



ニワトリの翼状骨における連結部の組織形成

河南, 保幸
合田, 麻里
加藤, 征史郎

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 22(1):1-6

(Issue Date)

1996-01-30

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00178062>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00178062>



ニワトリの翼状骨における連結部の組織形成

河南保幸*・合田麻里*・加藤征史郎**

(平成7年8月10日受理)

Histological Study on the Development of Articulations in the Chick Pterygoid

Yasuyuki KANNAN, Mari GODA and Seishiro KATO

Abstract

The development of articulations in the pterygoid of White Leghorn chick, and of adventitious cartilages associated with them, was histologically studied at different periods of incubation and post-hatching. At 10 days of incubation, the pterygoid ossification center was recognizable within a connective tissue sheath. The pterygoid was at first a rod-like condensation of mesenchyme within the sheath and became a hollow bony tube as the age of the embryo advanced. Later, this membrane bone articulated at its medial end with the parasphenoid and also with the palatine and at its laterodistal end with the quadrate. In 11-day-old embryo, the articulation of the pterygoid showed definitely recognizable young adventitious cartilage. The changes between 14 days of incubation and the day of hatching included an enlargement of the articular face of the pterygoid, causing its articulation to be more extensive, and further development of the articular cavity. Growth of the adventitious cartilage on the pterygoid continued at least until before hatching. With advancing age after hatching, the articular cartilage of the pterygoid at its articulation with the parasphenoid became progressively more prominent. The nodules of adventitious cartilage which underlay the articular cartilage in the embryo were small in the hatched chick. In 5-day-old chick, a small amount of adventitious cartilage was still present on the pterygoid at its articulation with the quadrate. There was no such articular cartilage at the pterygoid-palatine articulation as was so prominent between the pterygoid and the parasphenoid. In 3-week-old chick, the pterygoid-parasphenoid articulation has increased in overall size but there was little change in the thickness of the articular cartilage. Where there were articular cavities, fibrous membranes lining the articulations appeared on each side of the cavity and these usually became fibrocartilaginous. The fibrous articular membrane of the pterygoid at its articulation with the palatine was much thicker than that in the 5-day-old chick. The adventitious cartilage of the pterygoid was partially replaced by bone and at the articular surface by a fibrocartilage which formed the adult articular cartilage.

緒 言

頭蓋は、軟骨組織の段階を経て骨組織に置き換わる軟骨性骨と、軟骨組織の過程を経ずに間葉組織から直接骨化する膜性骨とが複雑に組み合わさって形成されている。ニワトリの頭蓋の場合、後頭骨、底髑形骨、側頭骨岩様乳突部、方形骨などが軟骨性骨に、また前髑形骨、側頭骨鱗部、翼状骨、口蓋骨などが膜性骨に当る¹³⁾。これら

の骨は、頭蓋形成の過程で隣接の骨と連結するが、各骨の連結様式は長骨や短骨の場合に比べてかなり複雑で、それぞれが特徴的な連結様式を示すといわれている。すなわち、肢骨や脊柱にみられる連結は、大部分が軟骨による関節結合で、それらの連結部の形態や形成過程は相互によく類似する。しかし、頭蓋では、線維性、軟骨性または骨性の連結が各所に存在する。頭蓋を構成する膜性骨については、神経冠由来の間葉細胞が各所定の位置に集合してただちに骨化することが、多くの研究者^{1,4-6&15)}によって確認されているが、各連結部の形成を詳細に追究した報告はあまりにも少ない。

* 生殖生物学研究室

** 発生工学研究室

この研究では、ニワトリの頭蓋構成骨の連結部における組織形成の特徴を正確に把握するため、翼状骨とその周囲の諸骨の発生経過について組織学的に観察した。なお、翼状骨は頭蓋底にみられる棒状の骨で、前蝶形骨、方形骨、口蓋骨と連結し、後鼻孔の後縁を造る。

材料および方法

実験材料として、白色レグホン種の受精卵 70 個を用い、常法によって孵卵しながら、孵卵開始 10 日目より孵化に至るまでの胚子、さらに孵化後 3 週までのひなから頭蓋を採取した。これらの頭蓋について、BOUIN 液で 2～7 日間固定ののち、翼状骨をその周囲の諸骨とともに切り出し、パラフィンに包埋して厚さ 7 μ m の前頭断切片を作製した。染色法としては、組織構造の観察のための hematoxylin・eosin 染色、軟骨組織と骨組織の識別のための alcian blue・chlorantine fast red 染色⁹⁾、類骨組織の観察のための RALIS と RALIS 法¹²⁾ などを行なった。

