns” csoportok között (8,2±0,65, illetve 5,63±0,70 dm³/L/perc) szignifikáns különbséget találtunk (P=0,000) (9. ábra).

9 ábra: Az utódcsoportok relatív perctérfogat értéke a medián és a kvartilisek feltüntetésével

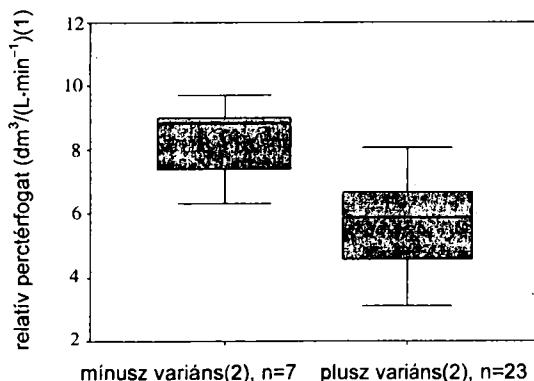


Fig. 9: Relative cardiac output values in the progeny groups, showing the median and the quartiles relative cardiac output (RCO)(1), minus or plus variants(2)

A sertés szív funkcionális tulajdonságainak örökölhetőségére nem találtunk irodalmi adatot. *Huang és mtsai* (2001) vizsgálataiban ugyanakkor rámutattak a genetikai háttér és a szív morfológia összefüggéseire. A sertés szívéhez nagyon hasonló emberi szív egyes strukturális és funkcionális tulajdonságainak örökölhetőségéről *Crick és mtsai* (1998) közöltek adatokat. Két európai humán populációt vizsgálva, *Kuznetsova és mtsai* (2003) szignifikáns, családok közötti korrelációt írtak le a balkamrai szívtömegben, egyenes ági rokonok között. Humán vizsgálati eredmények alapján nyilvánvaló, hogy a balkamrai funkciók genetikailag kontrolláltak (*Tang és mtsai*, 2002). Igen nagy mintán elvégzett családvizsgálatok (HERITAGE) alapján *An és mtsai* (2000) megállapították, hogy a verőtérfogat és a perctérfogat értékek közepesen öröklődnek. Mindezek alapján valószínűsíthető, hogy a sertés szív funkcionális jellemzői hasonló mértékben öröklődhetnek.

A bacon jelleg vizsgálatakor a szülői nemzedékben is figyelembe vett szelekciós szempontok (súlygyarapodás, hátszalonna vastagság) alapján, a született kocasüldők 20%-a, továbbá a szívteljesítmény szempontjából vizsgált kansüldők kerültek CT-re. A mért izom/zsír arány értékeket 95 kg-os testsúlyra korrigáltuk. A szülői nemzedékhez hasonlítva, a mért értékek mindkét ivarban gyengén nőttek (2,6, illetve 2,1-ről 3,2, illetve 2,9-re, a hím és a nőivarban). Ez magyarázható az utódgenerációban alkalmazott nagyobb szelekciós nyomással, illetve azzal, hogy aszimmetrikusan négy „plusz variáns” és egy „minusz variáns” apa került tenyésztésbe.

A bacon jellegre történő szelekció eredményességének megítélésakor figyelembe vettük, hogy az oldalsó rész izom/zsír aránya esetében mindkét szülő adatait ismertük. Ennek megfelelően mindkét ivarban a szülők teljesítményértékéhez pontokat rendeltünk, majd ennek alapján csoportokat képeztünk és az utódokat értékeltük (4. táblázat).

4. táblázat

Az oldalsó rész izom/zsír arányának alakulása csoportonként ($\bar{x} \pm SD$)

Csoport(1)	Izom/zsír arány(2)
Átlag alatti (n=25)(3)	2,00±0,829 ^a
Átlagos (n=7)(4)	2,58±0,564 ^{ab}
Átlag feletti (n=28)(5)	3,73±1,445 ^{bc}

Table 4: Muscle/fat ratio in the side part in the different groups group(1), muscle/fat ratio(2), below mean(3), mean(4), above mean(5)

Amennyiben az ivadékcsoportok egyedeit ivaronként külön vizsgáljuk, úgy a kansüldők, illetve a kocasüldők 1., 2. és 3. csoportja 2,5, 3,1 és 3,8, illetve 1,9, 2,2 és 3,9-es izom/zsír arány értékkel jellemezhető.

A két szélső csoport között, a bacon rész színhússúlyában mért 13%-os különbség akkor is jelentős, ha figyelembe vesszük a szülői generációban mutatkozó igen nagy variabilitást. Korábbi vizsgálatainkban nyúlón végzett kétirányú szelekció eredményeképpen a hosszú hátizom metszési felszínében 7%-os eltérést kaptunk a „-” és „+” variáns egyedek között úgy, hogy a nőivarú állományt nem vizsgáltuk CT-n (*Romvári*, 1996).

KÖVETKEZTETÉSEK

Az *in vivo* CT felvételezésen alapuló összehasonlító növekedés-vizsgálat igen hatékonyan bizonyult a színhústartalom növelésére, a testarányok megváltoztatására irányuló hosszú távú szelekció hatásainak leírásában a mangalica- és modern hússertés példáján. Nemzetközi együttműködésben végzett kísérletek során módszert dolgoztunk ki a sertés féltettek színhústartalmának meghatározása érdekében. Ezen CT-n alapuló mérések során sikerült elérni az eddig referenciaként használt kulmbachi típusú darabolás megbízhatóságát. Az igen kedvező eredmények alapján a módszer EU referenciakénti bevezetésére az első lépések megtörténtek. Az oldalsó rész (bacon szalonna) szöveti összetételének meghatározását célzó *in vivo* CT vizsgálatok eredményei bizonyítják egy kiemelt testtáj pontos megítélhetőségét. Az izom és zsírszövet térfogatában, valamint azok arányában mutatkozó jelentős variabilitás igen kedvezőnek ítéltető az értékmérőre irányuló szelekció szempontjából.

A kaposvári képzőkortó vizsgálatok során kifejlesztett *in vivo* CT és MRI módszer együttes használata alkalmas a szívteljesítmény funkcionális mérésére sertésen. Az új módszerre alapozva — nemzetközi szinten is elsőként — leírásra került a szívteljesítmény és a vázizomtérfogot korfüggő összefüggése a mangalica- és a modern hússertés esetében. Az ismertetett alapvizsgálatokat követően — az NKFP program keretében — intenzív hússertésen végzett kétirányú szelekciós modellkísérletben bizonyítottuk az oldalsó rész szöveti összetételének módosíthatóságát, továbbá a szívteljesítmény javítására irányuló, *in vivo* CT és MRI felvételezésen alapuló tenyészkiválasztás lehetőségét. Az igen kedvező eredményekre alapozva a tenyésztési programot egy nagyobb lapály típusú állományon — az NKFP 4/024/2004 pályázat keretében — tovább folytatjuk.

IRODALOM

- An, P. – Rice, T. – Gagnon, J. – Leon, A.S. – Skinner, J.S. – Bouchard, C. – Rao, D.C. – Wilmor, J.H.(2000): Familial aggregation of stroke volume and cardiac output during sub maximal exercises: the Heritage Family Study. *Int. J. Sport Med.*, 21. 566–572.
- Brondum, J. – Egebo, M. – Agerskov, C. – Busk, H.(1998): On-line pork carcass grading with the autofom ultrasound system. *J. Anim. Sci.*, 76. 7. 1859–1868.
- Crick, S.J. – Sheppard, M.N. – Ho, S.Y. – Gebstein, L. – Anderson, R.H.(1998): Anatomy of the pig heart: comparisons with normal human cardiac structure. *J. Anat.*, 193. 1. 105–119.
- Dobrowosłki, A. – Romvári, R. – Davenel, A. – Pascale Marty-Mache – Allen, P.(2004): Using PLS on data provide by X-ray CT, MRI and VIA. EUPIGCLASS Final Meeting, Roskilde. Denmark. (CD-ROM, www.eupigclass.org)
- Hom, P. – Kövér, Gy. – Repa, I. – Berényi, E. – Kovách, G.(1997): The use of spiral CAT for volumetric estimation of body composition of pigs. *Arch. Tierzucht*, 40. 5. 445–450.
- Huang, S.Y. – Lin, J.H. – Lin, E.C. – Yang, P.C. – Tsou, H.L.(2001): Effects of birth season, breed, sex and sire family on cardiac morphology determined in pigs (*Sus scrofa domestica*) by use of echocardiography. *Comp. Med.*, 51. 545–549.
- Johnson, D.D. – Savell, J.W. – Smith, G.C. – Weatherspoon, L.(1984): Prediction of pork belly composition using various measurements of the carcass or belly. *J. Anim. Sci.*, 58. 3. 611–618.
- Kövér, Gy. – Hom, P. – Kovách, G. – Pászthy, Gy.(1993): Computer tomográfiával nyert adatok és a vágóérték adatok összefüggése sertésekben. Kaposvári Állattenyésztési Napok 93', 76–83.

- Kuznetsova, T. – Staessen, J.A. – Olszanecka, A. – Ryabikov, A. – Stolarz, K. – Malyutina, S. – Fagar, R. – Kawecka-Jaszcz, K. – Nikitin, Y.(2003): Maternal and paternal influences on left ventricular mass of offspring. *Hypertension*, 41. 69–74.
- Magyar, T. – Kovács, F. – Donkó, T. – Bíró, H. – Romvári, R. – Kovács, M. – Repa, I.(2003): Turbinate atrophy evaluation in pigs by computed tomography. *Acta Vet Hung.*, 51. 4. 485–491.
- Merks, J.W.H.(2000): One century of genetic change in pigs and the future needs. In: The challenge of genetic change in animal production. (eds. Hill, W.G. – Bishop, S.C. – McKay, J.C. – Webb, A. J.) Br. Soc. Anim. Sci., Occasional Publication, Edinburgh, 27.
- Petrási, Zs.(2002): Eltérő sertés genotípusok keringési rendszerének nem invazív vizsgálata. PhD. értekezés, Kaposvár, 99.
- Petrási, Zs. – Romvári, R. – Bajzik, G. – Fenyves, B. – Repa, I. – Hom, P.(2001): ECG-gated dynamic magnetic resonance imaging method for examination of the pig heart. *Acta Vet. Hung.*, 49. 3. 275–284.
- Petrási, Zs. – Romvári, R. – Bajzik, G. – Repa, I. – Hom, P.(2003): Examination of the heart capacity of meat- and fat-type pigs by means of ECG-gated dynamic magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Livest. Prod. Sci.*, 83. 113–120.
- Romvári, R.(1996): A komputer tomográfia lehetőségei a húsnyúl és a brojlercsirke testösszetételének és vágóértékének *in vivo* becslésében. PhD. értekezés, Kaposvár, 121.
- Romvári, R. – Dobrowolski, A. – Repa, I. – Allen, P. – Olsen, E. – Szabó, A. – Hom, P.(2005): CT calibration method development for lean meat percentage determination of pig carcass. *Acta Vet. Hung.*, 53. 2. 153–162.
- Scheper, J. – Scholz, W.(1985): DLG Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf. Arbeitsunterlagen DLG, Frankfurt/M.
- Schinckel, A.P. – Mills, S.E. – Weber, T.E. – Eggert, J.M.(2002): A Review of Genetic and Nutritional Factors Affecting Fat Quality and Belly Firmness. *Rec. Proc. Nat. Swine Improv. Fed., Conf. Ann. Meet.*, Nashville, 27.
- Szabó, Cs.(2001): Determination of protein and fat content in growing and fattening pigs by means of computer tomograph, using different lysine to digestible energy ratios in diet. Doctoral (PhD.) Dissertation, Wageningen, 116.
- Tang, W.H. – Amett, D.K. – Devereux, R.B. – Province, M.A. – Atwood, L.D. – Oberman, A. – Hopkins, P.N. – Kitzman, D.W.(2002): Sibling resemblance for left ventricular structure, contractility, and diastolic filling. *Hypertension*, 40. 233–238.
- Tholen, E. – Baulain, U. – Henning, M.D. – Schellander, K.(2003): Comparison of different methods to assess the composition of pig bellies in progeny testing. *J. Anim. Sci.*, 81. 5. 1177–1184.
- Vangen, O. – Thompson, J.M.(1992): The use of CAT-scanning to measure maintenance efficiency in genetic lines of sheep. *EAAP, Paper, Com. Sheep Goat Prod.*, Madrid
- Zomborszky Kovács, M. – Vetési, F. – Repa, I. – Kovács, F. – Bata, Á. – Hom, P. – Tóth, Á. – Romvári, R.(2000): Experiment to determine limits of tolerance for fumonisin B1 in weaned piglets. *J. Vet. Med. B.*, 47. 277.

Érkezett: 2005. augusztus
Szerzők címe: Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Authors' address: University of Kaposvar, Faculty of Animal Science
 H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u.40.
 e-mail: romvari.robert@freemail.hu

KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK A HALBIOLÓGIAI KUTATÁSOKBAN

HANCZ CSABA — ROMVÁRI RÓBERT — SZABÓ ANDRÁS —
MOLNÁR TAMÁS — HORN PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai halbiológiai kutatásban a modern képalkotó eljárások alkalmazása az *in vivo* testösszetétel vizsgálatokban és az állatorvosi diagnosztika területén hozott ígéretes eredményeket az elmúlt években.

A filé összetételének meghatározását célzó első vizsgálatokat ponty, amur, busa és süllő fajokon végeztük. A CT felvételek alapján képzett 25 HU változó felhasználásával, főkomponens-analízissel történt a becsülő egyenletek felállítására. A főkomponensek meghatározásakor, a négy halfajt először együtt kezelték, majd a filében extrémén alacsony zsírtartalmat mutató süllő kizárásával pontosabb becsülőegyenleteket kaptak a filé zsír- és fehérjetartalmára. A filé zsírtartalmának becsülésére a HU változókból számított ún. zsírindex is pontos becslést tesz lehetővé ($R^2=0,86-0,87$). A törzs középső harmadáról, a hátúszó tájékáról származó adatok alapján hasonlóan megbízható eredményt kaphattak, mint a teljes test felvételezésével, ami lényegesen olcsóbbá teszi a vizsgálatot, és az állatok kíméletesebb kezelését is lehetővé teszi.

Az étkezési méretű ponty intenzív takarmányozása a teljes test zsírtartalmának jelentős növekedésével jár, amit a fenti módszerekkel *in vivo* követheti és háromdimenziós hisztogramon anatómiailag is meghatározható.

CT-technikával rögzíthető az indukált nemi érést kísérő testanyag változás angolnában, mindkét ivarban. A vizsgálatokban használt képalkotó eljárás természetesen alkalmas a gonádok növekedésének nyomon követésére is, de felhasználható az állatorvosi diagnosztikában is, például az angolna úszóhólyag-férgességének vizsgálatakor.

SUMMARY

Hancz, Cs. – Romvári, R. – Szabó, A. – Molnár, T. – Horn, P.: DIGITAL IMAGING TECHNIQUES IN THE FISH BIOLOGY RESEARCH

Using modern digital imaging techniques, namely the computer tomography (CT) in Hungarian fish biology research yielded very promising results in recent years especially in the fields of *in vivo* determination of chemical body composition and veterinary diagnostics.

Four freshwater fish species (common carp, grass carp, silver carp and pikeperch) were involved in the first investigations that aimed to determine the fillet composition. From the data obtained by CT scanning 25 Hounsfield variables were created from which the prediction equations were calculated by principal component analysis. In the first step the four species were treated as one complete sample but later, excluding data of pikeperch showing extremely low fat in fillet, prediction of crude fat and protein has become even more accurate. Fat content of the fish fillet can also be predicted with adequate precision ($R^2=0,86-0,87$) using the so-called fat index calculated from HU variables, too. Scanning of the middle part of the trunk, the region below the dorsal fin, gives enough digital information to achieve almost the same accuracy of prediction in case of common carp. Thus the scanning procedure can be shortened significantly resulting lower costs and serving animal welfare at the same time.

Intensive feeding of common carp leads to very high body fat content especially in the finishing period of production, when fish already reached the optimal market size weighing 1500–2000 grams. With the methodology described above fat deposition can be followed *in vivo* and fat reserves can be described anatomically by 3D histograms.

Body composition changes accompanying hormonally induced maturation of European eel were followed by the same procedure. Growth process of gonads can be depicted in a very informative way by CT in both sexes. A comparative study of CT and conventional X-ray methods proved that digital imaging can also be used to evaluate *Aguillacola crassus* infection of eels.

BEVEZETÉS

A képkalkotó eljárások alkalmazása a halbiológiai kutatásokban is a 90-es években kezdődött. Két területen, a testösszetétel vizsgálatokban és az állatorvosi diagnosztikában születtek figyelemre méltó eredmények. (Az erre vonatkozó teljes külföldi irodalom tárgyalására e korreferátum keretében terjedelmi okok miatt nincs lehetőségünk, hivatkozott cikkeink azonban ezt természetesen tartalmazzák.)

A képkalkotó technikák széleskörű elterjedését a halbiológia és a haltenyésztés területén több tényező is gátolja. E tényezők egy része azonos a szárazföldi állatfajokkal kapcsolatban felsorolható korlátokkal és nehézségekkel, más részük a halak biológiai adottságaival és a haltenyésztés, -nemesítés egyéb gazdasági állatfajokéval összehasonlítva fejletlenebb voltával kapcsolatosak. A képkalkotó eljárások egyik, talán legfontosabb előnye, az *in vivo* vizsgálatok lehetősége az érzékenyebb, fokozott oxigénigényű halfajok, mint pl. a *Salmonidae* család tagjainak esetében, egyelőre nem kivitelezhető, illetve további módszertani kutatás szükségességét veti fel.

A szó valódi értelmében vett tenyésztésről jelenleg csak néhány halfaj (pisztráng, lazac, ponty) esetében beszélhetünk, míg sok — gazdaságilag egyébként jelentős — faj (növényevő halak, hazai ragadozóink) legfeljebb csak az első lépéseket teszi a domesztikáció útján. Ezért a CT-re alapozott szelekció, ami a nyulak, a juhok és a sertések esetében már valóság, a haltenyésztésben még csak jövőbeni lehetőség. Olyan lehetőség viszont, amelyet érdemes tovább kutatni, mert a következőkben bemutatott első eredmények nagyon biztatóak.

A haltest-összetétel becslésére irányuló vizsgálatok

Négy hazai tógazdasági halfaj összehasonlító vizsgálata: A haltest összetételének meghatározását célzó vizsgálatokat négy különböző fajon (tógazdasági nemesponty, amur, busa, süllő) végeztük (*Romvári és mtsai, 2002; Hancz és mtsai, 2003a*). Közülük a ponty célirányos szelekciója kezdődött a legkorábban, ugyanakkor a testösszetétellel összefüggő értékmérőkre eddig még nem szelektáltak. Ezt részben magyarázza az a körülmény, hogy ipari feldolgozására csak elenyésző mennyiségben kerül. Más oldalról közelítve, megállapítható, hogy a vágóérték, vagy a fiú kihozatal mérése munkaigényes és nehezen standardizálható. Vannak bizonyos indexek (pl. az ún. profilindex és kondíciófaktor), amelyek leírják a testalakulást, és hagyományosan összefüggést feltételeztek ezek, valamint a növekedőképesség és a hústermelő kapacitás között (*Ankorian és mtsai, 1992*). Újabb vizsgálatok ezt nem támasztják alá (*Hancz és mtsai, 2002*). Magyarországon a ponty teljesítményvizsgálatok utolsó lépése a vágóérték, a filétömeg és a filé nyerszsír tartalmának mérése. Igen lényeges ugyanakkor a ponty teljes-test zsirtartalmának meghatározása is, mivel ez a faj is igen nagy mennyiségű hasúri zsír deponálására képes.

Csengeri és mtsai (2000) eredményei szerint a magyarországi pontyok vágóértéke 53,6 és 60,4 % között változik. A szelektált változatokból magasabb a fiú kihozatal, mint az ún. vad típusokból (44,3, illetve 39,7%). *Lengyel és mtsai (2001)* igen nagy varianciát írtak le a pontyfilé nyerszsirtartalmában, mind ter-

mészetes vizekben (3,1±3,3%), mind pedig halastavakban (10,0±4,5%). Hasonló körülmények között, németországi vizsgálatokban, a vonatkozó értéket 8,5±4,4%-nak találták (*Schrenkenbach és mtsai*, 2001). Eddig még nem vizsgálták a ponty genotípusokon belüli varianciáját (*Hancz és mtsai*, 2003b), ugyanakkor ismert, hogy a ponty testösszetételét, a tartási körülmények mellett, elsősorban a takarmányozás határozza meg (*Fauconneau és mtsai*, 1995).

Kísérletünkben a CT felvételezést követően meghatároztuk a jobb filé kémiai összetételét. A fajonkénti értékeket a 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

A különböző fajok filéjének összetétele ($\bar{x} \pm s$)

	Tógazd. ponty(1) (n=18)	Amur(2) (n=10)	Busa(3) (n=10)	Süllő(4) (n=10)
Súly, g(5)	1790,0±442	2020,0±281	1577,0±241	1658,0±632
Víztartalom, %(6)	70,5±6,63 ^a	73,4±1,30 ^a	75,2±2,76 ^a	80,9±0,75 ^b
Ny.fehérje, %(7)	12,7±3,61 ^a	16,3±0,77 ^b	17,6±0,57 ^b	16,0±0,57 ^b
Ny.zsír, %(8)	15,3±6,31 ^a	8,4±0,99 ^b	5,5±2,56 ^b	0,8±0,21 ^c
Ny.hamu, %(9)	0,96±0,31	1,19±0,17	1,25±6,9E-02	1,22±7,0E-02

A különböző betűkkel jelölt átlagok (soronként) legalább P<0,05 szinten szignifikánsan különböznek(10)

Table 1.: Fillet composition of different fish species ($\bar{x} \pm s$)
common carp(1), grass carp(2), silver carp(3), pikeperch(4), weight(5), water content(6), crude protein(7), ether extract(8), crude ash(9), different letters in the same row differ P<0.05 significantly(10)

A filé víztartalma 73% körül mozgott a pontyfélékben (tógazdasági nemesponty, amur és busa) és 81% volt a ragadozó süllőben. A legalacsonyabb nyersfehérje (13%) és a legmagasabb nyerszsír értéket (15%) a tógazdasági nemespontytnál mértük. A süllőn mért extrém alacsony zsírtartalom értékek (0,8%) megerősítik *Darázs és Aczél* (1987) korábbi eredményeit.

A keresztmetszeti képekről a pixel denzitás értékeket a jobb filé területéről gyűjtöttük, a hátúszó régiójában. Halaknál szűkebb HU intervallum (-90-160) fedi le a zsír-izom tartományt. Ennek megfelelően az eredeti röntgensugár elnyelődési értékekből 25 HU változót (HUv) képeztünk, majd ezekből számítottuk az ún. zsírindexet $[(\Sigma HUv1-9/\Sigma HUv1-25) \times 100]$. Az 1. ábra „a” grafikonján a négy genotípus, a „b” ábrán pedig pontyfélék becsült fiie zsírtartalma és a direkt kémiai analízis eredményei közötti összefüggést mutatjuk be.

A négy faj együttes ábrázolásakor a széles zsírtartalom tartományra jellemző kapcsolatot exponenciális függvénnyel lehet leírni. Ha azonban az alacsony zsírtartalmú süllőt kiemeljük a mintából, megközelítően 30% nyerszsírtartalom (a szárazanyagban) felett, az összefüggés lineárisává válik.

Fauconneau és mtsai (1995) összefoglaló közleményükben igen nagy szórást (1-13%) adnak meg kereskedelmi méretű pontyok filéjének zsírtartalmában, amit elsősorban az alkalmazott takarmányozási rendszer befolyásol. Az amur (8,4±0,99%) és a busa zsírtartalma (5,5±2,56%) úgyszintén magasnak tekinthető. A túlzott zsírdeponálás kedvezőtlen ezen fajok húsminőségének megítélése szempontjából. A ragadozó süllő extrém alacsony zsírtartalma (0,8±0,21%) ugyanakkor különleges minőségű terméket eredményez (*Darázs és Aczél*, 1987).

1. ábra: A jobb fiúe szárazanyagra számított százalékos zsírtartalmának és a zsírintexnek összefüggése

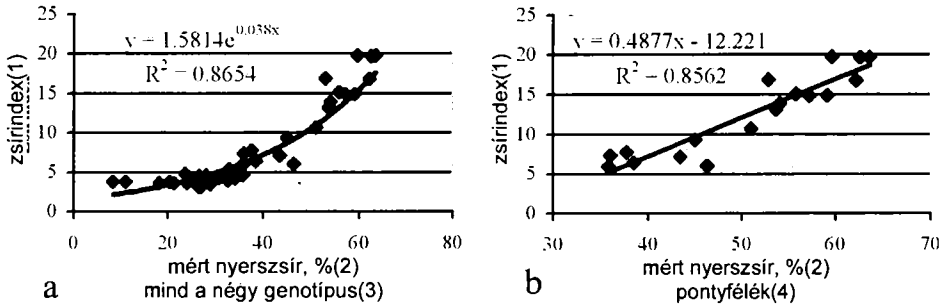


Fig. 1.: Regression of fat index on measured fat content (a) all species (b) Cyprinids fat index(1), measured crude fat(2), four genotypes(3), Cyprinids(4)

A 25 HU változó felhasználásával, főkomponens-analízissel történt a becslő egyenletek felállítása. A főkomponensek (Pc) meghatározásakor, a négy halfajt először együtt kezeltük. Ezt követően, tekintettel a süllő és a pontyfélék jelentősen eltérő testösszetételére (1. táblázat), külön, csak a pontyfélékre is számoltunk főkomponenseket, először a teljestest, majd a hátúszó tájékaról készített felvételek HU változóiból (2. táblázat). A választott közelítéstől függően eltérő számú főkomponens írja le az eredeti változók (HUv11–HUv35) varianciájának legalább 90%-át.

2. táblázat

A főkomponensek által leírt variancia arány

Faktor sorszám(1)	Varianciahányad, %(2)		
	Összes hal(3)	Pontyfélék(4)	Hátúszó tájéka(5)
1	38,5	50,7	44,5
2	27,5	21,0	35,5
3	11,4	6,1	5,9
4	4,9	5,7	5,2
5	3,4	2,9	
6	2,2	2,5	
7	1,8	1,9	
8	1,2		

Table 2.: Proportion of variance explained by principal components factor number(1), proportion of variance(2), all species(3), Cyprinids(4), dorsal region(5)

Az első közelítésben összesen nyolc Pc írta le az eredeti 200 változó (S1, S2...S8–8x25 HUv) varianciájának 90,9%-át. Az MGLH módszerével készült becslő egyenletek jellemzőit a 3. táblázat tartalmazza. A mért és a becslött szárazanyagra számított zsír és fehérje tartalom összefüggése a 2. ábrán látható.

A módszer alacsony zsírtartalom melletti gyenge érzékenysége miatt a süllő zsírtartalma túl kicsinek bizonyult, ezért egy új adatbázist állítottunk össze. A pontyfélék esetében ennek használatakor hét Pc írta le az eredeti változók varianciájának 90,9%-át. Az egyenletek jellemzőit a 4. táblázat tartalmazza. A 3. ábra, a mért és becslött értékek összefüggését mutatja.

3. táblázat

A főkomponensek felhasználásával az MGLH módszerével készült, a teljes mintát becsülő egyenletek jellemzői

Eq 1			Eq 2		
Változók(3)	Zsír(1)	R ² =0,88	Változók(3)	Fehérje(2)	R ² =0,87
	B	P		B	P
FAC2_1	-17,238472	0,0000	FAC2_1	14,846678	0,0000
FAC4_1	-5,085230	0,0000	FAC4_1	4,833547	0,0000
Konstans	30,852083	0,0000	FAC3_1	-2,227	0,0311
			Konstans	61,647917	0,0311

Eq1=1. egyenlet (zsír), Eq2=2. egyenlet (fehérje); F1-1, F2-1...F4-3=főkomponensek(4)

Table 3.: Basic data of the prediction equation Eq 1 and Eq 2 made by MGLH method on the data of all species

fat(1), protein(2), variables(3), equation 1(fat), equation 2(protein), prediction equation(4)

2. ábra: A mért és a számított zsír-, illetve fehérjetartalom összefüggése a teljes mintán

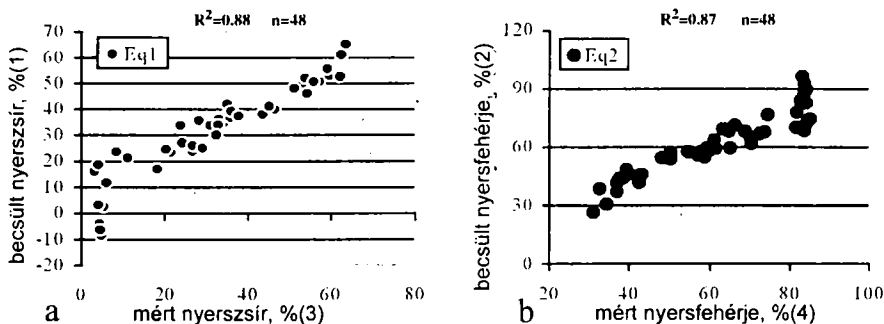


Fig. 2.: Correlation between predicted and measured values of fat (a) and protein (b) in all species

estimated crude fat(1), estimated crude protein(2), measured crude fat(3), measured crude protein(4)

4. táblázat

A főkomponensek felhasználásával MGLH módszerével pontyféleken készült becsülő egyenletek jellemzői

Eq 3			Eq 4		
Változók(3)	Zsír(1)	R ² =0,93	Változók(3)	Fehérje(2)	R ² =0,91
	B	P		B	P
FAC2_1	11,982509	0,0000	FAC2_1	-11,001236	0,0000
FAC3_1	-6,077572	0,0000	FAC3_1	6,020099	0,0000
FAC1_1	-4,007203	0,0000	FAC1_1	3,624701	0,0000
FAC6_1	-2,587027	0,0006	FAC6_1	2,442464	0,0024
FAC4_1	-2,099345	0,0055	FAC4_1	2,061689	0,0088
FAC7_1	1,571003	0,0327	Konstans	55,878947	0,0000
Konstans	37,855263	0,0000			

Eq3=3. egyenlet (zsír), Eq4=4. egyenlet (fehérje); F1-1, F2-1...F4-3=főkomponensek(4)

Table 4.: Basic data of the prediction equation Eq 3 and Eq 4 made by MGLH method on the data of Cyprinids as in Table 3.(1-4)

3. ábra: A mért és a számított zsír-, illetve fehérjetartalom összefüggése pontyféléknél

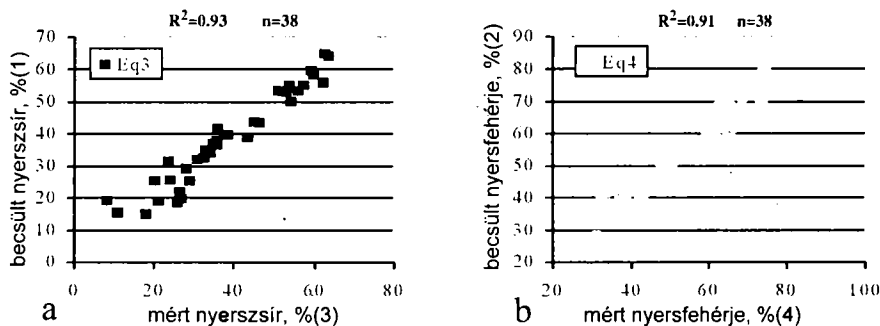


Fig. 3.: Correlation between predicted and measured values of fat (a) and protein (b) in Cyprinids as in Fig. 2.(1–4)

Figyelemmel a vizsgálati idő csökkentésének lehetőségére, további egyenletek készültek a hátúszó tájkáról. Az eredményül kapott 0,79, illetve 0,78-as R^2 azt bizonyítja, hogy a vizsgált régió önmagában is alkalmas pontyfélék testösszetételének becslésére. Hasonló elvű feldolgozást végeztünk más tógazdasági eredetű pontyállományokon is (Hancz és mtsai, 2003c).

A ponty testösszetételének változása eltérő takarmányozás és éhezés hatására

A ponty testösszetételének, különösen zsirtartalmának összefüggése a takarmányozással régóta ismert, és a hazánkban általánosan alkalmazott, abrak-etetésen alapuló félintenzív tógazdasági technológiában nem kevés gondot okozó jelenség. A nagy súlygyarapodás érdekében gabonafélékkel *ad libitum* etetett ponty ugyanis extrém mértékben elzsírosodhat, ami egyrészt gazdaságtalan termelést, takarmány pazarlást, másrészt élvezhetetlen terméket eredményez.

