

ニワトリの下位尾髄の電子顕微鏡的研究

上原正人*・上嶋俊彦*

昭和56年8月1日受付

Electron Microscopic Studies of the Lower Coccygeal Cord in the Chicken

Masato UEHARA* and Toshihiko UESHIMA*

The lower coccygeal cords (the 39th-41st segments) of 8 chickens were examined using transmission electron microscopy. There was a continuous diminution of a cross-section through the lower coccygeal cord. The last coccygeal segment was reduced to a thin layer around the central canal. The ependymal lining consisted of the pseudostratified columnar cells, which was similar to the typical ependymal cell of the other cord level. The fibrous astrocytes were most common in the lower coccygeal cord and contained a large amount of glycogen. Cells identified as multipotential glial cells, or early microglia, were smaller than the fibrous astrocytes, and had oval or elongated nuclei in which the chromatin was clumped beneath the nuclear envelope and only a few organelles. Some myelinated and unmyelinated axons showing various stages of degeneration were randomly scattered throughout the neuropile. The axon terminals containing the numerous spherical, flattened or cored vesicles were seen among the glia limitans processes.

緒 言

鳥類の脊髄は脊柱管全長にわたって伸長しており、数個の椎骨が融合して生じた鳥類特有の尾坐骨中にも存在している。尾髄、特に下位尾髄の形態学的研究は哺乳類も含めてきわめて少い。さらに、電子顕微鏡による組織学的研究はネコとリスザルの脊髄円錐と終系について見られる¹⁾程度で鳥類の下位尾髄についてはまったく見られない。本論文ではニワトリの下位尾髄(第39-41脊髄節)を電子顕微鏡によって観察したので報告する。

材料と方法

6日から300日令の8羽の白色レグホン種ニワトリをエチルエーテル麻酔後開胸し、3%グルタルアルデヒド(0.1M 磷酸緩衝液, PH7.4)によって後大動脈から灌流

固定した。下位尾髄(第39-41脊髄節)を椎骨とともに取り出し、できる限り細切後上記固定液で更に2時間浸漬固定した。次いで、可能なものは脊髄を椎骨から取り出した後1%オスミック酸(0.1M 磷酸緩衝液, pH7.4)で1~2時間後固定した。固定後漸強エタノール液で脱水、n-ブチルグリシジルエーテル(QY-1)による置換を経てLuft法によるエポキシ樹脂包埋を行なった。1-1.5 μ mの厚切切片はトルイジンブルー染色を施し、超薄切片はウランと鉛の二重染色を施した後観察に供した。

結 果

第39節は中心管の背及び側方に灰白質が認められた。しかし、白質と灰白質の境界は不鮮明であった。背角と腹角は消失していた(Fig. 1)。第40節では正中溝と灰白質が消失し、神経細胞の胞体は上衣細胞に接して少数と

* 鳥取大学農学部獣医学科家畜解剖学講座

Department of Veterinary Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

なっていた (Fig. 2)。第41節になると正中裂も消失して脊髄は中心管を囲む円筒形となり尾方に向かうにつれて上衣層以外の領域は徐々に狭くなり、神経細胞も見られなくなった (Fig. 3, 4)。中心管内に見られるライソナー線維は第41節中で消失し、中心管の最尾端までは達していなかった。下位尾髄全体を通じてグリコーゲンの分布が著しく多かった。

上衣層は擬重層の上衣細胞からなっており、脊髄他部とほぼ同じ構造を有していた (Fig. 6)。核は楕円形をし、時に陥入もあり、核小体は通常認められた。中心管に面した細胞表面には多くの不規則な形をした微絨毛が見られ、その間に線毛があった。中心管に近い隣接する細胞間には閉鎖堤が作られていた。細胞質にはロゼット状のリボゾーム、よく発達したゴルジ装置、多数のミトコンドリア、少数のライソゾーム、空胞が見られた。多くの上衣細胞には少量のグリコーゲンが含まれていたが、中には多量のグリコーゲンを含むものもあった。また、少数の上衣細胞には波状のよく発達した線維束を含むものもあった (Fig. 5)。

神経細胞の胞体は第39節の灰白質には普通にみられるが、第40節及び第41節頭側部では上衣細胞間に少数見られるにすぎない。第40及び第41節の神経細胞は小型でニッスル物質は少なかった (Fig. 7)。