観 察 結 果

孵卵 10 日の胚子の頭蓋についてみると、翼状骨が将来形成される領域に間葉細胞が密集し、それらの細胞から

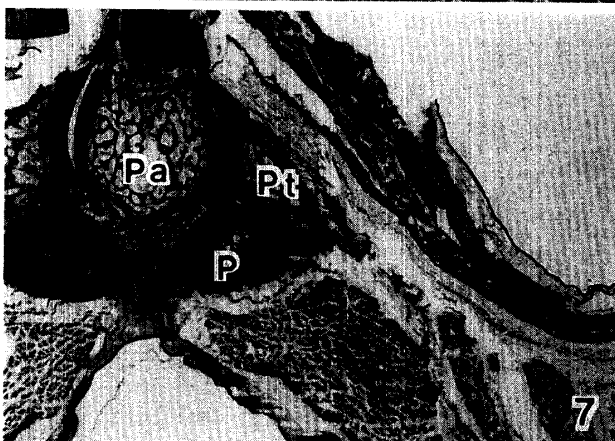
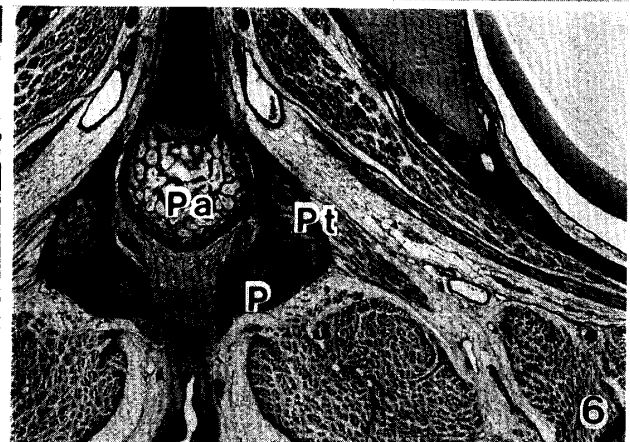
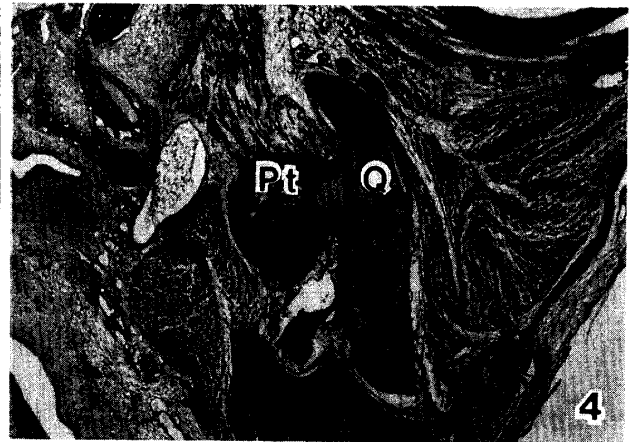
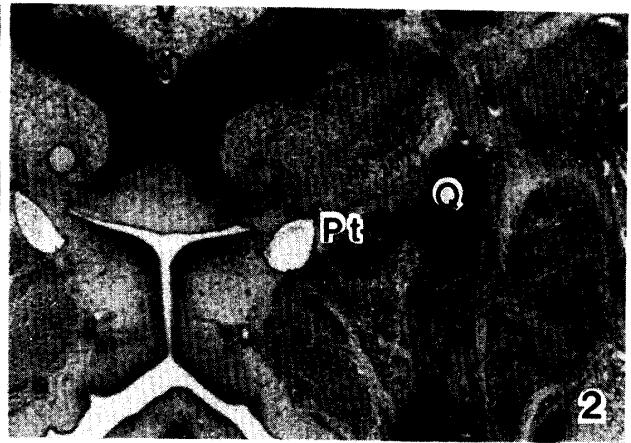
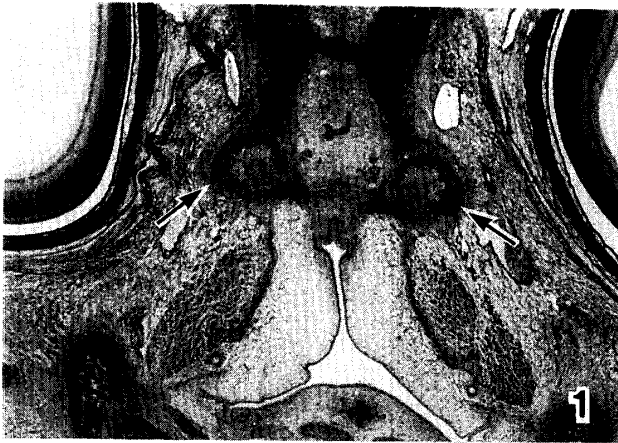
分化した骨芽細胞の間には類骨組織が認められた (Fig. 1)。翼状骨の形成予定域でみられる類骨組織の形は細長い棍棒状で、その前端部では、将来前蝶形骨と接する部位に間葉細胞が集合し、また後端部では、方形骨軟骨との間に未分化結合組織が観察された (Fig. 2)。なお、この時期における口蓋骨は、眼窩中隔の腹側に間葉細胞の集まりとして認められるのみであった。孵卵 11 日には、翼状骨の骨化が進行するとともに、前端部の前蝶形骨側および後端部の方形骨軟骨側の部位で間葉細胞が alcian blue に濃く染まるようになり、軟骨組織の形成が察知された (Figs. 3, 4)。さらに前端部の口蓋骨側の部位は、膜性骨として観察される口蓋骨の後端部と間葉細胞群を介して接していた。一方、翼状骨と向かい合う前蝶形骨の形成予定域においても alcian blue に染まる細胞集団が出現した。孵卵 14 日の翼状骨は円筒状の薄い骨質よりなり、その前端部では、前蝶形骨側の軟骨組織が前蝶形骨で形成された軟骨組織と向かい合い、両骨の間に狭い間隙が認められた (Fig. 5)。方形骨軟骨との連結部付近では、単層細胞からなる気嚢が形成されていたが、この気嚢が翼状骨や方形骨軟骨に接する部位では骨膜または軟骨膜が不明瞭となっていた。またこの時期に翼状骨は口蓋骨と互いに連結するようになった (Fig. 6)。なお、このころから、翼状骨でみられた軟骨組織は次第に破壊吸収され、