Etetési kísérletünkben kétféle takarmányozási módot alkalmaztunk, pontytápot ill. pontytápot + *ad lib.* szemeskukoricát etettünk piaci ponttyal. Az etetési periódus 57 napig tartott, amit 27 nap éheztetés követett. Minden kísérleti periódus elején és végén CT vizsgálat történt, és ekkor az állományból véletlenszerűen választott egyedek feláldozásával készült teljes test mintákból kémiai analízist is végeztünk. A testösszetétel alakulásának főbb eredményeit az 5. táblázatban foglaljuk össze, ami egyúttal a kísérleti elrendezést is illusztrálja.

A 22 °C vízhőmérsékleten végzett kísérletben mindkét takarmány szignifikánsan megnövelte a pontytestek zsirtartalmát, míg a fehérjetartalom nem változott. A viszonylag hosszú éhezés sem tudta lényegesen csökkenteni a zsirtartalmat, mialatt a halak testsúlya mintegy 10%-kal csökkent.

A CT vizsgálatok módszertana megegyezett az előzőekben leírtakkal. Az egész test zsirtartalmának becslési pontossága is hasonló eredményt adott, mint az előző vizsgálatban ($R^2=0,95$ az egész törzs, és $R^2=0,91$ a dorzális régió felvételezésével).

5. táblázat

A kísérlet elején és végén levágott halak súlya és teljes-test összetétele ($\bar{x} \pm sd$)

Kísérleti fázis/kezelés(1)	n	Súly, g(2)	Szárazanyag, %(3)	Ny.zsír, %(4)	Ny.fehérje, %(5)
Induló állapot(6)	10	1503±533	31,1±3,91	11,8±4,15	15,6±0,66
Ponytáp(7)	8	1751±372	36,6±4,83	18,6±5,37	14,7±1,13
Ponytáp+kukorica(8)	7	1582±283	37,9±4,76	19,1±5,05	15,3±1,25
Ponytáp után éhező(9)	7	1767±378	36,4±3,41	18,5±4,30	14,8±0,86
Ponytáp+kukorica után éhező(10)	9	1932±809	37,3±4,10	19,8±5,15	14,2±1,11

Table 5.: Live weight and chemical composition of the total body material of slaughtered fish at the different stages of the experiment

experimental stage/treatment(1), weight(2), dry matter(3), ether extract(4), crude protein(5), initial stage(6), carp feed(7), carpfed+maize(8), „carp feed” fasted(9), „carpfed+maize” fasted(10)

A részletes eredményeket Hancz és mtsai (2003c) cikke tartalmazza. Az etetési periódus alatti testanyag-változásokat jól követhetjük a 4a. és 4b. ábrán. A 4c. ábra a 150–200 grammos súlygyarapodásként rögzíthető változás anatómiai térképének tekinthető, a fehérje denzitástartományban látható „csúcs” előterében két kisebb zsírdepóval a mellúszók és a hátúszó tájékán. (Mivel a halakat egyedileg nem jelöltük, sajnos nem volt lehetőség annak vizsgálatára, hogy az ábrán bemutatott hal testösszetétele hogyan változott az éhezés hatására.)

4. ábra: A teljes test 3D hisztogramja a kísérlet kezdetén (a) és végén (b), valamint a két állapot különbség-hisztogramja (c)

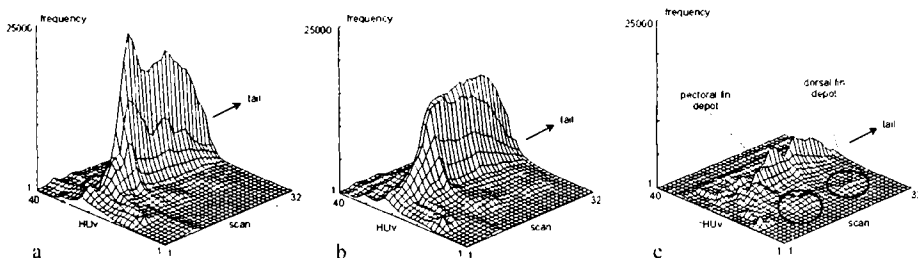


Fig. 4.: 3D histograms of the total body at the beginning (a) and end (b) of the trial, and the difference between the two stages (c)

Az angolnák hormonálisan indukált nemi érése során bekövetkező testanyag-változások

Müller és mtsai (2003a,b) mindkét ivarban megvizsgálták a hCG kezeléssel kiváltott nemi érést kísérő változásokat, amelyek során a gonádok kifejlődésével párhuzamosan markáns, a CT technikával jól követhető összetételbeli változások következnek be a törzs izomzatában. Az 5b. ábrán egy keresztmetszeti kép látható a test középső részéről, ahol jól látható a hathetes hormonkezelés hatására jelentős méretűre növekedett here. A vizsgált tíz tejes angolna összes felvett denzitás adatának felhasználásával készült 5a. ábra hisztogram formájá-

ban mutatja be az 1. és 6. hét között bekövetkezett változást, az 5–17-es, zsír jellegű HUv tartomány csökkenését, és a herét „leíró” 37–47-es tartomány ugrásszerű növekedését.

5. ábra: A hím angolna teljes abdominális térfogatának változása a hathetes kezelés során (a), valamint a kifejlődött here keresztmetszete a 6. hét végén (b)

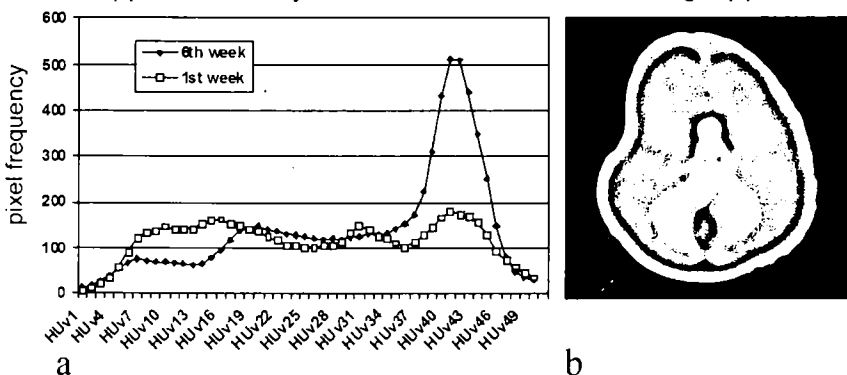


Fig. 5.: Total abdominal volume of a male eel at the start and end of the 6-week treatment (a), and the cross-section of the mature testis at week 6 (b)

A nőivarú angolnák nemi érésének kiváltása 14 hetes kezeléssel sikerült (Müller és mtsai, 2003a), amelynek során a filé térfogata és zsírtartalma is jelentősen csökkent, míg az ovárium térfogata többszörösére nőtt. A változást az 1. és 14. héten, ugyanazon egyedről, azonos helyen készített CT felvétellel szemléltetjük a 6. ábrán.

6. ábra: Ugyanazon nőivarú angolna abdominális keresztmetszeti felvétele az 1. (a) és 14. héten (b). o: ovarium

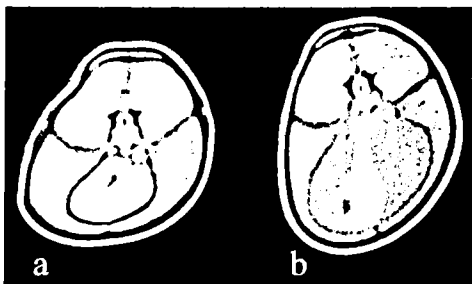


Fig. 6.: Abdominal cross sectional image of the same female eel at the 1st (a) and 14th (b) week of treatment. o: ovary

A CT használata: a halparazitológiai kutatásban

A röntgenfelvételek illetve a CT-s képalkotás alkalmazása az állatorvosi diagnosztikában meglehetősen széleskörű. Jóval kevesebb publikáció jelent meg viszont a halakon végzett vizsgálatokról, és csak néhány a parazitológia területén (Székely és mtsai, 2004).

Az európai angolna *Anguillicola crassus* fertőzöttsége már több helyen okozott károkat, és bizonyítottan jelentős szerepe volt a balatoni angolnaállomány nagy visszhangot kiváltott tömeges pusztulásában is. Az úszóhólyagban fejlődő élősködők által okozott elváltozás mértéke megítélhető egyszerű röntgenfelvételek alapján is (Beregi és mtsai, 1998), de a CT technikával természetesen alaposabban, több szempontból vizsgálható. Székely és mtsai (2004) 22 egészséges úszóhólyagú illetve különböző fertőzöttségi fokú balatoni angolna CT-s vizsgálatának alapján arra a következtetésre jutottak, hogy ez a módszer különösen az enyhe és közepes fertőzöttség esetében alkalmas az úszóhólyag elváltozásainak igen pontos, *in vivo* vizsgálatára.

KÖVETKEZTETÉSEK

A halbiológiai kutatásokban a CT-technika elsősorban a kémiai testösszetétel *in vivo* meghatározásában bizonyult hatékonynak. A HU változókon alapuló eljárásokkal a nyerszsír-tartalom igen jól mérhető, ugyanakkor a nyersfehérje-tartalom meghatározás pontossága nem minden halfaj esetében kielégítő. Ennek hátterében az áll, hogy a zsírszövet és a kémiailag meghatározott nyerszsír kapcsolata lényegesen szorosabb az izomszövet és a nyersfehérje összefüggésénél. A főkomponens analízis módszere megfelelő az eredeti HU változók közötti multikollinearitás feloldására.

Lényeges eredménynek tartjuk, hogy a vizsgált madár és emlős fajokhoz hasonlóan, a ponty esetében is lehetőség volt a felvételszám jelentős csökkenésére, a testösszetételt önmagában is jól jellemző régió, a hátúszó tájékának kiemelésével. Ez gyorsabbá és olcsóbbá teszi a módszert, amely így már, legalábbis elméletben, felhasználható a szelekciós munkában.

IRODALOM

- Ankorian, Y. – Moav, R. – Wohlfarth, G.W.(1992): Bidirectional mass selection for body shape in common carp. *Genetics, selection, evolution*, 24. 1. 43–52.
- Beregi, A. – Molnár, K. – Békési, L. – Székely, Cs.(1998): Radiodiagnostic method for studying swimbladder inflammation caused by *Anguillicola crassus*. (*Nematoda: Dracunculoidea*). *Dis. Aquat. Org.*, 34. 155–160.
- Csengeri, I. – Lengyel, P. – Sándor, Zs. – Györe, K. – Alexis, M.(2000): Tenyésztett és természetesvízi ponty vágóértékének szezonális változásai. XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 37–38.
- Darázs, S. – Aczél, A.(1987): Édesvízi halak feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó; Budapest, 40–43.
- Fauconneau, B. – Alami-Durante, H. – Laroche, Marcel, J. – Vallot, D.(1995): Growth and meat quality relations in carp. *Aquaculture*, 129. 265–297.
- Hancz, Cs. – Molnár, T. – Magyary, I. – Stettner, G.(2003a): A halak testösszetételének *in vivo* meghatározása. *Halászatfejlesztés*, 28. 213–214.
- Hancz, Cs. – Romvári, R. – Petrás, Zs. – Horn, P.(2003b): Prediction of some carcass quality traits of common carp by x-ray computerised tomography. *Isr. J. Aquacult.–Bamidgeh*, 55. 1. 61–68.
- Hancz, Cs. – Romvári, R. – Szabó A. – Molnár, T. – Horn, P.(2003c): Measurement of total body composition changes of common carp by computer tomography. *Aquaculture. Res.*, 34. 12. 991–997.

- Hancz, Cs. – Stettner, G. – Demeterné Péderý, T.(2002): A magyar pontyfajták növekedésének, takarmányértékesítésének, testalakulásának és zsírtartalmának összefüggései. Halászatfejlesztés, 26. 96–98. HAKI, Szarvas
- Lengyel, P. – Sándor, Zs. – Györe, K. – Szabó, P. – Pekár, F. – Zubcova, E. – Alexis, M.N. – Csengeri, I.(2001): A ponty és néhány más hazai pontyféle test-összetételének alakulása a takarmányozással összefüggésben. Halászatfejlesztés, 26. 153–161. XXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI, Szarvas, 39–40.
- Müller, T. – Molnár, T. – Szabó, A. – Romvári, R. – Hancz, Cs. – Bercsényi, M. – Horn, P.(2004b): Tracking the hormonally-induced female eel maturation by means of computer tomography. Acta Vet. Hung., 52. 2. 235–243.
- Müller, T. – Romvári, R. – Bercsényi, M. – Hancz, C. – Molnár, T. – Szabó, A. – Horn, P.(2004a): Following the artificially induced eel maturation process by means of *in vivo* CT scanning. J. World Aquacult. Soc., 35. 2. 217–224.
- Romvári, R. – Hancz, Cs. – Petrás, Zs. – Molnár, T. – Horn, P.(2002): Non-invasive measurement of fillet composition of four freshwater fish species by computer tomography. Aquacult. Int., 10. 3. 231–240.
- Schrenkenbach, K.— Knösche R. – Ebert, K.(2001): Nutrient content of freshwater fishes. J. Appl. Ichthyology, 17. 142–144.
- Székely, Cs. – Molnár, K. – Müller, T. – Romvári, R. – Hancz, Cs. – Bercsényi, M.(2004): Comparative study of X-ray computed tomography and conventional X-ray methods in the diagnosis of eel swimbladder infection caused by *Anguillicola crassus*. Dis. Aquat. Org., 58. 157–164.

Érkezett: 2005. szeptember
Szerzők címe: Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Authors' address: University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

A KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGE A BAROMFITENYÉSZTÉSBEN

ROMVÁRI RÓBERT — ANDRÁSSY ZOLTÁNNÉ — PETRÁSI ZSOLT —
LOCSMÁNDI LÁSZLÓ — SZABÓ ANDRÁS — HORN PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők módszertani csoportosításban mutatják be az *in vivo* CT vizsgálatokkal Kaposváron elért baromfitenyésztési eredményeket. A teljестest szöveti összetételét (izom-zsír) és annak testen belüli eloszlását a röntgensugár eloszlási értékek gyakorisági eloszlásából származtatott 3D hisztogramokkal írták le brojlercsirkéken, 18 hetes életkorig. Bronzpulyka és nagy növekedési kapacitású pulyka összehasonlító növekedés-vizsgálatával bemutatták a színhústartalom növelésére, a testarányok megváltoztatására irányuló hosszú távú szelekció hatásait. Mesterséges vedletési ciklus, majd az azt követő regenerációs periódus során, tojótyúkban leírták a zsír- és az izomszövet, valamint a hasúri szervek térfogatának reverzibilisnek bizonyuló változásait. A teljестest kémiai összetételének (nyerszsír, nyersfehérje) becslését közvetlen térfogatos módszerrel (HU index), illetve a HU változók főkomponens analízisére alapozták brojlercsirkék és különböző genotípusú pulykák esetében. Új eljárásként, a töméses libamáj előállításához a HU változók PLS regresszióját alkalmazták a máj nyerszsír- és nyersfehérje-tartalmának *in vivo* meghatározására. Állattenyésztési szempontból újszerűek a bemutatott spirál CT felvételek szekvenálásán alapuló 3D rekonstrukciós közelítések, amelyek jól alkalmazhatók eltérő szervek, izomcsoportok pontos geometriai megjelenítésére. A továbbiakban — a lúd példáján — hangsúlyozzák a szerzők a szelekciós célú CT vizsgálatok hatékonyságát. Majd ismertetik az *in vivo* CT és MRI módszer együttes használatán alapuló eljárást a szívteljesítmény funkcionális vizsgálatára pulykák esetében. Erre alapozva nemzetközi szinten is elsőként határozták meg a szívteljesítmény és a vázizomtér fogat kor- és ivarfüggő kapcsolatát nagy növekedési intenzitású és kapacitású pulykán, felhívva a figyelmet az egyoldalú, a mellizomzat részarányát növelő szelekciós gyakorlat — jellemzően a *cardiovascularis* rendszert érintő — potenciális veszélyeire.

SUMMARY

Romvári, R. – Andrásy, Z.-né Ms. – Petrás, Zs. – Locsmándi, L. – Szabó, A. – Horn, P.: COMPUTER TOMOGRAPHY IN POULTRY BREEDING

The results achieved in poultry breeding by the application of *in vivo* CT examinations at Kaposvár are presented in a methodological grouping. The total body composition (fat-muscle), as well as its localization within the body has been described until the age of 18 weeks in broilers by 3D histograms derived from the frequency distribution of the X-ray density values. The effects of continuous selection for total body lean meat content and for the proportional modification of defined body parts have been demonstrated by a comparative study between bronze and intensive meat-type turkeys. The reversible volumetric changes of fat and muscle tissue and inner organs have been investigated along a forced moult and the consequent regeneration period in laying hens. The estimation of the total body composition (crude fat, crude protein) of broilers and different turkey genotypes has been performed based on direct volumetric (HU index) method, as well as by the application of principal component analysis of the HU variables. As a novel method, the crude fat and protein content of the goose liver due to the force-feeding has been determined *in vivo*, by the PLS regression of the HU variables. The 3D reconstruction approaches, based on segmentation methods of spiral CT images can be accepted as new in the field of animal breeding. These are helpful for the exact geometrical demonstration of organs or muscle groups. Moreover, the authors, mainly in case of geese, emphasized the efficacy of the CT investigation for selection purposes. The joint application of *in vivo* CT and MRI, for the functional investigation of the heart performance was introduced, in turkeys. On this basis, first in an international relation, the age- and gender dependent relation-

ship between skeletal muscle volume and heart capacity has been measured in turkeys of intensive growth, emphasizing the potential danger arising from the single-sided selection for breast muscle production, primarily affecting the cardiovascular system.

BEVEZETÉS

A baromfityenyésztésben évtizedek óta hagyományosan alkalmazott módszer egy meghatározott életkorban a testsúly növelésére irányuló tenyészkiválasztás (Siegel és Dunnington, 1987). E munka eredményeképpen a vágásérett súlyt egyre fiatalabb korban érik el az állatok (Hartmann, 1988; McKay és mtsai, 2000). A növekedési erély gyorsítására irányuló rendkívül eredményes szelekció káros következménye a túlzott elzsírosodás mellett az, hogy az emésztő-, a légző-, a keringési és a kiválasztó rendszer egyre nehezebben képes alkalmazkodni a felgyorsult anyagcseréhez (McKay és mtsai, 2000).

A sok generáción keresztül a mellizomzat növelésére folytatott tenyészkiválasztás gyors változást eredményezett, amely ugyanakkor együtt járt a teljes vázizomzat részarányának növekedésével is (Emmans, 1989). Ez a folyamat a pulyka esetében a legkifejezettebb. Az elmúlt években a brojlercsirkék szelekciójában is szerepet játszott a mellhús súlya (McKay és mtsai, 2000). Fennáll annak a lehetősége, hogy az ilyen irányú szelekciós stratégiák módosítják a normális működésbeli kapcsolatot a vázizomzat és a csontos váz között (Knap és Luiting, 1999).

EREDMÉNYEK

Baromfiféléken, a 90-es évek elején kezdődött a CT metodika alkalmazása a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karán, a brojler teljesítményvizsgálatokhoz kapcsolódva. Az első, a testösszetétel *in vivo* meghatározását célzó módszertani vizsgálatok során bizonyítást nyert, hogy a mellizom súlya jól becsülhető a CT felvételekről kapott izomkeresztmetszet-értékek alapján. A második, a harmadik és a negyedik bordához tartozó csigolyák metszési síkjában mért átlagos izomkeresztmetszet és a mellizom súlya között $r=0,8$ -as korrelációt kaptunk (Romvári, 1996).

Szöveti eloszlás vizsgálata 3D hisztogramokkal

A bemutatott kísérletekben, a felvételekről készült 3D gyakorisági eloszlásokkal jellemeztük egy adott testtáj, vagy a teljestest szöveti összetételét. A hisztogramok, vagy egy vizsgálati időpont jellemzőit, vagy két mérési pont között bekövetkező változásokat mutatják. A térhálók X tengelyén a felvételek sorszámát (1–27), az Y tengelyén (1-től 40-ig számozva) a HU változókat, a Z (függőleges) tengelyén pedig az egyes denzitásértékekhez tartozó pixelgyakoriságot ábrázoltuk.

Brojlercsirke testösszetételének vizsgálata a növekedés során

Az elmúlt ötven év szelekciójának hatására a hústípusú csirkék testösszetételében és testalakulásában rendkívül jelentős változások következtek be. Saját kísérletünkben, a brojlercsirke növekedésének jellemzőit, Arbor Acres (AA) Regular genotípuson, ivaronként (n=6-6) vizsgáltuk. Tizenhat meghatározott anatómiai ponton készült CT felvétel alapján, az izom- (mell, comb) és a zsírszövet (abdominális, nyaktájéki) testtájankénti beépülését 6., 12. és 18. hetes életkorban, 3D hisztogramokkal modelleztük.

A standardnak tekinthető vágósúly eléréséig (6. hét) mindkét ivarban elsősorban az izomszövet beépülése volt jellemző. A hímivarban ennek mértéke minden vizsgált időpontban meghaladta a nőivarét, a comb és a far-hát tájék izomfejlődése a vizsgálat teljes időtartama alatt (18. hét) erőteljesebb volt a mellizomzat beépülésénél. Tizenkét hetes kortól a nőivar abdominális zsírdepozíciója nagymértékben felgyorsult. A 18. hetes korban talált számottevő nyaktájéki zsírdepozíció erre az erős elzsírosodási folyamatra utal.

A 12. és 18. hetes kor közötti testösszetétel változást szemléltetik a 1. ábrán lévő 3D térhálók. Jól érzékelhető, hogy ebben az életszakaszban az izombeépülés a comb, illetve a far-hát területen (8–16. felvétel) hímivarban sokkal kifejezettebb volt, mint a mellrégióban (1–7. felvétel). Nőivarban az izombeépülés kiegyenlítettebb, de lényegesen visszafogottabb volt, ugyanakkor a teljes test, illetve ezen belül különösen a hasüri régió elzsírosodása figyelhető meg (Andrássy-Baka és mtsai, 2003a).

1. ábra: AA Regular brojlerek izom és zsírszövet beépülése 12. és 18. hetes kor között hím-, és nőivarban

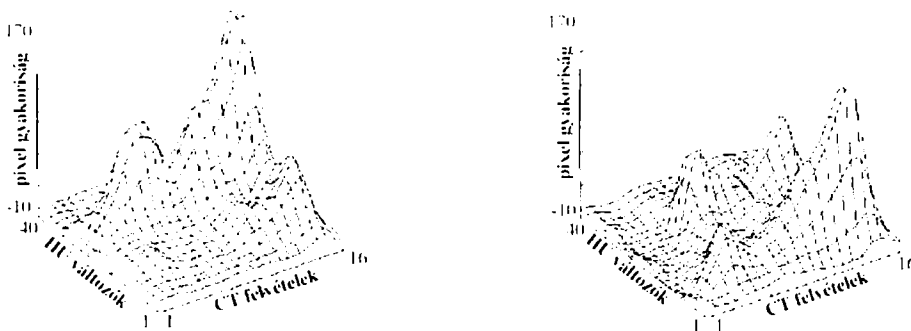


Fig. 1: Deposition of muscle and fat tissue in AA regular male and female broilers between 12 and 18 weeks of age

BUT Big 6 és bronzpulyka összehasonlító vizsgálata

A pulyka esetében a hústermelő-képesség növelésére irányuló szelekció erőteljesebben emelte a mellizomzat súlyát a combok súlyához képest, megváltoztatva a teljes test arányait, illetve anatómiai jellemzőit, fokozva ugyanakkor a zsírdepozíciót is. Kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy a bizonyos értelemben szelekciós kiindulópontnak tekinthető bronzpulyka és a mai modern

nagytestű hibridek növekedésében milyen eltérések detektálhatók. A CT felvételezésre 5., 12., 16. és 21. hetes korban került sor, ivaronként ugyanazon 6-6 egyed ismételt vizsgálatával. Az összehasonlítás alapját 15 jól azonosított anatómiai síkban készült CT kép képezte.

A két genotípus közötti testösszetétel különbségek már 5. hetes korban jelentkeztek, majd folyamatosan erősödtek a 21. élethétig. A bronzpulykával szemben a modern hibrid esetében jól érzékelhető az intenzív fiatalkori növekedésre irányuló szelekció hatása, amennyiben a BUT esetében a mell- és a szárnyizomzat aránya mindvégig meghaladta a far-hát, illetve a combok arányát. Az utolsó vizsgálati időpontban szembetűnő mindkét genotípus igen erős zsírosodása (2. ábra). A térfogatos változásokat a 16. és 21. élethét között vizsgálva megállapítható, hogy a folyamatosan erősödő zsírdepozíció — különösen bronzpulyka esetében — kiegyenlíti az ezzel ellentétesen változó izom-beépülést (Andrássy-Baka és mtsai, 2003b).

2. ábra: 21. hetes nőivarú BUT és bronzpulyka genotípusok testösszetételének 3D hisztogramja

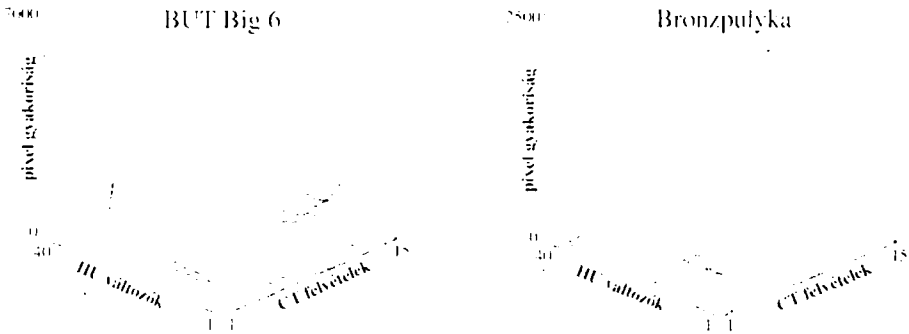


Fig. 2: 3D histograms of the total body composition of BUT and Bronze turkey females at 21 weeks of age

Vedletés hatásának felmérése tojtyúkban

Napjainkban, az európai régióban, a mesterséges vedletés erősen kifogásolt technológia, ezzel szemben az észak-amerikai területen továbbra is fontos szerepet játszik az árutojás előállításban. Kísérletünkben egy viszonylag rövid, teljes takarmány megvonáson alapuló vizsgálati periódus során követtük végig a testösszetétel változását, abból a célból, hogy bemutassuk az *in vivo* CT felvételezés alkalmazhatóságát; a szóba jöhető, a vedlést indukáló ún. alternatív technológiák összehasonlításában. A kísérletben résztvevő 27 Hy-Line Brown egyed átlagos testsúlya a 12. napra 21,6%-kal csökkent és ennek hatására intenzív vedlés kezdődött, ezért a vizsgálatok első szakaszát itt lezártuk és ezt követően a tojó állomány három hetes regenerációs fázisba került. A CT felvételezésre négy alkalommal (kiindulási időpont, 6.; 12. nap, majd a regenerációs fázist követően) került sor.

A képfeldolgozás során a 3D térhálók adatállományából az egyes szöveti összetevők térfogatos változása százalékosan is kifejezhető. Ennek megfelelően

100%-nak tekintve a kiindulási állapotot a vedletés 6., illetve 12. napján a zsírdepók, a hasüri szervek és az izomszövet térfogata 52,5, 59,7 és 85%-ra, illetve 29,5, 43,5 és 77,9%-ra csökkent. A háromhetes regenerációs szakaszt követően az előbbi értékek 89,6, 100,1 és 86,1%-nak adódtak. A teljestest összetételre vonatkozó eredmények szerint a 12 nap alatt bekövetkezett 21,6%-os testsúlyvesztés mellett a zsírtartalom közel háromnegyede (70,5%) felhasználódott. A regeneráció során a folyamat közel reverzibilisnek bizonyult. A belső szervekben mért 56,5%-os csökkenést teljes regeneráció követte. A legalacsonyabb térfogat változást az izomszövetnél mutattuk ki, egyben itt volt a legkisebb mértékű a regeneráció (Romvári és mtsai, 2005).

Teljestest kémiai összetételének (nyerszsír, nyersfehérje) becslése, a HU index alkalmazási lehetőségei

A módszer elvi lehetőségét az adja, hogy a pixelméret és a szeletvastagság ismeretében, az elemi térfogat egységek (voxel) pontos mérete meghatározható. Ennek alapján a teljes vizsgált szöveti térfogaton belül egy előre definiált HU intervallumhoz tartozó összes voxel térfogat kiszámítható. Ez utóbbi, illetve a teljes térfogathoz viszonyított érték százalékban fejezi ki a vizsgált szöveti összetevő (izom, zsír) arányát. Az első ilyen típusú takarmányozási vizsgálatokban (az NRC által meghatározott szükségleti értékhez képest -20 , illetve $+20\%$ ME tartalom, 28. és 49. napos brojler) két testszelvényben meghatároztuk a relatív szöveti összetételt. A számított, testsúlytól független HU index segítségével, a takarmányozási kezelések becsült zsírtartalma egymástól jól elkülöníthetőnek bizonyult (Romvári, 1996).

A nemzetközi irodalomban igen kevés valóban „hosszútávú” (13–15. hétnél tovább tartó) brojlerhizlalási kísérlet ismeretes. Saját vizsgálataink során Arbor Acres Regular és Arbor Acres Yield Pack genotípusok ($n=30-30$) testzsírtartalmának összehasonlítását végeztük 6., 12. és 20. hetes életkorban, zsírindex segítségével. A kémiai analízissel mért ürestest zsírtartalom és a számított index kapcsolatát leíró lineáris regressziós modellekkel $R^2=0,91$ és $R^2=0,93$ -as szorosságú összefüggést kaptunk az AA Regular és az AA Yield Pack genotípusokra. Ezzel bizonyítottuk a testsúlytól független index alkalmazhatóságát, 10% feletti nyerszsír-tartalmú brojlercsirkék zsírdepozíciójának nyomon követésére (Andrássy-Baka és mtsai, 2003a).

Pulyka (BUT Big 6 és bronzpulyka)

A két genotípust összehasonlítva jól érzékelhető, hogy a BUT hibrid esetében a növekedés során a két ivar zsírbeépülése közötti különbség az idő előrehaladtával egyre nőtt. A nőivar zsírosodási hajlama sokkal kifejezettebb, már 12. hetes korban kimutatható volt. Hímivarban, a test zsírtartalma, a 16. hétig nem változott érdemben, utána azonban jelentősen növekedni kezdett. A bronzpulykák esetében az ivarok közötti testzsír-tartalomban mért különbség kevésbé volt kifejezett, a fajtára jellemző lassúbb növekedés miatt. Az első 12 hétnél a zsírdepozíció mértékében nem mutatkozott jelentős eltérés a két ivar között, ugyanakkor azt követően fokozottabb mértékű zsírdepozíció tapasztalható nőivarban, 16. hét után pedig a hímivarban is (3. ábra).

3. ábra: A zsírintex ivaronkénti változása a BUT, illetve a bronzpulykában

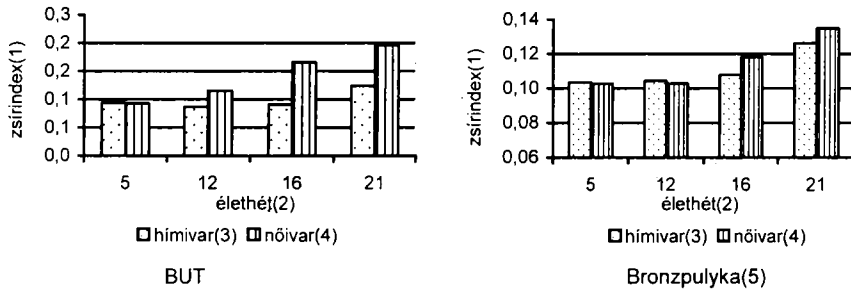


Fig. 3.: Alteration of the fat index in male and female BUT and bronze turkey genotypes fat index(1), age, weeks(2), male(3), female(4), bronze turkey(5)

Huszonegy hetes korban a teljestest zsírintex értékei alapján a sorrend genotípusonként és ivaronként a következő volt: BUT Big 6, hímivar (0,12), bronzpulyka, hímivar (0,13), bronzpulyka, nőivar (0,14), BUT Big 6, nőivar (0,20) (Andrássy-Baka és mtsai, 2003b).

HU változókon alapuló becslési eljárások

Az alábbiakban közölt eredmények többváltozós lineáris regressziós módszereken alapulnak, ahol az eredeti denzitásértékek összevonásából készített HU változók adják a becslő egyenletek független változóit.

