

**Radiographic examination
of birds' skull I.**Techniques of radiodiagnostics
and comparative radiography
of birds' skullsCsongori Tünde^{1*}
Fuisz Tibor²
Pazár Péter¹
Sátorhelyi Tamás¹
Sós Endre³
Szelényi Gábor³
Molnár Viktor^{1,3,4,**}T. Csongori^{1*}
T. Fuisz²
P. Pazár¹
T. Sátorhelyi¹
E. Sós³
G. Szelényi³
V. Molnár^{1,3,4,**}1. SZIE ÁOTK Egzotikusállat- és
Vadegészségügyi Tanszék
H-1072 Budapest
István u. 2.* A témában megjelent Tudományos
Diákköri dolgozat szerzője2. Magyar Természettudományi
Múzeum, Állattár

3. Fővárosi Állat- és Növénykert

4. Hannoveri Állatkert
(Erlebnis-Zoo Hannover)

** e-mail:

viktor.molnar@zoo-hannover.de

**Madárkoponyák
röntgenvizsgálata I.****A vizsgálat technikai kivitelezése
és madárctsaládok koponyáinak
összehasonlító röntgenvizsgálata****ÖSSZEFOGLALÁS**

A szerzők munkájuk során madarak fejének röntgenvizsgálatát végezték el, és arra a következtetésre jutottak, hogy a pontos beállításhoz elengedhetetlen az általános anesztézia és a különböző rögzítő eszközök használata. Összehasonlítva 13 faj *in vivo* koponyafelvételeit azonos fajok preparált koponyáinak felvételeivel jelentős különbségeket fedeztek fel elsősorban a lágyszöveti hiány, másodsorban a koponyák preparálása során elvesző csontelemek hiánya miatt. Eddigi munkájuk során összesen 72 madárctsalád, 128 faj, 185 egyedéről, 777 röntgenfelvételt készítettek.

SUMMARY

The authors performed radiographic examination on the head of birds, and concluded that general anaesthesia and the use of different restraining instruments is necessary in order to obtain good quality radiographs. Comparing skull radiographs taken *in vivo* and on museum specimens of the same species they found significant differences primarily caused by the lack of soft tissues and secondarily by the lack of small bones lost in the course of preparing museum skeleton specimens by the taxidermists. Altogether 777 radiographs of 185 specimens in 128 species belonging to 72 families were taken and analyzed.

Az ezredforduló táján hazánkban is nyilvánvalóvá vált, hogy a sikeres állatorvosi praxis egyik elemeként érdemes beemelni a napi rutinba a kedvtelésből tartott kistrágyacsálók, madárfajok és hüllők legalább alapszintű ismeretét és gyógyáztatását is.

A madarak betegségeinek tünetsezegénysége, ill. a fizikális vizsgálat során észlelt tünetek hasonlósága kihangsúlyozza a kiegészítő vizsgálatok szerepét. Különösen igaz ez a fej vizsgálatánál, ahol a létfontosságú szervek, anatómiai képletek jelentős része mélyen helyeződik, és a diagnosztikai módszerek többsége esetében átfedéssel, egymásra vetüléssel kell számolnunk. Az egzotikusállat-orvoslásban talán leggyakrabban alkalmazott kiegészítő műszeres vizsgáló módszer a röntgenvizsgálat, amely a koponya csontos alapján létrejövő, akár kisebb elváltozásokat is képes kimutatni, míg a lágy szövetek tekintetében jóval kevésbé érzékeny.

Az egzotikusállat-orvoslás egyik leggyakrabban alkalmazott kiegészítő vizsgáló módszere a röntgenvizsgálat

A röntgenvizsgálatok szerepe jól ismert madarakban, a szakirodalom kimerítően foglalkozik a beállítási lehetőségekkel (11) éppúgy, mint a radioanatómiai képletek leírásával (9).

