

博士學位論文

ニワトリの脊髄に関する研究



大 森 保 成

1985

ニワトリの脊髄に関する研究

目 次

第一章	序 文	1
第二章	前肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究	9
第1節	緒 言	9
第2節	材料 および 方法	14
第3節	結 果	18
I.	命 名 法	18
II.	腕 神 経 叢	18
III.	細 胞 構 築 学	19
IV.	実 験 結 果	20
(a)	腕神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断	20
(b)	腕神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断	20
(c)	個々の前肢筋を支配する神経の切断	23
(d)	運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係	32
第4節	考 察	35

第5節	要 約	46
第三章	後肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究	47
第1節	緒 言	47
第2節	材料および方法	52
第3節	結 果	56
I.	命 名 法	56
II.	腰 仙 骨 神 經 叢	56
III.	細 胞 構 築 学	57
IV.	実 験 結 果	58
(a)	腰仙骨神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断	58
(b)	腰仙骨神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断	59
(c)	個々の後肢筋を支配する神経の切断	61
(d)	運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係	71
第4節	考 察	74
第5節	要 約	89
第四章	仙髄副交感神経系に関する研究	90
第1節	緒 言	90

第2節	材料および方法	96
第3節	結果	101
I.	命名法	101
II.	陰部神経叢	101
III.	細胞構築学	102
IV.	実験結果	102
(a)	運動系	103
(b)	知覚系	106
第4節	考察	108
第5節	要約	116
第五章	総合考察	118
第六章	総合要約	136
謝 辞		138
文 献		139
表 および 付図		150

第一章 序 文

脊髄 *Medulla spinalis* は延髄の尾方に続き、脊柱管の内部を頭尾方向に走る白色の索状物で、脳とともに中枢神経系を構成する。脊髄はまた脳とともに神経板から発達するが、初期胚の神経管の形態を最もはっきりと保存しており、一般に外形は円柱状である。

脊柱に対する脊髄の相対的な長さは動物により非常に変異する。多くの魚類、有尾両生類、爬虫類および鳥類では脊髄は脊柱管の頭側端から尾側端まで続いており、一方一部の魚類、無尾両生類および哺乳類ではそれは脊柱管の一部分しか占めない (*Nieuwenhuys, 1964*)。哺乳類の脊髄は発生の初期には脊柱管の頭側端から尾側端まで存在しているが、その後脊髄の発育は脊柱管の発育よりも遅れるために結果として脊髄尾端の上昇 (*Ascensus medullae spinalis*) が起こる。ほとんどの哺乳類で脊髄は腰椎の高さで脊髄円錐として終わり、これより尾方では終系となる。そのため尾方の脊髄神経は椎間孔を出るまで終系とともに脊柱管内を尾方に縦走し、馬尾を形成する。最も短い脊髄は下等脊椎動物で見い出される。マンボウ (*Mola mola*) で脊髄は頭蓋よりも尾方に広がらないので脊柱管には馬尾だけが存在し、カエルの一種のヒパ (*Pipa pipa*) で脊髄は第3腰椎の高さで終わる (*Nieuwenhuys, 1964*)。

鳥類の脊髄が脊柱管の頭側端から尾側端まで続き、馬尾が存在しないことはすでに Nicolai (1812) によりガンで報告された。同様な結果はダチョウ (Streeter, 1904)、ハト (Huber, 1936) およびニワトリ (岡村, 1941; Goller, 1962; 大森, 1975) で報告された。

脊髄もここに入出入りする末梢神経も本来は分節構造を持たないが、椎骨の形成に伴って末梢神経がそれぞれの椎間孔にまとめられると受動的に脊髄の分節構造ができあがる。すなわち、個々の脊髄神経の形成によってそれぞれの脊髄神経の根系が入出入りする脊髄の範囲にその脊髄神経に対応する髄節が仮定できる。脊髄神経の数は無尾両生類での10対からある種のヘビでの500対以上まで変異する (Nieuwenhuys, 1964) ので、髄節の数も脊髄神経の数に一致して非常に相違する。鳥類の脊髄神経はガンで48対 (Nicolai, 1812)、ダチョウで51対 (Streeter, 1904)、ハトで39対 (Huber, 1936)、ニワトリで39対 (岡村, 1941)、41対 (Goller, 1962) または42対 (大森, 1975) 存在する。

脊髄の太さは決して一様ではない。すべての四足動物において脊髄に2つの膨大部が存在する。頭側のふくらみは頸膨大、尾側のものは腰仙膨大と呼ばれ、それぞれ前肢と後肢に分布する神経が入出入りしている。膨大部は四肢の支配のために新たな神経細胞群や線維連絡を獲得した結果として生じた

もので、魚類のように四肢をもたない動物や蛇類のように四肢が二次的に退化した動物

では膨大部は認められない。鳥類の脊髄における膨大部は哺乳類のものよりも

ふくらみが顕著である。鳥類のうち一般によく飛ぶものでは頸膨大の方が大きく

(Ariens Kappers ら, 1936 ; Sarnat と Netsky, 1974)、ダチョウとニワ

トリでは腰仙膨大の方が大きい (Streeter, 1904 ; Goller, 1963 ; 大森, 1975)。

鳥類に特有な構造物として *Sinus rhomboidalis* が腰仙膨大の背側にある。

この内部には多数のグリコーゲン顆粒を含む特殊化されたグリア細胞から成る *Corpus*

gelatinosum が存在する。 *Sinus rhomboidalis* は背側の正中に深い溝

として形成され、背索を完全に分離する。その形は第四脳室に似ているが、

脳室と考えることはできない。なぜならば中心管が頭側から尾側へ *Corpus*

gelatinosum を貫いて続いているからである (Ariens Kappers ら, 1936 ; Huber,

1936 ; Goller, 1963 ; 大森, 1975)。 *Sinus rhomboidalis* と

Corpus gelatinosum はすでに Emmert (1811) によって存在が認められており、

ダチョウでは第XXX-XXXVI 脊髄節に (Streeter, 1904)、ハトでは第XXII-XXV

脊髄節に (Huber, 1936)、ニワトリでは第XXV-XXIX 脊髄節 (Goller, 1962)

または第XXV-XXX 脊髄節 (大森, 1975) に存在する。

鳥類の脊髄の微細構造に関する報告は哺乳類に関するものと比べて少ないが、

次の著者のものが挙げられる。Streeter (1904) はタチウで脊髄の神経細胞を *lateral group*、*central group*、*commissural group*、*dorsal group* および *peripheral group* の5群に分類した。Huber (1936) はハトの脊髄で神経細胞を9つの細胞柱または細胞群に分け、それぞれの細胞集団の機能について考察した。彼の記述によると *medial column* は体幹の筋を支配する運動神経細胞、*medial part of lateral column* と *lateral part of lateral column* は四肢の筋を支配する運動神経細胞、*column of von Lenhossek* は副神経脊髄根の起始細胞、*preganglionic column* (Terni) は胸腰髄の交感神経節前細胞、*column X* は仙髄の副交感神経節前細胞、*large celled dorsal column* は二次知覚神経細胞、*marginal paragriseal column* は二次交連細胞、*scattered paragriseal cells* は二次交連細胞と運動神経細胞である。Goller (1963) はニワトリで脊髄の神経細胞を *Nucleus motorius ventralis*、*Nucleus proprius cornu ventralis*、*Pars intermedia*、*Tractus cellularum medio-dorsalis*、*Nucleus magnocellularis cornu dorsalis* および Clarke 柱に分類し、各髄節においておのこの細胞集団に属する細胞数を数えた。またこの他に Hofmann の核についても言及した。Matsushita (1968) はニワトリの胚と