Brojlercsirke

A teljestest zsírtartalmának meghatározására irányuló kísérletben összesen 114 AA Regular brojler vett részt. A 4. és 18. hetes életkor között CT-n sorozatfelvételekkel vizsgált madarakat véletlenszerűen két csoportra (94, illetve 47 egyed) osztottuk. A PCA módszerével kidolgozott becslő egyenletek az első csoport vizsgálati eredményein alapultak, az összefüggések megbízhatóságát a második csoporttal ellenőriztük.

Az elért becslési eredmények ($R^2=0,88-0,89$), a nyúlön végzett vizsgálathoz hasonlóak (Romvári és mtsai, 1998). Figyelemre méltó módon, az abdominális régió alapuló becslés (ami a teljes vizsgált térfogat 3/8-a) a teljestesten alapuló közelítéssel azonos eredményt adott (4. ábra). Az egyenleteket független adatállományon tesztelve a mért és a becsült zsírtartalom közötti kapcsolat jónak mondható. Különösen az abdominális régióra vonatkozó 0,84-es R^2 érték bizonyítja a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát (5. ábra).

Morfológiai viszonyok vizsgálata 3D rekonstrukciókkal

A keresztmetszeti képkalkotás gyors fejlődése, elsősorban a számítógépes háttér teljesítményének emelkedése teszi lehetővé valós 3D rekonstrukciók elkészítését. A bemutatott néhány példa jelzi a módszer állattenyésztési alkalmazási lehetőségeit.

4. ábra: Az eredeti állományon alapuló egyenlet ellenőrzése független állománnyal

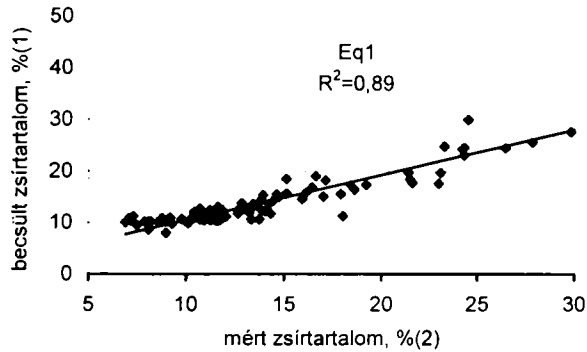


Fig. 4.: Testing the equation of the original population on an independent one estimated fat(1), measured fat(2)

5. ábra: A teljes test kémiai analízissel meghatározott és PC analízis alapján becsült zsírtartalma közötti összefüggés

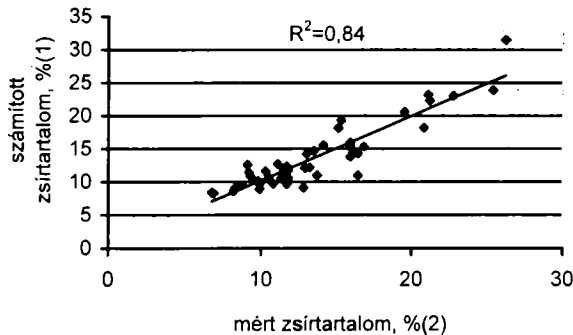


Fig. 5: Relationship between the total body crude fat content as measured by direct chemical analysis and PC method estimated fat(1), measured fat(2)

Baromfifélék mellizomzatának alakulása

A kísérletben Arbor Acres Regular (AA) és Foxy Chick (FC) húshibridet vizsgáltunk (n=10-10) 2. és 9. hetes kor között, hetenkénti gyakorisággal, a *pectoralis* izmokat lefedő sorozatfelvételekkel. Célunk a genotípus függő mellizomzat beépülés tanulmányozása volt.

A mellcsont hosszúsága és a mellizom térfogata között fennálló kapcsolatot exponenciális függvény illesztésével írtuk le a teljes vizsgálati periódusra (AA és FC, $R^2=0,91$ és $0,85$). A mért izomfelszín és izomtérfigat értékek hányadosával a mellizomzat geometriáját jellemeztük. Kéthetes életkortól kezdve csökkent a vonatkozó index értéke, jelezve a *pectoralis* izomzat kompaktabbá válását (relatív kis mellizom hosszúság párosul viszonylag nagy mellizom keresztmetszettel). Morfológiai szempontból egyfajta kiegyenlítődés megy végbe,

amennyiben a kéthetesen megállapított (AA: 2,23, FC 2,65) különbség 9. hetes korra jelentősen csökken (AA: 0,94, FC 1,04) a két brojler genotípus között (Andrássy, 2003).

A különböző genotípusú brojlercsirkék, tojótyúkok és pulykák mellizomzatának geometriai felépítését 3D rekonstrukciókkal jellemeztük, melyre példával szolgál a 6. ábra.

6. ábra: Huszonegy hetes BUT Big 6 és bronzpulyka mellizomzatának 3D rekonstrukciója



Fig. 6.: 3 dimensional reconstruction of the breast muscle in BUT and Bronze turkey genotypes at 21 weeks of age

A libamáj zsírtartalmának *in vivo* meghatározására szolgáló vizsgálatokhoz kapcsolódva 3D megjelenítéssel jellemeztük a töméses hizlalás során landeszi libák májának geometriai változásait (7. ábra), ugyanazon egyedek ismételt CT felvételezésével (Andrássy-Baka és mtsai, 2002).

7. ábra: Libamáj 3D rekonstrukciója tömési szakaszonként

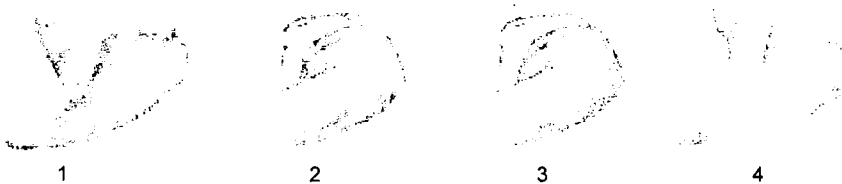


Fig. 7.: 3 dimensional reconstruction of the goose liver at different force-feeding periods

Hízott libamáj kialakulása

Az előkészítési (1), illetve a tömés utáni visszaalakulási fázis (4) összehasonlítása jól szemlélteti, hogy a tömés során bekövetkező térfogat és konformáció változások nagymértékben reverzibilisek. A mért denzitásértékek érzékenyen követik a töméses hizlalás folyamatát. Az előkészítés szakaszában, valamint az utolsó vizsgálati időpontban a jellemző átlagos HU értékek közel azonosak (55–80 HU). A töméses hizlalás során (2., 3. fázis) a denzitásértékek gyorsan csökkennek és elérik a –50 HU értéket, mely közelít a tipikus zsírszövet denzitáshoz, jelezve a tömött máj igen magas, akár 50%-os zsírtartalmát.

A tomográf felbontásának szintjén homogénnek tekinthető májszövet ideális a CT alapú analízishez, miután annak minden összetétel változása jelentős denzitásváltozással jár. A vizsgálatokban, a gunarak között tapasztalt nagy

variabilitás a jellemző HU értékben jó alapot nyújt a szelekcióra, amit megkönynyít az, hogy már néhány CT felvétel elegendő a hizott máj *in vivo* minősítéséhez.

Libamáj zsírtartalmának mérése

A libamáj előállítás szempontjából egyaránt fontos a lehető legnagyobb májtérfogat elérése, illetve a fogyasztók és az ipari feldolgozás számára is megfelelő zsírtartalom. Vizsgálatainkba 70 landeszi libát vontunk be, úgy, hogy az előkészítő szakasz végén, majd a tömés 13., 18., 19., 20., 21. és 22. napján történtek CT felvételezések a máj-zsírtartalom *in vivo* meghatározása céljából.

A korábbiakban ismertetett vizsgálatokban (nyúl, brojlercsirke, pulyka, hal) a becslőegyenletek általában az eredeti Hounsfield skála -200 és $+200$ közötti szakaszának denzitásértékeiből fejlesztett 40 változón alapultak. A lúdvizsgálatokban ezt az intervallumot -80 és $+100$ HU közé szűkítettük, továbbá elmaradt a szomszédos értékek összevonása. Az itt először alkalmazott PLS regresszió igen hatékonyan bizonyult a májszövet kémiai összetételének meghatározására. Utóbbi eljárás annyiban tér el a hagyományos PCA-tól, hogy itt a célváltozót is figyelembe vesszük az extrakciónál. Ennek megfelelően az első főkomponens tehát nem egyszerűen az, amelyikben a legmagasabb a variancia %-a, hanem az, amelyikben a legmagasabb a célváltozóval rokon variancia %-a. Az 1. táblázat tartalmazza a számított főkomponenseket, a hozzájuk tartozó variancia értékekkel, külön a nyersfehérjére és külön a nyerszsírra.

1. táblázat

A latens változók által magyarázott kalibrációs és validációs variancia

	Nyersfehérje(1)		Nyerszsír(2)	
	Kalibráció(3)	Validáció(4)	Kalibráció(3)	Validáció(4)
PC1	67,32	66,96	70,70	69,87
PC2	82,29	81,05	84,54	83,10
PC3	90,63	89,13	92,12	91,11
PC4	94,13	92,63	95,30	94,25
PC5	94,75	93,43	95,81	94,90
PC6	95,67	93,60	96,42	94,91
PC7	95,88	94,14	96,60	95,07
PC8	96,44	93,75	97,12	94,72
PC9	96,61	93,59	97,17	94,74
PC10	96,68	93,39	97,23	94,72

Table 1. Calibration and validation variance according the latent variables crude protein(1), ether extract(2), calibration(3), validation(4)

Általában minél közelebb van a kalibrációhoz tartozó variancia numerikus értéke a validációséhoz, annál megbízhatóbb a modellünk. A táblázatban jól látható módon, mindkét esetben (nyersfehérje és nyerszsír) a hetedik főkomponens felett (PC7) a validációs variancia értéke csökken, ami az ún. „zajsint” elérését mutatja. A nyersfehérje becslés pontossága ($R^2=0,96$) elérte a nyerszsírét ($R^2=0,97$). Az egyenletek ellenőrzésekor a kalibráció standard hibája (SEC) 5,64, illetve 6,73% volt a nyerszsír és a nyersfehérje esetében (Locsmándi és Ímcsai, 2005).

Szelekciós célú alkalmazások

A lúd fajban — a világon elsőként — két magyar tenyésztővállalat alkalmazta a CT módszert lúd tenyészvonalak szelekciójában. A Horn Péter által tervezett nemesítési programban, a Kolos Agro lúdtenyésztési vállalat apai vonalának mellhús súlyát 1995–2000 között 185 g-mal (18%) növelte — három generációs szelekció során — azonos élősúlyra vonatkoztatva (Miklósné, 2001). A Bábolna Rt. lúdnemesítési programjában egy generációs CT-re alapozott szelekció során a mellhús súlyának 6,7%-os növekedését realizálta szelekciós előrehaladásként. (Czinder és mtsai, 2001). Mindkét programban a CT alapú kétlépcsős tömegszelekció rendkívül nagymértékű — generációnként mintegy 6%-os — mellhússúly gyarodáshoz vezetett, bizonyítva az eljárás kiemelkedően nagy gyakorlati hatékonyságát.

A szívteljesítmény és a vázizomtér fogat összefüggése

A húshasznú állatok, kiemelten a sertés és a pulyka esetében a vágóérték javítására irányuló szelekció jelentősen növelte a színhústartalmat. Az utóbbi években ugyanakkor egyre több jel mutat arra, hogy ez az egyoldalú változás a légző- és a keringési rendszert erősen terheli. A pulyka szívteljesítmény *in vivo* jellemzésére dinamikus szív MR képalkotó módszertant fejlesztettünk (Romvári és mtsai, 2002), majd 5-5 hím, illetve nőivarú BUT Big 6 genotípusú egyedeket vizsgáltunk ismételten 6., 12. és 20. hetes életkorban.

A vizsgált életkor tartományban, a balkamrai végdiasztólés és végszisztólés térfogat a hímivarban kétszeresére, a nőivarban pedig 1,3–1,5-szörösére növekedett. Ennek megfelelően a verőtér fogat érték folyamatos, korfüggő emelkedést mutatott, amelynek mértéke a hímivarban valamivel magasabbnak bizonyult (8,17 vs. 5,16 ml, 20. hetes életkor). A meghatározott átlagosan 0,5 ml/kg-os verőtér fogat index érték más madárfajokkal összehasonlítva alacsony, rámutatva arra, hogy a genetikai szelekció eredményeként úgynevezett „ülő típusú, kevésbé aktív” (so-called sedentary) madár fejlődött ki. A szívfrekvencia értékek az életkor emelkedésével párhuzamosan, mindkét ivarban csökkentek, ugyanakkor a számított perctér fogatnál (CO) fordított tendencia érvényesült (♂ 0,76–1,33, ♀ 0,58–0,93 L/min, 12., illetve 20. hetes életkor).

8. ábra: Az egységnyi testsúlyra számított testfelszín érték alakulása pulykán

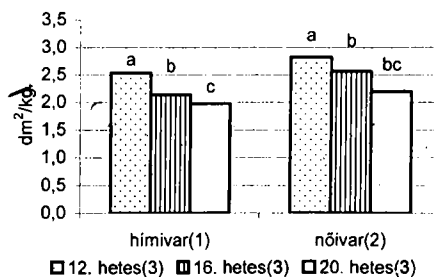


Fig 8.: Alteration of the body surface value per bodyweight unit in turkey male(1), female(2), 12, 16, 20 weeks(3)

Az MRI vizsgálatokat követően, mindkét állatfaj egyedeinél CT felvételezéssel meghatároztuk a vázizomzat térfogatát, ami lehetővé tette a vázizomzat és a szívteljesítmény együttes vizsgálatát. A testsúly és a testfelszín együttes értékelésekor a hőleadó képesség szempontjából kedvezőtlen, statisztikailag igazolható tendenciát írtunk le, amennyiben az életkor előrehaladtával párhuzamosan az emelkedő hőtermeléssel szemben jelentős a relatív testfelszín csökkenés.

A funkcionális MRI és a térfogatos CT vizsgálatok együttes értékeléséből származó egységnyi testfelszínre vonatkoztatott CO értékek 12. és 20. hetes életkor között mindkét ivarban csökkentek (♂ 28,3 és 25,6 dm³/L/perc, ♀ 29,6 és 24,4 dm³/L/perc). Általánosságban a testfelszínre jutó keringés mérséklődése alapvetően csökkenti a hőleadás képességét, amely hatás különösen azért súlyos, mert a folyamatos szelekció eredményeképpen a nagytestű pulykák hőtermelése jelentősen emelkedik.

Az egységnyi vázizomsúlyra vonatkozó relatív perctérfogat (relCO) érték konzekvens, életkor függő emelkedést mutat (9. ábra). Hímivarban a számított relCO értékek rendre meghaladták a nőivar adatait 12. és 20. hetes életkor között (♂ 5,57 és 6,73 dm³/L/perc), illetve 4,98 és 5,6 dm³/L/perc). Az eredmények alapján az látszik, hogy a folyamatos szelekció következtében a vázizomzat beépülése relCO érték növekedéséhez vezet, ami a keringési tartalékok csökkenéseként interpretálható az intenzív hústípusú pulykában. A leírt jelenség hímivarban kifejezettebb, ami jelzi a bakok nagyobb érzékenységét a *cardio-vascularis* rendellenességek iránt (Romvári és mtsai, 2004).

9. ábra: A relatív perctérfogat érték változása pulykán, az életkor függvényében

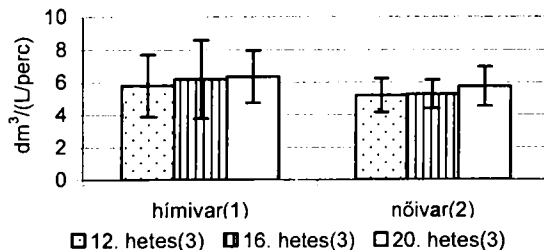


Fig. 9: Effect of age on the changes of the relative cardiac output value, in turkey male(1), female(2), 12, 16, 20 weeks(3)

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink során különböző *in vivo*, a kémiai testösszetételt becsülő eljárásokat dolgoztunk ki. Ezen közelítések, a CT felvételek pixeljeihez tartozó röntgensugár elnyelődési értékek gyakorisági eloszlásán alapulnak. A képfeldolgozás során meghatározott, HU változókon alapuló becsülő módszerekkel a nyerszirtartalom — állatfajtól függetlenül — igen jól becsülhető, míg a nyersfehérjeteralom meghatározás pontossága ettől elmarad. Lényeges eredmény, hogy a

vizsgált baromfifélék mindegyikénél lehetőség volt a felvételszám jelentős csökkentésére, a testösszetételt önmagában is jól jellemző régió, így az abdominális régió kiemelésével. A főkomponens analízis megfelelő módszerek bizonyult a kémiai összetétel megállapítására, amit a becslőegyenletek független állományokon való tesztelése bizonyított. További vizsgálatainkban elsőként igazoltuk, hogy a PLS regresszió alapuló feldolgozás jelentősen javítja a becslési pontosságot.

A szöveti összetétel meghatározását célzó vizsgálataink eredményei alapján megállapítható, hogy a CT felvételek gyakorisági eloszlásaiból származtatott burkoló felületek alkalmazása jó lehetőséget nyújt a növekedés során bekövetkező szöveti összetétel-változások követésére. Ugyanazon állat ismételt felvételezésével, illetve csoport átlagokra alapozva eltérő baromfi genotípusokat hasonlítottunk össze. Ennek során rámutattunk néhány, a vázizomzat beépülés növelésére irányuló szelekció eredményeképpen létrejött alapvető testösszetétel különbségre. A tojótyúk vedletéssel kapcsolatos vizsgálatokkal bizonyítottuk a módszer használhatóságát rövid távú, de jelentős testösszetétel változással járó folyamatok értékelésében is.

Állattenyésztési szempontból újszerűek azok a spirál CT felvételek szekvenálásán alapuló háromdimenziós rekonstrukciós közelítések, amelyek jól alkalmazhatók eltérő szervek, izomcsoportok pontos geometriai megjelenítésére. Ezen 3D modellezések további előnye, hogy a próbavágást, illetve darabolást igénylő mérésekkel szemben a valós anatómiai viszonyok vizsgálhatók, így az egyes genotípusok közötti eltérések, illetve bizonyos szelekciós hatások pontosabban megítélhetők. Az általunk kidolgozott módszer lehetőségeit jól szemléltetik a lúdfajban a tömés alatt és után, a májbeépülés és a májminőség egy lépésben történő követését célzó vizsgálatok egyértelmű és egyúttal nagy gyakorlati jelentőségű eredményei.

A húshasznú állatfajokban a vágóérték javítására irányuló szelekció eredményeképpen jelentősen nőtt a vágott testben a színhústartalom. A több évtizedes folyamat különösen a sertés és a pulyka esetében kifejezett. Az utóbbi években azonban egyre több jel utal arra, hogy az egyoldalú, a vázizomzat növelését eredményező változás a szervezet más szervrendszereit, elsősorban a légző- és a keringési rendszert terheli. Utóbbi vizsgálatának egyik lehetséges módja a szívteljesítmény nem invazív, *in vivo* mérése. Kísérleteink során adaptáltuk a dinamikus szív MRI módszerét pulykára, majd nemzetközi szinten is először vizsgáltuk a szívteljesítmény és a vázizomtér fogat összefüggéseit, rámutatva a keringési tartalékok csökkenésére nagy hústermelési kapacitású pulykában.

IRODALOM

- Andrássy, G.(2003): Különböző típusú és genotípusú baromfifajok testösszetételének vizsgálata komputer tomográfiai. PhD. értekezés, Kaposvár
- Andrássy-Baka, G. – Romvári, R. – Bogenfürst, F. – Molnár, M. – Locsmándi, L.(2002): *In vivo* investigation of fatty goose liver by means of CT. Acta Agraria Kaposvariensis, 6. 2. 131–137.
- Andrássy-Baka, G. – Romvári, R. – Milisits, G. – Sütő, Z. – Szabó, A. – Locsmándi, L. – Horn, P. (2003a): Non-invasive body composition measurement of broiler chickens between 4–18 weeks of age by computer tomography. Arch. Tierzucht, 46. 6. 585–595.

- Andrássy-Baka, G. – Romvári, R. – Sütő, Z. – Szabó, A. – Horn, P.(2003b): Comparative study of the body composition of different turkey genotypes by means of CT. Arch. Tierzucht, 46. 1–3. 285–293.
- Czinder, K. – Beck, K. – Beregházi, A. – Kanyó, Á. – Kiss Cs. – Mátyus, A.(2001): Bábolnai Emdeni Fehér pecsenye és húsliba teljesítményvizsgálata. Három különböző módon szelektált szubpopuláció összehasonlítása. Baromfi ágazat, 1. 50–56
- Emmans, G.C.(1989): Growth and body composition. In: Recent advances in turkey science. (eds. Nixey, C. – Grey, T.G.) Poult. Sci. Symp., 21. Butterworths, London, 135–166.
- Hartmann, W.(1988): From Mendel to multi-national in poultry breeding. Poult. Sci., 29. 3–26.
- Knap, P. W.- Luiting, P. (1999): Selection limits and fitness constraints in pigs. In Abstracts of the 50th Ann. Meet. EAAP, Zurich, Wageningen Pers, Wageningen, P.53.
- Locsmándi, L. – Romvári, R. – Bogenfürst, F. – Szabó, A. – Molnár, M. – Andrássy-Baka, G. – Horn, P.(2005): *In vivo* studies on goose liver development by means of computer tomography. Anim. Res., 54. 135–145.
- McKay, J.C. – Barton, N.F. – Koehuis, A.N.M. – McAdam, J.(2000): The challenge of genetic change in the broiler chicken. In: The challenge of genetic change in animal production. (eds. Hill, W.G. – Bishop, S.C. – McGuirk, M. – McKay, J.C. – Simm, G. – Webb, A.J.) Br. Soc. Anim. Sci., Edinburgh, Occasional Publication, 27. 1–7.
- Miklósné Horváth, E.(2001): Ha húslúd, legyen izmos. Baromfiágazat, 1. 57–59.
- Romvári, R.(1996): A komputer tomográfia lehetőségei a húsnyúl és a brojlercsirke testösszetételének és vágóértékének *in vivo* becslésében. PhD. értekezés, Kaposvár, 121.
- Romvári, R. – Dobrowolski, A.. – Repa, I. – Allen, P. – Olsen, E. – Szabó, A. – Horn, P.(2005): CT calibration method development for lean meat percentage determination of pig carcass. Acta Vet. Hung., 53. 2. 153–162.
- Romvári, R. – Petrás, Zs. – Bajzik, G. – Hevesi, Á. – Sütő, Z. – Horn, P.(2002): ECG-gated MRI examination of turkey heart. 11th Europ. Poult. Conf., Bremen, Arch. Geflügelkd. Sonderheft, 66.
- Romvári, R. – Petrás, Zs. – Sütő, Z. – Szabó, A. – Garamvölgyi, R. – Andrássy, G. – Horn, P. (2004): Non-invasive characterization of the turkey heart performance and its relationship to skeletal muscle volume. Poult. Sci., 83. 696–700.
- Romvári, R. – Szendrő, Zs. – Jensen, J.F. – Sorensen, P. – Milisits, G. – Bogner, P. – Horn, P. – Csapó, J.(1998): Noninvasive measurement of body composition of two rabbit populations between 6–16 week of age by computer tomography. J. Anim. Breed. Genet., 115. 383–395.
- Siegel, P.B. – Dunnington, E.A.(1987): Selection for growth in chickens. CRC Crit. Rew. Poult. Biol., 1. 1–24.

Érkezett: 2005. augusztus
Szerzők címe: Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Authors' address: University of Kaposvar, Faculty of Animal Science
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u.40.
e-mail: romvari.robort@freemail.hu

TESTMÉRETFELVÉTEL VIDEOKÉP-ELEMZÉS SEGÍTSÉGÉVEL SZARVASMARHA ÁLLOMÁNYOKBAN

MARÓTI-AGÓTS ÁKOS — JÁVORKA LEVENTE — GERA IMRE — BODÓ IMRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A videokép elemzéses testmért felvételi módszer (VATEM) leírását, technológiai részleteit és a szarvasmarha-állományokban történő alkalmazás elmúlt öt évének gyakorlati tapasztalatait foglalják össze a szerzők. A módszer, a felvett mozgókép kiválasztott kockáján lévő állat testméreteit, szoftver segítségével képes meghatározni. Az eljárás gyorsasága (100 egyed/óra), rugalmas alkalmazhatósága (rögtönzött felvételi helyeken is sikerrel használható, eszközei könnyen szállíthatók) teszi az állatok méretfelvételének megfelelően pontos, biztonságos és az állatot kímélő, korszerű módjává. Részletes bemutatásra kerülnek a módszer eszközei és a mérési folyamat menete, valamint a hagyományos módon és az új módszerrel felvett méretek összehasonlításával kapcsolatos eredmények. Az VATEM-mel eddig összesen megmért 3270 szarvasmarha és bivaly adatai fél tucat tudományos vizsgálatban került felhasználásra.

SUMMARY

Maróti-Agóts, Ákos – Jávorka, L. – Gera, I. – Bodó, I.: USE OF VIDEO-TECHNICS FOR MEASUREMENTS OF CATTLE

Description of Video Aided Measurements (VAM) method, detailed technics and practical use during the last five years is summarized in this article. The software used is able to determine the measurements of animals on selected pictures. The method is modern, safe, and accurate because it is fast (100 individuals/hour), applicable also in improvised places, the tools can be transported easily, and it serves the purposes of animal protection as well. The tools, the detailed procedure of measurements and the comparison with traditional results are demonstrated. The data of 3270 cattle and water buffaloes were used for half dozen investigations.

BEVEZETÉS

A testméret-felvétel, hasonlóan a súlyméréshez, a klasszikus állattenyésztési módszerek közül az egyik legfontosabb. A testméretek felvételének módszerei az idők során nem sokat változtak, a hagyományos módon szalaggal, bottal, ívkörzővel mért távolságok és magasságok legfőképpen a mértékegységekben különböznek. A testméretek anatómiai pontok egymástól és a földtől való távolsága alapján határozzuk meg. Ezeket az összefüggéseket évszázados gyakorlat alapján használjuk az állatok testalakulásának jellemzésére.

A testméret-felvétel sokszor nehéz, sőt veszélyes. A nagy állományokban külterjesen tartott állatok viselkedése nem teszi egyszerűvé a kiszemelt egyedhez mérőeszközzel közelítő állattenyésztő dolgát. Emellett a hagyományos méretfelvétel nagyon hosszú időt igényel. A feladat megoldására olyan módszert sikerült kidolgoznunk, amely nem az állatot állítja meg, csupán a róla készült videofelvételt.

Munkánkban részletesen bemutatjuk a videokép analízis tesztméret-felvételi, az általunk „magyar” mozaikszóval VATEM-nak nevezett módszer eszközeit és a mérési folyamat menetét, valamint közöljük a módszer pontosságával és a hagyományos módon felvett méretek és a VATEM-méretek összehasonlításával kapcsolatos eredményeinket, és röviden ismertetjük az — egyelőre csak elméletben létező — lézerrel segített kiegészítő terepi alkalmazást.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az első képkalkoló eljárással mért testméretek *Lehmann* (1909) vette föl sztereó fényképek, illetve a térképészetben alkalmazott sztereó-fotogrammetria alkalmazásával, és már kiküszöbölte a perspektivikus torzulást is. A lótenyésztésben ajánlotta a módszer alkalmazását. *Knoll és mtsai* (1936) az ugrólovak testméreteit és mozgását is elemezték lassító filmkamerával.

Szarvasmarhákat optikai módszerrel *De Boer és Nijboer* (1973), valamint *Jankowski* (1975) mértek először, mégpedig sztereó-fotogrammetriai eszközökkel. *Jankowski* élő állatok vágóértékét becsülte, *De Boer* pedig a hasított állati testen végzett vizsgálatokat.

A sztereó-fotogrammetria lehetővé teszi az állat nagy pontosságú, három dimenziós „domborzati térképének” elkészítését, de mind a felvételek készítéséhez, mind pedig kiértékelésükhöz költséges berendezések szükségesek. A technikai eszközök fejlődése azonban kiküszöbölheti a sztereó-fotogrammetria módszerének hátrányait: *Harvey és mtsai* (2003) biztató eredményeket értek el a *Thunnus maccoyii*, egy déli féltekén honos tonhalfaj 47 egyedének víz alatti sztereó-videó módszerrel történő testméret-felvétele során, két kamera szinkron használatával és szoftveres földolgozással.

Mészáros (1977) kidolgozott egy, a gyakorlatban alkalmazható, olcsóbb képelemzéses eljárást, amelyben az állatokat kezelőfolyosóba épített, vasból készült négyzetrács mögé állítva fényképezte, és az így készült papírképről olvasta le a méretek vasrácsra vetülő transzformáit hosszát. A módszer figyelmen kívül hagyta a perspektivikus torzulásból fotópapír nyúlásából eredő hibá-

kat. Soós (1985) az eljárást továbbfejlesztve a lovak méreteit vizsgálta. Külön fényképezte le az állatot és annak helyén, annak képzeletbeli középsíkjába helyezve a vasrácsot, majd ezek képeit egymásra vetítve olvasta le a méreteket. Az állat medián síkjába eső méretek perspektivikus torzulása így elhanyagolható lett.

Vági és mtsai (1987) foglalkoztak hazánkban először optikai méretmeghatározással. A felvételek a fent leírt eljárások mindegyikében az állat álló helyzetében készültek, feltételezve a sikeres expozíciót, és az állat álló, standard testhelyzetét az adott pillanatban.

Az optikai méretfelvétel alkalmazhatóságában Nemes (1989) tett jelentős előrelépést. A hagyományos mérési és fényképezési eljárásokkal szakítva, videokamerát használt, s a felvevőgép előtt nyugodtan elhaladó (s eközben szabályosan és biztosan ismétlődő mozgásfázis következtében azonos testtartású) állatokról készült film egy-egy kimerévített képkockájának kézi beméretésével határozta meg a testméreteket. E módszer előnye, hogy az állatot nem kell mozdulatlanságra és szabályos testtartásra kényszeríteni: nem észleli a testméret felvételével járó procedúrát, a védekezési reakciók következtében nem vesz fel természetellenes testtartásokat.

Bodó és mtsai (1988) alkalmazták először a számítógépes képfeldolgozásra épülő testméret-felvételt, amelynek főbb lépései: videofelvétel, a képkocka kiválasztása, a képanyag digitalizálása, az anatómiai pontok megjelölése, végül a testméretek megállapítása egy méteres méterrúd-etalon használatával és a mérési adatok tárolása. Bodó és mtsai (1988) charolais teheneken végeztek méréseket, fontos újjításként bevezetve a fölülnézeti felvételeket, amellyel új perspektíva nyílt meg a tenyésztők számára. Eredményeik alapján megállapították, hogy a mérési hiba a hagyományos módszer alkalmazásakor mutatkozik nagyobbak, s ekkor leginkább a harmadik farszélesség adatai terheltek hibával.

Zehender és mtsai (1996) szintén videokamerát használtak a felvételhez és számítógépet a méretek meghatározásához. Eljárásukban az állatnak mégis megfelelő testhelyzetben kellett állnia. „Etalonként” egy 20 cm-es rudat használtak, az állat fölött, annak medián síkjában elhelyezve. Vági (1991) hasonló módszerrel, limousin bikákon végzett mérései alapján megállapította, hogy a képfeldolgozás módszerével a testméretek nagy pontossággal, jó ismételhőséggel határozhatók meg.

Gaál (1994) a technika fejlődését követve, már számítógépes szoftver alkalmazásával dolgozott fel húsmarhákról készült digitalizált képeket.

Tózsér és mtsai (2000) 16 húshasznú és 17 tejhasznú tehen marmagasságát és mellkas-mélységét mérték meg hagyományos módszerrel, ill. videokép-analízissel. A képanyag felvétele áthajtó folyosóban, az állatok megállítása nélkül történt.

Maróti-Agóts és Ratkóczy (2001a) magyar szürke szarvasmarhák megállítása nélküli méréséhez videokép-elemzéssel, számítógépes feldolgozással kapott adatokat a génmegőrzési munka támogatásában hasznosítják.