Pontos leírást kapunk a páciensek röntgenvizsgálatra való felkészítéséről, amely szerint a 100 g alatti madaraktól két, míg a 100 g feletti madaraktól 3–5 órával a röntgenvizsgálat előtt ajánlott a táplálék megvonása, így megelőzhető a stressz által kiváltott regurgitáció és az ennek következtében kialakuló félrenyelés. A táplálék megvonás idejét illetően a legyengült, beteg páciensek esetén egyéni elbírálás alapján érdemes dönteni (6).

A fej betegségeinek, elváltozásainak pontos leképezéséhez elengedhetetlen a madarak teljes mozdulatlansága, amit felületes, ill. mély szedációval lehet biztosítani. Így a mozgáséletlenség nem zavarja a felvételek értékelhetőségét. Többféle eszköz szerepelhet, amelyek segítségével a pontos beállítások kivitelezése egyszerűbbé, könnyebbé válik. A kisebb papagájok, énekesmadarak közvetlenül a kazettára helyezhetők, és ragasztószalaggal rögzíthetők. A nagyobb testű ragadozó madarak, nagy papagájok fixálásához akril rögzítő eszközök vehetők igénybe.

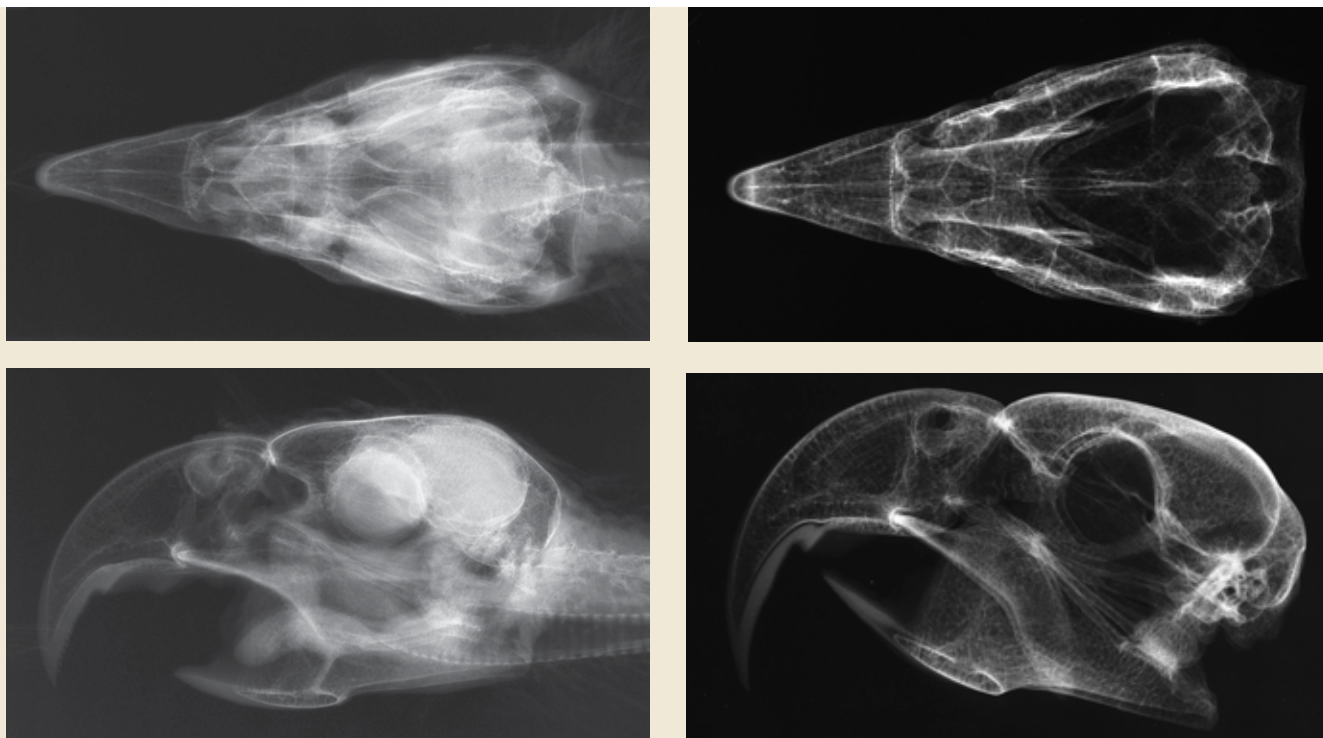
Fontos a fej teljes mozdulatlansága, amihez szedáció szükséges