神経膠細胞はほとんどが線維性星状膠細胞で占められ、尾方に向かうにつれて上衣層を除く領域の多くはこの細胞の突起で占められるようになっていた (Fig. 9)。線維性星状膠細胞の核は明るく、ほぼ円形で、核小体も見られた。細胞質も明るく、円形から短楕円形のミトコンドリア、短管状の粗面小胞体、ロゼット状のリボゾーム、あまり発達のないゴルジ装置、均質なライソゾームの他にこの細胞の大きな特徴である多数のフィラメントとグリコーゲンが含まれていた (Fig. 8)。この細胞の突起にはおもにフィラメントとグリコーゲンが見られ、他に少数のミトコンドリアを含んでいた (Fig. 9)。

下位尾髄には線維性星状膠細胞より小さい神経膠細胞が少数見られた。この細胞の核はやや不整形をし、クロマチンは核膜下に集積していた。細胞質は星状膠細胞と同程度の電子密度を有し、核周囲を薄く取り巻いていた。細胞小器官は乏しく、細胞質にはおもにリボゾームが分布し、他に少数のミトコンドリア、発達した悪いゴルジ装置、ライソゾーム、短管状の粗面小胞体や滑面小胞体が見られた。グリコーゲン、フィラメント、微細管はまったくなかった (Fig. 8)。

下位尾髄にも多くの有髄及び無髄軸索が見られ、これ

らは尾方に向かうにつれて漸次減少したが、第41節尾側部に至ってもまだかなり存続していた (Fig. 4)。これら軸索中には有髄、無髄ともに種類の段階の変性軸索が混在していた。変性軸索はすべて膨化し、有髄軸索では相対的に薄い髓鞘を有していた。変性軸索には多数の管状小胞構造の出現をみるものから、更にミトコンドリアの増加を来すもの、更には均質、あるいは層板状などの一次及び二次ライソゾーム、multivesicular body、空胞を含むものまで見られた (Fig. 10, 11)。食細胞に取り込まれた変性軸索はみられなかった。