初生雛で鍍銀法による研究を行い、脊髄の神経細胞を15の神経核または神経細胞
 集団に分類した。彼の記述によると脊髄では運動神経細胞から成る *Nucleus*
motorius cornu anterioris、この背外側にあり、前根と前白交連に軸索を
 送る *Nucleus dorsolateralis*、運動神経細胞の内側にあり、前白交連と前根に
 軸索を送る *Nucleus cornu-commissuralis anterior*、中間質に存在する
Zona intermedia、中心管を取り囲む *Substantia gelatinosa centralis*、
 側索に軸索を送る *Nucleus posteromedialis*、後角底で側索に接する *Nucleus*
posterolateralis、後灰白交連に存在する *Nucleus cornu-commissuralis*
posterior、脊髄小脳路の起始細胞から成る *Nucleus dorsalis* (Clarke柱)、
 腰髄の前側索から外側に隆起する *Nuclei marginales majores*、頸胸髄と
 仙髄下部で側索の外側縁に存在する *Nuclei marginales minores*、前索の
 表面に存在する *Nucleus marginalis ventralis*、後角の先端に存在する
Cellulae posteromarginales、膠様質から成り立つ *Substantia gelatinosa*
Rolandi および後角の中央に存在する *Nucleus proprius cornu posterioris* が
 区別される。このように鳥類の脊髄に存在する神経細胞集団は多くの研究者に
 よってさまざまな名称で呼ばれているので、各研究者によって命名された細胞集団の
 相同性を論じ、名称を統一することは非常に困難を伴う。

これらの細胞集団のうちで鳥類と爬虫類にのみ見いだされる特別な細胞集団、

Nucleus marginalis について言及する必要がある。 *Nucleus marginalis*

は *paragriseal column* (Huber, 1936) または *nuclei of Hofmann* (Ariens
Kappersら, 1936)、*Hofmann'sche Kerne* (Goller, 1963) などと

呼ばれている。 この細胞集団は脊髄の全長にわたって分節的に分布し、白質内

で両側の外側表面、脊髄軟膜の直下に存在する。 腰仙髄の高さでは歯状

靱帯の背側に小さな結節状の突起として脊髄から隆起し、*Lobi accessorii*

または *lobes of Lachi* と呼ばれている。 *Lobi accessorii* を形成する細胞

集団を *major nuclei*、脊髄から隆起しないものを *minor nuclei* として区別する。

Nucleus marginalis の機能はまだ明らかでない。

Rexed (1952, 1954) はネコを用い細胞構築と線維連絡から脊髄の
灰白質に層的分化のあることを明らかにし、灰白質を10層 (*lamina I-X*) に分類
した。 現在では灰白質の各部を層の番号で呼び、学名の不統一を解消する

のに役立っている。 この分類に従って Brinkman と Martin (1973) は

ニワトリの胚と初生雛の頸膨大で、Martin (1979) はニワトリの胚と初生雛の

腰仙膨大で灰白質を10層 (*lamina 1-10*) に分類した。 一方 Leonard と

Cohen (1975) はハトの脊髄で灰白質を9層 (*Layer I-IX*) に分類した。

ニワトリとハトの層状構造は次の点で異なる。背角で、ハトの *Layer I-IV* は背側から腹側へ順に並んでいるのにニワトリでは *lamina 2* と *lamina 3* の間に三角形をした *lamina 4* が入り込む。腹角においてニワトリの *lamina 8* と *lamina 9* はハトではともに *Layer IX* として区分され、ニワトリの *lamina 7* がハトでは *Layer VII* と *Layer VIII* に細別される。ニワトリで中心管をとりまく領域は *lamina 10* として区分されるのにハトではそのような層が区別されない。ニワトリとハトで多少の相違があるとはいえ、鳥類においても灰白質の各部を層の番号で呼ぶことは細胞構築を論ずる場合に非常に役立つ。

鳥類の脊髄にはさまざまな細胞集団が見い出されるが、その機能が直接証明されているものは少ない。鍍銀法による軸索や樹状突起の研究からその機能が明らかにされている細胞集団も存在するが、多くのものはニッスル物質染色法による細胞構築学的研究や哺乳類との比較研究などにより推定されているにすぎない。そこで著者はニワトリの脊髄に存在する細胞集団の機能を特に末梢との線維連絡から決定するために、まず前肢と後肢の個々の筋を支配する運動神経細胞の局在、仙髄副交感神経節前細胞の局在 および仙髄副交感神経に伴う内臓知覚神経の終末域を明らかにしようとした。

本論文は 第一章 序文、第二章 前肢筋を支配する運動神経

細胞の局在に関する研究、 第三章 後肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究、 第四章 仙髄副交感神経系に関する研究、 第五章 総合考察 および 第六章 総合要約 から成り立つ。

第二章 前肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究

第1節 緒言

軸索を切断することによって神経細胞の細胞体にニッスル小体の粉状化、細胞核の偏在、細胞の膨潤などを伴う変性が起こる。これを逆行性変性と呼ぶ。この逆行性変性を利用して切断した神経に軸索を送っている神経細胞を他の正常な神経細胞から区別できる。神経細胞に起こる逆行性変性は動物種、年齢、切断部位と中枢との距離、生存期間、細胞の機能などにより程度の差が存在することはあっても必ず起こる。逆行性変性を起こした神経細胞のその後の経過はさまざまである。一般に切断部位が細胞体に近い場合には細胞の死滅が起こり、切断部位が細胞体から離れている場合には細胞体側の切断端から再生が起こり、細胞体もしたいに回復する。最近、神経線維の連絡を研究する新しい方法として *horseradish peroxidase* (HRP) の軸索内輸送標識法が開発された。この方法の詳細は第四章で述べる。

哺乳類の前肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関しては数多くの報告が存在する。*Bikeles* と *Franke* (1905) はオナガザルとイヌで前肢に分布する主要な神経枝の切断により生じる *pathologische Zellen* を観察し、腹角におけるそれらの局在を図示した。*Goering* (1928) は逆行性変性法

を使ってラットの前肢に分布するいろいろな神経の起始細胞を明らかにし、腹角において 5つの機能的に異った細胞柱を示した。Reed (1940)は同様に

逆行性変性法によってアカゲサル (*Macaca mulatta*) の前肢に分布するいろいろな神経の起始細胞がそれぞれ細胞柱を形成することを示した。Sterling

と Kuypers (1967) も逆行性変性法によりネコの前肢筋を支配する運動神経細胞が腹角で占める位置を明らかにし、前肢の固有の屈筋を支配する運動神経細胞は腹角の背外側部に、伸筋を支配する運動神経細胞は屈筋の腹側に、前肢帯の筋群を支配するものはさらに腹側と内側に存在することを示した。Thomas

と Wilson (1967) はネコの頸膨大に存在する運動神経細胞にガラス電極を入れ、メチル青による細胞内標識法を用いて前肢における個々の筋を支配する運動神経細胞の位置を明らかにした。HRPの軸索内輸送標識法を用いて、

Baulac ら (1980) はラットで前肢の主要な神経に軸索を送る運動神経細胞の局在を、Swamoto ら (1980) はネコの桡側手根屈筋と尺側手根屈筋を支配する

運動神経細胞の局在を、Fritz ら (1981, 1982) はネコで桡骨神経深枝、

正中神経及び尺骨神経を経て個々の前腕の筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにした。

下等脊椎動物では Székely と Czéh (1967) により アホロートル

(*Ambystoma mexicanum*) の前肢筋を支配する運動神経細胞の局在がガラス電極による電気刺激によって研究され、*Droge* と *Leonard* (1983) によりアカエイ科の1種 (*Oxyatis sabina*) の胸鰭を支配する運動神経細胞の局在が HRP の軸索内輸送標識法によって研究された。