Amennyiben a madár állapota engedi, érdemes legalább két irányból (ventrodorsalis és laterolateralis) röntgenfelvételt készíteni. Szükség szerint kétirányú, 15–30°-os ferde felvétel készítése is ajánlott lehet. Röntgenárnyékot nem adó szivacsból készült kis ékek segítségével pontos fektetéseket érhetünk el. A hagyományosan kivitelezett fektetések során minden esetben érdemes a madár nyakát kihúzott állapotban rögzíteni, és a fej szimmetriájára figyelni (6, 10). Egyes művek foglalkoznak különböző madárosztályok összehasonlító morfológiájával, fejlődésével, evolúciójával és biológiai funkciójával, külön fejezetet szentelve a koponyák alakváltozatosságának (5).

Bizonyos tanulmányok egy-egy régió részletes leírásával foglalkoznak (4), míg mások több fajban tanulmányozzák a koponya anatómiáját, és lényeges morfológiai eltéréseket mutatnak ki a nyakszirtcsont és a koponyatető tekintetében az egyes rendek között (8).

A madárvilág sokszínűsége, a családokon belüli eltérések, amelyek az adott életmódhoz való alkalmazkodásukat segítette, régóta foglalkoztatja a tudományos körökben munkálkodókat. Számos közlemény dolgozza fel család-, nemzetség- vagy akár fajszinten a koponyák alakulását (2), egyes tanulmányok pedig a madarak koponyájának funkcionális morfológiáját vizsgálja 3D-s módszerekkel, jelentős különbségeket mutatva ki a koponyákon a táplálkozási szokásoknak megfelelően (7).

Az anatómiát nemcsak az élővilág részletes megismerésének céljából tanulmányozzák a biológusok, zoológusok, hanem a mindennapi élet megkönnyítéséhez sokszor a természetből merítenek ihletet a kutatók. A harkályfélék fejének biomechanikai vizsgálatával arra keresték a választ, hogy mi védi meg ezeket a madarakat a fejsérülésektől, miközben nagy sebességgel és erővel kopogtatják



1. ÁBRA. Kék-sárga arapapagáj (*Ara ararauna*) fejének, valamint koponyapreparátumának röntgenfelvétele

FIGURE 1. Radiograph of head and skull of Blue-and-yellow Macaw (*Ara ararauna*)

a fatörzseket. Reményeik szerint ezeket az eredményeket át lehet ültetni a gyakorlatba annak érdekében, hogy megelőzzék a humán fejsérülések kialakulását (12). A röntgenvizsgálatot a koponya mozgásának elemzéséhez is felhasználták. Különböző technológiai megoldásokkal, mint például a mozgásmorfológia radiológiai rekonstrukciója (XROMM) használatával *in vivo* tudták vizsgálni az os quadrata kinematikáját (mozgástanát) (1), röntgen-sztereofotogrammetria módszerével pedig képesek voltak leírni a madárkoponyák háromdimenziós mozgását (3).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során múzeumi koponyákról és élő állatokról készítettünk röntgenfelvételeket. Az alapvizsgálatainkhoz szükséges koponyákat a Magyar Természettudományi Múzeum Madárgyűjteménye biztosította. Az összehasonlító röntgenanatómiai vizsgálatokhoz szükséges – a feji képletek tekintetében – egészséges és a klinikai beteganyagot a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar (SZIE ÁOTK) Belgyógyászati Tanszék és Klinika, a korábbi Egzotikus Állatok Osztályára (ma: Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszék Klinikájára) általános vizsgálat, ill. gyógykezelés céljára behozott madarak, továbbá a Fővárosi Állat- és Növénykert állományába tartozó fajok, valamint mentett vadon élő madarak szolgáltatták.