Explanation of Figures

Figures 1–9, 11 and 12 show photomicrographs of sections stained with alcian blue and chlorantine fast red, and figure 10 with hematoxylin and eosin.

Abbreviations used : P, palatine; Pa, parasphenoid; Pt, pterygoid; Q, quadrate.

- Fig. 1. A transverse section of the head from a 10-day-old embryo. The rudiment of the pterygoid ossification center (arrow) can be seen in a zone of loose mesenchyme. $\times 20$.
- Fig. 2. A transverse section of the head from a 10-day-old embryo. Undifferentiated connective tissue is present between the pterygoid and the quadrate. $\times 20$.
- Fig. 3. Adventitious cartilage of the pterygoid at its articulation with the parasphenoid in a 11-day-old embryo. New adventitious cartilage (arrow) has been formed from a layer of proliferative cells. $\times 100$.
- Fig. 4. Articulation of the pterygoid with the quadrate in a 11-day-old embryo. Adventitious cartilage formation is clearly seen in the laterodistal end of the pterygoid. $\times 20$.
- Fig. 5. Articulation of the pterygoid with the parasphenoid in a 14-day-old embryo. Pads of articular cartilage are prominent on the pterygoid and on the parasphenoid. The joint cavitation has occurred. $\times 20$.
- Fig. 6. Articulation of the pterygoid with the palatine in a 14-day-old embryo. The pterygoid articulates at its medial end with the palatine. $\times 20$.
- Fig. 7. Articulation of the pterygoid with the palatine in a 16-day-old embryo. Adventitious chondrification has begun in the germinal cells at the end of the palatine. $\times 20$.
- Fig. 8. Articular cartilage of the pterygoid at its articulation with the parasphenoid in a 18-day-old embryo. The articular surface is covered with flattened cartilage cells. $\times 100$.