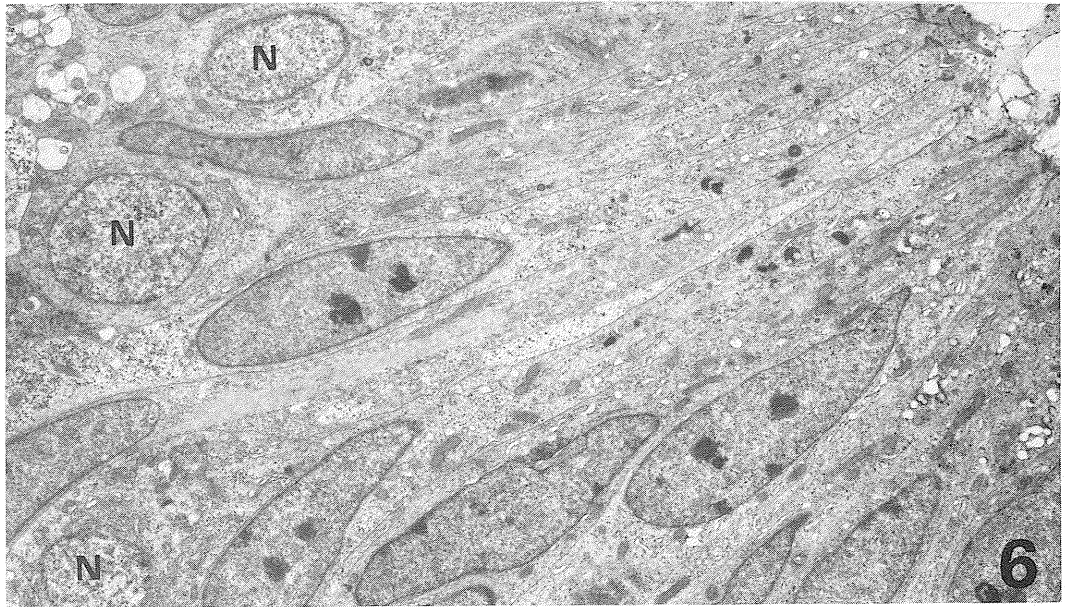
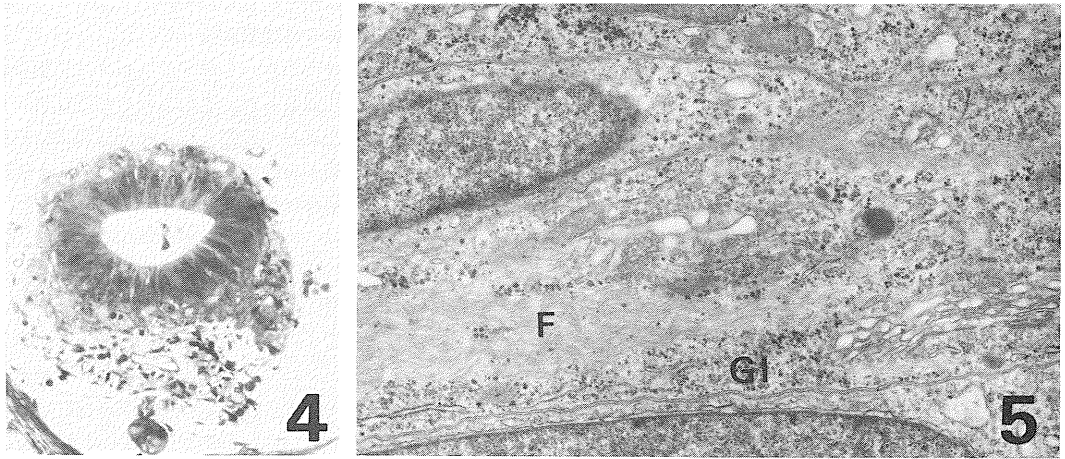
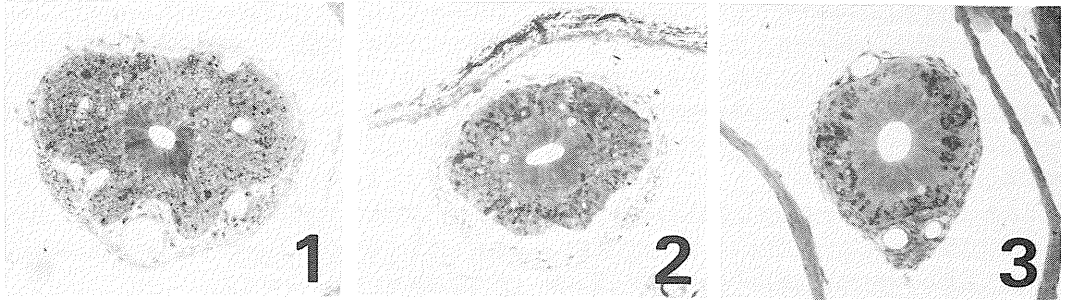
下位尾髄表面の大部分は glia limitans によって覆われており、それら全体を基底膜が覆っていた。しかし、表面及びごく浅層には円形ないし扁平なシナプス小胞を含む軸索終末がしばしば見られ、またそれぞれのシナプス小胞には有芯小胞を混在する例も見られた (Fig. 12, 13)。これらシナプス小胞を含有する軸索終末と隣接する突起との間にシナプス結合は見られなかった。