Munkánk során összesen 128 faj 185 egyedéről 777 röntgenfelvételt készítettünk. A vizsgálatokhoz Rörix DE101/18Ö típusú, TUR (Dresden) gyártmányú mobilis röntgengépet használtunk. Az expozíciós értékeket az állat testméretei, ill. koponyájának nagysága alapján választottuk ki. A csőfeszültség értékét 40–57 kV,

A munka során múzeumi koponyákról készítették röntgenfelvételeket

2. ÁBRA. Bütykös hattyú
(*Cygnus olor*) koponyájának
röntgenfelvétele

Koponya hossza SL: 178 mm;
koponya szélessége SW: 54
mm; koponya magassága SH:
45 mm; neurocranium hossza
NcL: 40 mm

FIGURE 2. Radiograph of skull
of Mute Swan (*Cygnus olor*)
Skull length SL: 178 mm;
skull width SW: 54 mm; skull
height SH: 45 mm; neurocra-
nium length NcL: 40 mm



az expozíciós időt 0,08–0,2 s, míg a mAs-értéket 2,4–6 között változtattuk. A felvételek elkészítéséhez 24 × 30 cm-es röntgenkazettát, 18 × 24, ill. 24 × 30 cm-es mammográfiás kazettát és 24 × 30 cm-es Primax RTG-G, valamint 18 × 24 cm-es és 24 × 30 cm-es KODAK MIN-R S mammográfiás röntgenfilmet használtunk. A filmkidolgozáshoz a SZIE ÁOTK Sebészeti és Szemészeti Tanszék és Klinika Protec Gerätebau GmbH 1140 típusú automata előhívóját és az ezzel kompatibilis Roentoroll HC/CRE röntgen-fényképezési előhívót, ill. Roentogen – SUPERFIX MRP röntgen-fényképezési fixálót használtuk.

A koponyákról és madarokról minden esetben ventrodorsalis vagy dorsoventralis és laterolateralis felvételeket készítettünk. A koponyák, ill. a madarak rögzítését radiolucens fonállal, ill. tüllhálóval végeztük.

Élő madarak esetében a koponyafelvételek készítése során izoflurán altatást végeztünk (Forane®-oldat inhalációs gőz képzéséhez, 100 ml, izoflurán, Abbott).

Vizsgálataink során különös hangsúlyt fektettünk a klinikai jelentőségű képletekre (állcsont, állkapocs, csőr szarukávéjának alakja, egységessége, koponyaüreg mérete, járomív alakja). A röntgenfelvétel leképezési jellege és a kicsi tárgy-film távolság miatt lényegileg milliméterpontos adatokat vehettünk fel a splanchno és neurocranium (arc- és agykoponya) méretéről, egymáshoz való arányáról. A koponya hosszát (SL) a protuberantia occipitalis externa és a rostrum maxillare között, a koponya szélességét (SW) a felvételen a legszélesebb pontok között, a koponya magasságát (SH) a koponya alapjától a koponyatetőig, míg neurocranium hosszát (NcL) protuberantia occipitalis externa és a koponyaüreg elülső pontja között mértük.

**A hangsúly a klinikai
jelentőségű képleteken
volt**

EREDMÉNYEK

Az élő állatok esetében izofluránnal végezték inhalációs anesztéziát**A MADARAK FEJÉNEK PONTOS BEÁLLÍTÁSA**

A kóros eltéréseket nem mutató, egészséges egyedekről a klinikai anatómia bemutatása érdekében készítettünk felvételeket. Mivel a fej a test igen összetett szerkezetű területe, fontos, hogy a pontos beállítás mellett a madarak teljes mozdulatlanságát is biztosítsuk, ezáltal minimalizáljuk a mozgáséletlenséget. Ennek érdekében – amennyiben a madár állapota engedte – altató maszkkal, izoflurán felhasználásával inhalációs anesztéziát végeztünk.