鳥類の脊髄に存在する運動神経細胞をいくつかの細胞集団に細別する試みは古くからなされている(表1)。*Streeter* (1904) はダチョウで脊髄に存在する5群の細胞集団のうち腹角に存在する *lateral group* が運動神経細胞であるとし、これをさらに *lateral cells*、*dorso-lateral cells* および *ventro-lateral cells* に細別した。*Huber* (1936) はハトで、*medial column* は脊髄の全長にわたって見られるが、*lateral column* は膨大部にのみ見られることから *lateral part of lateral column* と *medial part of lateral column* の細胞が四肢の筋を支配する運動神経細胞であり、*medial column* の細胞が体幹の筋を支配する運動神経細胞に相当すると考えた。*Goller* (1963) はニワトリで運動神経細胞を *Nucleus motorius ventralis* とし、第1頸髄節、頸膨大および腰仙膨大でのみこれを外側部と内側部に分けた。

Matsushita (1968) はニワトリで運動神経細胞を *Nucleus motorius cornu anterioris* と名付け、これをさらに脊髄の全長にわたって *Nucleus*

ventrolateralis, *Nucleus ventromedialis* および *Nucleus dorsomedialis* に細分した。そして運動神経細胞の分類に関して次のような見解を述べた。すなわち Streeter (1904) の *lateral cells* だけが Matsushita (1968) の *Nucleus motorius cornu anterioris* に一致すること、頸膨大と腰仙膨大の高さでは Huber (1936) の *medial part of lateral column* は Matsushita (1968) の *Nucleus ventromedialis* と *Nucleus dorsomedialis* に、*lateral part* は *Nucleus ventrolateralis* と *Nucleus dorsolateralis* に一致するが *Nucleus dorsolateralis* は運動神経細胞を含まないことおよび膨大部以外では Huber (1936) の *medial column* は Matsushita (1968) の *Nucleus motorius cornu anterioris* に一致するが、膨大部での *medial column* は *Nucleus cornu-commissuralis anterior* に一致し、運動神経細胞を含まないという見解である。Brinkman と Martin (1973) は頸膨大で Martin (1979) は腰仙膨大でニワトリの脊髓灰白質を10の *lamina* に分類した。この分類に従うと Huber (1936) の *lateral column* は *lamina 9* に、*medial column* は *lamina 8* に相当する。Leonard と Cohen (1975) はハトの脊髓灰白質を9つの *Layer* に分類した。

運動神経細胞はすべて *Layer IX* に含まれる。膨大部では *Layer IX* が外側部と内側部に分かれるので、これが *Huber (1936)* の *lateral column* と *medial column* に相当する。以上の結果から鳥類における膨大部の腹角に存在する神経細胞の分類をまとめて示した(表 1)。

鳥類で個々の前肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関して *Straznický* と *Jay (1983)* の報告がある。彼らは孵化後 2-7 日のニワトリの雛を用いて前肢に存在する 21 の筋について支配する運動神経細胞の位置を HRP の軸索内輸送標識法によって明らかにした。HRP 溶液を注入された筋は前肢帯、上腕、前腕、手の筋と広範囲に及ぶが、表在性の筋に限られている。

鳥類で前肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究は上述のようにまだ不十分であるので、ニワトリにおいて運動神経細胞の局在を解明することは重要と考えられる。そこで、本章では従来から行われてきた逆行性変性法を用いてニワトリの個々の前肢筋を支配している運動神経細胞の数と腹角においてそれらが占める位置を明らかにし、運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係を検討することを目的にした。

第2節 材料 および方法

使用した材料は成鶏43羽(チャボ雑種・雄42羽、小国種・雌1羽)である。これらのうち11羽は腕神経叢を構成する脊髄神経の腹枝を、27羽は個々の前肢筋を支配する神経を切断した(表2, 3)。残りの5羽は手術を行わずに対照とした。

脊髄神経腹枝の切断は次のようにして行った。ニワトリに体重/kg当り20mgのソムノペンチルを *Vena ulnaris profunda* に注射して麻酔し、背位に保定する。癒合鎖骨と脊柱の間で皮膚を切開し、さらに鎖骨間気嚢を切り開くと結合組織におおわれた腕神経叢が見える。この神経叢のさらに脊柱に近い部位をピンセットの先で注意深く開くと椎間孔から出る脊髄神経の腹枝が見える。第XIV-XVI脊髄神経の腹枝が太いことから個々の脊髄神経を同定確認し、椎間孔から出て腕神経叢を形成するまでの間で第XIII脊髄神経から第XVII脊髄神経までの腹枝の1つを切断する。腹枝が確実に切断されたことを確認して皮膚を縫合する。1例で腕神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝を切断した。使用したニワトリと切断した脊髄神経の腹枝についてはまとめて示した(表2)。脊髄神経腹枝の切断は1例だけを除いてすべて左側で行った。これは右側には嚔嚢があるために神経

への接近がむづかしいからである。

個々の前肢筋を支配するそれぞれの神経の切断は28か所で行った。

切断部位には整理番号をつけ、その神経が支配している筋の略号とともに図示した(図3-5)。神経切断は次のようにして行った。切断部位⑦-⑤と⑧での神経切断は上で述べたのと同じように癒合鎖骨と脊柱の間で皮膚と鎖骨間気嚢を切り開き、腕神経叢のすぐ遠位で行った。切断部位⑥、⑦と⑩での神経切断は腋窩部から接近して行った。その他の神経切断は翼の腹側面から所期の切断部位でそれぞれ行った。神経切断は切断を確実にするためにできる限り神経を5mmほど切除する方法をとった。使用したニワトリと神経の切断部位についてまとめて示した(表3)。個々の筋を支配する神経の切断に用いた27羽の鶏のうち17羽では両側で神経切断を行った。

術後10-18日間の生存期間ののちニワトリはすべて灌流固定した。

灌流固定は次のような手順で行った。ニワトリを手術時と同様に体重1kg当り20mgのソムノペンチルで麻酔し、背位に保定する。その際、血液の凝固を防ぐために体重1kg当り約400単位のヘパリンを麻酔液に加えた。頸部の頭側端で内頸動脈と頸静脈を露出する。左の内頸動脈に心臓に向かってカニューレを入れ、生理的食塩水(0.75% 塩化ナトリウム溶液)を180-200mmHg

の圧力で注入し、左の頸静脈から放血する。頸静脈から流れ出る血液の色がうすくなり、わずかに色が残っている程度になってから（約10分後）生理的食塩水を5-10%ホルマリン溶液に切りかえる。600 mlの固定液を100-120 mmHgの注入圧力で20-30分間灌流したのち腕神経叢の構成を確認し、速やかに椎骨の背側部をはずして脊髄の頸膨大部を取り出す。

灌流固定のためには岐阜大学医学部解剖学第2講座で使用されていたものを参考にして簡単な装置を作製した（図1）。この装置を使うことによって溶液の注入圧力を自由に変えることができるし、生理的食塩水と固定液の切りかえも容易に行える。

脊髄は灌流したものと同一固定液でさらに1週間以上固定したのち常法に従って脱水・パラフィン包埋し、 $15\mu\text{m}$ の横断または水平断の連続切片にした。切片は Klüver と Barrera (1953) の髄鞘およびニッスル物質同時染色法により染色し、脱水・透徹後カナダバルサムで封入した。

顕微鏡下ですべての切片について逆行性変性を起こした神経細胞の数を数えた。切片1枚に含まれる変性細胞が多い例では核内に核小体を含む変性細胞のみを数え、切片1枚に含まれる変性細胞が少ない場合には前後の切片において個々の変性細胞を同定しながらそれを数えた。水平断