Bianconi és Negretti (2005) szintén képanalízises eljárással becsülték meg chianina fajtájú szarvasmarhák élősúlyát, vágósúlyát és a színhús-súlyát, majd eredményeiket mérlegben mért értékekkel vetették össze. A közvetett (képanalízis) és a közvetlen (mérleg) mérések közötti különbség 0,5% (élősúlyban, vá-

gósúlyban), ill. 0,98% (színhúsban), a közöttük lévő átlagos korreláció pedig 0,97, ill. 0,8 volt ($P < 0,01$).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Méréseinket elsősorban magyar szürke állományokban végeztük. Az állatokat minden esetben külterjesen tartották, méreteket róluk korábban nem vettek fel, a kezelő folyosóba viszont a kötelező vizsgálatok során évente egy-két alkalommal behajtották. A maremman és anatóliai szürke marhákat, valamint a bivalyokat szintén külterjesen tartották, de a törökországi, balikesiri bivalyállományt kivéve, mindenhol használtak kezelőfolyosót.

1. táblázat

VATEM-vizsgálatba bevont állományok

Tenyészet(1)	Állomány(2)	Felvétel éve(3)	n
Hortobágy	magyar szürke tehének(5)	2000.	800
Hortobágy	magyar szürke tehének(5)	2001.	850
Hortobágy	bivalytehének(6)	2001.	60
Apaj	magyar szürke tehének(5)	2001.	450
Tiszaigar	magyar szürke tehének(5)	2003.	280
Bugac	magyar szürke tehének(5)	2004.	300
Torre-Mancina, Olaszország(7)	maremman tehének(8)	2004.	30
Bandırma, Törökország(9)	anatóliai szürke tehének(10)	2005.	120
Bandırma, Törökország(9)	anatóliai bivaly tehének(11)	2005.	300
Balikesir, Törökország(12)	anatóliai bivaly tehének(11)	2005.	80
Összesen(13)			3270

Table 1.: The livestock which were measured with VAM
livestock(1), breed(2), year of reording(3), number(4), hungarian grey cow(5), water buffalo cow(6), Torre-Mancina, Italy(7), maremmana cow(8), Bandırma, Turkey(9), anatolian grey cow(10), anatolian water buffalo cow(11), Balikesir, Turkey(12), total(13)

Módszer

A videokép-elemzéses testméret-felvételi módszert, terep- és feldolgozási szakaszra lehet osztani. A terepszakasz, a videofelvétel elkészítése és annak részfeladatai, a feldolgozási szakasz pedig az elkészített filmfelvételek szoftveres feldolgozása, és a testméretek meghatározása.

Terepszakasz

A t sikeres lebonyolításhoz a felvételi hely és a kameraállások kialakítása, a kamerák beállítása, az állatok felhajtásának módja, valamint a felvétel elkészítésének módja kíván figyelmet.

Felvételi hely: A módszer rugalmasságának záloga a felvételi hely könnyű kialakíthatósága. Alapkövetelményei ellenben a következők: az állatot a felvételi hely tengelyében kell megtartani — kb. 1–1,5 m széles —, nem takarhat ki fontos pontokat az oldalsó és a felső nézeti képből, legalább 3 méter hosszú, valamint a kamerák elhelyezésére is megfelelő lehetőség kell legyen.

A fenti követelményeknek megfelelő helyszínen lehet előkészített vagy rögtönzött. Az előkészített körülmények legkedvezőbb esetben az erre a célra épített kivethető oldalú kezelőfolyosó-szakasz, de egyéb alkalmas hely is lehet, mint például egy vékony (legfőlegbb 2–3 cm-es) fémrúdkorlátú mérleg jó oldalsó rálátással. A rögtönzött felvételi helyszínek sokszor a meglévő, épített karámhoz kapcsolódva azt meghosszabbítva alakíthatók ki. (Jó példa erre az apaji és a torre Mancinai felvételi hely, ahol egy mázsáló folyosó meghosszabbításával megfelelő körülményeket teremtettünk.) A hosszabbítás történhet kötelekkel, de zsinórokkal is, ha az állomány ismeri a villanypásztort — kihasználva ezt az etológiai lehetőséget az állat megtévesztésre —, vagy alkalmas egyéb eszközökkel, mint például vasbetonhálóból készült kerítésdarab (Torre Mancina). Más, karám nélküli, rögtönzött felvételi helyeken a meglévő tereptárgyakat és a helyszínen talált eszközöket (teherautók, fák, deszkák), valamint köteleket használtunk fel (Balikesír-Törökország).

Fontos szempont a felvételi hely kialakításánál a kitörés megakadályozása a balesetek elkerülése és a felszerelés védelme érdekében.

Az oldalsó és a felső kamera által „befogott” felvételi hely ideális esetben azonos, ekkor ugyanazt a mozgulatsort láthatjuk mindkét felvételen, amely az egyedazonosítást nagyban megkönnyíti, ehhez viszont a kezelőfolyosó mindkét oldalára szükségünk van, hiszen a felső kameraállás szerelvényei kitakarnák az oldalsó kép fontos részleteit. Amennyiben a felső és oldalsó felvétel rögzítési helyei a folyosó különböző pontjaira estek, annak csak gyakorlati előnyeit tapasztaltuk. Az egyetlen hátrány ekkor az egyedazonosítás nehézsége lehet, bár a sorrend változatlanásával és csoportthataró jel — pl. tíz-tizenöt egyedenként mindkét kamerának bemutatott váltakozó színű tárcsa — alkalmazásával ez kiküszöbölhető.

Kameraállások: A VATEM-módszer az oldalsó és a felső kamerák által készített képeket hasznosítja, de a szemből készített képek is fölhasználhatók bizonyos, ritkán használt testméretek — pl. szarvalakulások — vizsgálatához, vagy küllemi bírálatok készítéséhez.

Az oldalsó kameraállás a felvételi hely tengelyére fektetett, annak hosszúságával megegyező méretű szakaszfelezőjén helyezkedik el — mégpedig a perspektívikus torzítás csökkentése érdekében minél távolabb a felvételi helytől. Vizsgálatainkban 12–15 méteres távolságot tartottuk. A kamera az állatok hátvonalának várható magasságában lévő vízszintes síkban tekint a felvételi hely közepére. A szintezéshez optikai szintezőt, de csöves vízmértéket is használhatunk. A kameraállvány kivitele lényegtelen, mert a beállítást a felvételi helyre fektetett szakasz felezőpontján, a kívánt magasságban lévő jelnek a rögzített kép közepére helyezéssel végezzük.

A felső kameraállás kialakítását, fejlesztéseket eredményeképpen, már könnyen szállítható, összecusukható világítástechnikai állványra rögzített gémmel oldjuk meg. Az állvány (Manfrotto A700 BoomStand) végébe becsúsztatható T idomhoz a gém tengelyen keresztül kapcsolódik. A terpesztett lábú állványt a folyosó mellé állítva, a gém emelésével tudjuk a folyosó tengelye fölé igazítani a felső kamerát. A gém végéhez kardáncsuklóval kapcsolt alumínium iáphoz fotócsavar rögzíti a kamerát. A kamera függőlegességét az alumínium laphoz rögzített, stabilizátor feladatot is ellátó ellensúlyokkal állítottuk be. A függőleges

tengely körüli csavarodást a kardáncsukló megakadályozza. A gém folyosótól távolabbi végén indokolt lehet ellensúlyokat elhelyezni, de az állvány rögzítésére terpesztett lábakra helyezett homok- vagy takarmányos zsákokat is használhatunk.

Két alkalommal szemből is készítettünk felvételeket. Ekkor a folyosó tengelyében az állatok hátának síkjába állított kamerát használtunk, a lehető legtávolabbról, teleobjektívvel, erős fedezékben, hiszen az állatok szabadulva a folyosóról könnyen kárt tehetnek benne. Megoldandó feladat a szemből történő felvételnél, az állatnak a kalibrálási ponthoz érkezési pillanatának felismerése, amire egy állatra vetülő, erős fénycsóva, esetleg távolságmérő berendezés használható.

Kamerák, beállítások: A felvételekhez *Digital8*-as és *miniDV* rendszerű kamerákat használtunk.

Főbb technológiai jellemzőik a következők: 24 kép/sec, leggyorsabb zársebesség 1/1000 sec, felbontás: 576x720 pixel, interlaced, digitális jelrögzítés, kimeneti jel formátuma RAW-avi a gyártó kódolási eljárásával (Panasonic, Sony dv-formátum).

A színkezelés a kamerákban automatikus fehéregyensúly-beállítást tesz lehetővé.

A felvételi helyen a kamerák képét a kompozit kimenetéről kapott jel felhasználásával ellenőrző képernyőn folyamatosan figyelhettük. Ezekre a kamera felvételi adatait is megjeleníthettük, így a készenléti és a felvételi visszajelzést (STANDBY és REC) megkaptuk.

A felvételek egyidejű indítását és irányítását — a kábeles távirányítást lehetővé tevő LANC-csatlakozón — az általunk tervezett és készített szinkronkapcsolótáblával végeztük.

Etalonok felvétele, kalibráció: A kamerák végleges beállítása után következett az etalonként használt méterrudak felvétele. Az oldalsó és a felülnézet esetében is el kellett végezni a vízszintes és a függőleges beállítást is: oldalnézetben a folyosó középvonalában (ahol az állat testének medián síkja várható), felülnézetben 130 cm magasságban (ahol a legtöbb állat marmagassága várható). Az állatok felvétele előtt és után is felvett méterrudak visszamérése lehetővé teszi a változatlan optikai beállítások ellenőrzését.

Felvétel: A felvétel célja nyugodtan mozgó, lépés jármódú állatok egymás takarása nélküli felvétele az egyedek azonosításával. Az egyenkénti „eresztés” kedvező esetben olyan ritmusban történik, hogy az állatok az előttük haladó farát láthassák mert a ilyenkor veszik fel a nyugalmas vonulás sebességét. Az azonosítás legegyszerűbb eszköze a fűszám beolvasása a kamerákba, ehhez mikrofont — esetleg rádiómikrofont — használva, visszajátszáskor tisztán érthető a számsor. Az állatokra felírt számok is segíthetik az azonosítást.

Fontos körülmény a gulyások hozzáállása, mert míg az állatokat riogató olasz buttero — lovas gulyás — és az állatokra váratlanul rákiabáló, hirtelen nekiinduló török gulyások szinte lehetetlenné teszik a folyamatos munkát, addig a kiszámíthatóan mozgó, nyugodtan hajtó, tapasztalt magyar gulyások nagyban segítették a tempós munkát.

Feldolgozási szakasz

Állóképek előállítása laboratóriumban: A felvételeket a szalagról „firewire” (IEEE 1394) kapcsolaton töltöttük le személyi számítógépre, ahol tömörítetlen DV (digital video) formátumban készítettünk belőlük *avi* fájlokat. A fájlméretek 12-16 gigabájt között alakultak a felvétel hosszúságától függően, tömörítési eljárásokat nem használtunk, mert napjainkban már ekkora fájlokat is biztonságosan képes kezelni a megfelelő kiépítésű PC. A filmeket archiváláshoz DVD-lemezekre vittük 4,7 gigabájtis részekre darabolva.

A kész filmfájlról a *VirtualDub 1.6.4.* programmal választottuk ki a kívánt testhelyzetű állóképet. Ezt hasonlóan a videofájllhoz, tömörítés nélküli BMP-formátumban mentettük. A PAL-rendszerű videojel félképek sorozatából áll, ezért az elkészült képek még zavaró csíkozást tartalmaztak, ezt az Adobe cég DEINTERLACE-filterével szűrtük ki.

A képek paraméterei a következők:

- Windows BitMaP-formátum,
- 720x576 felbontás - 24bit színmélység,
- fájlméret: 1,29 MB,
- fájlnev: az ENAR-jelzéssel megegyező.

A standard testhelyzet kiválasztásának indoklása

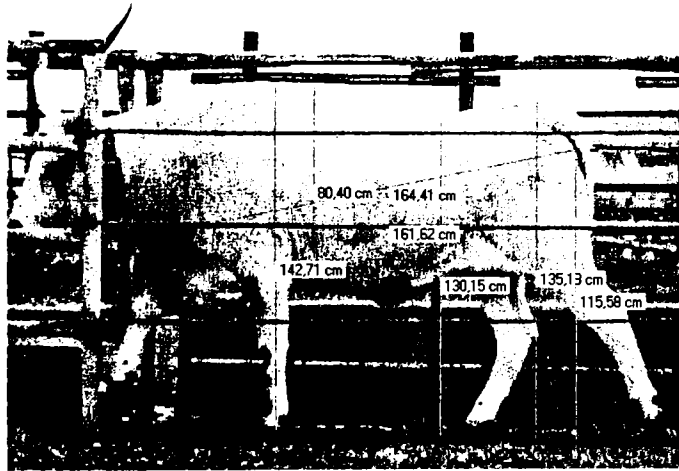
Nyugodt körülmények között a szarvasmarha lépésben jár. Erre a jármódra jellemző egy olyan pillanatnyi állapot (fázis), amikor az állat testsúlyát három végtag viseli. Ezt választottuk szabvány (standard) testhelyzetnek, mégpedig abban a pillanatban, amikor az oldalsó kamera felé eső mellső láb metacarpusának tengelye a függőlegest éppen eléri (átlépés a csülökizületben). Ekkor az ellentétes mellső láb a levegőben függ, az előreledítés mozzanatában. A két hátsó végtag még a talajon helyeződik, a felénk eső hátsó láb hátrafelé (alátámasztás szakasza), az ellenoldali hátsó láb előre felé tekint (súlyeltolás szakasza).

A mozgásnak ebben a pillanatában néhány testméret anatómiai pontja nem esik egybe a hagyományos méretfelvételnél jellemző statikus állapottal, így az értékek is eltérőek. Mégis mivel ez a pillanat a mozgóképen a legkönnyebben felismerhető (standardizálható), a módszeren belül az egyes egyedek jól összehasonlíthatók lesznek.

Az egyedről készült kép szoftveres beméretezése

Harmadik lépésként az általunk tervezett VATEM 1.0 szoftverrel megjelöltük a tehének anatómiai pontjait a képeken. A program adott sorrendben kijelzi a következő felhelyezendő pont nevét, egészen a kép teljes feldolgozásáig. Ezután a felvett egyméteres etalonok alapján megállapított képpont/m (pixel/m) arányt felhasználva kiszámítja és a méretvonalakat behúzva, azokra centiméterben kiírja a valóságos testméreteket (1. és 2. kép).

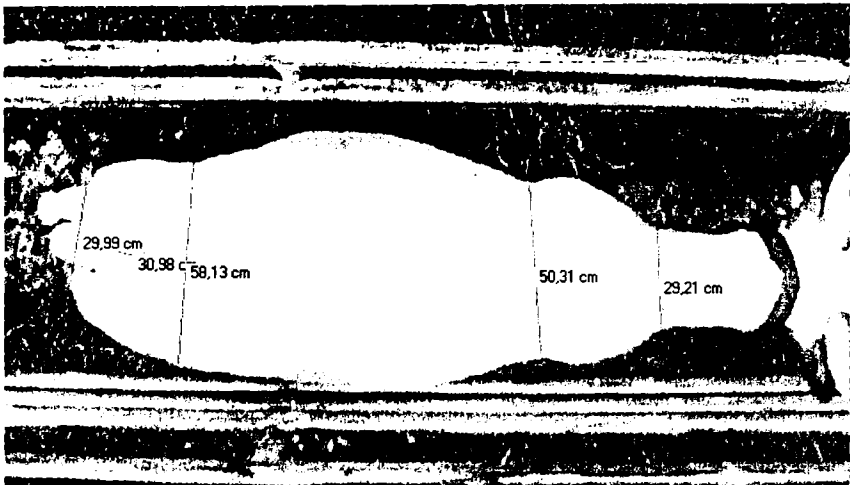
1. kép: A Tiszaigari 319 fűlszámú magyar szürke tehén oldalnézeti, méretezett képe



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
 In colour www.atk.hu (2005/5)

Picture 1.: Lateral view of measured Hungarian Grey cow (No. 319) at Tiszaigar

2. kép: A Tiszaigari 319 fűlszámú tehén felülnézeti, méretezett képe



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
 In colour www.atk.hu (2005/5)

Picture 2.: Upper view of measured Hungarian Grey cow (No. 319) at Tiszaigar

A méretezéséhez szükséges kalibráláshoz eltérő módszerrel adhat új lehetőséget egy általunk újabban fejlesztett eszköz (LAVAM). A felvételt készítő kamera tengelyére merőlegesen elhelyezett konzol két végén 50 vagy 100 cm távolságban helyeztünk el a kamera tengelyével nagy pontossággal, párhuzamos vonalon világító lézereket (sorrendben: jobb lézer, kamera, bal lézer). A két teljesen párhuzamos lézer képes kb. 25–30 m távolságban lévő tárgyakra is,

beállítás szerint 50 vagy 100 cm távolságban lévő pontokat vetíteni. A kamera által rögzített képen ezek a pontok a kép középpontjától azonos távolságban mutatkoznak, referenciatávolságot biztosítva a kép beméretezéséhez. Nehézséget okozhat, ha az állat tengelye nem párhuzamos a konzollal, hiszen a méretek ebben az esetben torzulnak a háromdimenziós kép kétdimenziós rögzítésekor. Megoldás lehet a lézerekkel együtt használt, alattuk elhelyezett távolságmérők (lézeres vagy ultrahangos) használata, melyek bizonyos tűréssel értelmezett, azonos kijelzett távolságainál tekinthetjük párhuzamosnak a konzolt és a mérendő állatot. Ez a módszer a terepi munkában, valamint a vadgazdálkodás terén jelenthetne segítséget.

EREDMÉNYEK

A módszer hibáinak vizsgálata

Perspektivikus torzulás: A perspektivikus torzulás azon geometriai törvényszerűségből adódik, miszerint a kamerától távolabb eső dolgok a valóságoshoz képest egyre kisebbnek látszódnak. A látszólagos és a valódi méretek közötti eltérés a nézőpontnak a vizsgált szakaszhoz való közelítésével egyre nő, közöttük fordított arányosság, hiperbolikus összefüggés van. A perspektivikus torzításból adódó hiba nagyságát befolyásolja az állat tengelyének és a folyosó tengelyének legnagyobb lehetséges eltérése, azaz minél szűkebb a folyosó annál pontosabbak a méretek.

A hiba korrigálására két megoldást alkalmaztunk. Oldalnézetben a nézőpont, azaz a kamera távolabb helyezésével csökkentettük 1% alá a perspektivikus torzításból eredő hibát, felülnézetben korrekciós függvényeket használtunk melyeknek paramétereit az oldalnézeti adatokból nyertük.

A mellkasszélesség és a vállszélesség pontjai felülnézetben a kontúron helyezkednek el (Nemes, 1989).

Technológiai hiba: A módszer technológiai pontatlanságának kiszámítását az egyméteres referencia méretek önmagukkal való visszamérésével, vagyis a különböző szögben felvett, skálázott méterrudak beméretezése alapján végeztük (2–3. táblázat).

2. táblázat

A technológiai hiba mértéke I.: Visszamérések oldalnézetből

Az etalon szöge a visszamérésnél(1)	Mért eredmények átlaga, cm(2)	Átlagértékek relatív hibája $S_x\%$, %(3)
Vízszintes(4)	100,00	0
22°	99,96	0,04
46,5°	100,08	0,08
88°	99,93	0,07
Függőleges(5)	100,00	0

Table 2.: Rate of technological error I: Lateral view remeasuring angle of the reference bar at the remeasuring(1), mean of the measured data(2), relative error of mean values(3), horizontal(4), vertical(5)

A technológiai hiba mértéke II.: Visszamérések felülnézetből (az etalon 130 cm magasságban)

Az etalon szöge a visszaméréskor a folyosó tengelyéhez viszonyítva(1)	Mért eredmény átlag, cm(2)	Átlagértékek relatív hibája $S_x\%$, %(3)
Párhuzamos(4)	99,96	0,04
22°	100,00	0
46,5°	100,00	0
Merőleges(5)	100,08	0,08

Table 3.: Rate of technological error II: Upper view remeasuring (reference bar at 130cm high) angle of the reference bar and the axis of corridor at the remeasuring(1), mean of the measured data(2), relative error of mean values(3), parallel(4), perpendicular((5)

Az eredmények tükrében megállapítottuk, hogy a technológiai hiba mind a filmfelvétel (centrális torzulás szempontjából korrigált lencsésű kamera, pontos képképzési mechanizmus, precíziós CCD, nagy felbontás, rövid expozíciós idő), mind a további feldolgozás során (tömörítetlen filmformátum, tömörítetlen képformátum) elhanyagolható.

Metodikai hiba: A videokép-analízises méretfelvétel három lehetséges metodikai hibáját vizsgáltuk:

- a felvételi helyen ismételten áthajtott és felvett egyedek ismételt méretezése egy kezelő által (4. táblázat),
- azonos kép azonos kezelő általi ismételt méretezése (5. táblázat),
- azonos kép két kezelő által felhelyezett anatómiai pontjaiból számított testméretek eltérése (6. táblázat).

A metodikai hiba mértéke I.: Két kép (azonos állat) – egy kezelő

Testméret(1)	Mérések átlagos relatív hibája $S_x\%$, %(2)
Ferde törzshossz(3)	1,16
Marmagasság(4)	0,09
Mellkasmélység(5)	0,15
Farbúbmagasság(6)	0,12
Dongásság(7)	0,17
Farszélesség I.(8)	0,64
Farszélesség III.(8)	1,43

Table 4.: Rate of methodical error I: Two picture (same animal) – one operator measurement(1), mean of relative error of data(2), trunk length(3), height at withers(4), chest depth(5), rump height(6), width of the chest(7), width of the rump I., III.(8)

A mérési hibák vizsgálatának eredménye

A hibák hatását összegezve — a perspektivikus torzítást korrigálva — a videokép-analízis módszerrel azonos méretek esetén is elegendő pontossággal lehet meghatározni a testméretek, melyeknél a módszer pontatlannabbnak bizonyult.

5. táblázat

A metodikai hiba mértéke II.: Egy kép – egy kezelő ismételten

Testméret(1)	Mérések átlagos relatív hibája $s_x\%$, %(2)
Ferde törzhossz(3)	1,32
Marmagasság(4)	0,10
Mellkasmélység(5)	0,19
Farbúbmagasság(6)	0,12
Dongásság(7)	0,34
Farszélesség I.(8)	0,57
Farszélesség III.(8)	1,58

Table 5.: Rate of methodical error II: One picture – one operator repeated as in Table 4.(1–8)

6. táblázat

A metodikai hiba mértéke III.: Egy kép – két kezelő

Testméret(1)	Mérések átlagos relatív hibája $s_x\%$, %(2)
Ferde törzhossz(3)	0,34
Marmagasság(4)	0,01
Mellkasmélység(5)	0,03
Farbúbmagasság(6)	0,03
Dongásság(7)	0,01
Farszélesség I.(8)	0,01
Farszélesség III.(8)	0,67

Table 6.: Rate of methodical error III: One picture – two operator as in Table 4.(1–8)

A hagyományos és a VATEM-méreték összehasonlítása

Nemes (1989) minden videós testmérethez külön korrekciós állandót rendel a hagyományos méretek kiszámításához. *Bianconi és Negretti* (1999), valamint *Tőzsér és mtsai* (2000) regressziós egyenletekkel határozzák meg az összefüggést a hagyományos és a videós-számítógépes módszerrel mért adatok között.

A hagyományos méretekkel való összevethetőség érdekében megvizsgáltuk az eltérő módszerrel mért adatok összefüggését. Tíz magyar szürke tehenet mértünk meg hagyományos eszközökkel és videokép analízis technikával. A viszonylag kis elemszámú mintán végzett regresszióanalízis eredményeként kapott regressziós egyenletek és a korrelációs együtthatók az összefüggések változó mértékű szorosságát jelzik (7. táblázat).

Vizsgálataink alapján a hagyományos és a VATEM testméretek összehasonlításakor szükséges a regressziós egyenletek használata.

A módszer eddigi alkalmazásai

A mérési módszert a következő témákban használtuk fel eredménnyel: A magyar szürke szarvasmarha testalakulásának vizsgálata (*Maróti-Agóts és Ratkóczy*, 2001), a maremman és a magyar szürke szarvasmarha testméreteinek összehasonlítása (*Maróti-Agóts és mtsai*, 2005), valamint a magyar szürke

szarvasmarha génmegőrzési munkájának támogatása (*Maróti-Agóts és mtsai, 2003*).

7. táblázat

A hagyományos és a VATEM módszerrel nyert testméretek között számított regressziós analízis eredménye (n=10)

Testméretek párosítva hagyományos (y) – VATEM(x)(1)	Regressziós egyenlet(2) $y=a+bx$	Korrelációs együttható(3)
Marmagasság(4)	$y=8,63+0,916x$	0,85***
Ferde törzhossz(5)	$y=-25,11+1,166x$	0,96***
Mellkasmélység(6)	$y=14,21+0,744x$	0,81**
Hátközépmagasság(7)	$y=21,30+0,848x$	0,615*
Farbúbmagasság(8)	$y=67,02+0,462x$	0,505
Farszélesség l.(9)	$y=-14,99+1,168x$	0,547

Table 7.: Results of analysis of regression between measurements by traditional and VAM (n=10) pair of trait traditional(y) and VAM(x)(1), regression equation(2), correlation coefficient(3), height at withers(4), trunk length(5), chest depth(6), height of the back(6), rump height(8), rump width l.(9)

Most folyó vizsgálatainkban az összes jelentős magyar szürke tenyészet, valamint a podóliai fajtakör fajtainak összehasonlítása történik.

KÖVETKEZTETÉSEK

A VATEM-módszer sok szempontból képes kiküszöbölni a „kézi” méretfelvétel nehézségeit hiszen:

— a videofelvétel egyszerű standard helyzetben megállított állat nem mozdul el, ideális testhelyzetben szinte az összes testméret felvehető;

— sokkal rövidebb idő alatt elvégezhető: a méretek felvétele a helyszínen 100 állat/óra sebességgel folyhat, utána kényelmes szoba-körülmények között lehet befejezni a mérést, 1 óra alatt kb. 40 állat gyorsasággal;

— az állatra és emberre egyaránt veszélyes munkafolyamat biztonságos telep- és még biztonságosabb feldolgozási szakaszra cserélhető föl;

— állókép készíthető az állat fölött elhelyezett kamera által rögzített felvételtől is, így szinte az összes két dimenzióra vetített testméret meghatározható (kivétel a körméretek); kétségtelen, hogy a méretek nem minden esetben azonosak a hagyományos méretekkel, de regressziós egyenletek felhasználásával tehetünk összehasonlításokat;

— új, eddig hagyományos eszközökkel nem meghatározható méretek is meghatározhatók, mint például a testfelület: ennek a gulyában tartott húsmarha súlybecslésekorl lehet nagy jelentősége;

— a módszer eszközigénye kicsi, hiszen egy oltófolyosóra amúgy is minden gulya mellett szükség van, a videokamera ma már nem különlegesség, a szükséges állványok pedig könnyen elkészíthetők;

— a géntartalékként kezelt gulyák esetében külön jelentőséggel bírnak az állatok méretei mellett a felvételek, mert az „archiválás”, a jelen állapot rögzítése is fontos;

— a nehézkes és a tömegmunkában hosszadalmas, hagyományos méret-felvétellel szemben a videós megoldás még a széplelkű állatvédők igényeit is kielégíti.

IRODALOM

- Bartosievicz, L.(1978): A szarvasmarha testarányainak összefüggése a hasznosítási típussal. Doktori értekezés; Gödöllő
- Bianconi, G. – Negretti, P.(1999): Analisi di immagine e valutazione morfologica lineare. Bianco Nero, 2. 30–32.
- Bianconi, G. – Negretti, P.(2005): Live weight, dead weight, and yield at slaughtering of chianini beef by means of optoinformatic evaluation methods. 4th Wrld Italian Beef Cattle Congr., Italy
- Bodó, I.(1988): A magyar szürke vonalak kialakulása és szerepük a tenyésztésben. Magyar szürke tenyésztők Országos Tanácskozása, Bánhalma, Kézirat, 15.
- Bodó, I. – Eszes, F. – Gera, I. – Jávorka, L. – Kovács, Gy.(1988a): Taking body measurements by using videotechnique. 23rd Int. Charolais Congr., Miskolc
- Bodó, I. – Eszes, F. – Jávorka, L.(1988b): Testméret-felvétel új módszerrel – videotechnika. Magyar Mezőgazdaság, 43. 26.
- De Boer, H.– Nijboer, H.(1973): Stereo diapositives an aid in carcass assessment. Wrld Rev. Anim. Prod., 9. 3. 50–57.
- Gaál, Cs.(1994): Újszerű testméret-felvételi és értékelési módszer vizsgálata charolais anyatehén állományon. Diplomamunka, Agrártudományi Egyetem Főiskolai Kar, Hódmezővásárhely
- Guba, S.(1985): A szarvasmarha tenyésztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Harvey, E. – Cappel, M. – Shortis, M. – Robson, S. – Buchanan, J. – Speare, P.(2003): The accuracy and precision of underwater measurements of length and maximum body depth of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) with a stereo-video camera system Fisheries Res. 63. 3. 315–326.
- Jankowsky, W.(1975):Studies on methods of estimating *in vivo* the slaughter value of cattle III. Stereophotogrammetry. Pracel Materialy Zootechnicze, 9. 52–62.
- Knoll, W.(1936): Der Bewegungsablauf bei sportlicher Arbeit Vlg. V. J.A. Barth, Leipzig 1936.
- Lehmann, C.(1909): Ein neues Verfahren zum Messen der Haustiere. Landwirt. Jahrb., 35. 5. Vrgl. Paul Parey, Berlin
- Magyar, A.(1841): A podóliai szürkemarha „alföldimagyar” fajtájának testnagysága. Mezőgazdasági kutatások, 233–258.
- Maróti-Agóts, Á. – Bodó, I. – Jávorka, L.(2005): Comparison of body measurements in Hungarian Grey and Maremman cattle breed Előadás. 4th Wrld Italian Beef Cattle Congr., Italy
- Maróti-Agóts, Á. – Bodó, I. – Zöldág, L. – Jávorka, L. – Gera, I.(2005): A magyar szürke és a maremann szarvasmarha fajták összehasonlítása testméreteik alapján. MTA Állatorvos-tudományi Bizottsága, akadémiai beszámoló
- Maróti-Agóts, Á. – Ratkóczy, O.(2001a): A génmegőrzési munka támogatása videokép-analízisos testméret-felvétel alapján a magyar szürke szarvasmarha fajtában. MTA Állatorvos-tudományi Bizottsága, akadémiai beszámoló
- Maróti-Agóts, Á. – Ratkóczy, O.(2001b): Analysis of external characteristics of the native Hungarian Grey Cattle Breed. 52nd Ann. Meet. EAAP, Budapest
- Mészáros, Gy.(1977): Új módszer a szarvasmarhák testméreteinek felvételére és testarányainak elemzésére. Állattenyésztés, 6. 6. 525–530.
- Nemes, L.(1989): Húsmarhák méretfelvétele videoberendezéssel. Diplomamunka, Állatorvos-tudományi Egyetem, Budapest
- Soós, I.(1985): Lovak testméreteinek felvétele fényképek segítségével. Diplomadolgozat, Állatorvos-tudományi Egyetem, Budapest
- Tózsér, J. – Sutta, J. – Bedő, S.(2000): Videókép-analízis alkalmazása a szarvasmarhák testméretének értékelésében. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 5. 385–392.
- Vági, J.(1985): Method kompjuternoj obrabotki ekszteriennüh izobrazsenij mjasznogo szkota. Előadás a moszkvai Tyimirjzjev Akadémia tudományos ülésszakán
- Vági, J.(1991): A húshasznú tenyésztésben hasznosított másodlagos tulajdonságok értékelési módszerének fejlesztése. Kandidátusi értekezés. Tyimirjzjev Mezőgazdasági Akadémia, Moszkva, 1–226.

Zehender, G. – Cordella, L. P. – Chianese, A. – Ferrara L. – del Pozzo, A. – Barbera, S. – Bosticco, A. – Negretti, P. – Bianconi, G. – Filippi Balestra, G. – Tonielli, R.(1996): Image analysis in morphological animal evaluation: a group for the development og new techniques in zoometry. Anim. Genet. Inf., 20. 71–79.

Érkezett: 2005. augusztus

Szerzők címe: Maróti-Agóts, Á. – Jávorka, L.: Szent István Egyetem, Állatorvostudományi Kar

Authors' address: Szent István University, Faculty of Veterinary Science
H-1400 Budapest, Pf. 2.

Gera, I.: Magyar Szürke Szarvasmarha-tenyésztők Egyesülete
H-1134 Budapest, Lőportál u.