A ventrodorsalis felvétel elkészítéséhez a madarat a hátára fektetve helyezzük a kazettára, a testét és a szárnyait egyik kezünkkel rögzítjük. A felső csőr-kávába radiolucens fonalat helyezve, majd azt megfeszítve fixáljuk az állat fejét. A röntgensugár fókuszát a két szem közé állítjuk be, a fej minden esetben szimmetrikusan helyeződik.

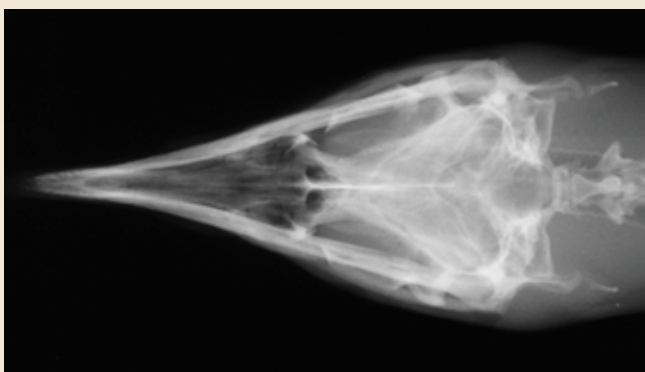
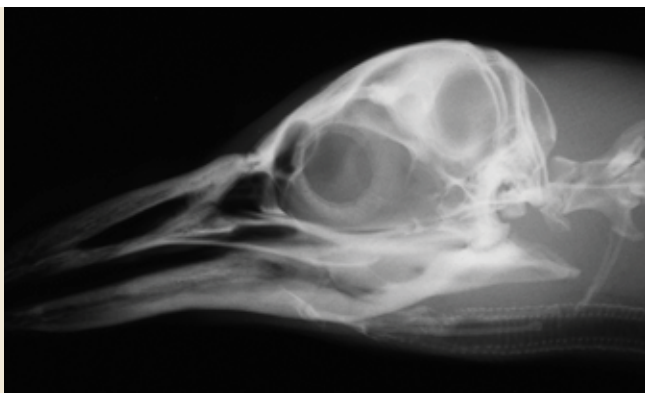
3. ÁBRA. Sisakos kazuár (Casuarius sp.) koponyájának röntgenfelvétele

SL: 193 mm; SW: 71 mm;
SH: 155 mm; NcL: 63 mm

FIGURE 3. Radiograph of skull of Cassowary (Casuarius sp.)

SL: 193 mm; SW: 71 mm;
SH: 155 mm; NcL: 63 mm





4. ÁBRA. Pápaszemes pingvin (*Spheniscus demersus*)
fejének röntgenfelvétele

SL: 125 mm; SW: 57 mm; SH: 43 mm; NcL: 37 mm

FIGURE 4. Radiograph of head of Jackass Penguin
(*Spheniscus demersus*)

SL: 125 mm; SW: 57 mm; SH: 43 mm; NcL: 37 mm

A **laterolateralis felvétel** elkészítéséhez a madarat hagyományosan a jobb oldalára fektetjük, a testét és a szárnyait kezünkkel rögzítjük, majd a csőr felső kávájába akasztott radiolucens fonal segítségével fixáljuk a fejet. A röntgensugár fókuszát a szem alatti területre irányítjuk.

A **rostrorcaudalis felvételhez** a madarat a hátára fektetve helyezzük a kazettára, miközben a teste és a lábai rögzítve vannak. A fej 90°-os szöveget zár be a röntgenkazettával. A röntgensugár fókuszát a csőr tetejére állítjuk be.

A **ferde felvételek** elkészítése során az állat testét kézben tartjuk, felső csőr-káváját fonallal kifeszítjük, és az egész madarat forgatjuk el 30, ill. 75°-ban.