切片では変性細胞の頭尾方向の分布を明らかにするために 万能投影器(オリンパス, UP 350)で 30 倍に拡大し、トレーシングペーパーに脊髄の輪郭と腹角のすべての変性細胞を写し取った。顕微鏡下の切片と対比して核小体を含む変性細胞にのみ印をつけ、これをすべて 1 枚のトレーシングペーパーの上に重ね合わせた(図 6-10)。横断切片では各切片に含まれる変性細胞の数を切片 20 枚($300\mu m$)ずつ合計し、頭尾方向の分布を示すグラフを作製した(図 6-35)。また、個々の前肢筋を支配する神経を切断したニワトリでは変性細胞が横断切片上の腹角で占める部位を明らかにするために各髄節の中央の高さと髄節の境界の高さでの切片を万能投影器で 100 倍に拡大し、切片 20 枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞と腹角の輪郭をトレーシングペーパーの上に写し取った(図 11-35)。

これらの材料とは別に 前肢の筋と神経支配の局所解剖学的観察のために電殺ののち湯はぎし、ホルマリン固定したニワトリを使用した。

第 3 節 結果

I. 命名法

前肢筋とその筋を支配している神経の学名は *Nomina Anatomica Avium* の筋学 (Vanden Berge, 1979) と末梢神経系 (Breazile と Yasuda, 1979) に従った。

脊髄は 41-42 対の脊髄神経をもつことで二次的分節構造を示す。

横断切片上で、ある脊髄神経腹根の最も尾側の根系が出る高さ、次の腹根の最も頭側の根系が出る高さの間の中央を境界線にし、2つの境界線にはさまれる脊髄の部位をおのおのの脊髄神経に対応する髄節とみなした。

II. 腕神経叢 (図 3)

ニワトリの腕神経叢は通常 第 XIII - XVII 脊髄神経の腹枝から構成されているが、第 XVII 脊髄神経の腹枝はしばしば腕神経叢の形成に加わらない。腕神経叢において 第 XIII 脊髄神経の比較的細い腹枝は 第 XIV 脊髄神経の腹枝に加わり、第 XVII 脊髄神経の細い腹枝は 第 XVI 脊髄神経の腹枝に加わるので、第 XV 脊髄神経の腹枝を含めて 3つの神経叢幹 *Truncus plexus* が形成される。この神経叢幹はそれぞれ背腹の 2 枝に分かれる。

背側の3枝が集まって背側神経束 *Fasciculus dorsalis* をつくり、その延長が橈骨神経 *N. radialis* (図3と4, r)になる。腹側の3枝は腹側神経束 *Fasciculus ventralis* に集まり、正中尺骨神経 *N. medianoulnaris* (図3と5, mu)に続く。なお、図3-5において大文字による略号は筋名を、小文字の略号は神経名を示す。

Ⅲ. 細胞構築学

Brinkman と Martin (1973) はニワトリの頸膨大で灰白質を10の *lamina* に分けた。頸膨大部の腹角には大きく分けると2つの細胞集団が認められるが、彼らの分類に従うと外側の集団は *lamina 9* に、内側の集団は *lamina 8* に相当する(図2a)。前肢筋を支配する神経の切断実験で逆行性変性を起こした運動神経細胞はすべて手術側の *lamina 9* に含まれていた(図2b, SpC)。この *lamina* は腹角で最も腹外側部を占め、ニッスル物質を多く含む大型と中型の多極性神経細胞から成る(図2c, N)。*lamina 9* は第XIII脊髄節の頭側部から発達し始め、第XV脊髄節で大きさが最大になる。その後これは縮小し、第XVII脊髄節の頭側部まで続く。

IV. 実験結果

前肢筋を支配する神経の切断後に逆行性変性を起こした運動神経細胞は頸膨大で手術側の *lamina 9* だけに観察された。逆行性変性はニッスル物質の粉状化、核の偏在、細胞の膨潤によって特徴づけられる(図2c, C)。おのおのの実験例で逆行性変性を起こした運動神経細胞の位置と数を確認した。

(a) 腕神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断

ニワトリの腕神経叢は第XIV、XV および XVI 脊髄神経の太い腹枝と第XIIIと XVII 脊髄神経の細い腹枝から構成されている。これらすべての腹枝を1例の左側で切断した(図3)。手術側で *lamina 9* のほとんどすべての神経細胞が逆行性変性を起こした。変性細胞は第XIII脊髄節から第XVII脊髄節までに分布し、その数は4,543個であった。手術側の *lamina 8* および対側の *lamina 8* と9には全く変性細胞が見られなかった。

(b) 腕神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断

腕神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝をそれぞれ2例で切断し、1例は横断切片に、1例は水平断切片にした。この実験で観察された変性細胞もまた手術側の *Lamina 9* にのみ局在した。

第XIII脊髄神経腹枝の切断による変性細胞数は262個と202個であった(図3)。変性細胞は第XIII脊髄節内に散在し、頭側部では非常にまばらではあるが尾方に進むにつれて増加した(図6a, c)。

第XIV脊髄神経腹枝の切断による変性細胞数は1,343個と1,441個であった(図3)。変性細胞は第XIV脊髄節内に存在し、尾方に進むほど増加した(図7a, c)。

第XV脊髄神経腹枝の切断による変性細胞数は2,400個と2,441個であった(図3)。変性細胞は第XV脊髄節内に分布し、横断切片20枚(300 μ m)に含まれる変性細胞数は頭側部で最大になり、尾方に進むほどしだいに減少した(図8a, c)。

第XVI脊髄神経腹枝の切断による変性細胞数は573個と602個であった(図3)。変性細胞は第XVI脊髄節内に分布し、尾方に進むほどしだいに減少した(図9a, c)。

第XVII脊髄神経腹枝の切断による変性細胞数は32個と64個であった

(図 3)。変性細胞は第XVI脊髓節の尾側部と第XVII脊髓節の頭側部に非常にまばらに散在していた(図10a, c)。個体によっては第XVII脊髓神経の腹枝が腕神経叢の形成に加わらない場合がある。図10に示したものは第XVII脊髓神経の腹枝が腕神経叢に加わる枝を持ち、しかもその枝が比較的太く、第XVI脊髓神経の腹枝と遠位で吻合するために切断できた例である。

個々の脊髓神経腹枝の切断による変性細胞は切断された腹枝に相応する髓節の範囲にのみ見いだされた。髓節間の境界には移行部が存在し、ここでは境界の前の髓節に属する神経細胞と後の髓節に属する細胞が混在している。しかし、移行部の幅は非常に狭く、変性細胞がこの部位で急激に減少するので各髓節の境界は比較的明瞭である。

おのおのの脊髓神経腹枝を切断したときに観察された変性細胞の数を合計するとその数は横断切片では4,610個、水平断切片では4,750個になった。この値は上で述べたすべての腹枝の切断例から得た数、4,543個に近似するものであった。従って腕神経叢に軸索を送っている運動神経細胞の総数は約4,600個であると推定される。

(c) 個々の前肢筋を支配する神経の切断

個々の前肢筋を支配する神経の切断部位には整理番号をつけて、その神経が支配している筋の略号とともに図示した(図3-5)。各切断部位ごとに少なくとも1例において、変性細胞が横断切片上で占める位置を髄節の中央部と髄節間の境界部の高さで図示し、変性細胞の頭尾方向の分布範囲とその概数をグラフで示した(図11-35)。変性細胞は *lamina 9* の領域内でさえある特定の部位を占め、頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成していた。おのおのの切断例における結果を総合し、個々の前肢筋を支配する運動神経細胞が *lamina 9* の内部で占める領域を図中に筋名(大文字)または神経名(小文字)の略号によって示した(図36)。