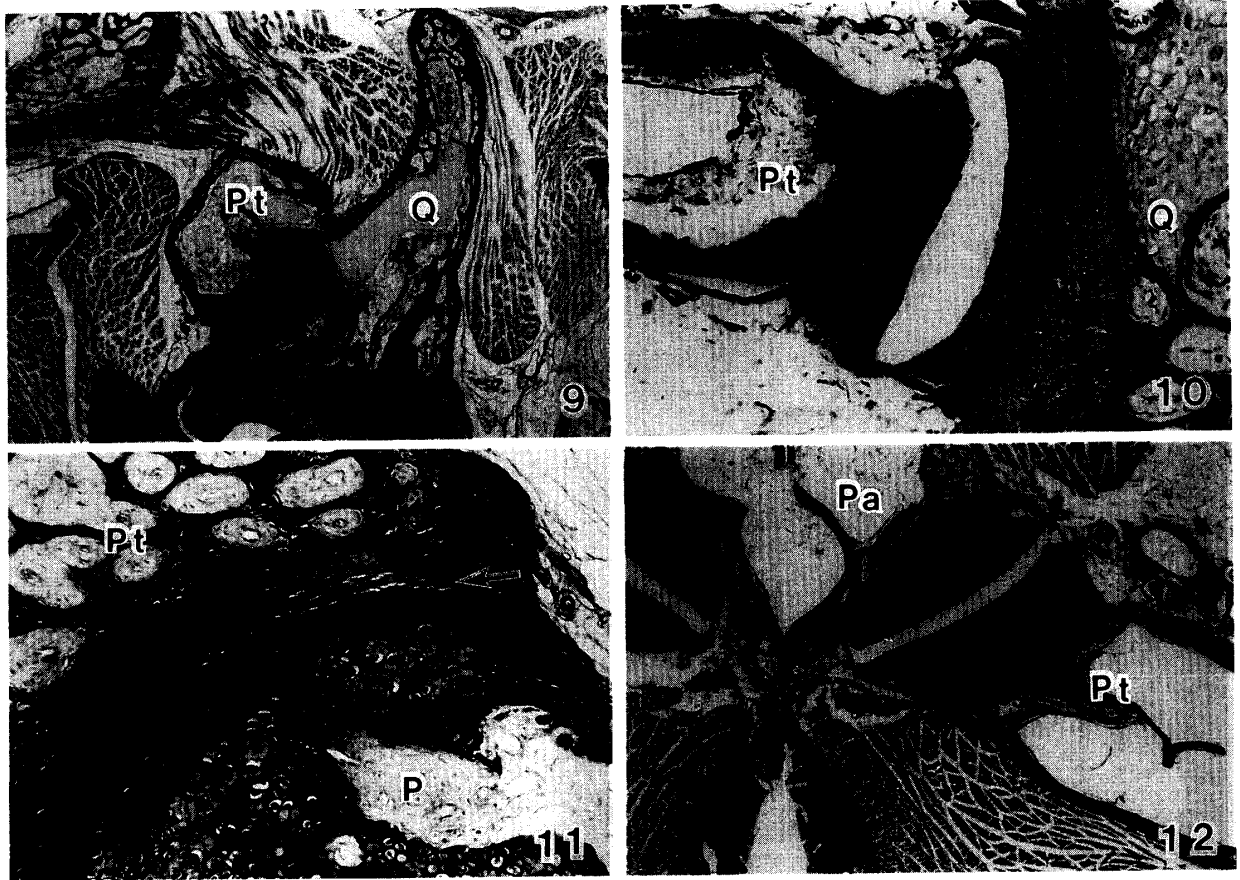


Fig. 9. Articulation of the pterygoid with the quadrate in a 18-day-old embryo. There is a wide marrow cavity in the end of the cylindrical pterygoid shaft. $\times 20$.

Fig. 10. Articulation of the pterygoid with the quadrate in a 20-day-old embryo. The fibrous articular membrane has been transformed into a fibrocartilage and the adventitious cartilage is partially replaced by bone. $\times 100$.

Fig. 11. Articulation of the pterygoid with the palatine in a 20-day-old embryo. Collagen fiber (arrow) separates the palatine from the pterygoid. $\times 100$.

Fig. 12. Articulation of the pterygoid with the parasphenoid in a 3-week-old chick. The two thick pads of articular cartilage are connected by a band of collagen fibers. $\times 20$.