A beteg, sérült egyedeket szintén inhalációs anesztéziában vizsgáljuk. Az altatási időt minden esetben próbáljuk minimalizálni. A beállításokat ugyanúgy végezzük, mint az egészséges egyedek esetében.

A madárhullák beállítása során tüllhálót és/vagy fonalat, radiolucens ragasztószalagot használunk. A tüllhálót a madarak feje, ill. nyaka alá helyezve, majd azt kifeszítve a kívánt pozícióban lehet rögzíteni. Sok esetben a laterolateralis felvétel elkészítéséhez elegendő a madarakat a hátukra fektetni, majd a nyakat és a fejet oldalirányba, 90°-kal elfordítani.

IN VIVO KOPONYÁK ÉS CSONTPREPARÁTUMOK ÖSSZEHASONLÍTÓ RÖTGENVIZSGÁLATA

Az elemzésbe bevont múzeumi csontpreparátumok, koponyák egy részénél hiányzott az állkapocs, az egyik vagy mindkét oldali os quadrate, továbbá az os pterygoideum, és törött volt az os frontale, vagy a csőr vége hiányzott, bizonyos esetekben pedig a teljes

koponyán voltak fellelhető hiányosságok. Általánosságban elmondható, hogy a koponyától független csontos elemek (ossiculum sclerae, nyelvcsonti apparátus) minden esetben hiányoztak.

A felvételek kiértékelése során a fő eltérést a légyszövetek és a koponyától független csontos elemek hiánya, ill. megléte okozta (1. ábra). A csontos elemek egységessége, élettani helyeződése mindkét esetben nyomon követhető volt, bár a koponyákról készült röntgenfelvételeken a különböző csontos képletek beazonosítása egyértelműbb. A traumás elváltozásokat mutató egyedeknél az elváltozott terület helyének pontos meghatározását segítette, ha a felvételeket összevetettük a múzeumi koponyákról készült röntgenképekkel.

MADÁRCSALÁDOK KOPONYÁINAK RÖTGENANATÓMIÁJA

A madarak népes osztályát korábban a morfológiai bélyegek alapján rendszerezték. Mára előtérbe került a DNS-alapú rendszerezés, így azonos családokon belül gyakrabban találkozhatunk – jobbára kismértékű – alakbeli eltérésekkel. Összességében megállapítható, hogy a legtöbb faj, azonos családon belül, nagymértékű hasonlóságot mutat, főként a neurocranium területét illetően.

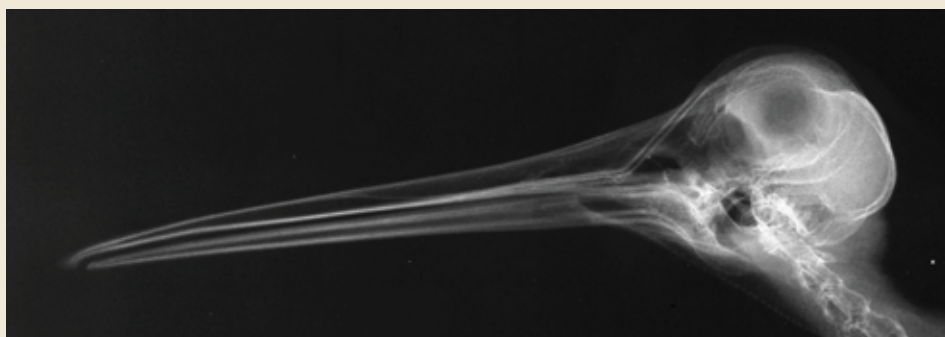
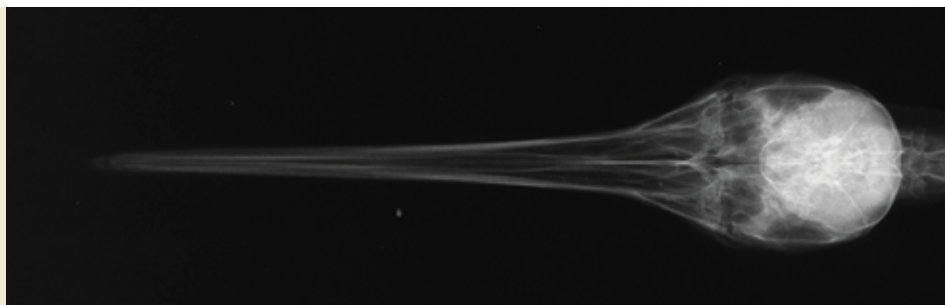
A terjedelmi korlátok miatt a jelen közleményben csupán példákkal illusztráljuk a változatos anatómiai viszonyokat (2–6. ábra).