N. supracoracoides の切断(図3, 1) この神経は *m. supracoracoides* (SpC) を支配し、変性細胞数は3例を平均すると453個であった(図3, 1)。変性細胞は第XIII脊髄節の中央部から第XV脊髄節の頭側部までに存在し(図11c)、*lamina 9* で腹内側部を占めていた(図2b, 図36, SpC; 図11b)。

M. sternocoracoides (StC) を支配する神経の切断(図3, 2) 変性細胞数は2例を平均すると52個であった(図3, 2)。変性細胞は

第XIII脊髄節の頭側部から第XIV脊髄節の頭側部までに散在し(図12c)。

*lamina 9*で最内側域に見られた(図12b; 図36, StC)。

*N. subcoracoscapularis*の切断(図3, [3]) この神経は

M. subcoracoideus (StC)を支配し、変性細胞数は5例を平均すると112個であった(図3, [3])。変性細胞は第XIII脊髄節の中央部から第XIV脊髄節

の尾側部までに分布し(図13c)、*lamina 9*で背外側部に見られた(図13b; 図36, StC)。

*N. subscapularis*の切断(図3, [4]) この神経(図3,

ss)は *M. scapulohumeralis cranialis* (SHCr)、*M. scapulohumeralis caudalis* (SHCa)、*M. subscapularis* (StS)を支配し(図4)、変性細胞数は61個であった(図3, [4])。変性細胞は第XIII脊髄節の中央部から

第XV脊髄節の頭側部までに散在し(図14c)、*lamina 9*で背外側部に見られた(図14b; 図36, ss)。

*N. pectoralis*の切断(図3, [5]) この神経については

次に述べる切断部位[6]-[8]の実験に細区分されるが、近位で切断した場合には

変性細胞数は816個であった(図3, [5])。変性細胞は第XIV脊髄節の

頭側部から第XVI脊髄節の中央部までに存在し(図15c)、*lamina 9*で内側部

に位置していた(図15b; 図36, CBCaとPc)。

N. pectoralis cranialis と *N. pectoralis caudalis* の切断(図3,

6と7) この神経はともに *M. pectoralis* (Pc)を支配する。

この実験に2例を使用した。1羽は左側で *N. pectoralis cranialis* を、

右側で *N. pectoralis caudalis* を切断し、変性細胞数は1,158個と

168個であり、もう1羽は右側で両方の神経を切断し、変性細胞数は993個で

あった(図3, 6と7)。変性細胞は第XIV脊髓節の中央部から

第XVI脊髓節の中央部までに存在し(図16-18c)、*lamina 9*で腹内側部を

占めていた(図16-18b; 図36, Pc)。なお、右側で両方の神経を

切断した個体での変性細胞の分布範囲(図18c)は *N. pectoralis* を切断した

他の個体のもの(図15c, 16c)と比較してやや頭側にずれていた。

N. m. coracobrachialis caudalis の切断(図3, 8)

この神経は *M. coracobrachialis caudalis* (CBCa)を支配し、変性細胞

数は145個であった(図3, 8)。変性細胞は第XIV脊髓節の頭側部

から第XV脊髓節の中央部までに存在し(図19c)、*lamina 9*で背内側域に

見られた(図19b; 図36, CBCa)。

N. axillaris の切断(図4, 9)

この神経は *M.*

tensor propatagialis (TP), *M. deltoideus major* (DMa),
M. deltoideus minor (DMi)を支配し、変性細胞数は346個であった(図4, [9])。変性細胞は第XIII脊髄節の中央部から第XV脊髄節の頭側部までに分布し(図20c), *lamina 9*で中央部に散在していた(図20b; 図36, ax)。

*N. m. latissimus dorsi*の切断(図4, [10]) この神経は
M. latissimus dorsi (LD)を支配し、変性細胞数は376個であった(図4, [10])。変性細胞は第XIV脊髄節の中央部から第XV脊髄節の尾側部までに存在し(図21c), *lamina 9*で最外側部を占めていた(図21b; 図36, LD)。

*N. m. humerotricipitis*の切断(図4, [11]) この神経は
M. humerotriceps (HT)を支配し、変性細胞数は84個であった(図4, [11])。変性細胞は第XIV脊髄節の尾側部から第XV脊髄節の尾側部までに存在し(図22c), *lamina 9*で中央部に位置していた(図22b; 図36, HT)。

*N. m. scapulotricipitis*の切断(図4, [12]) この神経は *M.*
scapulotriceps (ST)を支配し、変性細胞数は199個であった(図4, [12])。変性細胞は第XV脊髄節の頭側部から第XVI脊髄節の頭側部までに分布し(図23c), *lamina 9*で中央部に散在していた(図23b; 図36, ST)。

N. anconealis の切断 (図 4, [13])

この神経は主に

皮膚に分布するものであるが、皮筋支配を想定して切断実験を行った。

その結果 変性細胞は全く見られなかった (図 4, [13])。

N. radialis の切断 (図 4, [14])

この神経については

次に述べる切断部位[15]-[19]の実験に細区分されるが、切断した結果 変性

細胞数は 532 個であった (図 4, [14])。 変性細胞は 第XIV脊髄節の

頭側部から 第XVI脊髄節の中央部までに分布し (図 24c)、 *lamina 9* で外側部

を占めていた (図 24b ; 図 36, EMR, Spn, rs, rp)。 変性細胞は

2つの集団に分かれる傾向を示し (図 24c)、 頭側の集団は 213 個の変性細胞

を、 尾側の集団は 319 個の変性細胞を含んでいた。

N. propatagialis dorsalis と *N. cutaneus antebrachialis*

dorsalis の切断 (図 4, [15])

これらの神経は皮膚に分布する。

しかし皮筋を支配するかもしれないので切断実験を試みたが、 変性細胞は

全く見られなかった (図 4, [15])。

M. extensor metacarpi radialis (EMR) を支配する神経の

切断 (図 4, [16])

変性細胞数は 3 例を平均すると 108 個であった

(図 4, [16])。

変性細胞は 第XIV脊髄節の頭側部から 第XV脊髄節の

頭側部までに存在し(図 25c)、*lamina 9* で腹外側部に見られた(図 25b ; 図 36, EMR)。

M. supinator (Spn) を支配する神経の切断(図 4, 17)

変性細胞数は 70 個であった(図 4, 17)。変性細胞は第 XIV 脊髄節内に存在し(図 26c)、*lamina 9* で最外側部を占めていた(図 26b ; 図 36, Spn)。

N. radialis の *R. superficialis* の切断(図 4, 18)。

この神経は *M. extensor digitorum communis* (EDC)、*M. extensor metacarpi ulnaris* (EMU)、*M. ectepicondylar-ulnaris* (EcU) を支配し、変性細胞数は 146 個であった(図 4, 18)。変性細胞は第 XV 脊髄節の中央部から第 XVI 脊髄節の中央部までに分布し(図 27c)、*lamina 9* で外側域に見られた(図 27b ; 図 36, rs)。

N. radialis の *R. profundus* の切断(図 4, 19) この

神経は *M. extensor longus alulae* (ELA)、*M. extensor longus digiti majoris* (ELDM)、*M. ulnometacarpalis dorsalis* (UMD)、*M. interosseus dorsalis* (ID)、*M. extensor brevis alulae* (EBA)、*M. adductor alulae* (AdA) を支配し、