Bodó, I.: Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar
Debrecen University, Faculty of Agriculture
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

A KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK FELHASZNÁLÁSA A SZARVASMARHA HÚSIRÁNYÚ SZELEKCIÓJÁBAN

HOLLÓ ISTVÁN — TÖZSÉR JÁNOS — HOLLÓ GABRIELLA — ZÁNDOKI RITA — REPA IMRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai szarvasmarha-tenyésztés fejlesztése érdekében egyre inkább szükségszerűvé válik új korszerű módszerek kidolgozása, vizsgálata, és gyakorlati alkalmazása. A húsirányú szelekcióban nagy előrehaladást jelenthet a vágási jellemzők élő állaton történő becslése.

A tanulmány szerzői ismertetik az ultrahangos készülékek fejlődését az ún. *A-típusú* készülékektől a *real-time scannerekig*, valamint a különböző mérési módokat. Szakirodalmi adatokkal alátámasztva összegzik az ultrahangos mérések alkalmazásának indokait a szarvasmarha-tenyésztésben: közepes, illetve magas öröklődhetőségi érték, jó megbízhatóság, jelentős összefüggés a vágott állapotban megállapított értékmérőkkel (pl. hosszú hátizom terület, bőr alatti faggyúvastagság, márványozottság). Ismertetik a charolais, angus, hereford, és magyar szürke fajtákra vonatkozó hazai mérési eredményeket (bőr alatti faggyúvastagság a fartájékon, rostélyos keresztmetszet, P8). Rámutatnak a nemzetközi együttműködés lehetőségeire a *Breedplan* értékelési rendszer hazai adaptációjával kapcsolatban.

A eredmények igazolják, hogy — több paraméter kombinációjával — a színhús- és faggyú mennyisége megbízható módon előre jelezhető a szarvasmarha fajban is. A hazai és a nemzetközi eredmények alapján úgy látják, hogy az *in vivo* készített *ultrahangképek* értékelésén alapuló mérések jól beépíthetők a többlépcsős tenyészték-becslés rendszerébe és az ún. *hármás bordarész CT-és* elemzésével teljes körű információt szolgáltatnak a szelekció és a nemesítő munka számára.

SUMMARY

Holló, I. – Tözsér, J. – Holló, G.Ms. – Zándoki, R.Ms. – Repa, I.: USING OF SCANNING PROCEDURES IN THE MEAT TYPE SELECTION OF CATTLE

In development of Hungarian cattle breeding, elaboration, evaluation and practical use of modern methods has become more and more necessary. In the selection of beef cattle, *in vivo* prediction of slaughter traits is a great advantage.

Authors of this study report on the evolution of ultrasonic equipment from *A-type* instruments to *real time scanners*, and the different methods of measurement. Based on results published by several research teams, they summarise the reasons for application of ultrasonic measurements in cattle breeding: the medium and high heritability, the good reliability, and the important correlation with slaughter traits (e.g. eye muscle area, subcutaneous fat thickness, and marbling). Hungarian results of ultrasonic measurements (rump fat thickness, longissimus muscle area, and P8) performed on Charolais, Angus, Hereford, and Hungarian Grey cattle breeds are introduced. Possibilities of international co-operation, such as domestic application of *Breedplan* breeding value estimation system are overviewed.

The results verified that amount of lean meat and fat – in combination with more parameters – can be estimated reliably in advance in cattle, too. Authors find it useful to build *in vivo* ultrasonic evaluation into the breeding value estimation system. *Ultrasonic measurements* combined with computer tomography analysis of *rib samples* give a wide range of information for the selection and improving work.

BEVEZETÉS

A nemesítő munka egyik legfontosabb célkitűzése a szarvasmarha-tenyésztésben is a hústermelő-képesség javítása. Napjainkban a húsrányú szelekció során egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert a *vágóértékkel* és a *húsminőséggel* kapcsolatos értékmérő tulajdonságok. Ennek háttérében más állatfajokhoz (sertés, baromfi) hasonlóan a marhahússal szemben támasztott *megváltozott fogyasztói igények* állnak.

A szarvasmarha vágóértékét döntően a vágott test értéke, annak mennyiségi és minőségi jellemzői határozzák meg, amelyek közül a szöveti összetétel, a hús-csont-faggyú mennyisége és aránya a legjelentősebb. A szöveti összetétel ún. *próbavágással*, a *hasított felek kicsontozásával* állapítható meg. Ehhez egyrészt az állatokat le kell vágni, másrészt a féltestek kicsontozása munkaigényes, a vágóhídi technológiába nehezen illeszthető be. Emiatt a szarvasmarhatenyésztőknek, -nemesítőknek is régi törekvése olyan módszerek kidolgozása és gyakorlati alkalmazása, melyek révén a tenyész- és vágóállatok testösszetétele élő állapotban, illetve a hasított test összetétele a vágás után csontozás nélkül megállapítható.

Napjainkban számos módszer ismert, ezek gyakorlati alkalmazhatósága, a becslés pontossága azonban jelentősen különbözik. Az élő állapotban történő minősítés hagyományos módszere a küllemi bírálat vagy a kondíciópontozás, kisebb-nagyobb súllyal beépült a legtöbb húsfajta szelekciós rendszerébe. Az utóbbi évtizedben kezdődött meg a humámdiagnosztikában sikerrel használt, különböző elveken működő képalkotó eljárások (ultrahang, röntgensugár, mágneses rezonancia) kipróbálása és gyakorlati alkalmazása a szarvasmarhatenyésztésben. Jelen tanulmányunkban a *korszerű képalkotó eljárások* alkalmazásának eddigi *tapasztalatait, eredményeit* foglaljuk össze.

Az ultrahangos mérés alkalmazásának indokai a szarvasmarha-tenyésztésben

Az *ultrahangos mérés*technikát köztudottan a *humángyógyászatban* alkalmazták először az 1940-es évek elején. A haszonállatokon, elsőként a szarvasmarhán történtek mérések (*Temple és mtsai, 1956; Claus, 1957*).

Az ultrahangos mérések témakörében a *fontosabb ismereteket, eredményeket* az alábbiakban összegezzük:

Igazolták, hogy az ultrahangos mérések *ismételhetősége igen magas* ($I=0,99$), *megbízhatósága pedig nagyon jó* ($R^2=0,79-0,92$) (*Dobrowolski és mtsai, 1993*), ha a mérést és a képfeldolgozást végző személy gyakran gyakorolt, valamint a technikai feltételek (pl. nyakszorító, nyírógép, stb.) is rendelkezésre állnak (*Herring és mtsai, 1994; Wilson és mtsai, 2000*).

A bőr alatti faggyúvastagság (pl. ágyék, far tájék) mérését az indokolja, hogy ezek az adatok szoros összefüggésben ($r=0,80-0,87$) állnak a teljes faggyú %-kal (*Klawuhn és Staufenbiel, 1997*), ill., hogy az *in vivo* és a vágás után mért értékek között pozitív irányú, közepes, ill. szoros ($r=0,5-0,8$) összefüggés számítható (*Silva és mtsai, 2003; Wall és mtsai, 2004*). Fontos arra utalni, hogy a far tájékon — a nagyobb variancia miatt — kedvezőbb a mérés, mint a *rostélyos régiójában* (*Walter, 2002*) (1. ábra).

Caron és mtsai (1997); Moser és mtsai (1997); Wilson és mtsai (1999) adatai szerint a bőr alatti faggyúvastagságra számított örökölhetőségi értékek (0,30, 0,60 és 0,44) elég nagyok ahhoz, hogy a tulajdonság a tenyésztői programokban felhasználható legyen.

Ugyancsak kedvező, 0,36–0,39-es örökölhetőségi értékekről számoltak be a hosszú hátizom területére vonatkozóan Caron és mtsai (1997); Moser és mtsai (1997) és Wilson és mtsai (1999).

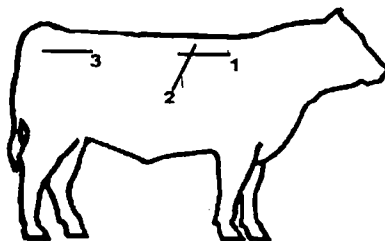
Pozitív közepes, ill. szoros genetikai korrelációt számítottak a hasított féltesteken, ill. az ultrahanggal élő állapotban mért hosszú hátizom területek között (Moser és mtsai, 1997; Reverter és mtsai, 2003; Griener és mtsai, 2003).

A húsvizsgálatok között, a márványozottság vizsgálatára (Whittaker és mtsai, 1992; Sakowski és mtsai, 1999) is alkalmazzák az ultrahang képeket. Hazánkban legújabban Szabó és mtsai (2000) több mint háromezer egyedre vonatkozóan 0,37-es h^2 -et állapítottak meg. Koch és mtsai (1982) korábban az előzőnél nagyobb (0,42), Gilbert és mtsai (1993) viszont kisebb (0,28) h^2 -eket számítottak.

Az ultrahangos mérési módszerek fejlődése

Az ultrahangos mérési módszerek közül az első, így a legrégebbi eljárás az ultrahang reflexióján alapszik (Augustini és mtsai, 1993; Pászthy, 2000). Az első generációs ultrahangos készülékek csak a távolságok mérésére voltak alkalmasak, elnevezésük is ebből ered, ún. A-típusú készülékek (A=amplitude). Ezeknek a készülékeknek az alkalmazása ezért nem volt probléma mentes pl. a rostélyos értékelésekor. Az 1. ábra az mutatja, hogy élő állaton milyen testtájakon lehet mérni a faggyút (1, márványozottság a hátán, 2, rostélyos a 12–13 borda között, 3, bőr alatti faggyú a faron).

1. ábra: A faggyúmérés pontjai szarvasmarhán (William, 2002)



márványozottság(1), rostélyos keresztmetszete(2), fartájéki bőr alatti faggyúvastagság(3)

Fig. 1.: Points of fat depth measurement in cattle
marbling(1), rib eye(2), rump fat(3)

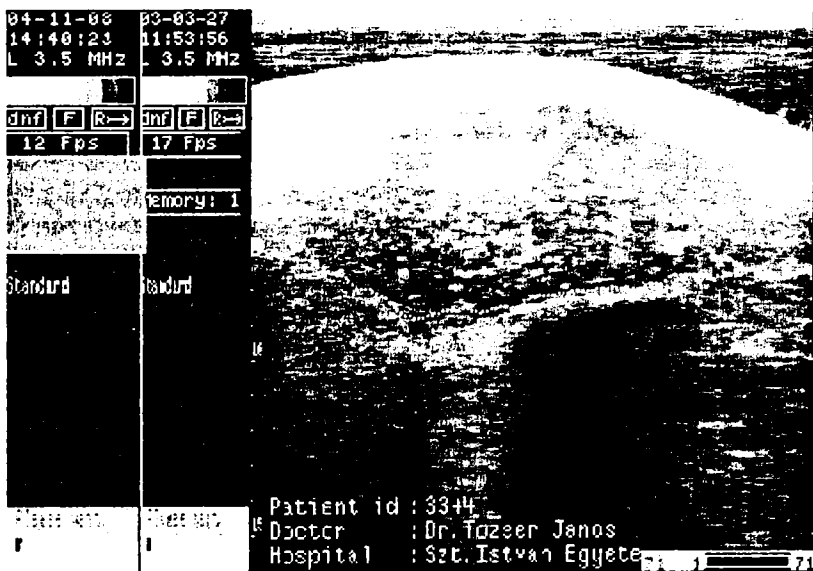
A három mérés során nyert adatokat regressziós egyenletekbe (bika, üsző, tinó számára) helyettesítették be a *m. longissimus dorsi* területének becslése érdekében. A fejlődés következő fázisában megjelentek ún. B-típusú (B=brightness) fekete-fehér kontraszt különbségeket megjelenítő készülékek, melyek már alkalmasak voltak felület mérésre. A fejlesztések eredményekép-

pen azonban az ún. *real-time* *scannereket* is létrehozták, amelyek már *kétdimenziós keresztmetszeti kép* (2D) előállítására alkalmasak. Az élőkép előállítását az teszi lehetővé, hogy a lineáris fej egész hosszában piezoelektromos kristályokat helyeztek el, amelyeket részlegesen aktiválnak (Gresham, 2004).

Mindez nagyban megkönnyíti a jó minőségű kép készítését (1–2. kép). Legújabban egy speciális program segítségével háromdimenziós ultrahang kép (3D) is előállítható.

Az ultrahang képeken történő méréseket manuálisan, vagy a gépre telepített szoftverrel végezhetjük el. Tózsér és mtsai (2005a) magyar szürke és charolais tinókon (életkor: $463 \pm 54,33$ nap, élősúly $614 \pm 70,5$ kg) végzett méréseik során hasonlították össze a manuális, ill. a regressziós módszert rostélyos felületének megállapítása céljából. A Falco 100 készülékkel készített képeken a 12–13. bordák között mérték a bőr ($0,39 \pm 0,08$ cm), a bőralatti faggyuréteg ($0,54 \pm 0,17$ cm), és a hosszú hátizom ($6,12 \pm 0,82$ cm²) vastagságát. Ezekből az adatokból az élősúly figyelembevételével a rostélyos területe $75,92 \pm 10,21$ cm² volt. A rostélyos felületét manuális körberajzolással $68,46 \pm 12,00$ cm²-nek találták. A manuális körberajzolással kapott értékek kisebbek voltak a regresszió segítségével számítottaknál ($P < 0,05$). A két módszer eredményei közt szoros pozitív korrelációt tapasztaltak ($r = 0,91$, $P < 0,01$). A kellő gyakorlattal még nem rendelkező személy esetén a regressziós módszert javasolják alkalmazni.

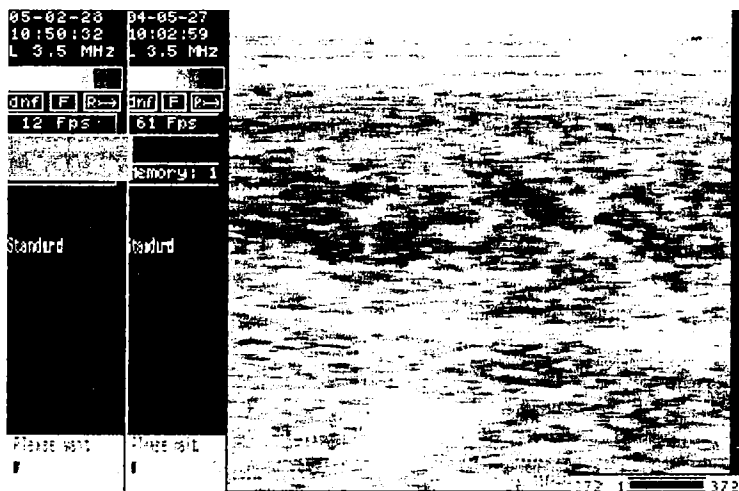
1. kép: A hosszú hátizom ultrahang képének értékelése körberajzolással charolais tinó esetében



Fotó: Tózsér János

Photo 1.: Scanned eye muscle area between 12–13 ribs in Charolais steer

2. kép: A P8 (fartájéki bőr alatti faggyúvastagság) mérése a faron holstein-friz hizóbikán



Fotó: Tózsér János

Photo 2.: Measurement of P8 (subcutaneous rump fat thickness) in Holstein-Friesian bull

A hazai helyzet és a nemzetközi együttműködés lehetőségei

A hazai szarvasmarha-tenyésztő egyesületek a *tenyésztérték-becslés* témakörében az *amerikai* és az *ausztrál kollégákkal* szakmai konzultációt folytatnak a *Breedplan* nevű értékelési rendszer hazai adaptálásával kapcsolatban. Az ausztrál rendszerben tenyésztértéket a következőkre számítanak: *hasított félteszek súlya*, *faggyúvastagság a 12. borda felett*, *bőr alatti faggyúvastagság a faron (P8)*, *hosszú hátizom területe*, *az eladható tömeg a hasított féltest %-ban*, és az *intramuszkuláris faggyú %*. A nemzetközi együttműködés jelentőségét mutatja, hogy az ausztrál rendszer felhasználja az amerikai ultrahangmérésekre alapuló tenyésztérték-becslés eredményeit. Az ultrahangkészülékek gyakorlati alkalmazásával kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy *Amerikában* és *Ausztráliában* jól szervezett technikus képző programok vannak, amelyeken a jelöltek — sikeres vizsga esetén — bizonyos típusú készülékekre akkreditációt kapnak.

A Magyar Charolais Tenyésztők Egyesületének számára, a *Breedplan* program, a születési súlyra, a 200 napos tejtermelésre, a 200 napos súlygyarapodásra, a 400. napos súlyra és az ellés lefolyására számított tenyésztértékeket az eddigi modellfuttatások alkalmával. A jövőbeni fejlesztések a hasított felek élő állapotban történő megítélését (hosszú hátizom vastagsága, faggyúboritottság a háton és a faron, márványozottság) lehetővé tevő ultrahang technika (scanner) hazai módszerének megalapozását segítik elő (*Domokos és mtsai, 2002*).

A szarvasmarha *húsminőségére* vonatkozó hazai ultrahangos vizsgálat ez ideig csak *egy témakörben* folyt. Az *angus* és *hereford* fajták esetében 1999-től kezdődően kezdték el mérni az STV zárásakor a tenyészbika-jelöltek bőr alatti faggyúvastagságát a far tájékon. *Tózsér és mtsai (2003)* beszámoltak arról, hogy a *fekete* és a *vörös* angus színváltozat ebben a tulajdonságban nem tér el

egymástól. Az angus és hereford fajták szelekciós indexébe beépítésre került ez a tulajdonság.

Hazánkban ez ideig csak magyar szürke és charolais fajtákban végeztek ultrahangos méréseket a hosszú hátizom területének becslésére, 18 cm-es real-time ultrahangfejjel.

Magyar szürke bikákon végzett mérések alapján a rostélyos becsült felülete, a csontozási paraméterekkel közepes, illetve szoros összefüggéseket számitottak (hús, kg: I $r=0,88$, $P<0,05$; II $r=0,66$, $P<0,05$; kivágott faggyú, kg: I $r=-0,59$; II $r=0,52$; csont, kg: I $r=0,89$, $P<0,05$; II $r=0,57$) (Tózsér és mtsai, 2004a). Eredményeik szerint az ultrahangkészülékkel való mérések a húshasznú tenyészbika-jelöltek minősítési rendszerébe beilleszthetők, jól kiegészítik a növekedési intenzitásra, -kapacitásra, és küllemre vonatkozó eredményeket.

A charolais fajtában is végeztek méréseket (Tózsér és mtsai, 2004b), megállapították, hogy az azonos környezetben nevelt charolais bikák és üszök becsült rostélyos felülete — 545., ill. 540. napos életkorban — nem különbözött egymástól ($86,4\text{ cm}^2$, $80,2\text{ cm}^2$). A charolais fajtában — a nemzetközi eredményeket megerősítve — Tózsér és mtsai (2005b) igazolták, hogy a szarvait ($n=13$) és szarvatlan ($n=23$) tenyészbika-jelöltek vizsgált jellemzői (pl. P8 szarvait: $0,46\pm 0,08\text{ cm}$, szarvatlan: $0,47\pm 0,14\text{ cm}$, *m. longissimus dorsi* területe: szarvait: $72,50\pm 8,82\text{ cm}^2$, szarvatlan: $70,63\pm 9,35\text{ cm}^2$) azonosak egymással.

Ultrahangmérésekre alapozott testösszetételt becslő egyenletek alkalmazása

Ez ideig számos közlemény számolt be különböző összetételű és eltérő megbízhatóságú regressziós modellekről. Ezek alkalmazása általában nehézségekbe ütközik az eltérő fajta, ivar, takarmányozás, stb. miatt (1. táblázat). Ezért célkitűzésünk lehet a jövőben — következetes próbavágásokra alapozott — hazai becslő egyenletek kidolgozása.

A CT felhasználásának lehetőségei a szarvasmarha húsirányú szelekciójában

A testösszetétel *in vivo* meghatározását célzó képalkotó eljárások közül a röntgen komputeres tomográfia állattenyésztési célú alkalmazása az 1980-as évek elején kezdődött meg. Sertés, juh, baromfi, nyúl fajokban végzett külföldi (Skjervold és mtsai, 1981; Sehested, 1986; Vangen, 1992; Thompson és Kinghorn, 1992; Baulain, 1994; Kallweit, 1994; Alfonso és Thompson, 1996; Young és mtsai, 1998), valamint hazai (Horn és mtsai, 1996; Romvári, 1996; Pászthy és Lengyel, 1999) kísérletek eredményei szerint a röntgen komputeres tomográfia élő állapotban nagy pontossággal becsülhető az állatok testösszetétele.

A szarvasmarha fajban a korszerű digitális keresztmetszeti képalkotó eszközök (CT, MRI) az állatfaj testnagysága miatt csak fiatal, kb. 80–100 kg élő súlyú borjak vizsgálatára használhatók. Ez lehet az oka annak, hogy ismereteink szerint a szarvasmarha fajban CT és MRI vizsgálatokat gyakorlatilag nem végeztek. Az előzőekben hivatkozott, más állatfajokban végzett kísérletes vizsgálatok kedvező eredményei viszont arra ösztönöznek, hogy az eljárásban rejlő előnyök miatt a szarvasmarha fajban is keresni kell a digitális keresztmetszeti képalkotó eszközök alkalmazásának lehetőségeit.

Néhány hasított féltest összetételét becsülő egyenlet jellemzői

Szerző(1)	Műszer(2)	n, ivar(3)	Függő változó, y(4)	A modell összetevői(5)	Determinációs együttható, r , R^2 (6)
Wallace és mtsai, 1977	Scanogram (B)	27, tinó(7)	Eladható súly a hasított féltest %-ban (10 mm faggyúboritottság)(10)	Faggyúvastagság a maron(15)	0,25
				Faggyúvastagság a 12/13 bordák között(16)	0,47
Simm és mtsai, 1983	Scanogram (B)	39, bika(8)	Színhús % a bal oldali féltestben(11)	Faggyú terület a 13. bordánál és a 3. ágyékcsigolyánál + életkor + élő súly(17)	0,72
Miller és mtsai, 1988	Aloka 210®	50	Faggyútartalom (kémiai elemzés) %(12)	Faggyúvastagság a maron, a 12/13 bordánál és a faron + rostélyos keresztmetszete(18)	0,83
Waldner és mtsai, 1992	Aloka 210®	60, bika(8)	Fehérjetartalom a 9-11 borda között, (kémiai elemzés) %(13)	Faggyúvastagság a 12/13 bordánál + élő súly + farbűbmagasság(19)	0,63
Griener és mtsai, 1995	Aloka 500®	282, tinó(7)	Eladható súly a hasított féltest %-ban (7,5 mm faggyúboritottság)(10)	Faggyúvastagság a 12/13 bordánál + P8 + rostélyos keresztmetszete + élő súly(20)	0,64
Griffin és mtsai, 1999	Aloka 210®	20, tinó(7)	Eladható súly a hasított féltest %-ban (12,7 mm faggyúboritottság)(10)	Faggyúvastagság a 12/13 bordánál + vese, szív és medence faggyú %(21)	0,38
Hassen és mtsai, 1999	Aloka 500®	970, tinó(7) és bika(8)	Eladható súly a hasított féltest %-ban(14)	Faggyúvastagság a 12/13 bordánál + márványozottság + rostélyos keresztmetszete + élő súly + farbűbmagasság(22)	0,60
May és mtsai, 2000	Aloka 210®	202, tinó(7) és üsző(9)	Eladható súly a hasított féltest %-ban (6,4 mm faggyúboritottság)(10)	Faggyúvastagság a 12/13 bordánál + rostélyos keresztmetszete + élő súly(23)	0,57
Wolcott, 2003	Aloka 500®	828 (angus), 329 (hereford) 214 (shorthorn) tinó(7)	Eladható súly a hasított féltest %-ban(14)	P8+rostélyos keresztmetszete + élő súly(24)	0,58 0,59 0,56

Table 1.: Characteristics for equations to predict carcass composition from real time ultrasound and live animal measurements

reference(1), instrument(2), sex(3), dependent variable(4), model components(5), coefficient of determination(6), steers (7), bulls (8), heifers(9), sellable weight in % of the carcass (fat thickness)(10), lean meat % in left side of carcass(11), fat content % (chemical analysis)(12), protein content between ribs 9–11 (chemical analysis)(13), sellable weight in % of the carcass(14), fat thickness at withers(15), fat thickness between ribs 12–13(16), area of fat at rib 13 + age+ live weight(17), fat thickness at withers, between ribs 12–13 and rump + ribeye area(18), fat thickness between ribs 12–13 + live weight + hip height(19), Fat thickness between ribs 12–13 + P8 + ribeye area + live weight(20), fat thickness between ribs 12–13 + kidney, heart and pelvic fat %(21), fat thickness between ribs 12–13 + marbling + ribeye area + live weight + hip height(22), fat thickness between ribs 12–13 + ribeye area + live weight(23), P8 + ribeye area + live weight(24)

Közismert, hogy hazánkban is évtizedek óta folynak kutatások a vágómarhák objektív minősítésével kapcsolatban. Bármely vágóállat minősítési rendszer célja a vágóérték meghatározása, ami ténylegesen a hasított testfelek értékelésén alapul. A minősítés során az osztályba, a kategóriába sorolást a vágott test szöveti összetétele, elsősorban a kitermelhető színhús mennyisége illetve aránya dönti el. Ennek pontos megállapítása azonban direkt módon az állat testének szétszedése nélkül nem oldható meg. A vágásra kerülő állatok többségé-

nek esetében nincs lehetőség a vágott test teljes körű szétbontására, ezért olyan módszert kell keresni, amely segítségével közvetlenül a vágás után megállapítható a hasított féltetek színhús, faggyú és csont aránya

A vágott test szöveti összetételének meghatározására, becslésére hazánkban és külföldön is számos kísérlet történt a vágott testből vett minták alapján. Ezek főbb eredményei az alábbiakban összegezhetők:

A vágott test színhústartalmának becslésére használt legrégebbi módszer a *hosszú hátizom területének* mérésén alapul. Rajzot, újabban fotómásolatot készítenek a *hosszú hátizom* metszetéről, meghatározott anatómiai pontokon (a 9–11. vagy 11–13. borda magasságában), majd hagyományosan planiméterrel, az utóbbi években számítógépes programokkal megállapítják a területét. Ebből következtetnek a vágott testben lévő színhús mennyiségére (Szűcs, 2002).

A hasított test faggyútartalmának becslésére a *vesefaggyú százalékos arányát* szokták használni, míg a csont arányára a négy lábvég súlyából lehet következtetni (Sárdi és mtsai, 2001). Amint azonban Bozó és mtsai (1999) leírják, az összefüggések nagysága változó ($r=0,40-0,75$), aminek következtében e módszerek megbízhatósága nem megfelelő.

A vágott test szöveti összetétele különböző *testtájak*, *húsrészek kicsontozásával* is megállapítható.

Számos vizsgálat (Küchenmeister és mtsai, 1990; Robinson és mtsai, 1992; Bozó és mtsai, 1995) utal arra, hogy bizonyos húsrészek, pl. oldalas, szegy, rostélyos, jól reprezentálják a hasított féltetek hús-csont-faggyú arányát. E tekintetben a rostélyosból a 9–11. vagy a 11–13. borda magasságában kivágott ún. *hármás bordarész* érdemli a legnagyobb figyelmet.

Hankins és Howe (1946) írták le először, hogy a hármás bordarész szöveti összetétele és a hasított testben lévő hús-faggyú és csont között a felsorolás sorrendjében $r=0,90$, $r=0,93$, $r=0,80$ mértékű összefüggés áll fenn. Ez pedig azt jelenti, hogy a vágott test vagy a hasított féltetek teljes kicsontozása helyett elegendő a hármás bordarész szöveti szétbontása.

A CT vizsgálat hazai eredményei

Az elmondottakból kitűnik, hogy az ismertetett módszerek közül a vágott test szöveti összetétele a hármás bordarész szétbontásával nagy biztonsággal becsülhető. A szöveti szétbontás azonban még mindig idő- és munkaigényes, valamennyi vágóállat esetében nehezen oldható meg. Kézenfekvő lehetőségnek kínálkozik viszont a szöveti szétbontás helyett a hármás bordarész CT-vizsgálata. A mérés viszonylag gyorsan elvégezhető (8–10 perc) és képfeldolgozó programokkal értékelhető, azaz megállapítható a szöveti összetétel.

Ebből a hipotézisből kiindulva kezdték meg Holló és mtsai (1998, 2001) azt a kísérletsorozatát, amelynek célja annak feltárása volt, hogy a hármás bordarész CT-vizsgálatával megbízhatóan becsülhető-e a hasított test szöveti összetétele. Összesen 208 különböző fajtájú, ivarú és korú vágóállat próbavágását végezték el. A vágást követő 24 órás hűtés után a jobb oldali félteteket kicsontozták. A csontozás előtt a féltetekből kivágták a 11–13. borda magasságában a hármás bordarészt, amelyeknek a *Kaposvári Egyetem Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetében* CT-vizsgálattal meghatározták a szöveti összetételét. Ezt követően a hármás bordarészeket is kicsontozták, szöveti szétbontás-

sal megállapították a hús- a faggyú és a csont mennyiségét és arányát. A statisztikai kiértékelés során a hasított test vágási jellemzői és a hármás bordarész szétbontással illetve CT-vizsgálattal megállapított szöveti összetételét hasonlították össze. Az összefüggés-vizsgálatok eredményeit a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat

A hasított féltest és a hármás bordarész szétbontással (kg), valamint CT-vizsgálattal megállapított szöveti összetétele közötti összefüggések

Megnevezés(1)	Hármás bordarész, kg(2)		
	színhús(3)	faggyú(4)	csont(5)
Hasított féltest, kg(6)			
színhús(3)	0,84–0,86	—	—
faggyú(4)	—	0,91–0,92	—
csont(5)	—	—	0,76–0,85
	CT adatok, Hounsfield-érték(7)		
	izom(3)	faggyú(4)	csont(5)
Hármás bordarész, kg(2)			
színhús(3)	0,80–0,97	—	—
faggyú(4)	—	0,82–0,94	—
csont(5)	—	—	0,85–0,96
Hasított féltest, kg(6)			
színhús(3)	0,84–0,88	—	—
faggyú(4)	—	0,91–0,93	—
csont(5)	—	—	0,76–0,81

Table 2.: Connections among tissue components established by CT investigation and by taking to pieces of carcass and rib samples (kg)
item(1), rib samples(2), lean meat, kg(3), fat, kg(4), bone, kg(5), carcass(6), CT data Housfield-value(7)

Az eredmények a szakirodalmi adatokkal megegyezően azt mutatták, hogy a hármás bordarész szöveti összetevői (színhús, faggyú, csont) szoros összefüggést mutatnak a hasított féltestek hasonló jellemzőivel. Legszorosabb összefüggés a *faggyú* esetében állt fenn, a hármás bordarészben lévő faggyúmennyiség a *vesefaggyú* mennyiségével $r=0,91$ -es, a hasított féltestből *kivágott faggyúval* pedig $r=0,92$ -es, statisztikailag biztosított ($P<0,001$) összefüggést mutatott. A számítógépes rétegvizsgálattal (CT) megállapított szöveti összetétel és a próbavágási, valamint a hármás bordarész szöveti szétbontásának eredményei között számított korrelációs koefficiensek ugyancsak szoros kapcsolatot igazolnak a *hús*, a *csont* és a *faggyú* mennyisége tekintetében egyaránt. Az eredmények összességében azt igazolják, hogy a hármás bordarész röntgen tomográfias vizsgálatával a hasított féltestek hús-, csont- és faggyú mennyisége jól becsülhető. Ez egyik lehetséges alkalmazása lehet a CT-vizsgálatnak a szarvasmarha-tenyésztésben. Szelekciós célokra olyan becslő egyenletek dolgozhatók ki, amelyekkel a vágási érték jellemző paraméterei meghatározhatók (3. táblázat).

A másik lehetőség a már hazánkban is bevezetett EUROP minősítés objektívebbé tétele a CT-vizsgálattal. Közismert, hogy ez a minősítési rendszer a hasított test, a testfelek izmoltságának szubjektív megítélésén alapul.