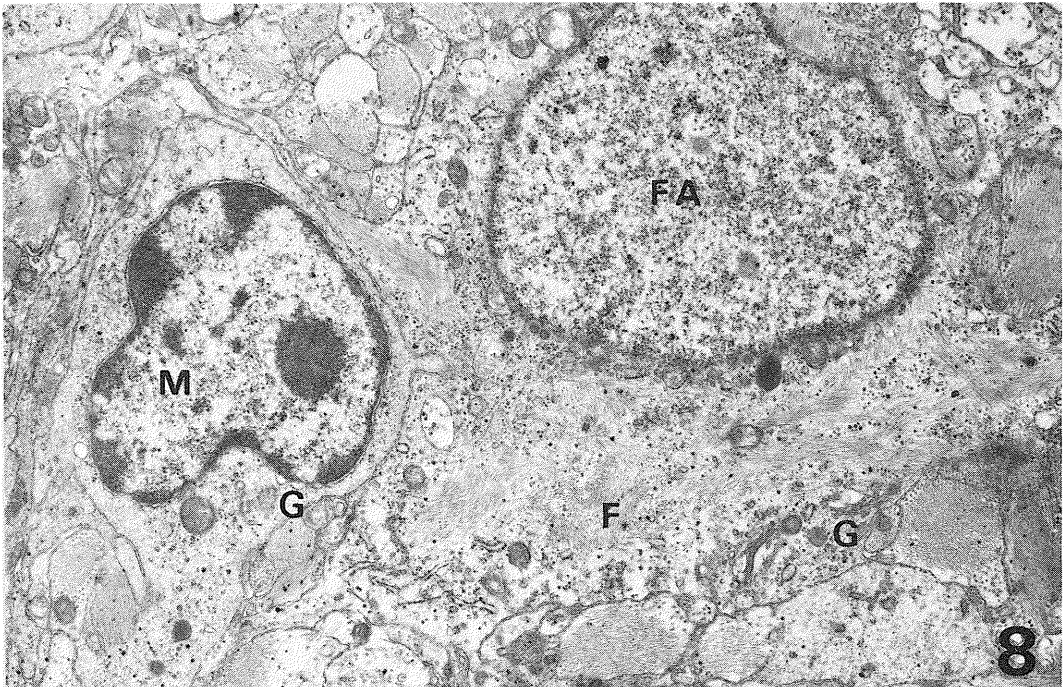
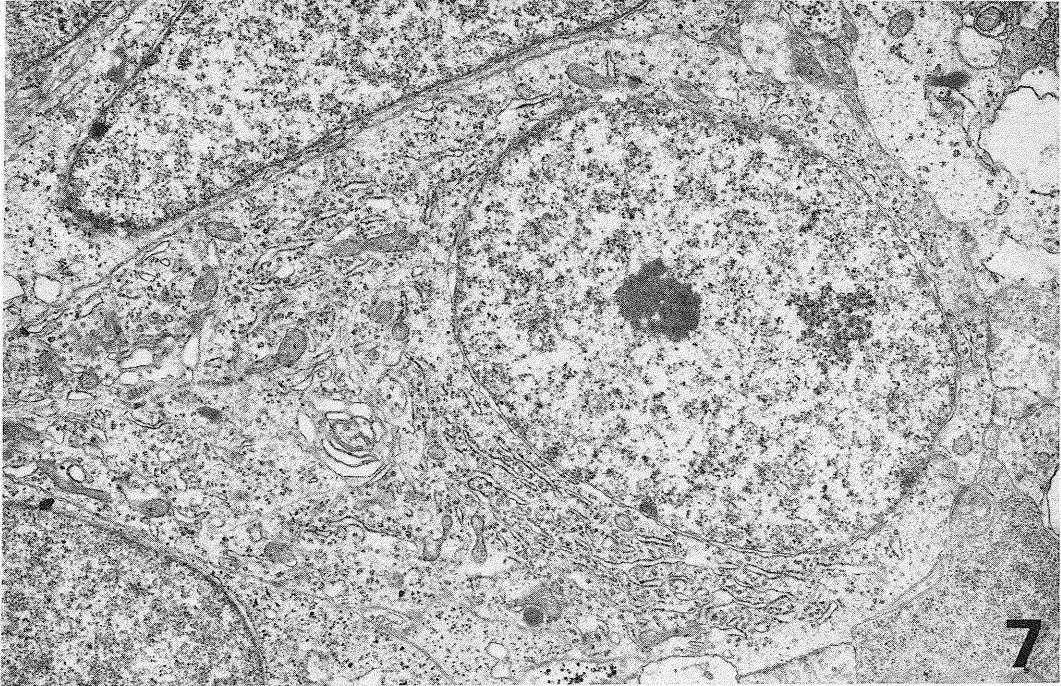
考 察