変性細胞数は121個であった(図4, [19])。

変性細胞は上で述べた

N. superficialis (図27b, c)と同じ範囲、同じ部位に分布していた(図28b, c ; 図36, rp)。

N. cutaneus brachialis ventralis の切断(図5, [20])

この神経はもっぱら皮膚に分布しているが、皮筋支配の可能性を見るために切断実験を行った。しかし変性細胞は全く見られなかった(図5, [20])。

N. m. coracobrachialis cranialis の切断(図5, [21])

この神経は *M. coracobrachialis cranialis* (CBCr)を支配し、変性細胞数は2例とも15個であった(図5, [21])。変性細胞は第XV脊髄節の前半分に散在し(図29c)、*lamina* 9で最も腹側に散見された(図29b ; 図36, CBCr)。

N. bicipitalis の切断(図5, [22])

この神経は *M. biceps*

brachii (BB)を支配し、変性細胞数は3例を平均すると160個であった(図5, [22])。変性細胞は第XIV脊髄節の頭側部から第XV脊髄節の中央部までに分布し(図30c)、*lamina* 9で背内側部を占めていた(図30b ; 図36, BB)。

N. medianoulnaris の切断(図5, [23])

この神経については

次に述べる切断部位[24]と[25]の実験に細区分できるが、切断実験の結果 変性細胞数は563個であった(図5, [23])。変性細胞は第XIII脊髄節の尾側部から第XVI脊髄節の尾側部までに存在し(図31c)、*lamina 9*で内側域に位置していた(図31b; 図36, *m*, FCU, ucr)。変性細胞は第XV脊髄節の中央部を境にして頭尾方向に2つの集団に分かれ(図31c)、頭側の集団は69個の変性細胞を、尾側の集団は494個の変性細胞を含んでいた。

n. medianus の切断(図5, [24]) この神経は *m. brachialis* (Br)、*m. pronator superficialis* (PS)、*m. pronator profundus* (PP)、*m. ulnometacarpalis ventralis* (UMV)、*m. abductor alulae* (A&A)、*m. flexor alulae* (FA)、*m. abductor digiti majoris* (A&DM)を支配し、変性細胞数は113個であった(図5, [24])。変性細胞は第XIII脊髄節の尾側部から第XVI脊髄節の中央部までに散在し(図32c)、*lamina 9*で内側域に見られた(図32b; 図36, *m*)。変性細胞は第XV脊髄節の頭側部を境にして頭尾方向に2つの集団に分かれ、頭側の集団は60個の、尾側の集団は531個の変性細胞を含んでいた。

n. ulnaris の切断(図5, [25]) この神経については

次に述べる切断部位 [26]-[28] の実験に細区分されるが、切断により生じた変性細胞数は 2 例を平均すると 200 個であった (図 5, [25])。変性細胞は第 XV 脊髓節の中央部から第 XVI 脊髓節の尾側部までに存在し (図 33c)、*lamina* 9 で背側部を占めていた (図 33c ; 図 36, FCU, ucr)。

M. flexor carpi ulnaris (FCU) を支配する神経の切断 (図 5, [26]) 変性細胞数は 135 個であった (図 5, [26])。変性細胞は第 XV 脊髓節の中央部から第 XVI 脊髓節の中央部までに分布し (図 34c)、*lamina* 9 で背側部に位置していた (図 34c ; 図 36, FCU)。

N. ulnaris の *N. cranialis* の切断 (図 5, [27]) この神経は *M. interosseus ventralis* (IV) と *M. flexor digiti minoris* (FDM) を支配し、変性細胞数は 102 個であった (図 5, [27])。変性細胞は第 XV 脊髓節の尾側部から第 XVII 脊髓節の頭側部までに存在し (図 35c)、*lamina* 9 で内側部を占めていた (図 35c ; 図 36, ucr)。

N. ulnaris の *N. caudalis* の切断 (図 5, [28]) この神経は皮膚に分布している。皮筋支配を想定して切断実験を試みたが変性細胞は全く見られなかった (図 5, [28])。

(d) 運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係

ニワトリの前肢筋は近位遠位方向で2つの集団に分類することができる。

近位の筋群は前肢帯と上腕の筋から構成され、肩関節と肘関節に作用する。

遠位の筋群は前腕と手の筋から成り、肘関節と手の関節に作用する。 この

分類は前肢筋を支配する神経の分枝様式からも支持される。 すなわち近位

の筋は肩関節部で腕神経叢から直接に、または腕神経叢のすぐ遠位で橈骨神経

と正中尺骨神経から分枝する神経により支配される(図3-5)。 遠位の

筋を支配する神経は橈骨神経および正中尺骨神経として肘部に達してから初めて

分枝する(図4と5)。 この分類に従って個々の前肢筋を支配する運動

神経細胞を区分すると、近位の筋は第XIII脊髄節の中央部から第XV脊髄節の

尾側端までに含まれる運動神経細胞群(図37a, 斜線の領域)により支配される。

なお、*M. pectoralis* (Pc)は衆知のごとく非常に大きく、体の腹尾方向に広がって

いるために、この筋を支配する運動神経細胞の分布も尾方に広がったかもしれない。

一方、遠位の筋は第XV脊髄節の中央部から尾方に存在する運動神経細胞群(図37a,

無地の領域)により支配される。 従って、近位の筋は頸膨大の頭側の髄節

により、遠位の筋は尾側の髄節により支配される傾向がある。 これには

3つの例外が存在する。 すなわち第XIV脊髄節に含まれる無地の領域(

図37a)が問題である。その2つは *m. extensor metacarpi radialis* と *m. supinator* を支配する運動神経細胞群(図36, EMRとSpm)で、残りの1つは *n. medianus* の起始細胞のうち頭側部に分布する運動神経細胞群(図36, mの頭側部)である。これらの運動神経細胞は肘関節と手の関節に作用する筋(遠位の筋群)を支配しているにもかかわらず、第XIV脊髓節に位置している。

ニワトリの腕神経叢において第XIII-XVII脊髓神経の腹枝は3つの神経叢幹を形成する。おのおのの神経叢幹は背腹に分枝し、背側の3枝は背側神経束に、腹側の3枝は腹側神経束になる(図3)。背側神経束は *lamina 9* で外側部に置かれた運動神経細胞(図37c)から起り、主として橈骨神経に続き、前肢の伸筋群を支配する。一方、腹側神経束は *lamina 9* で内側部に存在する運動神経細胞(図37b)から起り、主として正中尺骨神経に続き、前肢の屈筋群を支配する。

前肢筋の近位遠位方向の分類を背側及び腹側神経束による神経支配と組み合わせると前肢筋は次の4種類に分類できる。すなわち背側神経束により支配される近位の筋(Dp)、背側神経束により支配される遠位の筋(Dα)、腹側神経束により支配される近位の筋(Vp)および腹側神経束により支配される

遠位の筋(Vd)である。

Dpに属する筋は肩甲骨、烏口骨または上腕骨から起

こり、上腕骨か前腕骨に終わる(図38a, 縦線の領域)。

Ddの筋は

前腕の頭背側部と手の背側部にあり、主として上腕骨か前腕骨から起こり、前腕

骨、手根中手骨または指骨に終わる(図38bとc, 無地の領域)。

Vpの

筋は胸骨、烏口骨または上腕骨から起こり、上腕骨か前腕骨に終わる(図38a,

横線の領域)。

Vdの筋は前腕の尾腹側部と手の腹側部にあり、主に

上腕骨か前腕骨から起こり、前腕骨、手根中手骨または指骨に終わる(図38bとc,

梨子地の領域)。

この分類に従って脊髄の横断切片での運動神経細胞の

位置を区別すると、運動神経細胞の4つの集団が *Lamina 9* で内側から外側に

向かって次の順番に並ぶことがわかる。

すなわち Vp(図37b, 横線の領域)。

Vd(図37b, 梨子地の領域)。

Dp(図37c, 縦線の領域)および Dd(図37c,

無地の領域)の順である。

第 4 節 考 察

脊髄は本来分節構造を持たないが、個々の脊髄神経が出入りしている脊髄の範囲に分節を仮定し、これを髄節と名づけた。髄節の境界は横断切片上である脊髄神経腹根の最も尾側の根系が出る高さとの次の腹根の最も頭側の根系が出る高さの間の中央に設定した。腕神経叢を構成するおのこの脊髄神経腹枝を切断したのちに観察された変性細胞の分布範囲は切断した腹枝に相応する髄節内に限られた。従って、運動神経細胞の軸索はその細胞体が存在する髄節の腹根線維として脊髄を離れるので、隣接する髄節の腹根には入らないといえる。