Hasított féltestek színhús-, csont- és faggyumennyiségének meghatározására alkalmas becslő egyenletek (P<0,01)

Tulajdonság (Y)(1)	Becslő egyenlet(2)	R ²
Színhús, kg(3)	110,973+0,00072xCTizom(6)+000095xCTzsír(7)0,00064xCTcsont(8)	0,56
	-4,725+0,738xhideg féltést(9)-0,0008xCTzsír(7)	0,95
	-5,621+0,699xhideg féltést(9)-0,00080xCTzsír(7)+0,00013xCTizom(6)	0,96
	-5,851+0,706xhideg féltést(9)-0,00083xCTzsír(8)+0,00023xCTizom(6)	0,97
	-0,00084xCTcsont(8)	
	-1,677+0,648xhideg féltést(9)-0,00081xCTzsír(7)+0,021xrostélyos színhús(10)-0,019xrostélyos csont(11)	0,97
Csont, kg(4)	-18,34+0,888xhideg féltést(9)-0,877xrostélyos faggyú(12)-0,00093CTcsont(8)+0,010xrostélyos színhús(10)	0,98
	36,588+0,0012xCTcsont(8)+0,0001247xCTzsír(7)	0,60
Faggyú, kg(5)	17,683+0,0015xCTzsír(7)-0,00060xCTcsont(8)	0,88

Table 3.: Estimation equations suitable for the definition of lean meat bone and fat content of carcass traits(1), estimation equation(2), lean meat, kg(3), bone, kg(4), fat, kg(5), CT-muscle(6), CT-fat(7), CT-bone(8), cold half carcass(9), rib muscle(10), rib bone(11), rib fat(12)

Több hazai vizsgálat (Bozó és mtsai, 1999; Sárdi és mtsai, 2001) utal arra, hogy az EUROP minősítés nem mindig esik egybe a tényleges színhús vagy faggyú arányokkal. Ezért javasolják — mint például a vágósertés minősítés esetében — objektív mért adatokkal való kiegészítését. Saját vizsgálatai (Holló és mtsai, 2001, 2004) során is azt tapasztaltuk, hogy az azonos izmoltsági osztályba sorolt vágómarhák testfeleinek színhústartalmában több mint 5%-os különbség is előfordult. Ezzel szemben ugyanazon vágómarhák hármás bordarészének CT-vizsgálattal meghatározott színhús mennyisége szoros (r=0,97) összefüggést mutatott a hasított féltest kicsontozásával megállapított színhús mennyiséggel (3. kép). Hasonló a tendencia a faggyú- és a csontmennyiség esetében is, vagyis a CT-vizsgálat jobban tükrözi a tényleges szöveti összetételt.

3. kép: A hármás bordarész CT képe



Fotó: Holló Gabriella

Photo 3.: CT-scan of the rib sample

Természetesen valamennyi vágómarha minősítésekor a CT-vizsgálat technikai, szervezési okok, valamint relative nagyobb költség miatt nem képzelhető el. Jelenleg a fajta-összehasonlító kísérletes vizsgálatokban és a hústermelőképesség tenyészték-becslésében (hús-ITV) jelenthet egy olyan lehetőséget, amely révén a költség- és munkaigényes vágóhídi próbavágás kiküszöbölhető és az EUROP minősítésen túlmenően a vágóértékek paramétereiről is megbízható adatok állnak rendelkezésre. A tenyészték-becslés megbízhatóságának növelése céljából további lehetőséget jelent az ultrahangos mérés és a CT-vizsgálat kombinálása. Ezzel kapcsolatos kísérletes vizsgálatok jelenleg folynak.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A hazai és a nemzetközi eredmények alapján egyértelmű, hogy az *in vivo* készített ultrahang képek értékelésére alapuló mérések (bőr alatti faggyú vastagság, rostélyos területe stb.) jól beépíthetők a többlépcsős tenyészték-becslés rendszerébe (STV, ITV) és az ún. *hármás borda* rész CT-és elemzésével teljes információt szolgáltatnak a szelekció és a nemesítő munka számára.

A hazai CT eredmények egyértelműen igazolják, hogy színhús és a faggyú mennyisége — több tulajdonság kombinációjaként — nagy biztonsággal előre jelezhető.

Az ultrahangos mérések és a CT-és adatok együttes alkalmazása továbbfejleszhetővé teszik a hazai húshasznú ivadékvizsgálat jelenlegi módszerét.

IRODALOM

- Afonso, J. – Thompson, J.M.(1996): Fat distribution in sheep selected for/against backfat depth, during growth on *ad libitum* feeding. *Livest. Prod. Sci.*, 46. 2. 97–106.
- Augustini, C. – Branscheid, W. – Schwarz, F.J. – Kirchgessner, M.(1993): Growth specific alterations of carcass quality of fattening cattle of German Simmentals: IV. Influence of feeding intensity and slaughter weight on the coarse tissue composition of steer carcass. *Fleischwirtschaft*, 73. 1058–1065.
- Baulain, U.(1994): Bestimmung der Körperzusammensetzung landwirtschaftlicher Nutztiere mit Hilfe der Röntgen-CT. In: Nicht-invasive Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung-optimierung der quantitativen Analyse. Kallweit, E. – Henning, M. – Baulain, U. (ed.): *Landbforsch. Völknerode, Sonderheft*, 145. 110–118.
- Bozó, S. – Klosz, T. – Sárdi, J. – Rada, K. – Timár, L.(1995): Vágómarhák csontos húsának kereskedelmi bontás szerinti összetétele. *ÁTK Herceghalom*, 111.
- Bozó, S. – Sárdi, J. – Bárányi, I. – Bölcsey, K. – Györkös, I.(1999): Vágómarhák testösszetétele és EUROP minősítése. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 48. 6. 637–638.
- Caron, N. – Kemp, R.A. – Weiss, G.M.(1997): Genetic parameters estimates of carcass traits in Charolais cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. (suppl), 149.
- Claus, A.(1957): Die Messung natürlicher Grenzflächen in Schweinekörper mit Ultraschall. *Fleischwitsch*, 9. 552–554.
- Dobrowolski, A. – Höreth, R. – Branscheid, W.(1993): Apparative Klassifizierung von Schweinehälften. *Kulmbacher Reihe*, 12. 1–26.
- Domokos, Z. – Tózsér, J. – Bujdosó, M. – Zándoki R. – Szentléleki, A.(2002): A nemzetközi kapcsolatok jelentősége a hazai charolais állomány nemesítési módszereinek fejlesztésében. „Nemzetközi integráció és nemzeti identitás az állattenyésztésben” c. tudományos konferencia, MTA, Budapest, Állattenyésztés és Takarmányozás, 51. 5. 549–553.

- Gilbert, R.P. – Baley, D.R.C. – Shannon, N.H.(1993): Body dimensions and carcass measurements of cattle selected for postweaning gain fed 2 different diets. *J. Anim. Sci.*, 71. 7. 1668–1698.
- Gresham, J.D.(2004): International study guide. *Pie Medical*, 1–24.
- Griener, S.P. – Rouse, G.H. – Wilson, D.E. – Cundiff, L.V.(1995): Prediction beef carcass retail product using real time ultrasound and live animal measures. Progr. report. Kansas City international Airport, 67–68.
- Griener, S.P. – Rouse, G.H. – Wilson, D.E. – Cundiff, L.V. – Wheeler, T.L.(2003): The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and *longissimus muscle* area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 676–682.
- Griffin, D.B. – Savell, J.B. – Recio H.A. – Garrett, R.P. – Cross, H.R.(1999): Predicting carcass composition of beef cattle using ultrasound technology. *J. Anim. Sci.*, 77. 889–892
- Hankins, O.G. – Howe, P.E.(1946): Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. *USDA Tech. Bull.*, 926. 20.
- Hassen, A. – Wilson, D.E. – Rouse, G.H.(1999): Evaluation of carcass, live and real time ultrasound measures in feedlot cattle: II. Effects of different age endpoints on the accuracy of predicting the percentage of retail product, retail product weight, and hot carcass weight. *J. Anim. Sci.*, 77. 283–290.
- Herring, W.O. – Miller, D.C. – Bertrand, J.K. – Benyshek, L.L.(1994): Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and *longissimus muscle* area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 72. 2216–2226.
- Holló, G.(2001): A szarvasmarha testösszetételének és vágóértékének becslése digitális képalkotó eszközök (CT, MRI) alkalmazásával. Doktori (PhD.) értekezés, Gödöllő
- Holló, G. – Nürnberg, K. – Seregi, J. – Holló, I. – Repa, I. – Ender, K.(2004): Der Einfluss der Fütterung auf die Mast- und Schlachtleistung bei Jungbullen der Rassen Ungarisches Grauwieh und Holsten Friesian. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47. 4. 313–323.
- Holló, G. – Repa, I. – Tózsér, J. – Szűcs, E.(1998): A szarvasmarha hasított testek színhús tartalmának becslése számítógépes rétegvizsgálattal és *adipocyta morfometria* alkalmazásával. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 47. 6. 545–552.
- Holló, G. – Tózsér, J. – Szűcs, E. – Romvári, R. – Repa, I.(2001): A szarvasmarha vágóértékének becslése a vágott testből vett minta alapján. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 50. 2. 115–124.
- Horn, P. – Kövér, Gy. – Pászthy, Gy. – Berényi, E. – Repa, I. – Kovách, G.(1996): The use of spiral CAT for estimating in vivo body composition of pigs. *Ann. Meet. EAAP, Lillehammer, Norway*
- Kallweit, E.(1994): Bedeutung „nicht-invasiver“ Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung in der Tierproduktion. In: *Nicht-invasive Methoden zur Messung der Körperzusammensetzung-Optimierung der quantitativen Analyse*. Ed.: Kallweit, E. – Henning, M. – Baulain, U., *Landforsch. Völknerode, Sonderheft*, 145. 1–4.
- Klawuhn, D. – Staufienbiel, R.(1997): Aussagekraft der Rückenfettdicke zum Körperfettgehalt beim Rind. *Tierarztl.-Prax.*, 25. 2. 133–138.
- Koch, R.M. – Cundiff, L.V. – Gregory, K.E.(1982): Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implication in selection programs. *J. Anim. Sci.*, 55. 1319–1325.
- Küchenmeister, U. – Ladeagast, H. – Ender, K.(1990): Schlachtkörperbewertung und Klassifizierung bei Schwein und Rind. *Forsch. Ber. Landw. Güterw.*, 28. 2.
- May, S.G. – Miles, W.L. – Edwards, J.W. – Harris, J.J. – Morgan, J.B. – Garrett, R.P. – Williams, F.L. – Wise, J.W. – Cross, H.R. – Savell, J.W.(2000): Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability. *J. Anim. Sci.*, 78. 1255–1261.
- Miller, M.F. – Cross, H.R. – Baker, J.K. – Buyers, F.M.(1988): Evaluation of live and carcass techniques for prediction beef carcass composition. *Meat Sci.*, 23. 111–129.
- Moser, D.W. – Bertrand, J.K. – Miszral, I. – Kriese, L.A. – Benyshek, L.L.(1997): Genetic parameters estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. (suppl), 149.
- Pászthy, Gy.(2000): *In vivo* testanalízis felhasználása a juhtenyésztésben. Doktori (PhD.) értekezés, Kaposvár
- Pászthy, Gy. – Lengyel, A.(1999): *In vivo* testösszetételt meghatározó módszerek a juhtenyésztésben. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 48. 6. 694–697.
- Reverter, A. – Johnston, D.J. – Ferguson, D.M. – Perry, D. – Goddard, M.E. – Burrow, H.M. – Oddy, V.H. – Thompson, J.M. – Bidon, B.M.(2003): Genetic and phenotypic characterisation of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 4. Correlations among animal, carcass, and meat quality traits. *Austr. J. Agric. Res.*, 54. 2. 149–158.

- Robinson, D.L. – McDonald, C.A. – Hammond, K. – Turner, J.W.(1992): Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: assessment and accuracy of sonographers. Univ. New England, Armidale, NSW, Australia, J. Anim. Sci., 70. 6. 1667–1676.
- Romvári, R.(1996): A komputeres tomográfia alkalmazásának lehetőségei a húsnyúl és a brojlcersirke testösszetételének és vágási kitermelésének in vivo becslésében. Doktori (PhD.) értekezés, Kaposvár
- Sakowski, T. – Slowinski, M. – Cytowski, J. – Dasiewicz, K.(1999): The use of video image analysis in grading of beef quality. 50th Ann. Meet. E. Ass. Anim. Prod., Zürich, Switzerland
- Sárdi, J. – Bárány, I. – Bozó, S. – Bölcskey, K. – Györkös, I.(2001): Vágómarhák objektív minősítésének lehetősége. Állattenyésztés és Takarmányozás, 50. 6. 505–520.
- Sehested, E.(1986): *In vivo* prediction of lamb carcass composition by computerised tomography. PhD. Thesis, As, Norway
- Silva, S.D.L.E. – Leme, P.R. – Pereira, A.S.C. – Putrino, S.M.(2003): Correlations among carcass characteristics taken by ultrasound and after slaughter in Nellore steers fed high concentrate diets. Rev. Brasil. Zootec. – Br. J. Anim. Sci., 32. 5. 1236–1242.
- Simm, G. – Alliston, J.C. – Sutherland, R.A.(1983): A comparison of live animal measurements for selecting lean beef sires. J. Anim. Sci., 73. 406–413.
- Skjervold, H. – Gronseth, K. – Vangen, O. – Evensen, A.(1981): *In vivo* estimation of body composition by computerized tomography. Z. Tierzucht. Züchtbiol., 98. 77–79.
- Szabó, F. – Lengyel, Z. – Wagenhoffer, Zs. – Dohy, J.(2000): A húsmarha-tenyésztés populációgenetikai paraméterei. 1. Közlemény: A fontosabb tulajdonságok öröklődhetősége. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 3. 193–205.
- Szűcs, E. (szerk.)(2002): Vágóállat- és húsmínőség. Szaktudás Kiadó, 1–228.
- Temple, R.S. – Stnaker, H.H. – Howry, D. – Posakony, G. – Hazaleus, H.H.(1956): Ultrasonic and conductivity methods for estimating fat thickness in live cattle. Am. Soc. Anim. Prod. West Section. Proc., 7. 477.
- Thompson, J.M. – Kinghorn, B.P.(1992): CATMAN a program to measure Cat-schans for prediction of body composition in live animals. Proc. Aust. As. Anim. Breed. Genet., 10. 560–564.
- Tózsér, J. – Balázs, F. – Márton, I. – Zándoki, R.(2003): Red és aberdeen angus tenyészbika-jelöltek teljesítményei egy tenyészetben. Állattenyésztés és Takarmányozás, 52. 1. 39–50.
- Tózsér, J. – Domokos, Z. – Bujdosó, M. – Szentléleki, A – Bakus, G. – Zándoki, R. – Minorics, R. (2004b): Hosszú hátizom területének mérése real-time ultrahangkészülékkel a charolais fajtában. Acta Agraria Kaposváriensis, 8. 2. 11–21.
- Tózsér, J. – Domokos, Z. – Bujdosó, M. – Wolcott, M.L.(2005b): Szarvait és szarvatlan charolais tenyészbikajelölteken a hosszú hátizom területének és a far bőr alatti faggyúvastagságának értékelése real-time ultrahangkészülékkel. Magyar Állatorvosok Lapja, 127. 3. 131–138.
- Tózsér, J. – Holló, G. – Holló, I. – Seregi, J. – Repa, I.(2004a): A szarvasmarha hosszú hátizom területének mérése real-time ultrahangkészülékkel. Állattenyésztés és Takarmányozás, 53. 6. 539–553.
- Tózsér, J. – Minorics, R. – Bakus, G. – Szentléleki, A. – Domokos, Z. – Zándoki, R. – Kovács, T. (2005a): A szarvasmarha hosszú hátizma területének mérése ultrahangképek alapján, kétféle módszerrel. A Hús, 1. 46–52.
- Vagen, O.(1992): Assessing body composition of pig by computer assisted tomography. Revue. Pigs News and Information, 13. 4. 1–22.
- Waldner, D.N. – Dikeman, M.E. – Schalles, R.R. – Olson, W.G. – Houghton, P.L. – Unruh, J.A. – Corah, L.R.(1992): Validation of real time ultrasound equipment for prediction fat thickness, longissimus muscle areas and composition of brangus bulls from 4 months to 2 years of age. J. Anim. Sci., 70. 3044–3054.
- Walter, B.H.(2002): Cattleman's Ultrasound Glossary. Charolais Journal
- Wall, P.B. – Rouse, G.H – Wilson, D.E. – Tait, R.G. – Busby, W.D.(2002): Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. J. Anim. Sci., 82. 6. 1621–1629.
- Wallace, M.A. – Stouffer, J.R. – Westervelt, R.G.(1977): Relationships of ultrasonic and carcass measurements with retail yield in beef cattle. Livest. Prod. Sci., 4. 153–164.
- Whittaker, A.D. – Park, B. – Hane, B.R. – Miller, R.K.(1992): Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. J. Anim. Sci., 70. 942–952.
- William, R.J.(2002): The product: Quality and yield grades of beef carcasses. Alabama Beef Cattle Producers Guide, Alabama A and M and Auburn Universities, 135–142.

- Wilson, D.E. – Rouse, G.H. – Haya, C.L. – Amin, V.R. – Hassen, A. (1999):* Carcass expected progeny differences using real-time ultrasound measures from yearling Angus bulls. *J. Anim. Sci. (Suppl)* 77. 143.
- Wilson, D.E. – Rouse, G.H. – Haya, C.L. – Hassen, A. (2000):* Carcass expected progeny differences using real-time ultrasound measures from developing Angus heifers. *Ann. Meet. ADSA-ASAS, Baltimore, Maryland, J. Anim. Sci., 78. (Suppl)* 58.
- Wolcott, M.L. (2003):* The prediction of percent retail beef yield from live animal ultrasound measurements. Thesis of Master of Rural Sciences, The University of New England, Armidale, Australia, 126.
- Young, J. – Nsoso, S.J. – Beatson, P.R. (1998):* Response to selection for lean tissue growth in sheep assessed by x-ray computer tomography. *Proc. World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Armidale, Australia, 24. 153.*

Érkezett: 2005. szeptember

Szerzők címe: *Holló, I.:* Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

Authors' address: University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Tőzsér, J. – Zándoki, R.: SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Holló, G. – Repa, I.: Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Int.
Institute of Diagnostic Imaging and Radiation Oncology
H-7400 Kaposvár, Guba S. u 40.

A MÁGNENES REZONANCIA KÉPALKOTÁS ÉS SPEKTROSKÓPIA AZ ÁLLATORVOSI ÉS ÁLLATTENYÉSZTÉSI KUTATÁSOKBAN

BOGNER PÉTER — BAJZIK GÁBOR — GARAMVÖLGYI RITA —
LŐRINCZ BORBÁLA — REPA IMRE

ÖSSZEFOGLALÁS

A mágneses rezonancia módszereket széles körben alkalmazzák a humán képalkotó diagnosztikában és az élettudományi kutatások csaknem minden területén. Ennek fő oka, hogy a módszer non-invazív és számos atommag segítségével nagyon sokféle kölcsönhatás vizsgálható. Az állattudományi alkalmazások részben morfológiai jellegűek, részben pedig molekuláris kölcsönhatások és folyamatok vizsgálatával anyagi minőség jellemzésére irányulnak. A szerzők röviden áttekintik az állattudományokban alkalmazott fontosabb MRI módszereket és az ezekkel nyert hazai tapasztalatokat.

SUMMARY

Bogner, P. – Bajzik, G. – Garamvölgyi, R.Ms. – Lőrincz, B.Ms. – Repa, I.: MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI) AND SPECTROSCOPY IN VETERINARY AND ANIMAL SCIENCE

Magnetic resonance techniques are widely used in human diagnostic imaging and in research of life sciences. One of the major advantage of methods is its non invasive nature and additionally a variety of atomic nuclei can be studied that gives information about different molecular environments and interactions. The aim of applying magnetic resonance techniques in animal science is to get detailed morphology either *in vivo* or *in vitro* and to judge certain characteristics of biological samples. The most important methods of magnetic resonance used in animal science are reviewed. The results of Hungarian groups on this field is shortly presented.

BEVEZETÉS

Ahogy az élő tudományok más területein, az állattenyésztésben és az állatorvos-tudományban is egyre nagyobb teret kapnak a technikai fejlesztések, így pl. a modern keresztmetszeti képalkotó technikák. Ezek közül az utóbbi két évtizedben a magmágneses rezonancia képalkotás fejlődése talán a legszembevetőbb és az állattudományi kutatások és alkalmazások néhány területén kitüntetett szerepet kapott. Ezeket rövid áttekintése előtt ismertetnénk azokat a magmágneses rezonanciás módszereket, melyek ezen kutatásokban a legfontosabb szerepet kapták.

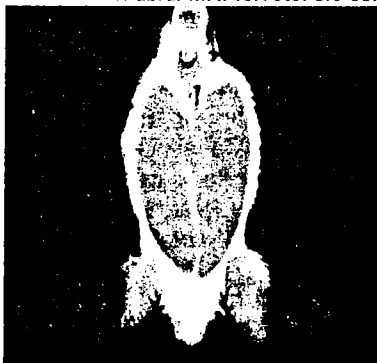
Képalkotás (MRI)

A képalkotással nyert információ az élő szervezetben lévő hidrogén atommagok mikroszkopikus környezetéről ad információt: valójában a víz- és a zsírmolekulák protonjaiból származó jelet detektáljuk, attól függően, hogy milyen mennyiségben vannak jelen, és milyen könnyen mozdulnak el az adott mikroszkopikus környezetben. Biológiai rendszerekben a szöveti kontrasztot az alábbi tényezők határozzák meg: 1. víztartalom, 2. a víz mozgása, 3. a makromolekulák mozgása, 4. zsírtartalom, 5. paramágneses ionok. A különböző képalkotó mérések célja az lenne, hogy bizonyos struktúrákat a lehető legnagyobb kontraszttal ábrázoljanak és ez ugyancsak lényeges szempont az állattenyésztési célú vizsgálatok, kutatások szempontjából, hiszen a legtöbb tanulmányban az izom- és zsírszövet pontos elkülönítése az elsődleges cél. Éppen ezért az élő állatok vizsgálati metodikája eltér a vágott (esetleg hűtött) állatokétól, de mindkét esetben úgy tűnik, hogy az MR képalkotás megfelelően magas kontraszttal tudja ábrázolni a zsír- és izomszövetet. Említést érdemel, hogy élő állatokban, a meleg karkaszban és halakban a zsír „folyékony” állapotban van jelen és ebben az esetben a zsír magasabb jelintenzitást ad az MRI felvételeken, mint az izom (1a. ábra).

A hűtött karkaszban a zsír részben krisztallizált: a lipidek 23%-a krisztallizált 20 °C-on, és 33%-a krisztallizált 5 °C-on (Davenel és mtsai, 1999). Mivel az MR képalkotás nem tudja ábrázolni a krisztallizált lipidek protonjait, ezért a hűtött karkaszokban a zsír alacsonyabb jelintenzitással ábrázolódik, mint az izom (1b. ábra).

Az MRI mérés optimalizálása tehát elengedhetetlenül fontos a megfelelő kontrasztviszonyok kialakításához, melyet a mérési módszer és a mérési paraméterek helyes megválasztásával érhetünk el. Intézetünk részt vett az Európai EUIPIGCLASS (G6RD-CT-1999-00127) egyik munkacsoportjában ahol hűtött félsejték MRI vizsgálatát végeztük el. A vizsgálatok megkezdése előtt nagy hangsúlyt fektettünk a mérések optimalizálására, mely kiterjedt a képkontraszt beállításra és az MRI méréseknél jelenlévő térbeli torzítások kiküszöbölésére is (2. ábra).

1. ábra: MRI-felvétel élő csirkéről és hűtött (4 °C) sertéscsombrol



Brojler csirkéről élő állapotban készült MRI felvétel, melyen megfigyelhető hogy a bőr alatti zsírszövet magas az izom pedig alacsonyabb jelintenzitással ábrázolódik(1)



Sertés csombrol 4 °C-on készült MR kép, ahol megfigyelhető, hogy nem csupán a bőr alatti zsírszövet ábrázolódik alacsony jelintenzitással, hanem a csont ill. a csontvelő is(2)

Fig. 1.: MRI scan of a broiler chicken and MRI cross-sectional image of a pig ham measured at 4 °C

MRI scan of a broiler chicken. Subcutaneous fat shows high and muscle tissue is delineated with low signal intensity(1), MRI cross-sectional image of a pig ham measured at 4 °C. Subcutaneous fat as well as the bone marrow shows low signal intensity compared to muscle(2)

2. ábra: Az adatgyűjtési idő (echo idő, TE) hatása a zsír és izom jelintenzitásra és azok kontrasztjára

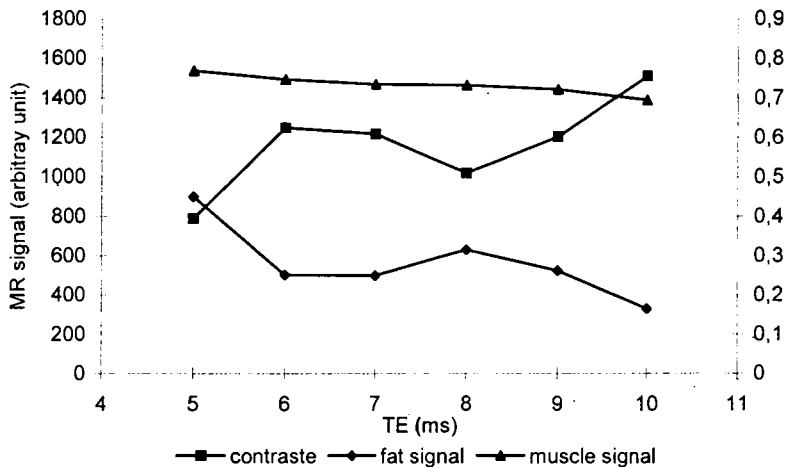


Fig. 2.: The effect of echo time in the signal intensity and contrast of fat and muscle tissue

Az MR képek további feldolgozása — zsír- és izomstruktúrák ill. -pixelek szétválogatása — hasonló elvek szerint történik, mint pl. a CT képeknél.

Az állatorvosi kutatások és vizsgálatok természetesen morfológiai eltérések kimutatására irányulnak. Általánosságban elmondható, hogy az MR képalkotás különösen előnyös a központi idegrendszeri, ízületi és lágyrész struktúrák vizsgálatánál (3. ábra) (Garamvölgyi és mtsai, 2003ab; Hevesi és mtsai, 2004).

3. ábra: Agydaganat MRI vizsgálata kutyában

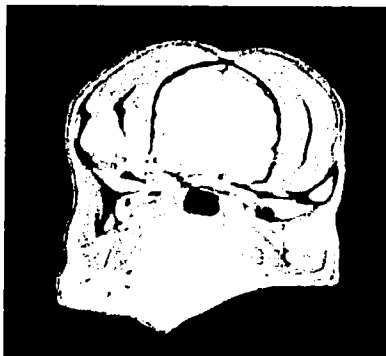


Fig. 3.: MRI scan of cerebral neoplasm in dog

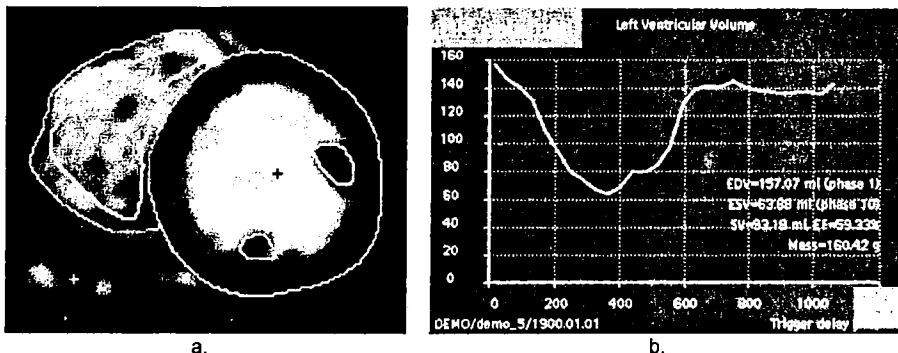
Ugyanakkor a mai modern készülékekkel is viszonylag időigényes lehet egy-egy mérés, ezért mozgó struktúrák (pl. mellkas, has) leképezésére csak korlátozottan ill. megfelelő mérési módszerekkel alkalmazható. Egy ilyen kiemelt fontosságú vizsgálati módszer a szív MRI vizsgálata, mely az utóbbi pár évben a humán diganosztikában és az állattenyésztési kutatásokban is „rutin” módszer lett. A szív MRI vizsgálata során az adatgyűjtés a szív mozgásával ill. a szív ciklussal szinkronizáltan történik, tehát a méréseket EKG monitorozással parallel végzik. Egy adott mérési sort az EKG R hulláma indítja és a mérést úgy kell kialakítani, hogy a következő R hullám előtt az előző mérés befejeződjön. A szív ciklust általában 16 fázisra osztják, azaz egy adott keresztmetszeti síkrol a szív ciklus 16 időpontjában készül egy-egy felvétel, melyet egymás után „vetítve” a szív (ill. adott síkú keresztmetszetének) mozgása is megjeleníthető. A humán diagnosztikában természetesen ez nagyon informatív lehet, de állattenyésztési szempontból a szív ciklus során készült képsorozatok kvantitatív elemzése, azaz a szív funkcionális paramétereinek meghatározása fontosabb. Ez lényegében a bal kamra funkcionális jellemzését adja, mely úgy történik, hogy a bal kamra hossz tengelyére merőlegesen készülnek el az egyes fázisokat megjelenítő keresztmetszeti képek (4a. ábra). Ezekon a felvételeken számítógépes program segítségével meghatározhatók az endo- és epikardiális kontúrok, mely segítségével kiszámolhatók a vég-szisztolés és vég-diasztolés térfogat, az ejekciós frakció, bal kamra izomtömeg, falvastagodás stb. (4b. ábra).

4a. ábra: A kamrákat lefedő szív (pulyka) rövidtengely mentén készült MRI felvételek a végdiazisztolés fázisban a basis-tól az apex felé



Fig. 4a.: MRI scans of turkey heart performed in end-diastole perpendicular to the long axis of the heart (from left to right: base to apex)

4b. ábra: Sertésszív bal kamra endo- és epikardiális kontúrjainak meghatározása és a szív ciklus alatt történő bal kamrai térfogatváltozás



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
In colors www.atk.hu (2005/5)

Fig. 4b.: The endo- and epicardial contours of left and right ventricle (a) and the volume change of left ventricle during the heart cycle (b)

Spektroszkópia

Az MRI spektroszkópiás alkalmazások a biológiai tudományokban két nagy területre oszthatók, úgy mint relaxometria és analitikai spektroszkópia. Az előbbi a vizsgált atommag — az állattudományokban ez praktikusán hidrogén — relaxációs tulajdonságait vizsgálja, mely tulajdonság az atommag ill. az azt hordozó molekula fiziko-kémiai környezetéről adhat információt. Ezzel a módszerrel elsősorban a szöveti víztereket, csak úgy, mint zsírszövet fizikai állapotát lehet jellemezni ill. azt, hogy környezetükben milyen kölcsönhatások érvényesülnek és/vagy milyen könnyen mozdulnak el. Ezek a jelenségek az ún. T1 és T2 relaxációs időkkel írhatók le, melyek időértéke és a relaxációs folyamat jellege alapján karakterizálható a vizsgált rendszer. Az izomszövet T1 relaxációs ideje szoros összefüggést mutat a szövet víztartalmával, míg a T2 relaxációs idő a víz- és makromolekulák (dominánsan fehérjék) kölcsönhatásának érzékeny mutatója. A T2 relaxációs folyamat emlős szövetekben többnyire két exponenciális összetevőre bontható, melyet két vízfrakció jelenléte okozhat. Ennek megfelelően a lassabban relaxálódó komponenst a makromolekulákhoz kötöttnek gondolják, míg a gyorsan relaxálódó komponens jelenlétét a „szabad” víz jelenléte magyaráz. Ez a megközelítés viszonylag jól alkalmazható számos praktikus probléma magyarázatára, jóllehet a pontos fizikai magyarázat ennél összetettebb lehet.

A zsírszövet relaxációs tulajdonsága elsősorban az azt felépítő zsírok kémiai karakterétől függ. Sertésszírbán, pl. a zsír relaxációs ideje szoros korrelációt mutatott a minta palmitin-, sztearin- és oleilsav arányaitól.

Jellemző módon a relaxometriás módszerrel többnyire az élő szervezetből eltávolított mintákat vizsgáltak, melynek következtében a módszer alkalmazása korlátozott és izomminták vizsgálatánál jelentős posztmortem változások is nehézségeket okozhatnak. Bár a mérések technikailag korlátozottak, bizonyos relaxometriás vizsgálatok *in vivo* állapotban is elvégezhetők.

Az analitikai spektroszkópia szerepe — mellyel akár különböző metabolitokat vagy molekulák szerkezetét lehet meghatározni — az állattenyésztési és állatorvosi kutatásokban limitált, de természetesen a kémiai- és biokémiai csak úgy, mint az élelmiszertudományi kutatásokban rendkívül fontos.