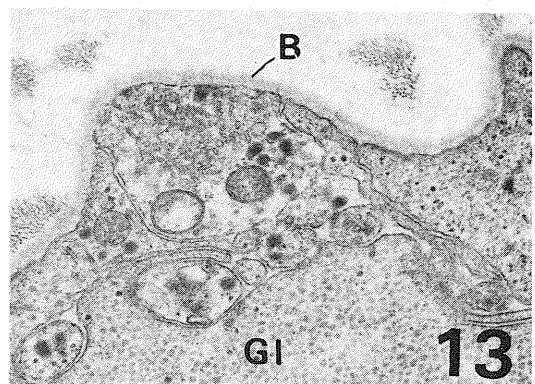
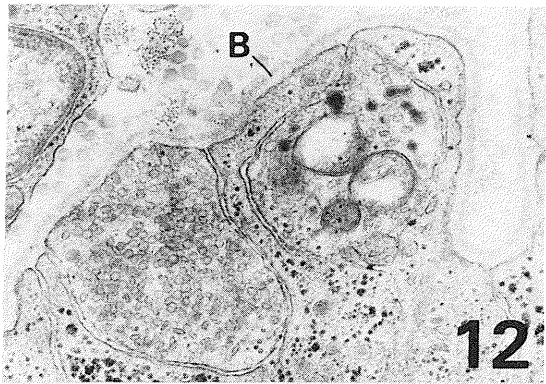
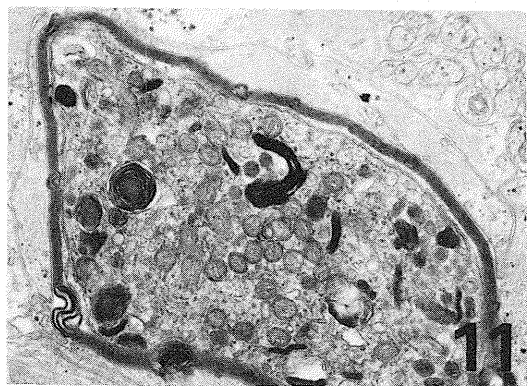
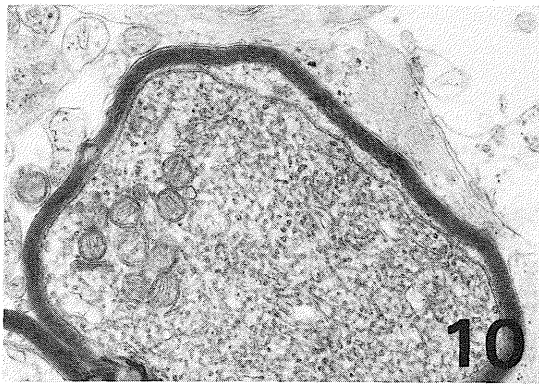
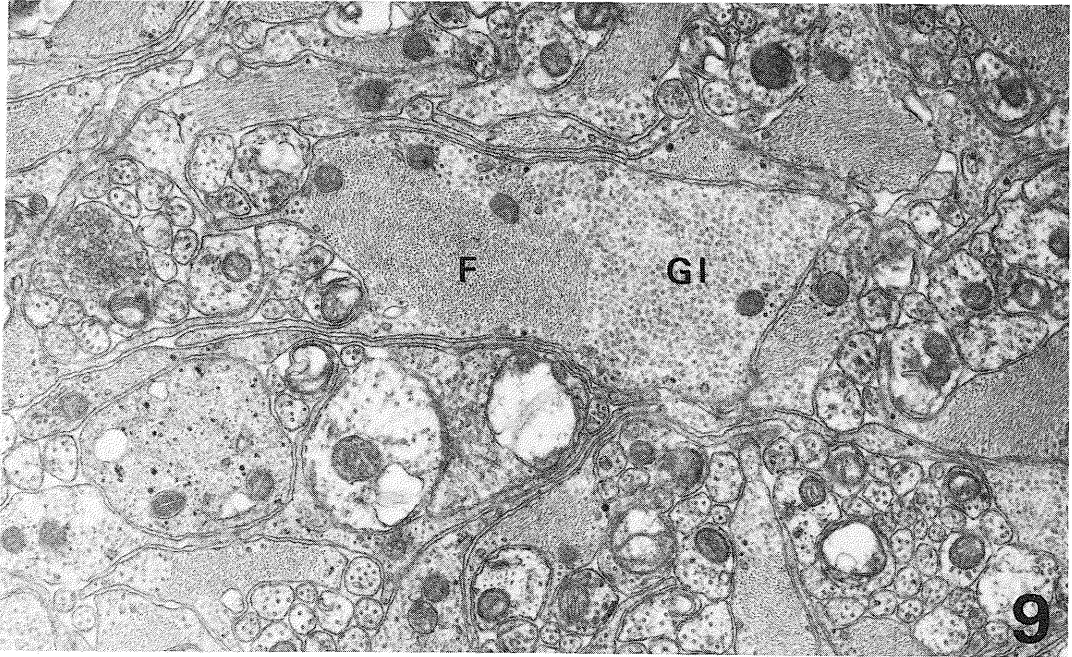
神経膠細胞中線維性星状膠細胞はグリコーゲンを多量に含有する点を除いてこの種細胞の一般的特徴をよく表していた⁹⁾。グリコーゲンは星状膠細胞を特徴づける重要な要素であるが、正常状態の哺乳類の星状膠細胞において多量に含まれることはない⁶⁾。しかし、鳥類では glycogen body や major marginal nuclei のグリコーゲン含有細胞などのようにグリコーゲンを多量に含む星状膠細胞の存在はよく知られている^{1-3,7)}。それらグリコーゲン含有細胞と下位尾髄のものとを比較するとグリコーゲン含有量では劣るが、突起の発達がよく、胞体、突起ともにフィラメントが著しく多い。