ニワトリの頸膨大の腹角には外側と内側の2つの細胞集団が認められる。*Brinkman* と *Martin* (1973) の分類に従うと外側の集団は *lamina 9* に、内側の集団は *lamina 8* に相当する。*Streeter* (1904) はダチョウを用いて彼の分類による *lateral group* が運動神経細胞を含み、その大部分の細胞は軸索を腹根に送るが、残りの *ventro-lateral cells* (彼の図から判断して *lamina 8* に相当する) の軸索は腹交連に入ることを述べた。

Matsushita (1968) はニワトリで *lamina 9* のみが運動神経細胞を含み、*lamina 8* は交連細胞を含むと考え、それぞれ *Nucleus motorius cornu*

anterioris. *Nucleus cornu-commissuralis anterior*と名づけた。

一方 Ariëns Happersら(1936)、Huber(1936)、Goller(1963)および Leonard と Cohen(1975)は2つの細胞集団とともに運動神経細胞として分類した。Ariëns Happersら(1936)と Huber(1936)は *lamina 9* を *lateral column*、*lamina 8* を *medial column* と呼び、それぞれ四肢の筋を支配する運動神経細胞と体幹の筋を支配する運動神経細胞を含むと考えた。

今回の切断実験において変性細胞はすべて手術側の *lamina 9* に認められた。

従って頸膨大における *lamina 9* の神経細胞は前肢の筋を支配することが確かめられたが、*lamina 8* の神経細胞の機能について本実験は何も明らかにしていない。

しかし、予備実験として2例のニワトリを用い頸膨大の高さで *M. cervicalis ascendens* または *M. longus colli ventralis* に HRP 溶液を注入した。

その結果 標識細胞は明らかに *lamina 8* に存在した。従って *lamina 8* は交連細胞も含むであろうが体幹の筋を支配する運動神経細胞も含むと思われる。

腕神経叢を構成する脊髄神経腹枝の切断実験から腕神経叢に軸索を送っている運動神経細胞の総数は片側で約4,600個であることが明らかになった。

Oppenheim と Majors-Willard(1978)は細胞死が終わった孵卵21日のニワトリの胚で頸膨大の *lateral motor column* (*lamina 9* に相当する)に運動神経細胞

が約6,000個存在し、孵化後3週間でもほぼこの数値を維持することを示した。

Laing (1982)は同様に stage 45 (孵卵19-20日)のニワトリの胚と孵化後1週間の雛で運動神経細胞がともに約9,000個存在することを見出した。

OppenheimとMajors-Willard (1978)の得た数値は本研究のものよりも約30%大きい。すべての腹枝を切断しても lamina 9に逆行性変性を起こさない神経細胞が存在すること、マウス (BaulacとMeininger, 1983)と同様にニワトリにおいても孵化後成体になるまでに運動神経細胞数が多少は減少するかもしれないことを考慮すると両者の数値はかなり近似したものになる。しかし、Laing (1982)の得た数値は本研究のものの約2倍、OppenheimとMajors-Willard (1978)のものの1.5倍である。Laing (1982)の数値だけが特に大きい理由は明らかでない。

個々の前肢筋を支配する神経を切断すると変性細胞は横断切片上で lamina 9のある特定部位を占め、頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成した。この発見は高等脊椎動物の頸膨大で今までに見い出された結果とほぼ一致する (Goering, 1928; Reed, 1940; SterlingとKuypers, 1967; ThomasとWilson, 1967; Baulacら, 1980; Swamotoら, 1980; Fritzら, 1981, 1982; StraznickyとJay, 1983)。

前肢筋は前肢帯と上腕に關与する近位の筋群と、前腕と手の筋を含む遠位の筋群に分類することができる。この分類は前肢筋を支配する神経の分枝様式から支持される。この分類に従って個々の前肢筋を支配する運動神経細胞を区分すると、主として近位の筋群は頸膨大の頭側の髓節に、遠位の筋群は尾側の髓節にある神経細胞によって支配されることがわかる。

しかしこの規則には3つの例外が存在する。その2つは *M. extensor metacarpi radialis* (EMR) と *M. supinator* (S_{pn}) を支配する運動神経細胞についてであり、残りの1つは *N. medianus* (m) の起始細胞のうち頭側に分布する運動神経細胞についてである。前の2つの筋は遠位の筋群に属するので、上述の規則によれば起始細胞は尾側の髓節に含まれるはずである。

それにもかかわらず、変性細胞は第XIV脊髓節、すなわち頸膨大で頭側の髓節に存在していた。その理由としてはこの2つの筋が前腕で頭側に位置することが考えられる。また、*N. medianus* (m) は遠位の筋群に分布しているので、上述の規則によれば起始細胞は尾側の髓節に局在するはずである。

しかしながら、約半数の変性細胞は頭側の髓節に存在していた。この点も同じ理由によるのかもしれないが、現在 *N. medianus* のおのおのの終末分枝について成果を得てないので詳細は明らかでない。

近位の筋相互の間では、上述のような筋の近位遠位の位置と運動神経細胞の頭尾方向での局在との間に規則性のある関係は成り立っていない。

M. biceps brachii (BB) と *M. triceps brachii* (HT と ST) はともに肩関節と肘関節に作用し、近位遠位方向では上腕部で同じ位置に存在するにもかかわらず、*M. biceps brachii* (BB) を支配する運動神経細胞は *M. triceps brachii* (HT と ST) の運動神経細胞よりも頭側に存在した。さらに *M. triceps brachii* の中で *M. humerotriceps* (HT) は肘関節に、*M. scapulotriceps* (ST) は肩関節と肘関節の両方に作用するので、*M. scapulotriceps* (ST) の方が近位に存在すると推測された。しかし、運動神経細胞の位置は *M. scapulotriceps* (ST) の方が *M. humerotriceps* (HT) よりも尾側に存在した。これは上腕部で *M. biceps brachii* (BB) よりも *M. triceps brachii* (HT と ST) が、*M. humerotriceps* (HT) よりも *M. scapulotriceps* (ST) が尾側に位置するためかもしれない。

腕神経叢における背側神経束と腹側神経束の区分に従って個々の前肢筋を支配する運動神経細胞を分類すると、背側神経束は *lamina 9* で外側部に存在する運動神経細胞から、腹側神経束は内側部の運動神経細胞からそれぞれ起こることがわかった。*Baumel* (1975) は *M. supracoracoideus*

をどちらの神経束にも分類しなかった。 本研究の結果は *M.*

supracoracoideus を支配する神経細胞が *lamina 9* で腹内側部に存在することを明らかにした。 従って、*N. supracoracoideus* は腹側神経束に属すると結論できる。