Hazai eredmények

Hazánkban a 90-es évek elején kezdődött meg a mágneses rezonancia spektroszkópiás és képalkotó módszerek állattudományi alkalmazása.

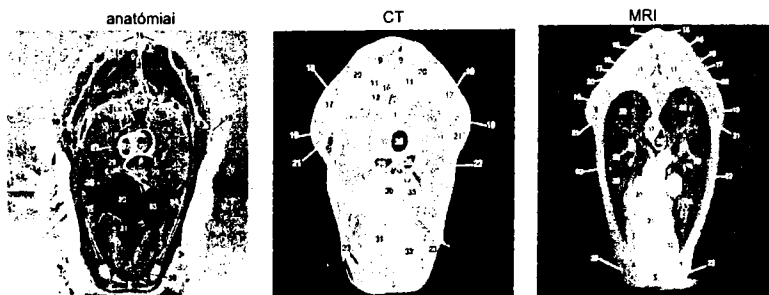
Munkacsoportunk relaxometriás vizsgálatokat végzett közvetlenül vágás előtt sertésekből vett izommintákon, melyekben meghatároztuk a T1, T2 relaxációs időket, víztartalmat és a T2 relaxációs görbe multiexponenciális elemzését is (Berényi és mtsai, 1994; Bogner és mtsai, 1996). Az izommintákban mért T2 relaxációs idő szignifikáns mértékben nőtt azokban a mintákban, ahol az állatok vágás után, PSE jellegű húst produkáltak. A T2 relaxációs idő növekedést a szöveti vizek átrendeződése okozta, azaz csökkent a makromolekulákhoz kötött, lassan relaxálódó szöveti víz mennyisége, mely jelenség magyarázná a PSE típusú húsban létrejövő nagyobb csepegési veszteséget.

Ezen kívül számos relaxometriás tanulmány született, melyek élettani kérdések megválaszolását célozták a szövetek perinatális valamint az agy vízházartásának szabályozásával kapcsolatosan.

Az állattenyésztési célú MR képalkotó (morfológiai) vizsgálatokat számos fajban sikeresen alkalmaztuk.

A 90-es évek közepén megkezdődtek a gímszarvasokkal kapcsolatos a testösszetétel meghatározását célzó első MRI vizsgálatok, melyek eredményeit Romvári és mtsai (1999) foglalták össze. Alapozva a Diagnosztikai Intézetben folyó humán diagnosztikai tevékenységre gímszarvas esetében először került sor metodikai célú dinamikus szív MRI felvételezésre (Repa és mtsai, 1999). Mintegy összefoglalva ezen képalkotó vizsgálatokat az 1998-ban Kaposváron megrendezett 4. Szarvas Biológiai Világkongresszusra készült el a gímszarvas CT és MRI anatómiai atlasza (Horn, 1998) (5. ábra). Az atlasz nemzetközi szinten is elsőként és egyedülálló részletességgel tárgyalja a gímszarvas anatómiáját, egyben elindítója volt további hasonló jellegű munkáknak, más állatfajok esetében is.

5. ábra: Szarvas 6. háti csigolya magasságában készült transzverzális síkú anatómiai, CT és MRI metszetek (Horn, 1998)



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5);

In colour www.atk.hu (2005/5)

Fig. 5.: Transversal section at the 6th thoracic vertebra in red deer (Horn, 1998)

Kistestű állatokban, mint pl. brojlercsirkében vagy húsnyúlban az izom és zsír arányára vonatkozóan pontos becslés végezhető. *Kövér és mtsai* (1998ab) kimutatták, hogy brojler csirkében a mellizomzatot körülvevő és a hasi zsírszövet és a mellizomzat tömege is nagy pontossággal határozható meg akár vágóhídi vagy CT mérésekhez viszonyítva (*Kövér és mtsai*, 1998a). Hasonlóan jó korrelációt kaptak nyúl vizsgálatokban a hátsó végtag izomtömeg, perirenális és teljes test zsírszövet mennyiségének becslésével kapcsolatosan (*Kövér és mtsai*, 1998b).

A már említett Európai EUPIGCLASS tanulmányban az MR képalkotás pontosságát három sertés genotípus 120 egyedéből származó MRI mérési és vágóhídi adatok eredményéből kaptuk meg (*Coliewet és mtsai*, 2005). Az MRI felvételek értékelésére automatikus képfeldolgozási (szegmentálási) módszert is alkalmaztunk, mely vágott féltest esetén a színhús becslésre vonatkozóan 465 g-os becslési pontosságot eredményezett standard vágási súly esetén (6. ábra).

6. ábra: Az eredeti MR kép és az automatikus szegmentálással nyert izom területek (sertés)



Fig. 6.: MRI scan and muscle area derived from automatic segmentation of pig ham

Méretük miatt a kifejlett szarvasmarhák a rendelkezésre álló képalkotó berendezésekben nem vizsgálhatók (a gentry és a testtekercs átmérője megközelítően 50 cm). Ennek megfelelően szarvasmarha-tenyésztési szempontból két lehetőség kínálkozik, vagy fiatal, kis élősúlyú borjak vizsgálata, vagy a teljestest szöveti összetételét reprezentáló részek, elsősorban a rostélyosból kivágott ún. hármás bordarész vizsgálata. Utóbbi módszert választotta *Holló* (2001), aki az MRI lehetőségeit vizsgálta a hármás bordarész kémiai összetételének meghatározásában.

A modern kardiológiai MRI vizsgálatok megjelenésével lehetővé vált ezek állattudományi alkalmazása, melyek Intézetünkben a 90-es évek végén kezdődtek. A humán tapasztalatokat sikeresen adaptáltuk több állatfajra, elsősorban a sertéseken és pulykákon végzett vizsgálatokat kell kiemelni, melyeket nagyobb számban végeztünk. ↗

Sertésekben a nagyobb szívfrekvencia miatt a szív ciklus csak kevesebb, általában 8–14 fázisra volt osztható, a teljes bal kamrát pedig 8–10 harántsíki szeletben tudtuk leképezni. A szív működés funkcionális paramétereinek meghatározása arra engedett következtetni, hogy hús típusú sertésekben fejlődésük során (22→106 kg) a szív ejekciós frakciója nem változik, bár nő a kamrai térfogat és a perctérfogat (3,5 l/percről 6 l/percre) (*Petrási és mtsai*, 2001, 2003). A szív cikluson belüli változásokat szemlélteti a 7. ábra, 90 kg-os élősúlyú hús-sertésnél.

7. ábra: Bal (LV) és jobb kamrai volumen (RV), valamint eltérő pontokon mért bal kamrai falvastagság változása a szív ciklus során 60 kg-os testsúlyú húsertésnél

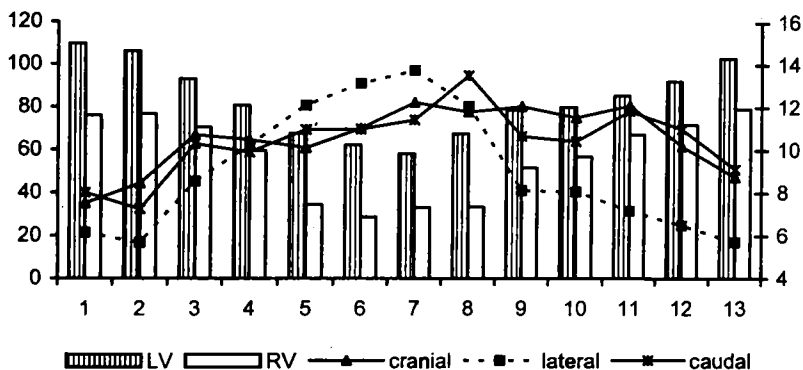
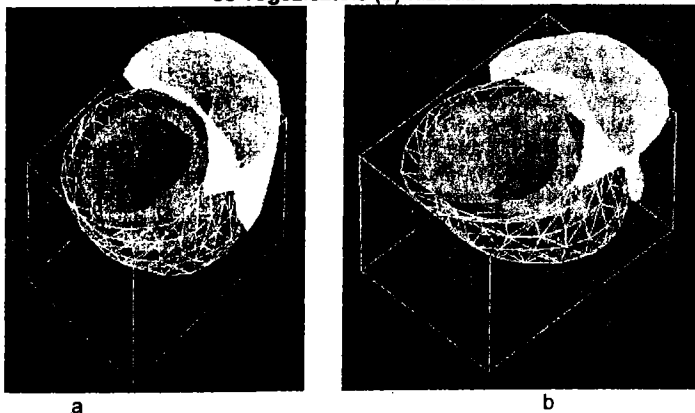


Fig. 7.: Left (LV) and right ventricular volume (RV) and wall thickness changes during the heart cycle in a 60 kg animal

Az első fázis az EKG R-hullámával esik egybe, ami egyúttal az izometriás kontrakció kezdete. A kamrai térfogatok ekkor mutatják maximum értéküket. A szív ciklus hossza 780 ms, 76/perces szívfrekvencia mellett. A mért falvastagság adatokból számított kontrakciós értékek jól jellemzik a szívizom működés közbeni falmozgásait. Az értékelés során meghatározott kontúrvonalak alapján elkészült a kamrák háromdimenziós modellje, melynek segítségével mozgás közben is vizsgálható a szív ciklus és azon belül a térfogat- és falvastagság változások. A feldolgozás egyedi lehetőséget nyújt a sertésszív valós geometriai viszonyainak megismerése, illetve a későbbi anatómiai célú vizsgálattal való összevetésére (8. ábra).

8. ábra: Húsertés szívének 3D rekonstrukciója a végdiasztóle (a) és végszisztóle (b) fázisában



Színes változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
 In colors www.atk.hu (2005/5)

Fig. 8.: 3D reconstructed model of pig heart in end-diastole and end-systole

A szívfunkció kardiológiai MRI vizsgálata valamint a testösszetétel CT vizsgálatát elvégezték húspulykában is (Romvári és mtsai, 2004). A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a szívteljesítmény az állat növekedése során a testfelület függvényében csökken, mely a hússertésekhez hasonló kedvezőtlen folyamathoz vezet.

KÖVETKEZTETÉS

A mágneses rezonancia képalkotás és spektroszkópia egy dinamikusan fejlődő tudományterület. Valójában minden alkalmazási területén újabb és újabb módszerek és eredmények születnek, de természetesen a humán képalkotó diagnosztikai fejlesztések, csak úgy, mint az ipari alkalmazások, mindig is előtérben lesznek. Alapvetően az állattudományi kutatások és alkalmazások is a fent említett két nagy területről kapnak újabb módszereket, melyeket a hazánkban működő technikai feltételekkel sikeresen használhatunk.

IRODALOM

- Berényi, E. – Bogner, P. – Miseta, A. – Kövér, G. – Horn, P. – Wheatley, D.N.(1994): Pre-slaughter characteristics of proton nmr relaxation parameters in malignant hyperthermia susceptible pigs. *Sci. des Aliments*, 14. 461–469.
- Bogner, P. – Berényi, E. – Miseta, A., – Horn, P. – Kellermayer, M. – Wheatley, D.N. – Jolesz, F.A. (1996): Changes of nmr relaxation parameters of muscle tissue in malignant hyperthermia susceptible pigs. *Acad. Radiology*, 3. 26–30.
- Collewet, G. – Bogner, P. – Allen, P. – Busk, H. – Dobrowolski, A. – Olsen, E. – Davenel, A.(2005) Determination of the lean meat percentage of pig carcasses using magnetic resonance imaging. *Meat Sci.*, 70. 563–572.
- Davenel, A. – Marchal, P. – Riaublanc, A. – Gandener, G.(1999) Magnetic resonance mapping of solid fat content of adipose tissues in meat. In: *Advances in Magnetic Resonance in Food Science*. eds.: Belton PS, Hills BP, Webb GA. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. 272–279.
- Garamvölgyi, R. – Hevesi, Á. – Petrás, Zs. – Bogner, P. – Repa, I.(2003)a. Syringohydromyelia angol cocker spánielben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 125. 543–548.
- Garamvölgyi, R. – Petrás, Zs. – Hevesi, Á. – Bogner, P. – Repa, I.(2003)b: Emlődaganatok kutyákban. *Acta Kaposvariensis*, 7. 33–42.
- Hevesi, A. – Stanek, Ch. – Garamvölgyi, R. – Petrás, Z. – Bogner, P. – Repa, I.(2004) Comparison of the navicular region of newborn foals and adult horses by magnetic resonance imaging. *J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med.*, 51. 143–149.
- Horn, P.(1998): Cross-sectional CT and MRI anatomy atlas of red deer. (Contributors: Bajzik, G. – Berényi, E. – Biró, S. – Bogner, P. – Petrás, Zs. – Repa, I. – Romvári, R. – Sugár, L. – Takács, I. – Tornyos, G.) *Modell-Print Bt.*, Budapest, 139.
- Holló, G.(2001): A szarvasmarha vágóértékének és testösszetételének becslése digitális képalkotó eszközök (CT, MRI) alkalmazásával. *Doktori (PhD.) értekezés*, 122.
- Kövé, G. – Romvári, R. – Horn, P. – Berényi, E. – Jensen, J.F. – Sørensen, P.(1998): *In vivo* assessment of breast muscle, abdominal fat and total fat volume in meat-type chickens by magnetic resonance imaging. *Acta Vet. Hung.*, 46. 135–144.
- Kövé, G. – Szendrő, Z. – Romvári, R. – Jensen, J.F. – Sørensen, P. – Milisits, G.(1998): *In vivo* measurement of carcass parts and fat deposition in rabbits by MRI. *Wrd Rabbit Sci.*, 6. 231–235.
- Petrás, Z. – Romvári, R. – Bajzik, G. – Fenyves, B. – Repa, I. – Horn, P.(2001) ECG-gated dynamic MRI examination of pig heart. *Acta Vet. Hung.*, 49. 275–284.
- Petrás, Z. – Romvári, R. – Bajzik, G. – Repa, I. – Horn, P.(2003) Examination of the heart capacity of meat- and fat-type pigs by the means of ECG-gated dynamic magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Livest. Prod. Sci.*, 83. 113–120.

- Repa, I. – Berényi, E. – Romvári, R. – Sugár, L. – Bajzik, G. – Horn, P. – Takács, L. – Petrás, Zs. – Tomyos, G. – Nagy, J.*(1999): Non-invasive cross-sectional dynamic study (CT and MRI) of red deer. In: *Advances in Deer Biology*. (ed. *Zomborszky, Z.*) Pannon Agrártud. Egy., Kaposvári Állattenyésztési Kar, Kaposvár, 341–342.
- Romvári, R. – Petrás, Z. – Sütő, Z. – Szabó, A. – Andrásy, G. – Garamvölgyi, R. – Horn, P.*(2004) Noninvasive characterization of the turkey heart performance and its relationship to skeletal muscle volume. *Poult. Sci.*, 83. 696–700.
- Romvári, R. – Sugár, L. – Tomyos, G. – Bajzik, G. – Horn, P. – Takács, I. – Petrás, Zs. – Nagy, J. – Repa, I.*(1999): Non-invasive body composition measurement in red deer by MRI tomography. In: *Advances in Deer Biology*. (ed. *Zomborszky, Z.*) Pannon Agrártud. Egy., Kaposvári Állattenyésztési Kar, Kaposvár, 98–100.

Érkezett: 2005. augusztus

Szerzők címe: Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet

Authors' address: University of Kaposvár, Institute of Diagnostical Science
H-7401 Kaposvár, Pf. 16.

KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK SZAPORODÁSBIOLOGIAI FELHASZNÁLÁSA

GÁBOR GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

A képalkotó eljárások az elmúlt két évtizedben robbanásszerű technikai fejlődésen mentek keresztül. Ez lehetővé tette a szaporodásbiológiai kutatásban és gyakorlatban korábban nem ismert módszerek bevezetését. A technikai újdonságok közül a különböző ultrahang berendezések terjedtek el a legjobban. Ezek segítségével a hím- és nőivarú állatok szaporodásbiológiai célú vizsgálatainak egy része ma már rutinszerűen történhet meg. A petefészek és a méh, ill. a here, mellékhere, prosztata, ondóhólyag ultrahangos vizsgálata nemcsak a szaporítószervek jobb megismerését tette lehetővé, hanem azok funkcionális működésének megértését is. Ezek ismeretében a szaporítás céljait jobban szolgáló eljárások kerülhettek kifejlesztésre és gyakorlati bevezetésre. A még kísérleti szinten alkalmazott technikai újdonságok (3D és színes Doppler) segítségével még pontosabb kép nyerhető a szaporítószervek működéséről, bár közvetlen gyakorlati bevezetésük belátható időn belül nem valószínű.

Az infravörös termográfia eddigi kísérleti alkalmazását esetleg már a közeljövőben is követheti a gyakorlati felhasználás, amennyiben sikerülne az állattartási technológiákba beilleszteni a nem olcsó, de sok esetben hatékony eljárást.

A jövőben valószínűleg lehetőség lesz az MRI és az ultrahang alapú bio-mikroszkópiás eljárások szaporodásbiológiai célú további kipróbálására is, amelyek segítségével egyes folyamatok (pl. a petefészek funkció) mikroszkopikus szintű tanulmányozása is elérhető.

SUMMARY

Gábor, G.: USE OF IMAGING TECHNOLOGIES IN ANIMAL REPRODUCTION

In the last two decades the development of the imaging technologies was extremely fast. This allowed introducing new examining methods for the studying of reproductive biology on experimental and practical level as well. Ultrasonography became the most common method worldwide for the routine examinations of the male and female organs. The examination of the testis, epididymis, prostate, seminal vesicle or the ovaries and uterus not just enhanced a better knowledge of these organs but also helped in development and use of new reproductive treatments. By the help of the experimentally used new tools (such as 3D and color-flow ultrasonography) ovarian and testicular function can be studied on a higher level. Infrared thermography was mainly used for experimental purposes, but using of the effective (although expensive) method is available – if its introducing to the breeding technologies will be successful - on practical level as well. In the near future MRI and ultrasound biomicroscope will probably be introduced into the reproduction research and will make accessible the scientists for the study of mechanisms of unknown biological events such as ovarian function.

BEVEZETÉS

Az állattartás az egyik legrégebbi emberi tevékenység. Az állatok tanulmányozása olyan új ismeretekkel gazdagította a tudományt, ami az emberiség jövőjét is befolyásolja, szociális és gazdasági téren egyaránt. Az állattenyésztés az állattartás egy olyan speciális formája, amelynek célja az állati termékek előállítása emberi fogyasztásra. A globalizált piaci viszonyok, valamint az eltérő mezőgazdasági támogatási rendszerek, a termelők közötti verseny kiéleződéséhez vezettek. Mindez arra kényszerítette az ágazatban dolgozó kutatókat, hogy a termelés gazdaságosságát, ill. versenyképességét fokozó módszereket adaptáljanak (fejlesszenek ki). Ezek segítségével járulhattak ugyanis hozzá a fogyasztói ízlésnek megfelelő minőségű állati termékek piacra kerüléséhez. Az objektív (műszeres) diagnosztikai eljárások előtérbe kerülése az ágazat valamennyi szegmensét érintette. Az állatok szaporítása az állati termék előállítása során a versenyképesség megőrzésének olyan ökonómiaileg megkérdőjelezhetetlenül fontos területe, ami miatt nem meglepő, hogy a legtöbb biotechnikai (technológiai) eljárás a szaporítás területén is bevezetésre került.

Nem történt ez másként a képalkotó eljárások esetében sem. Ezek általánosságban un. nem-invazív módszereknek tekinthetők, mert a vizsgálattal nem szüntetjük meg a szervezet integritását, mégis annak felépítéséről, és működéséről kaphatunk lényeges információkat. A képalkotó rendszer segítségével tanulmányozhatjuk a vizsgált test (szervek) anatómiai felépítését, információt kaphatunk a szervek funkcionális működéséről, sőt akár a szerveket alkotó sejtek morfológiai és funkcionális állapotáról is.

A képalkotó eljárások általában háromdimenziós objektumok, kétdimenziós leképezését végzik (a 3D technológia révén háromdimenziós leképezések is lehetségesek, ezek egy része már meg is jelent a humán orvosi diagnosztikában) és ezt a képet elemezzük tovább a szükséges diagnosztikai információk kinyeréséhez.

A humán diagnosztika újabban már rutinszerűen alkalmazza a csontszcintigráfia, illetve a CT-, MRI- és ultrahangvizsgálatokat is. A modern artroszkópia, és a számítógépes rétegvizsgálat, az 1970-es évek közepén vált szélesebb körben elérhetővé.

Ezeknek az eljárásoknak csak egy része került át az állatorvosi, állattenyésztési gyakorlatba, és oktatási-kutatási célú felhasználásuk is (főként a szükséges műszerek és az üzemeltetési költségek magas ára miatt) korlátozott.

Az ivarszervek vizsgálata az elmúlt években rendkívül sokat fejlődött. Az *ex situ* vizsgálatokat *in situ* módszerek váltották fel. Az ultrahang készülék használata lehetővé tette a petefészek felépítésének és a tüszőfejlődés dinamikájának, a here és mellékhere, valamint az ondóhólyag állapotának vizsgálatát élő állatokban. A valós idejű ultrahang készülékek bevezetésével lehetőség nyílt a herében és a petefészekben zajló változások követésére azok működésének megzavarása nélkül. A speciális számítógép szoftverek kifejlesztése lehetőséget adott a rögzített képek mind pontosabb analizálására, amelyek segítségével a szaporító szervek működését jobban megérthettük, és ezek nemcsak a diagnosztikai eszköztárat bővítették, hanem indukálták a terápiás célú módszerek fejlesztését is.

A továbbiakban, a szaporodásbiológiai gyakorlatban és a kutatásokban alkalmazott képalkotó eljárásokat igyekszem röviden összefoglalni. Némileg önkényesen úgy csoportosítottam a bemutatandó vizsgálati eljárásokat, hogy a gyakorlatban már bevezetésre kerültek-e (ezek ismertetésével kezdem), vagy kutatási szinten kipróbálták-e már ill. várható-e kipróbálásuk a közeli jövőben. Nem tárgya ennek az áttekintésnek a — talán az első képalkotó eljárásnak tekinthető — mikroszkóp alkalmazási lehetősége a szaporítás területén (spermavizsgálat, ivarsejtek manipulációja, ICSI, klónozás, stb.), tekintettel arra, hogy nem szervek, hanem csak sejtek vizsgálatára alkalmazzák. Ugyancsak nem foglalkozom az endoszkóp szaporítási célú alkalmazásaival, bár azok gyakorlati jelentősége egyre nagyobb (gondoljunk csak a sertésből történő petesejt kinyerésre, és a juh endoszkópiás mesterséges termékenyítésre vagy az embrióátültetésre), tekintettel arra, hogy bár minimálisan, de invazív eljárásnak minősülnek.

Ultrahang diagnosztika

Az ultrahang diagnosztika az elmúlt 20–25 évben szinte forradalmasította a szaporodásbiológia területét. Első korai felhasználását a Doppler elvén működő kézi vemhességvizsgálók jelentették. Ezek kisebb állatokban (sertés, juh, kecske) a termékenyítés utáni 60–70. nap közötti vemhesség vizsgálatát tették lehetővé transzkután módon. A behatoló majd visszaverődő ultrahangot egy hangforrás segítségével hallhatóvá tették, és ez képezte a diagnózis alapját.

A-módú ultrahang: Nem valódi képalkotó eljárás, bár vizuális értékelést tett lehetővé egy vonal menti „képalkotás” segítségével. Az adó és a vevő általában ugyanaz a piezoelektromos kristály volt, ami a kibocsátott ultrahang hullámot érzékelt és a visszaverődött hullámokat jelenítette meg.

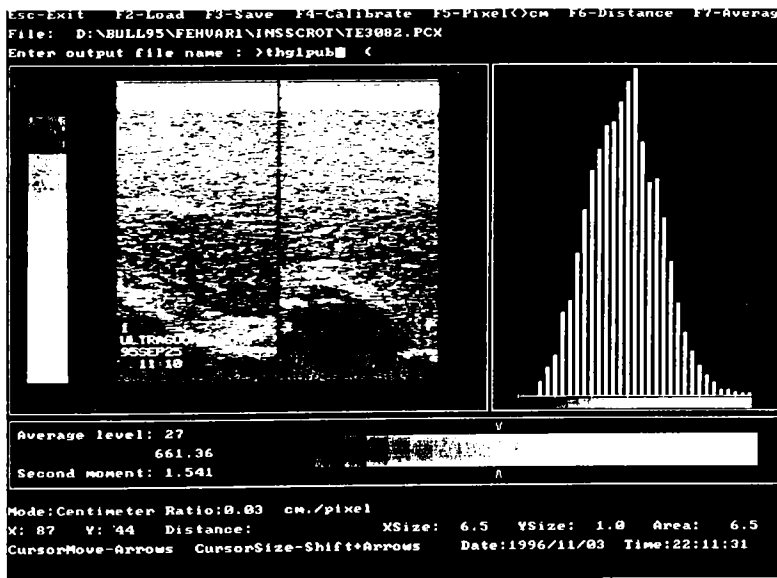
M-módú: ultrahangozás során az A-módhoz hasonlóan egy vonal mentén nyertek információt egy adó és egy vevő segítségével. A kibocsátott ultrahang hullámok visszaverődtek a határfelületekről és ezt érzékelt a vevő. Ezt a módszert általában mozgó felületek esetén alkalmazzák, pl. szívnek és a szívbillentyűnek a vizsgálatára. A magzati szívverés a vemhességvizsgálat egyik fontos jele, így annak eldöntésére, hogy a magzat vajon él-e, a mai napig használatos eljárás (sok esetben még a ma is használatos real-time ultrahangos készülékekbe is beépítésre került az M-módú vizsgálati opció).

Real-time (valós idejű) B-módú ultrahang: Egy síkmetszetről szolgáltat képet, nem csak egy vonal mentén gyűjt információt. Ennél is lehet az adó és vevő ugyanaz a kristály, de lehet különböző is. Az adó és a vevő kristály megfelelő mozgásával pásztázó ultrahang hullámot tudunk létrehozni, és így lehetővé válik akár egy teljes szerv síkmetszeteinek vizsgálata. Ekkor általában nem csak egy, hanem több adó-vevő kristályt is használnak. Minél kisebb a piezoelektromos kristály mérete, annál jobb a felbontás.

Az ultrahangos kép képpontok (pixel) sokaságából épül fel, ez az alapja a számítógépes kép (pixel) analíziseknek. Az ultrahang készülékek által készített képeken valamennyi képpont (a fehértől a feketéig) egy szürke skála árnyalataiból áll. A korai berendezések 16–32 szürke árnyalatot voltak képesek megjeleníteni, míg a mai modern készülékek, 256–512 szürke árnyalat megjelenítésére alkalmasak. Mivel az emberi szem a szürke színnek csak 18–20 árnyalatát

képes megkülönböztetni (ha a szürke árnyalatainak száma megnő a képen mindinkább összerosódottnak tűnik), ezért van szükség olyan szoftverekre, amelyek a különbségeket jól képesek érzékelni, sőt a számítógépes algoritmusok segítségével, a vizsgált szervek ultrahangos képe kvantitatív módon is értékelhetővé válik (1. kép). Ehhez azonban az ultrahangos felvételek elkészítésének módját standardizálni kell. A számítógép segítségével a vizsgálatra kiválasztott terület átlagos szürke árnyalatának pontos (fekete=0, fehér=255) értékét, valamint az értékek szórását állapíthatjuk meg. Ez képezi az alapját annak az összehasonlításnak, amelyet az ultrahangos képen található más képrészletekkel vagy akár egy másik kép hasonló (azonos) részletével végzünk el (Pierson és Adams, 1995).

1. kép: A bikahere ultrahangos képének (echotexture) értékelése számítógéppel



Picture 1.: Computer assisted pixel analysis of the bull testicular echo texture

A bal és jobb here ultrahangos képe az ábra bal oldalán látható. A vizsgáló mezőt (6,5x1 cm) közvetlenül a parenchymának a tunica albuginea alatti részéhez helyezük. A vizsgált terület felett a bőr és a bőr alatti zsírszövet látható. Az ábra jobb oldalán a szürkességi fokozatok eloszlását hisztogram ábrázolja.

Háziállataink közül a real-time ultrahangos vizsgálat elsőként a nagy hásonállatok körében (szarvasmarha, ló) került gyakorlati felhasználásra, de rövidesen követte a sertés, a kiskérődzők, és természetesen a kedvtelésből tartott állatok (kutya, macska) ultrahangos vizsgálata is. A korai alkalmazások során elsősorban a nőivarú állatok vizsgálatára használták, főleg a vemhesség megállapítására (2., 3. és 4. kép), de rövidesen sor került a petefészkek vizsgálatára, majd pedig alkalmazására az asszisztált reprodukciós programokban is. A rektális vizsgálatokhoz többnyire a lineáris vizsgálófejek váltak be (5–8 MHz), míg a transzktán vizsgálatok inkább a mechanikus szektorfejekkel végezhető

el eredményesen. *Pierson és Ginther* (1984) az embrió fejlődését tanulmányozták vemhes üszőkben. *Kastelic és mtsai* (1989) már az egészen korai (a termékenyítés utáni 10–22. nap) vemhességvizsgálat lehetőségét is ellenőrizték üszőkben. *Curran és Ginther* (1991) ultrahangos ivar-meghatározásra is képesek voltak a gesztáció 65 és 101. napja között.

2., 3. és 4. kép: Vemhes szarvasmarha méhe, 30–60. napos magzattal (B-mód real time ultrahang felvételek)



Picture 2,3,4.: Pregnant uteruses of cows with embryos 30–60 days post insemination (Real time ultrasound photos)

Pierson és Ginther (1984bc) írták le az első ultrahangos ló és szarvasmarha petefészek vizsgálatot. Ezek elsősorban a tüszők méretének változására, a tüszőfejlődés nyomon követésére voltak alkalmasak (*Pierson és Ginther*, 1986, 1987ab). A ciklikus petefészek működés megismerése és annak kontrollálása is leírásra került, sőt a sárgatest funkcionális és morfológiai vizsgálatát is elvégezték kancában és tehénben is (*Pierson és Ginther*, 1985, 1987b).

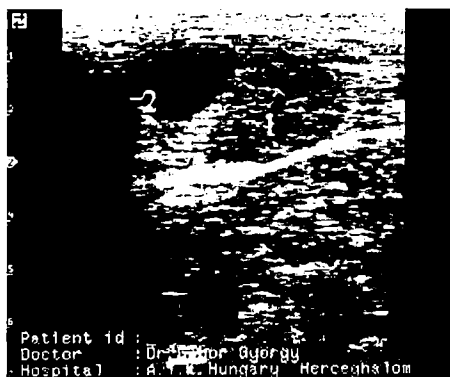
Kastelic és mtsai (1990ab) a sárgatest mérete és a szérumszorongeszteronkoncentráció közötti összefüggést vizsgálták. Azt találták, hogy a ciklus során (sőt még vemhes üszőkben is) a sárgatestben üregek is keletkezhetnek, de ezek nagy része a ciklus során eltűnik. Saját előzetes vizsgálataink szerint viszont (*Gábor és mtsai*, 2004), ha egy állományban tömegesen fordul elő üreges vagy cisztás sárgatest (6. és 7. kép), akkor annak háttérében akár kóros folyamatok is (metabolikus problémák, esetleg a méh involúciós rendellenességei) állhatnak. Az üreges sárgatesttel rendelkező tehénben sok esetben a szérumszorongeszteronkoncentráció csökkenése is mérhető, ami magzatvesztést is okozhat. *Kot és mtsai* (1999) kidolgozták a sárgatest biopszia módszerét ultrahang segítségével, ami a későbbi szövettani analízisekre is lehetőséget adott.

Ginther és mtsai már 1985-ben foglalkoztak lóban az embrionális veszteség ultrahangos tanulmányozásával. Szarvasmarhában a magzatvesztés tanulmányozása változatlanul aktuális, mert a pontos oktatni háttér még nem kellően tisztázott. *Kastelic és mtsai* (1991) üszőkben a spontán embrióvesztést írták le.

Ma már tudjuk, hogy az ultrahang a korai embrióvesztés diagnosztizálására csak korlátozottan használható. A legnagyobb probléma az, hogy a korai (a termékenyítés utáni 24–30. nap közötti) vizsgálat során, ha már nem található meg az embrió, és folyadékkal részben kitöltött a méh, csak utalhat arra, hogy embrióvesztés történt (akkor is, ha a folyadék echodenz törmelékot tartalmaz). Ennek igazolására más módszereket is alkalmazni kell, pl. érdemes a szérumból a vemhességi fehérje koncentrációt is meghatározni, és így a két

diagnosztikai módszer egymást kiegészítve már alkalmas lehet a magzatvesztés megtörténének igazolására. Természetesen a biztos diagnózis felállításához a későbbi megismételt ultrahang vizsgálat elengedhetetlen.