5. ÁBRA. Erdei szalonka
(*Scolopax rusticola*) fejének
röntgenfelvétele

SL: 115 mm; SW: 28 mm;
SH: 26 mm;
NcL: 20 mm

FIGURE 5. Radiograph of
head of Eurasian Woodcock
(*Scolopax rusticola*)

SL: 115 mm; SW: 28 mm;
SH: 26 mm; NcL: 20 mm



MEGVITATÁS

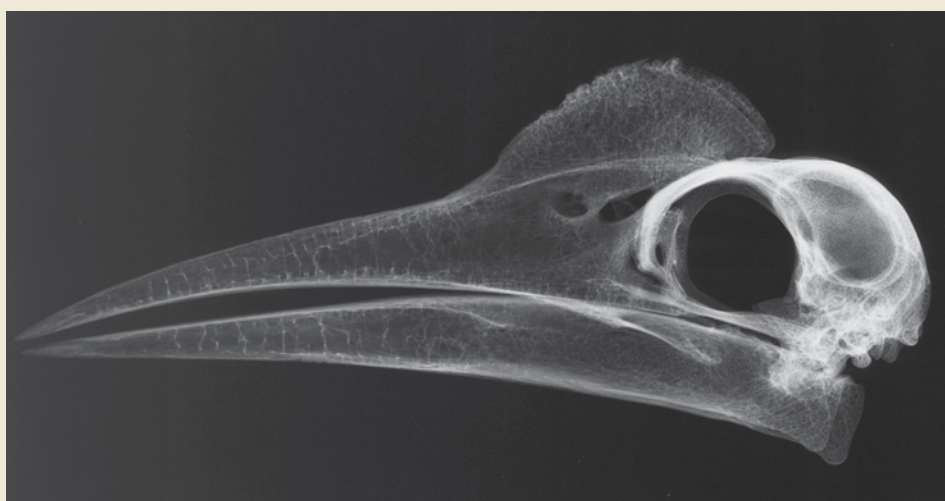
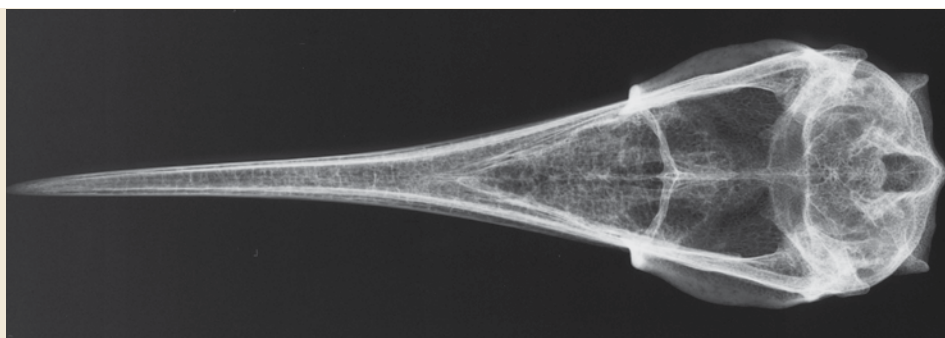
Megállapítható, hogy mind a koponyák, mind pedig az *in vivo* felvételek elkészítéséhez szükséges valamilyen rögzítő eszköz használata. Elengedhetetlen továbbá az inhalációs anesztézia alkalmazása, ugyanis a fejen található apróbb képletek leképezéséhez pontos fektetésre van szükség, és a mozgási élettenség kivédé-