骨組織に置き換わるようになった。孵卵16日において、翼状骨の骨膜の全般で結合組織線維が明瞭となったが、前蝶形骨側の連結部の軟骨組織と骨組織との間に介在する結合組織は認められなくなった。また方形骨との連結部には結合組織線維が出現して、翼状骨と直接結ばれていた。一方、口蓋骨で翼状骨と連結する部分では、骨膜の内側に軟骨組織が形成され、その軟骨細胞は肥大したものが多かった (Fig. 7)。孵卵18日の翼状骨をみると、前蝶形骨側の連結部における軟骨細胞の大部分は円形または卵円形であったが、連結部の表面に位置する細胞は扁平で層状に配列していた (Fig. 8)。方形骨との連結部は部分的に髄腔を共有し、その周囲は結合組織線維により閉じられていた (Fig. 9)。孵卵20日では、前蝶形骨側

の連結部の軟骨組織は、その表面部分の細胞層が拡大し、前蝶形骨の軟骨組織と相互に接着していた。方形骨側の連結部では、結合組織線維が多量に認められ、方形骨との間を部分的に連絡するようになった (Fig. 10)。また口蓋骨側の連結部では、翼状骨の骨膜の内側に肥大した細胞からなる軟骨組織が形成された。さらに翼状骨と口蓋骨の軟骨組織の間には結合組織が侵入し、両骨は線維により結ばれていた (Fig. 11)。孵化後5日のひなの翼状骨についてみると、前蝶形骨側の連結部の軟骨組織はその表面が比較的滑らかで、扁平な細胞の層の幅はかなり狭くなっていた。そのほかの連結部で形成された軟骨組織は、ほとんど破壊吸収され、部分的に残存しているに過ぎなかった。孵化後3週には、前蝶形骨との連結部にお

いて、扁平な軟骨細胞の層が不明瞭となり、やがて軟骨組織と骨組織が連続して関節様構造が形成された (Fig. 12)。一方、方形骨および口蓋骨との連結部においても関節様構造が認められたが、前蝶形骨との連結部に比べて軟骨組織の量が少なく、関節部には結合組織繊維がかなり多量に介在していた。

考 察

ニワトリの翼状骨の組織形成における骨化の開始時期については、いまだ明確に記載されたことがない。ERDMANN²⁾によれば、頭蓋構成骨の骨化の開始時期は、早い骨で孵卵7日、遅い骨では孵卵14日であるが、なかでも方形骨が最も早く、孵卵7日に骨形成が始まると報告されている。一般に骨化の開始にあたっては、まず最初に類骨組織が出現し、その後にカルシウムの沈着がおこることが知られている¹³⁾。筆者らの翼状骨についての観察では、骨化に先行した軟骨形成は全く認められず、孵卵10日に骨の形成予定域で間葉細胞から分化した骨芽細胞の集合が明瞭となり、それらの細胞の間隙に類骨組織が出現した。この類骨組織が膜性骨として発達する翼状骨の基盤となることからみて、この骨の骨化は孵卵10日に開始されると考えるのが妥当である。

この研究の翼状骨で観察された骨組織形成の経過は、ROMANOFF¹³⁾の膜性骨形成に関する記載と一致するが、骨化の開始後に周囲の各骨との連結部で軟骨形成がみられたことは、その記載内容と明らかに異なっている。膜性骨における軟骨形成の可能性について、HALLとJACOBSON³⁾は、ニワトリの頭蓋の膜性骨に人為的な損傷を与えた場合の修復過程において、線維性結合組織の出現とともに、軟骨組織の形成が一時的に認められることを報告し、ニワトリの膜性骨が潜在的に軟骨形成能を有することを示唆している。さらにTHOROGOOD¹⁴⁾によれば、ニワトリの膜性骨の骨膜細胞を分離して培養した場合、孵卵6日以後の胚子から採取した細胞は線維芽細胞のほかに軟骨細胞にも分化するが、それ以前の細胞では軟骨細胞に分化しないことから、膜性骨における軟骨形成が孵卵6日にはすでに決定されると述べられている。また膜性骨の形成過程でみられる軟骨組織の出現については、上皮組織との関係を指摘する報告^{6,16-18)}もみられるが、筆者らの研究では、そのような関係を示唆する組織変化は観察することができなかった。一方、HAMBURGERとBALABAN⁷⁾は、ニワトリの胚子が発生初期の孵卵3.5日ごろより孵化に至

るまでの期間に自発的な反射運動を行なうことを観察し、そのような現象は中枢神経の支配によりひきおこされると考えている。MURRAYとDRACHMAN¹¹⁾は、ニワトリの胚子に神経阻害剤を投与して骨格筋の収縮を麻痺させた場合、椎骨間に関節膠着がみられるようになると同時に、頭蓋構成骨のすべてが癒合すると報告し、軟骨形成や関節の形成には発生中の胚子の運動が大きな要因となることを示している。