5. kép: Egészséges tehén petefészke (1: sárgatest; 2: tüsző)



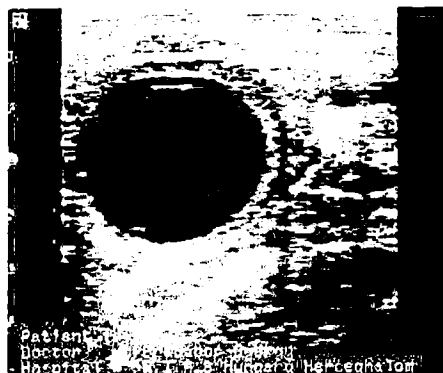
Picture 5.: Normal ovary of cow (1: CL; 2: follicle)

6. kép: Üreges sárgatest (tehén)



Picture 6.: Luteal cavity (cow)

7. kép: Cisztás sárgatest (tehén)



Picture 7.: Luteal cyst (cow)

A petesejtek *in vivo* kinyerését (*ovum pickup*) *in vitro* embrió előállításához tehenekben (Pieterse és mtsai, 1988), lovakban (Bracher és mtsai, 1993) és prepubertális üszőkben (Brogliatti és Adams, 1996) is ultrahang segítségével végezték el. A speciálisan kialakított (intravaginális) szektor vizsgálófej tartójának tetején húzódott meg a tüszőfolyadék és a petesejt leszívásához szükséges tűvezető. Ugyanezt a berendezést és eljárást eredményesen használták valamint intrafollikuláris injektálásra (Kot és mtsai, 1995) a tüszőfolyadék leszívására (Ginther és mtsai, 1997ab) is.

A nőivarú állatok vizsgálatát hamarosan követte a hímivar vizsgálata is. Pechman és Eilts (1987) megállapította, hogy a normális bikahere ultrahangos képe homogén és csak kevésbé echogén (a szürke skálán inkább sötét, mint

világos). *Coulter és Baily* (1988) szerint az ultrahang vizsgálatnak nincs negatív hatása a here spermatermelésére. *Rocha és mtsai* (1990) megállapították, hogy miképp lehet vizsgálni a here átmérőjét ultrahanggal, és azt találták, hogy a tényleges here térfogattal ez közelebbi összefüggést mutat, mint a hereborékátmérő vizsgálata. *Lenz és mtsai* (1994) embereken végzett vizsgálatai szerint az ultrahanggal megállapított heretérfogat és a spermatermelés között összefüggés van, és a vizsgálat alkalmas egyes morfológiai rendellenességek (daganatok, kötőszövetes induráció) kimutatására is. *Chandolia* (1996) szerint, a 2. és 46. élethét között, a bikaborjak heréinek szerkezete (testicular echotexture) az ultrahangos felvételeken egyre világosabbá (echodenzsé) vált és ezt azzal magyarázta, hogy az endokrin rendszer működése van hatással a here ultrahangos megjelenésére. *Gábor és mtsai* (2000) miután standard nyomást biztosító eszközzel vizsgálták fiatal tenyészbikák heréit ultrahanggal, negatív korrelációt találtak a here ultrahangos szerkezete (ET) és a bikák spermatermelése között. Ez, a gyakorlat számára lefordítva, azt jelentette, hogy a sötétebb (több folyadékot — vért — tartalmazó) ultrahang képet mutató heréjű bikák (feltehetőleg a hatékonyabb hőszabályozás következtében) ejakulátuma több, és jobb minőségű.

Természetesen a patológiás elváltozások felderítése és oktani meghatározása is egyszerűbbé vált az ultrahang segítségével. Egyes daganatos (here, mellékhere, prosztatata) ill. kötőszövetes vagy meszesedéssel járó folyamatok (here, mellékhere) felismerése, esetleg folyadék-felhalmozódással, szöveti beolvadással járó (mellékhere, prosztatata, ondóhólyag) esetek diagnosztizálása, ma már a rutin andrológiai vizsgálatok részére.

Háromdimenziós (3D) ultrahang-diagnosztika

A hagyományos B-módú ultrahang készülékek csak kétdimenziós „szeleteket” képesek megjeleníteni a vizsgált szervről sorozatban, és a vizsgálatnak kell mentálisan megalkotnia a szerv háromdimenziós képét. Ma már azonban rendelkezésre állnak olyan 3D technológiát alkalmazó készülékek is, amelyek ezt számítógép segítségével maguktól képesek elvégezni, és a képet megjeleníteni. Mindez azt jelenti, hogy a szerv egyszeri leképezése után nem kell az esetleg fárasztó (pl. rektális) vizsgálatot hosszú ideig végezni, hanem a leképzett szerv képét, 3 dimenzióban, kényelmesen vizsgálva lehet a korábbiaknál lényegesen pontosabb diagnózist felállítani. A szarvasmarha petefészek és embriók vizsgálatra a háromdimenziós ultrahang technikát elsőként *Pierson és mtsai* (1999) használták.

A 3D technika humán felhasználása már előrébb tart (ennek okai között szerepel az ár, a vizsgálófej-mérete, stb.). Legfőbb alkalmazási területének a petefészek folyamatos ellenőrzése és az *ovum pickup* (biztonságosabb, hatékonyabb) elvégzése tűnik (*Kupescic, 2004*).

Színes áramlásos Doppler ultrahang (Color-flow Doppler ultrasonography)

A színes Doppler ultrahang készülékek a helyi véráramlást képesek megjeleníteni úgy, hogy az áramlási irányokat különböző színekkel jelölik meg. A kiindulási pont a vizsgálófej felülete, az eltérő színek ennek megfelelően attól

függenek, hogy a transducer irányába, vagy attól ellentétes irányba áramlik-e a vér. Preovulációs tüszők vizsgálatokor *Pierson* (2000) megállapította, hogy a tüsző körüli véráramlás az ovuláció idején változik. A sebessége a tüsző növekedésével párhuzamosan csökken. Összefüggést fedeztek fel a tüsző erezettsége és az ovuláció megtörténte között (azaz a jobb érhálózáttal ellátott tüszők nagyobb biztonsággal ovuláltak). Ugyancsak alkalmasnak találták az eljárást a sárgatest rendellenességek felismerésére is (*Singh és mtsai*, 2003). Megállapították azt is, hogy a terhes nők sárgatest vérkeringésének sebessége nagyobb, mint a nem terheseké.

Kipróbálták már a Doppler ultrahangot a here vérkeringésének tanulmányozására is, azonban a repkényfonatban található, anatómiailag meglehetősen bonyolult hócserélő rendszer vizsgálata még nem fejeződött be.

Ultrahang bio-mikroszkóp

A B-módú ultrahang és a képek számítógépes pixelanalízise, ideális diagnosztikai eszköz lehetne, mivel a funkció és a diszfunkció valós idejű értékelését tenné lehetővé. A jelenleg kereskedelmi forgalomban árult ultrahang készülékek felbontása 0,7–1,0 mm. Bár ez a felbontás sok klinikai alkalmazáshoz megfelelő, nem elegendő a mikroszkopikus méretű leképezéshez. Létezik már olyan kísérleti eszköz, ami képes mikroszkopikus felbontást produkálni. Ez az ún. ultrahang bio-mikroszkóp egy olyan kristályt használ, ami képes 30–70 MHz-es hullámokat kibocsátani, ezért alkalmas 30–50 μm -es felbontásra is. Az eszközt felszerelték spectrál Doppler-rel is, és ennek segítségével az 50 μm átmérőjű erek vizsgálatát is elvégezhetik (*Singh és mtsai*, 2003). Az ultrahang bio-mikroszkóp esetében limitáló tényezők: a penetráció (behatolóképesség) mélysége, ami 30 MHz esetén 10, míg 50 MHz-en mindössze 5 mm (a kép szélessége 1 cm), valamint a képfrissítés gyakorisága (8 képkocka másodpercenként). Nagy háziállatainkban, és az emberben is, a petefészkek a végbélhez és a hüvelyhez közel helyezkednek el, ezért az új eszköz alkalmazása esetén (esetleg a hagyományos ultrahang segítségével „célba vévet”) lehetséges lesz a szaporító szervek ultrastuktúrájának, majdnem a szövettani vizsgálatoknál megszokott felbontás mellett, tanulmányozása. Mindez lehetőséget kínál majd, pl. a petesejtek minőségének *in vivo* ellenőrzésére, a korai magzati fejlődés és elhalás, a méhen kívüli terhesség és a korai sárgatest elégtelenség, valamint az endometrium rendellenességeinek tanulmányozására.

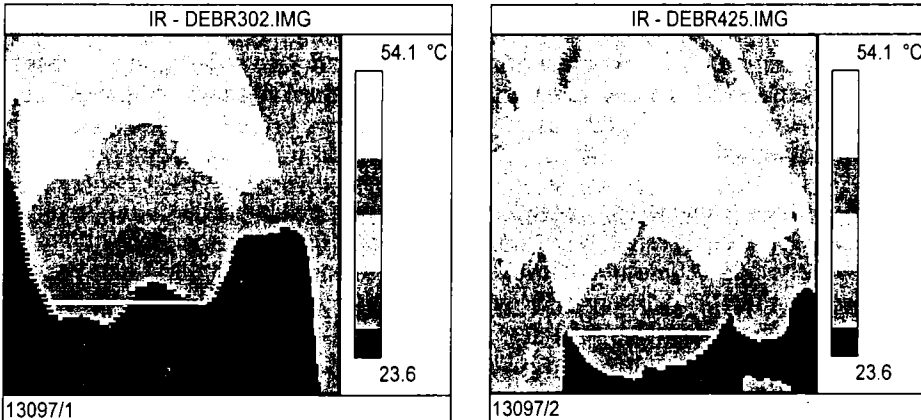
Hőfényképezés (termográfia)

A termográfias vizsgálatok az mintegy 20 évvel ezelőtt kezdődtek. Ezek alapját az a felismerés adta, hogy ha a szervezeten belül nem kompenzált hőmérsékletváltozás történik, az a test felületén az infravörös termográfia módszerével detektálható. Ennek legegyszerűbb példája a lázas állapot kialakulása során a test egész felületén tapasztalható hőmérsékletemelkedés, de (főként versenylovak esetében) a lokális elváltozások (pl. gyulladások) is eredményesen diagnosztizálhatók vele. A termográfia tehát a képkalkítás egy olyan formáját jelenti, ahol a jelet a test hőmérsékleti sugárzása adja. Előnye abból szár-

mazik, hogy a vizsgált alanyhoz hozzá sem kell nyúlni, a vizsgálat távolról is elvégezhető.

Amennyiben a here hőszabályozásában változás áll be, az a funkció (azaz a spermatermelés) romlását eredményezheti. A normálistól eltérő elváltozások a hereborék felszínének infravörös hő-fényképén (scrotal surface temperature, SST) jól nyomon követhetők.

8. kép: A bikahereborék felszíni hőmérsékletének változása egy kísérletben



Szines változat a www.atk.hu lapon található (2005/5)
In colour www.atk.hu (2005/5)

Picture 8.: Change of the bull's scrotal surface temperature (SST) in an experiment

Coulter és mtsai (1988) kosok heréjének infravörös hőfényképezése (infrared thermography) segítségével tanulmányozták a here hőszabályozását. *Coulter és Lunstra* (1992) úgy vélték, hogy a termográfia, mint módszer alkalmas lehet a fertilitás ill. a sperma minőség előrejelzésére. *Kastelic és mtsai* (1995) összefüggést igazoltak a hereborék felszíni és bőr alatti, valamint az intratesztikuláris hőmérséklet között. *Cook és mtsai* (1994) megállapították, hogy a here hőszabályozásában kiemelkedő szerepet játszó here artéria mérete és átmérője miképp változik a kor előrehaladtával, és ez milyen hatással van a hereborék hőmérsékletére és az ejakulátum minőségére. *Kastelic* (1996abc) további vizsgálatai a környezeti hőmérséklet és a hereborék szigetelt izolációjának a here hőszabályozására gyakorolt hatására mutattak rá. *Gábor és mtsai* (1998, 2001) kísérletei bebizonyították, hogy a hereborék felületi hőmérsékletének infravörös termográfias vizsgálata, kezeléssel kombinálva, értékes diagnosztikai információkkal szolgálhat a spermatermelés előrejelzésében (8. kép), mivel a kezelés hatására a felszíni hőmérséklet megemelkedik.

A nőivarú állatok termográfias vizsgálata is lehetséges. Ígéretes próbálkozások történtek az ivarzó tehének felderítésére a péra környékének (ill. a vulvának) termometriás és termográfias mérésével. Egy, a gyakorlatba is bevezethető módszer jelentőségét elsősorban az adná, hogy a tejelő tehenészetek mai napig egyik legnagyobb gondja az ivarzó állatok megtalálása ill. a mesterséges termékenyítés optimális időpontjának a meghatározása. A technológiába

illeszthető — termográfián alapuló — automatikus ivarzás megfigyelő rendszer nagyban javíthatná a szaporítás eredményességét.

Mágneses rezonancia vizsgálatok (MRI)

2D MRI: Az MRI szinte forradalmi változásokat hozott a képalkotó eljárásokba. Az MRI által készített felvételek minősége (felbontás, akusztikus zajok kiszűrése) a hagyományos képalkotó eljárásokénál (mint pl. az ultrahang) lényegesen jobb. A mágneses rezonancia, mint képalkotó eljárás, a hidrogén atom (proton) rádió-frekvenciás gerjesztésén alapul. Erős, állandó mágneses térben a szerveset folyadéktereinek részecske-rezgései ui. szinkronizálódnak. Ha ezen a téren belül a vizsgált területet változó mágneses térbe helyezik, a részecske-rezgések deszinkronizálódnak. Megszüntette a második mágnes hatását, a rezgések újra szinkronizálódnak. A gép a visszarendeződés idejét és egyéb paramétereit méri, és alakítja át képi információvá. Háziállatok *in vivo* MRI vizsgálatáról szóló beszámolók még nem jelentek meg, tekintettel arra, hogy az eljárás igen költséges berendezést igényel, ráadásul egy szűk mágneses vizsgálócsőbe nem lehet a nagyobb testű állatokat betenni. Ugyanakkor már beszámoltak olyan korai fejlesztésekről (prototípus szinten), amelyeket intravaginális és rektális használatra terveznek állatok számára, az ultrahanghoz hasonló felhasználóbarát MRI elkészítésének reményében. Az MRI potenciális lehetőségeinek ellenőrzésére műtétilag eltávolított tehén petefészkeken vizsgálták a tüszőnövekedési hullámot (*Singh és mtsai, 2003*).

3D MRI: *Sarty és mtsai (2000)* *in vitro* körülmények között tanulmányozták a szarvasmarha petefészken a tüszők topográfiai eloszlását 3D MRI eljárással. Sajnálattal állapították meg, hogy egyelőre csak az *in vitro* modell működik, de véleményük szerint remény van a jövőben egy olyan készülék megalkotására, ami felhasználóbarát, gyors, és alkalmas lehet a petefészkek funkció tanulmányozására.

IRODALOM

- Bracher, V. – Parlevliet, J. – Fazelli, A.R. – Pieterse, M.C. – Vos, P.L. – Dielmeman, S.J. – Taverne, M.A. – Colenbrander, B.*(1993): Repeated transvaginal ultrasound-guided follicle aspiration in the mare. *Equine Vet. J. Suppl.*, 15. 75–78.
- Brogliatti, G.M. – Adams, G.P.*(1996): Ultrasound-guided transvaginal oocyte collection in prepubertal calves. *Theriogenology*, 45. 1163–1176.
- Chandolia, R.K.*(1996): Early gonadotropin secretion and sexual maturation in buli calves and ram lambs. PhD. thesis, Univ. of Saskatchewan, Saskatoon
- Cook, R.B. – Coulter, G.H. – Kastelic, J.P.*(1994): The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. *Theriogenology*, 41. 653–671.
- Coulter, G.H. – Bailey, D.R.C.*(1988): Effects of ultrasonography on the bovine testis and semen quality. *Theriogenology*, 30. 743–749.
- Coulter, G.H. – Foote, R.H.*(1978): Relationship of testicular weight to age and scrotal circumference of Holstein bulls. *J. Dairy Sci.*, 59. 730–732.
- Coulter, G.H. – Lunstra, D.D.*(1992): Infrared thermography of the scrotal surface as a tool for predicting semen quality and fertility in the beef buli. *J. Anim. Sci.*, 70. Suppl. 52.
- Curran, S. – Ginther, O.J.*(1991): Ultrasonic determination of fetal gender in horses and cattle under farm conditions. *Theriogenology*, 36. 809–814.

- Gábor, G. – Holzmann, A. – Györkös, I. – Peter, S.(2000): Prediction of the semen production by morphological measures of the testis (scrotal circumference, testicular echotexture and tonometry) in Holstein-Friesian bulls. *Biol. Reprod.*, 62. 573. Suppl. 1.
- Gábor, G. – Kastelic, J.P. – Cook, R.B. – Sasser, R.G. – Brito, L.F.C. – Völgyi Csík, J. – Coulter, G.H. – Györkös, I.(2001): Effects of GnRH Treatment on Scrotal Surface Temperatures in Bulls. *Can. J. Vet. Res.*, 65. 60–63.
- Gábor, G. – Sasser, R.G. – Kastelic, J.P. – Coulter, G.H. – Falkay, G. – Mézes, M. – Bozó, S. – Völgyi Csík, J. – Bárány, I. – Szász, F.(1998b): Morphologic, endocrine and thermographic measurements of testicles in comparison with semen characteristics in mature Holstein-Friesian breeding bulls. *Anim. Reprod. Sci.*, 51. 215–224.
- Gábor, G. – Sasser, R.G. – Kastelic, J.P. – Coulter, G.H. – Falkay, G. – Mézes, M. – Bozó, S. – Völgyi Csík, J. – Bárány, I. – Szász, F.(1998c): Scrotal and testicular characteristics and serum concentrations of LH and testosterone for prediction of sperm production in Holstein-Friesian breeding bulls. *Theriogenology*, 50. 2. 177–183.
- Gábor, G. – Sasser, R.G. – Mézes, M. – Falkay, Y. – Bozó, S. – Völgyi-Csík, J. – Bárány, I. – Hidas, A. – Szász F.Jr. – Boros, G.(1998a): Possibilities of using computer analyzed video and ultrasonic images for the evaluation of testis of bulls. *Theriogenology*, 50. 2. 223–228.
- Gábor, G. – Tóth, F. – Mézes, M.(2004): Preliminary comparison of luteal cavity size with some serum metabolic parameters in dairy cows. *Biol. Reprod.*, 790. Sp. Iss. SI, 274–274.
- Ginther, O.J. – Bergfelt, D.R. – Leith, G.S. – Scraba, S.T.(1985): Embryonic loss in mares: Incidence and ultrasonic morphology. *Theriogenology*, 24. 73–86.
- Ginther, O.J. – Kot, K. – Kulick, L.J. – Wiltbank, M.C.(1997): Emergence and deviation of follicles during the development of follicular waves in cattle. *Theriogenology*, 48. 1. 75–87.
- Ginther, O.J. – Kot, K. – Kulick, L.J. – Wiltbank, M.C.(1997): Sampling follicular fluid without altering follicular status in cattle: oestradiol concentrations early in a follicular wave. *J. Reprod. Fertil.*, 109. 181–186.
- Kastelic, J.P. – Bergfelt, D.R. – Ginther, O.J.(1990): Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration in heifers. *Theriogenology*, 33. 1269–1278.
- Kastelic, J.P. – Cook, R.B. – Coulter, G.H. – Saacke, R.G.(1996): Insulating the scrotal neck affects semen quality and scrotal/testicular temperatures in bull. *Theriogenology*, 45. 935–942.
- Kastelic, J.P. – Cook, R.B. – Coulter, G.H. – Wallins, G.L. – Entz, T.(1996): Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. *Anim. Reprod. Sci.*, 41. 153–159.
- Kastelic, J.P. – Coulter, G.H. – Cook, R.B.(1995): Scrotal surface, subcutaneous, intratesticular, and intraepididymal temperatures in bulls. *Theriogenology*, 44. 147–152.
- Kastelic, J.P. – Curran, S. – Ginther, O.J.(1989): Accuracy of ultrasonography for pregnancy diagnosis on days 10 to 22 in heifers. *Theriogenology*, 31. 813–820.
- Kastelic, J.P. – Northey, D.L. – Ginther, O.J.(1991): Spontaneous embryonic death on Days 20 to 40 in heifers. *Theriogenology*, 35. 351–363.
- Kastelic, J.P. – Pierson, R.A. – Ginther, O.J.(1990): Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. *Theriogenology*, 34. 487–498.
- Kot, K. – Anderson, L.E. – Tsai, S.J. – Wiltbank, M.C. – Ginther, O.J.(1999): Transvaginal, ultrasound-guided biopsy of the corpus luteum in cattle. *Theriogenology*, 52. 967–993.
- Kot, K. – Gibbons, J.R. – Ginther, O.J.A.(1995): Technique for intrafollicular injection in cattle: effects of hCG. *Theriogenology*, 44. 41–50.
- Kupesic, S.(2004): Ultrasound imaging in human reproduction: what is new? *International Congress Series*, 1266. 393–400.
- Lenz, S. – Thomsen, J.K. – Giwercman, A. – Hertel, N.T. – Hertz, J. – Skakkebaek, N.E.(1994): Ultrasonic texture and volume of testicles in infertile men. *Hum-Reprod.*, 9. 878–881.
- Pechman, R.D. – Eilts, B.E.(1987): B-mode ultrasonography of the bull testis. *Theriogenology*, 27. 431–441.
- Pierson, R.A.(1999): Three-dimensional ultrasonography of the embryo and fetus. In: *Fetal and Neonatal Ultrasonography*. Eds.: Jaffe, R. – Bui, T.H. Parthenon Publishing Group, New York, 317–326.
- Pierson, R.A.(2000): Imaging technology in assisted reproduction. In: *Assisted Reproduction and Nuclear Transfer in Mammals*. Eds.: Wolf, D. – Zelinski-Wooten, M. Humana Press, Totowa, NJ, 95–122.

- Pierson, R.A. – Adams, G.P.*(1995): Computer-assisted image analysis, diagnostic ultrasonography and ovulation induction: strange bedfellows. *Theriogenology*, 43. 105–112.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1984): Ultrasonic anatomy of equine ovaries. *Theriogenology*, 21. 471–483.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1984): Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology*, 21. 495–504.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1984): Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology*, 22. 225–233.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1985): Ultrasonic evaluation of the corpus luteum of the mare. *Theriogenology*, 23. 795–806.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1986): Ovarian follicular populations during early pregnancy in heifers. *Theriogenology*, 26. 649–659.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1987): Follicular populations during the estrous cycle in heifers. I. Influence of day 38 of 56. *Anim. Reprod. Sci.*, 14. 165–176.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1987): Follicular populations during the estrous cycle in heifers. II. Influence of right and left sides and intraovarian effect of the corpus luteum. *Anim. Reprod. Sci.*, 14. 177–186.
- Pierson, R.A. – Ginther, O.J.*(1987): Reliability of diagnostic ultrasonography for identification and measurement of follicles and detecting the corpus luteum in heifers. *Theriogenology*, 28. 929–936.
- Pieterse, M.C. – Kappen, R.A. – Kruip, A.M. – Taveme, M.A.M.*(1988): Aspiration of bovine oocyte during transvaginal ultrasound scanning of the ovaries. *Theriogenology*, 30. 751–762.
- Rocha, A. – Forrest, D.W. – Carpenter, B.B.*(1990) Relationships among seminal vesicle size, testicular dimensions and copulatory activity in Santa Gertrudis bulls. In: *Beef cattle research in Texas*. College Station, USA: Texas Agricultural Experiment Station. 185–188.
- Sarty, G.E. – Adams, G.P. – Pierson, R.A.*(2000): Three-dimensional magnetic resonance imaging for the study of ovarian function in bovine *in vitro* model. *J. Reprod. Fertil.*, 119. 69–75.
- Singh, J. – Adams, G.P. – Pierson, R.A.*(2003): Promise of new imaging technologies for assessing ovarian function. *Anim. Reprod. Sci.*, 78. 371–399.

Érkezett: 2005. szeptember
Szerző címe: Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Author's address: Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

AZ EURÓPAI ÁLLATTENYÉSZTŐK SZÖVETSÉGÉNEK (EAAP) 57. TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

2006. ~~szeptember 17-20.~~ ^{aug 26-29} Antalya (Törökország)

(Jornale) Az EAAP következő tudományos ülészetát és közgyűlést *Dublinban* Antalyaában (Törökországban) ~~2006. szeptember 17-20.~~ között tartja. A programról és a jelentkezési feltételekről bővebb tájékoztatást az AgroEurope Kft-től (Bányai Júlianna, Tel.: +36 28 432 987) vagy közvetlenül a rendezőktől [Scientific Secretariat Gürsel Dellal, Ankara University, Faculty of Agriculture, Official Organising Secretariat: Saltur tourism Travel Agency, Atatürk Bulvan No: 175/8, Kavaklıdere 16680 Ankara-Turkey, Tel.: +90 312 419 84 80, Fax: +90 312 419 84 79, E-mail: saltur@eaap2006.gen.tr; Web site: www.eaap2006.gen.tr lehet kérni.]

Részvételi díjak:

	2006. május 31-ig	2006. május 31 után
Résztevő	450 Euro	550 Euro
28 év alatti diák	250 Euro	300 Euro
Kísérő személy	250 Euro	300 Euro

Az előadások címét és rövid összefoglalóját angol nyelven **2006. március 31-ig**, digitális formában (E-mail: eaap2004@WageningenAcademic.com/eaap) kell megküldeni.

A tárgyalásra kerülő témák összefoglaló táblázata lapunk 516–517. oldalán található.

Szatelit szimpóziumok:

Szeptember 15.	FAO/EAAP Workshop
Szeptember 16.	EAAP Workshop on Writing and Presenting Scientific Papers
Szeptember 16.	Higher Education Working Group Workshop
Szeptember 16.	European Regional Focal Point (ERFP)
Szeptember 21.	Satellite Symposia on Growth and Development

Fiatalkutatók (38 éves korig) részére, a szokásos ösztöndíj **2006. február 1-ig** pályázható meg.

Az EAAP 58. tudományos ülészetaka **2007-ben Dublinban** (Írországban) lesz **szeptember 1-5-ig**.

ÚTMUTATÓ A KÉZIRATOK ELKÉSZÍTÉSÉHEZ

Az Állattenyésztés és Takarmányozás kéthavonta megjelenő tudományos folyóirat, foglalkozik az állattermék-előállítás valamennyi ágával, beleértve az összes állatfajt, azok tenyésztését, tartását, takarmányozását és az életfolyamatokkal kapcsolatos minden kérdéskört. Közül elsősorban eredeti tudományos közleményeket, de egyes esetekben a tárgykörhöz tartozó szakirodalmi áttekintéseket és szükség szerint időszerű termeléspolitikai koncepciókat, szemle cikkeket. Tájékoztató céllal ismert disszertációkat, beszámolókat tudományos rendezvényekről, összefoglalókat az egyetemek és a kutatóintézetek kiadványaiból. A cikkeket magyar vagy angol nyelven, az összefoglalókat, a táblázatokat és az ábraszövegeket mindkét nyelven közli.

A kéziratokat kettő példányban, nem szerkesztett változatban, írógéppel, vagy nyomtatóval jól olvashatóan leírva kell a szerkesztőség címére megküldeni. Csatolandó valamennyi szerző nyilatkozata arról, hogy hozzájárul a közlemény megjelenéséhez, és egyet ért annak tartalmával. A beérkezett kéziratokat a szerkesztőség (anonim) lektorálta, és amennyiben szükséges (ugyancsak anonim) visszaküldi a szerző(k)nek a végleges változat elkészítése érdekében.

Az elfogadott közlemények végső változatát elektronikus verzióban (3,5 HD/DD floppy vagy e-mail) és egy kinyomtatott példányban kell a szerkesztőség címére beküldeni. A közlés költségmentes, az első szerző 50 különlenyomatot kap.

Felvilágosítás a közléssel kapcsolatban, a szerkesztőségben:

Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet, 2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1., Tel.: 23-319-133/225; FAX: 23-319-133/120; E-mail: jgundel@atk.hu vagy szerk@atk.hu

Az útmutató teljes szövege, az Állattenyésztés és Takarmányozás, 2004. 53. 2. számában a 193–195. oldalon olvasható, illetve az Internetről letölthető:

<http://www.atk.hu/magyar/MagyHaszUt.htm>

GUIDE FOR AUTHORS

The Hungarian Journal of Animal Production is a bimonthly scientific journal dealing with all of the branches of animal production, including all of the species, their breeding, keeping and feeding, and the whole sphere of questions connected to their vital processes. Mainly original scientific papers, but in some cases also review articles and up-to-date production political conceptions are published. Information is given on dissertations, scientific meetings and on reports of universities and research institutes. Articles are published in Hungarian or English, summaries, texts of tables and figures in both languages.

Manuscripts should be sent in two copies, written in well readable in non-reduced form by typewriter or printer to the address of the editorial office. All authors have approved the paper for release and are in agreement with its content. Manuscripts are anonymously reviewed, and if necessary (also anonymously) returned to the author(s) for the formation of the final version.

The final versions of the accepted publications should be submitted in electronic version (3.5 HD/DD floppy or E-mail) plus in one printed copies to the address of the editorial office. Publishing is free of charge, 50 reprints are sent to the first author.

Publication related information may be obtained from the editorial office: Research Institute for Animal Breeding and Nutrition, H-2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1., Phone: +36-23-319-133/225; FAX: +36-23-319-133/120; E-mail: jgundel@atk.hu or szerk@atk.hu

Full text (in English) of guide for authors see on the Internet:

<http://www.atk.hu/english/AngHaszUt.htm>

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

Főszerkesztő (Editor-in-chief): GUNDEL János (Herceghalom)

Szerkesztő (Editor): REGIUSNÉ MÖCSÉNYI Ágnes (Herceghalom)

A szerkesztőség tanácsadó testülete (Editorial advisory board):

Elnök (President): BODÓ Imre

BREM, G. (Ausztria)	BALTAY Mihály (Budapest)	KOVÁCS József (Keszthely)
HABE, F. (Szlovénia)	DEMETER János (Budapest)	MARTON István (Budapest)
HAN, In K. (Korea)	<u>DOHY János (Budapest)</u>	MÉZES Miklós (Gödöllő)
HODGES, J. (Ausztria)	FÉSÜS László (Herceghalom)	MIHÓK Sándor (Debrecen)
JUST, A. (Dánia)	<u>HORN Artúr (Budapest)</u>	RAFAI Pál (Budapest)
KRÁUSSLICH, H. (Németország)	HORN Péter (Kaposvár)	SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)
MARTIN, T.G. (USA)	INCZE Kálmán (Budapest)	SZABÓ Ferenc (Keszthely)
VERSTEGEN, M.W.A. (Hollandia)	KÁRPÁTI József (Kaposvár)	SZAKÁLY Sándor (Pécs)
	KESERŰ János (Budapest)	SZALAY István (Gödöllő)
		VERESS László (Debrecen)

**Szerkesztőség,
kiadóhivatal
(Editorial and
publisher office):**

Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.
T/F: (36) 23-319-133 E-mail: szerk@atk.hu <http://www.atk.hu>

Felelős kiadó (Publisher): RÁTKY József, főigazgató
HU ISSN: 0230 1814

A lap a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium tudományos folyóirata
This is a scientific bimonthly journal of the Ministry of Agriculture and Regional Development

A kiadást támogatja: Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium
(Sponsored by)

Megjelenik évente hatszor

Előfizetési díj: 1 évre 4400,- Ft (ÁFA-val)

Kiadja és terjeszti Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet

Előfizethető a kiadónál, vagy átutalással az MNB 232-90174-0808 pénzforgalmi jelzőszámra

Külföldön terjeszti a Batthyány Kultur-Press Kft., 1011 Budapest, Szilágyi Dezső tér 6.

T/F: 1-201-8891; 1-212-5303 E-mail: batthyany@kultur-press.hu.

Orders may be placed with Batthyány Kultur-Press Ltd., Szilágyi Dezső Square 6. H-1011 Budapest, or with any of its representatives abroad

Készült az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben, Herceghalom (19/25.)
A nyomda felelős vezetője: Kurucz István