6. ÁBRA. Kaffer szarvasvarjú (*Bucorvus abyssynicus*) koponyájának
röntgenfelvétele

SL: 228 mm; SW: 59 mm;
SH: 53 mm; NcL: 44 mm

FIGURE 6. Radiograph of skull of
Northern Ground Hornbill (*Bucorvus abyssynicus*)

SL: 228 mm; SW: 59 mm;
SH: 53 mm; NcL: 44 mm



se is rendkívül fontos. Amennyiben a madár általános állapota engedi, érdemes legalább kétirányú (laterolateralis, ventrodorsalis) felvételt készíteni a képletek, eltérések pontos beazonosíthatósága érdekében.

A madarak sokszínűsége lenyűgöző változatosságot eredményez mind a kinézetükben, mind pedig koponyájuk alakulásában. Általánosságban elmondható, hogy a neurocranium felépítése családon belül nagymértékben megegyezik, a splanchnocranium pedig az adott életformához alkalmazkodott.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők munkájához segítséget nyújtott ABAUJI NORBERT, CSÉBI PÉTER, IPOLYI TAMÁS, KAMPÓ JÓZSEFNÉ, KOVALOVSKI DÁVID, MÓZER ANIKÓ, SZABÓ FLÓRA, VENCZEL EDIT. Valamennyiüknek köszönettel tartozunk.

IRODALOM

1. DAWSON, M. M. – METZGER, K. A. et al.: Kinematics of the quadrate bone during feeding in Mallard ducks. *J. Experim. Biol.*, 2011. 214. 2036–2046.
2. DONATELLI, R. J.: Cranial osteology of Meiglyptini (Aves: Piciformes: Picidae). *Anat. Res. Int.*, 2012. doi: 10. 1155/951836.
3. GUSSEKLOO, S. W. S. – VOSSELMAN, M. G. – BOUT, R. G.: Three-dimensional kinematics of skeletal elements in avian prokinetic and rhynokinetic skulls determined by roentgen stereophotogrammetry. *J. Experim. Biol.*, 2001. 204. 1735–1744.
4. HALL, M. I. – IWANIUK, A. N. – GUTIÉRREZ-IBÁÑEZ, C.: Optic foramen morphology and activity pattern in birds. *Anat. Rec.*, 2009. 292. 1827–1845.
5. HANKEN, J. – HALL, B. K.: *The Skull*. 2. Patterns of structural and systematic diversity. University of Chicago Press. Chicago, 1993.
6. KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. – PEES, M. et al.: *Diagnostic imaging of exotic pets. Birds, small mammals, reptiles*. Schlütersche. Hannover, 2011.
7. KULEMEYER, C. – ASBAHR, K. et al.: Functional morphology and integration of corvid skulls – a 3D geometric morphometric approach. *Front. Zool.*, 2009. 6. 2.
8. MARUGÁN-LOBÓN, J. – BUSCALIONI, A. D.: New insight on the anatomy and architecture of the avian neurocranium. *Anat. Rec.*, 2009. 292. 364–370.
9. SAMOUR, J. H. – NALDO, J. L.: *Anatomical and clinical radiology of birds of prey: including interactive advanced anatomical imaging*. Elsevier. Edinburgh, 2007.
10. SILVERMAN, T. – TELL, L. A.: *Radiology of birds an atlas of normal anatomy and positioning*. Saunders Elsevier. St. Louis, 2010.
11. SMALLWOOD, J. E. – SHIVELY, M. J. et al.: A standardized nomenclature for radiographic projections used in veterinary medicine. *Vet. Radiol.*, 1985. 26. 2–9.
12. WANG, L. – CHEUNG, J. T. et al.: Why do woodpeckers resist head impact injury: A biomechanical investigation. *PLoS ONE*, 2011. 6. e26490.