小型の神経膠細胞は星状膠細胞や稀突起膠細胞とは著しく異った構造を有し、Vaughn と Peters⁸⁾ や Vaughn⁹⁾ の multipotential glia の未熟細胞類似の構造である。multipotential glia は従来の小膠細胞の定義とは発生学的、組織学的に異なる面を持つが、一般的特徴の類似性から小膠細胞の一種とする説⁹⁾もある。しかし、本例が multipotential glia であるか否かは典型的構造を有した細胞が見られないこと、細胞の起源が不明なこと、食作用の有無を検討しなければ断定できないだろう。

下位尾髄には変性軸索が一般的に観察された。リスザルとネコの脊髄円錐にも同様の変性軸索の存在が報告されている⁴⁾。変性軸索にはまだライソゾームの出現を見ないものから著しく膨化しかつ多様な二次ライソゾームを見るものまでであるが、食細胞に取り込まれたものは見ら







Abbreviations

B, basal lamina	G, Golgi complex
F, glial or ependymal filaments	Gl, glycogen granules
FA, fibrous astrocyte	N, neuron

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. Transverse section through segment 39. Toluidine blue. $\times 120$
- Fig. 2. Transverse section through segment 40. Toluidine blue. $\times 120$.
- Fig. 3. Transverse section through rostral of segment 41. Toluidine blue. $\times 120$.
- Fig. 4. Transverse section through caudal of segment 41. Toluidine blue. $\times 190$.
- Fig. 5. The ependymal cells in this picture display the fascicles of the filaments (F) and the glycogen granules (Gl). Segment 41. $\times 15,000$
- Fig. 6. The pseudostratified ciliated columnar ependymal cells have elongated nuclei. Cilia and irregular microvilli project into the lumen of the central canal. The apical end of the intercellular junction is marked by zonule adhaerentes. In some ependymal cells, a large amount of glycogen and the fascicles of the filaments are present in the cytoplasm. Segment 40. $\times 5,500$.
- Fig. 7. A small neuron located between the ependymal cells in segment 41. $\times 10,000$
- Fig. 8. A fibrous astrocyte (AS) and a multipotential glia (M). This astrocyte contains the large number of filaments (F). The nucleus of the multipotential glia is irregular and has large clumps of chromatin beneath the nuclear envelope. The organelles in the cytoplasm are the the Golgi apparatus (G), a few mitochondria and lysosomes, and free ribosomes. Segment 41. $\times 13,000$
- Fig. 9. The neuropile underlying ependyma is mainly formed of the large number of the fibrous astrocytic processes and numerous axons. The fibrous astrocytic processes contain the fascicles of filaments (F) and the large amount of glycogen granules (Gl). Segment 41. $\times 22,000$
- Fig. 10. The cytoplasm of this degenerating axon is packed with tubules and mitochondria. Segment 41. $\times 19,000$
- Fig. 11. The cytoplasm of this degenerating axon is packed with numerous homogenous and heterogenous lysosomes, mitochondria and tubules. Segment 41. $\times 19,000$
- Figs. 12 and 13. The vesicle containing processes are located among the processes of the glia limitans. Segment 40. Fig. 12. $\times 23,000$ Fig. 13. $\times 22,500$

れなかった。本例の変性の原因は不明であるが、何らかの病的原因を仮定するよりも下位尾髄という環境に原因を求めるべきと考える。すなわち、第41節は尾坐骨中の盲端に終わる椎孔中にあり、また同節にはノイロンもシナプスもほとんど存在しないことから下位尾髄に存在する軸索には機能的結合を他と持っていない軸索が含まれているのではないかと考えられる。それら機能的結合を持たない軸索は徐々に変性に陥って行くものと考えられる。