筆者らの観察によれば、翼状骨は発生当初にはその形成予定域に間葉細胞の集合として出現し、その後は骨のほぼ全域で膜性骨としての骨形成が進行した。翼状骨における軟骨形成は、膜性骨形成に比べて遅い時期より開始され、しかも隣接する骨との連結部でのみ認められたことから、椎骨や肢骨などの軟骨性骨でみられる軟骨形成とはかなり異なる意義を有するものと思われる。ROMANOFF¹³⁾の報告でも膜性骨の形成過程における軟骨形成の記載はまったくみられない。しかし、MURRAY¹⁰⁾は、ニワトリの頭蓋構成骨のなかには隣接する骨と関節結合により可動連結するものがあることを報告している。筆者らの研究の翼状骨の場合では、前蝶形骨、方形骨および口蓋骨に対応する部分に限って形成された軟骨組織がそれぞれの骨の軟骨組織との間で関節様構造を造り、互いに連結することが明確となった。このような連結部の組織形成の観察結果からみると、ニワトリの頭蓋では、哺乳動物の場合とは異なり、膜性骨で形成される軟骨組織が関節軟骨としての役割を果たし、可動的な構造が造られるものと考えられる。

要 約

ニワトリの頭蓋構成骨の連結部にみられる組織形成の特徴を明確にするため、孵卵開始10日目の胚子より孵化後3週までのひなの翼状骨とその周囲の諸骨について、骨形成の進行経過を組織学的に検索した。

孵卵10日の胚子の頭蓋において、翼状骨の形成予定域の間葉組織内で骨芽細胞が密集し、直接骨形成が開始された。その後、翼状骨は発生の進行とともに骨化の範囲を次第に拡大させ、膜性骨として発達した。翼状骨の骨化が進行したのちに、前蝶形骨、方形骨および口蓋骨と対応する部分に軟骨組織が形成され、翼状骨はこれらの軟骨部分で、隣接する各骨の軟骨と連結するようになった。各軟骨組織は、孵卵14日ごろよりそれぞれ破壊吸収されるとともに、骨組織に置き換わり始めたが、それら

の軟骨組織の一部が孵化後も存続して関節様構造を形成した。孵化後3週のひなの翼状骨について、各連結部の関節様構造をみると、前蝶形骨との連結部では、両骨の軟骨組織が互いに向かい合い、それらの間には狭い間隙がみられた。一方、方形骨および口蓋骨との連結部では、軟骨組織の量が少なく、関節部には結合組織線維の侵入が認められた。

文 献

- 1) BEE, J. and P. THOROGOOD : *Dev. Biol.*, **78**, 47-62, 1980.
- 2) ERDMAN, K. : *Z. Morphol. Okol. Tiere*, **36**, 315-400, 1940.
- 3) HALL, B. K. and H. N. JACOBSON : *Anat. Rec.*, **181**, 55-70, 1975.
- 4) HALL, B. K. : *Archs. oral Biol.*, **23**, 1157-1161, 1978.
- 5) HALL, B. K. : *J. Embryol. exp. Morph.*, **66**, 175-190, 1981.
- 6) HALL, B. K. : *J. Embryol. exp. Morph.*, **68**, 127-136, 1982.
- 7) HAMBURGER, V. and M. BALABAN : *Dev. Biol.*, **7**, 533-545, 1963.
- 8) LELIEVRE, C. S. : *J. Embryol. exp. Morph.*, **47**, 17-37, 1978.
- 9) LISON, L. : *Stain Technol.*, **29**, 131-138, 1954.
- 10) MURRAY, P. D. F. : *Aust. J. Zool.*, **11**, 368-430, 1963.
- 11) MURRAY, P. D. F. and D. B. DRACHMAN : *J. Embryol. exp. Morph.*, **22**, 349-371, 1969.
- 12) RALIS, Z. A. and H. M. RALIS : *Med. Lab. Technol.*, **32**, 203-213, 1975.
- 13) ROMANOFF, A. L. : *The Avian Embryo*, 907-995, The Macmillan Co., New York, 1960.
- 14) THOROGOOD, P. : *J. Embryol. exp. Morph.*, **54**, 185-207, 1979.
- 15) TYLER, M. S. : *Anat. Rec.*, **192**, 225-234, 1978.
- 16) TYLER, M. S. and D. P. MCCOBB : *J. Embryol. exp. Morph.*, **56**, 269-281, 1980.
- 17) TYLER, M. S. : *Anat. Rec.*, **206**, 61-70, 1983.
- 18) VAN EXAN, R. J. and B. K. HALL : *J. Embryol. exp. Morph.*, **79**, 225-242, 1984.