下位尾髄表面にみられるシナプス小胞含有突起の存在は変性軸索の存在と同様下位尾髄の顕著な特徴である。神経膠細胞もしくは上衣細胞と軸索間のシナプス結合は

いくつかの報告がある^{1,5)}。しかし、本例のシナプス小胞含有突起は外境界膜に面する以外はすべて glia limitans を形成する神経膠細胞の突起と接しているが、その間にシナプス結合の構造は一切見られなかった。脳室及び脊髄中心管内腔に面したシナプス小胞含有軸索終末の報告はみられる⁹⁾が、本例のような脳及び脊髄表面にある軸索終末の報告例はみられない。前者は脳室や脊髄中心管内へ神経分泌しているとされているが、本例の軸索終末が神経分泌をしているか否かは不明である。

要 約

ニワトリの下位尾髄を電子顕微鏡を用いて観察し次の結果を得た。

1) 第39節では中心管の背及び側方に灰白質が認められた。しかし、背及び腹角は消失していた。第40及び41節では灰白質は消失し、ノイロン著減し、より尾方では消失していた。尾方に向かうにつれて正中溝、正中裂ともに消失し、上衣層とそれを囲む薄い白質からなる円筒形となっていた。

2) 上衣層は擬重層の上衣細胞からなりたっており、脊髄他部のものとほぼ同じ構造であった。

3) 神経膠細胞はほとんどが線維性星状膠細胞で占められ、他に少数の小型神経膠細胞が見られた。前者は多量のグリコーゲンを含有する以外は一般の線維性星状膠細胞の特徴をよく備えていた。後者はクロマチンが核膜下に集積することと細胞内小器官がいたって乏しいことが特徴で、未熟な multipotential glia に相当する小膠細胞類似構造であった。

4) 変性の各種段階を示す有髄及び無髄軸索が見られた。

5) 脊髄表面には glia limitans を形成する突起に混在してシナプス小胞含有軸索終末が基底膜に面して見られた。しかし、隣接する突起との間にはシナプス結合は見られなかった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、中塚順子電子顕微鏡室技官に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) De Gennaro, L. D., and Benzo, C. A. : Ultrastructural characterization of the accessory lobes of Lachi Hoffmann's nuclei) in the nerve cord of the chick. I. Axoglial aynapses. *J. Exp. Zool.*, **198** 97—108 (1976)
- 2) Lyser, K. M. : The fine structure of glial cells in the chicken. *J. Comp. Neurol.*, **147** 83—94 (1972)
- 3) Lyser, K. M. : The fine structure of the glycogen body of the chick *Acta Anatomia*, **85** 533—549 (1973)
- 4) Miller, C. : The ultrastructure of the conus medullaris and filum teminale. *J. Comp. Neurol.* **132** 547—566 (1968)
- 5) Peters, A., Palay, S. L., and Webster-H. deF. : *The fine structure of the nervous system. The neurons and Supporting cells.* W. S. Saunder, Philadelphia. London and Toronoto(1976) pp. 180, 233—274.
- 6) Phelps, C. H. : An ultrastructural study of methionine sulphoximine-induced glycogen accumulation in astrocytes of the mouse cerebral cortex. *J. Neurocytol.*, **4** 479—490 (1975)
- 7) Sansone, F. M. : An ultrastructural study of the craniocaudal continuation of the glycogen body. *J. Morphol.* **163** 45—58 (1980)
- 8) Sturrock, R. P. : An electron microscopic study of the development of the ependyma of the central canal of the mouse spinal cord. *J. Anat.*, **132** 119—136 (1981)
- 9) Vaughn, J. E., and Peters, A. : A third neuroglial cell type. An electron micrascopic study, *J. Comp. Neurol.*, **133** 269—288 (1968)
- 10) Vaughn, J. E., Hind, P. L., and Skoff, R. P. : Electron microscopic study of Wallerian degeneration in rat optic nerves. I. The multipotential glia. *J. Comp. Neurol.*, **140** 175—206 (1970)

- 1) De Gennaro, L. D., and Benzo, C. A. : Ultrastructural characterization of the accessory lobes of Lachi Hoffmann's nuclei) in the nerve