Sullivan (1962) は発生学的にニワトリの前肢筋が背側と腹側の2つの筋原基に由来することを見出した。 *Sullivan* (1962) の観察結果を本実験の結果と比較すると運動神経細胞の位置は支配する筋の由来に関係することがわかる。 すなわち、背側筋原基に由来する筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* で外側部に存在し、背側神経束に軸索を送り、一方、腹側筋原基に由来する筋に分布する運動神経細胞は *lamina 9* で内側部に存在し、腹側神経束に軸索を送る。 しかしながら、*M. deltoideus minor* (DMi) と *M. coracobrachialis caudalis* (CBCa) を支配する運動神経細胞の位置は *Sullivan* (1962) の結果と一致しない。 *M. deltoideus minor* (DMi) は *Sullivan* (1962) によると腹側筋原基に由来するとされている。 しかし本実験結果によりこの筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* で中心外側部に存在することと、この筋は背側神経束に属する *N. axillaris* によって支配されることが明らかになったので、*M. deltoideus minor* (DMi) は背側筋原基に由来する

にちがいない。これに反して、*M. coracobrachialis caudalis* (CBCa)は Sullivan (1962)によると背側筋原基に由来するが、本実験結果では支配する運動神経細胞が lamina 9 で背内側部に存在し、腹側神経束から分枝する *N. m. coracobrachialis caudalis* により支配されることから判断して、*M. coracobrachialis caudalis* (CBCa)は腹側筋原基に由来すると考えられる。

M. sternocoracoideus (StC)は多くの成書では前肢の筋として分類されているが、Vanden Berge (1979)はこの筋が翼の運動に関して何も重要な機能上の役割を果たさないことから体幹の筋として分類した。Sullivan (1962)も *M. sternocoracoideus* (StC)が体幹の筋原基に由来すると述べた。しかし、この筋の支配中枢 (StC)は第XIII脊髄節において lamina 8 ではなく lamina 9 の最内側部に存在し、分布する神経は *N. supracoracoideus* と共通の神経枝として腕神経叢から起こるので、体幹の筋ではなく前肢の筋として分類すべきかもしれない。しかし、この *M. sternocoracoideus* についてはなお若干の疑問があるので、上述した規則、すなわち運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係についての考察から除外した。

皮神経は主に皮膚に分布しているが、皮筋を支配するかもしれないので神経切断を試みた。その結果、変性細胞は lamina 9 に全く見られなか

った。 おそらく皮神経は知覚神経線維と自律神経線維だけから成ると思われる。

背側神経束(D)と腹側神経束(V)による神経支配を前肢筋の近位(p)遠位(d)方向の分類と組み合わせることによって、前肢筋は Dp, Dd, Vp, Vd の4種類に分類できる。 これら4種類の筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* の内部で内側から外側に向かって Vp, Vd, Dp, Dd の順に並び、頸膨大のほとんど全長にわたって頭尾方向に伸びる細胞柱を形成する。 この分類は脊椎動物の比較神経解剖学において 運動神経細胞の細胞構築学的特徴、四肢の筋の神経支配および筋の機能的意義を考察する際に重要な手がかりになるだろう。

Straznicky と *Jay* (1983) はニワトリの初生雛で主要な前肢筋に HRP 溶液を注入し、標識された運動神経細胞の局在を明らかにした。 HRP 溶液を注入した筋は前肢帯、上腕、前腕、手の筋と広範囲に及ぶが、主として表在性の筋である。 *Straznicky* と *Jay* (1983) の成果を本実験結果と比較すると全体的な傾向はよく一致している。 個々の筋を支配する運動神経細胞の頭尾方向における分布範囲は筋の近位遠位方向における位置に関係しているし、背側筋原基に由来する筋は *lamina 9* で腹外側部に、腹側筋原基に由来する筋は背内側部に存在する運動神経細胞によって支配されている。 しかし、個々の

筋を支配する運動神経細胞は本実験結果よりも頭尾方向にかなり広く分布しているし、標識細胞数も本実験の変性細胞数よりも多く存在する。この相違は初生雛と成鶏による違いよりもむしろHRPの軸索内輸送標識法と逆行性変性法による違いに起因すると思われる。HRPの軸索内輸送標識法ではHRP溶液をある特定の筋だけに限定して注入することが困難であるために、運動神経細胞をより広範囲にわたり標識するかもしれない。実際に彼らはHRP溶液が隣接する筋に拡散するのを防止するために何も行わなかった。

哺乳類において前肢筋を支配する運動神経細胞の局在は多くの研究者により報告されている (*Bikeles* と *Franke*, 1905; *Goering*, 1928; *Reed*, 1940; *Sterling* と *Kuypers*, 1967; *Thomas* と *Wilson*, 1967; *Baulac* ら, 1980; *Swamoto* ら, 1980; *Fritz* ら, 1981, 1982)。

前肢筋のすべてについてその運動神経細胞の局在を詳細に報告した論文はまだないが、今までに報告された結果を総合すると次のことが言える。近位の筋を支配する運動神経細胞は

頸膨大の頭側部に存在し、遠位の筋を支配する運動神経細胞はその尾側部に存在する。この傾向は鳥類と哺乳類で共通している。また、伸筋群

を支配する背側神経束は腹角で腹側または腹外側に存在する運動神経細胞から起こり、屈筋群を支配する腹側神経束は背側または背内側に存在するものから起こる。

従って、背側神経束と腹側神経束に軸索を送る運動神経細胞はニワトリでは *lamina* 9 で外側と内側に分かれるのに対して、哺乳類では腹側と背側に分かれる傾向がある。しかし、Baulacら(1980)の図から判断するとラットではニワトリと同様に外側と内側に分かれるようである。

Székelly と Gzék (1967) はアホロートル (*Ambystoma mexicanum*) の脊髄にガラス電極を刺し、電気刺激によって誘発された筋の収縮を観察することによって前肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにした。それによると、前肢帯と上腕の筋のうち伸出筋を支配する運動神経細胞は頸膨大の頭側半分に存在し、後引筋を支配するものは尾側の3分の2に存在する。また、前腕の頭側部に存在する筋を支配する運動神経細胞は伸出筋を支配するものの中央部を占め、尾側部にある筋を支配するものは頸膨大の尾側半分にあり、後引筋を支配する運動神経細胞を越えて尾側に広がる。この神経支配の様式はニワトリにもよく当てはまる。すなわちニワトリで第XIV脊髄節に存在する運動神経細胞は *M. supracoracoideus*, *M. deltoideus*, *M. biceps brachii* などのように翼を持ち上げて前に出す筋を支配し、第XV脊髄節の運動神経細胞は *M. pectoralis*, *M. latissimus dorsi*, *M. triceps brachii* などのように翼を下げて後に引く筋を支配する。また前腕においても、最も頭側部に存在

する *M. extensor metacarpi radialis*. *M. supinator* および *M. medianus* の起始細胞のうち頭側の運動神経細胞により支配される筋は第XIV脊髄節の運動神経細胞により支配されるが、残りの筋は第XVとXVI脊髄節に存在する運動神経細胞により支配される。

Droge と Leonard (1983) は HRP の軸索内輸送標識法を用いて アカイ科の1種 *Dasyatis sabina* の胸鰭と体幹の筋を支配する運動神経細胞の局在を示した。 *Dasyatis* の胸鰭は背側にある挙上筋と腹側にある下制筋から成り立つ。挙上筋を支配する運動神経細胞は腹角の外側部に、下制筋を支配するものは背内側部に、体幹の筋を支配するものは最も腹側部に存在する。 *Dasyatis* の胸鰭の神経支配様式は鳥類や哺乳類の神経支配様式の成立を考える際に非常に興味深い示唆を与える。

第5節 要約

ニワトリの前肢筋を支配する運動神経細胞の局在を逆行性変性法により研究した。変性細胞は頸膨大で手術側の *lamina 9* に存在した。

約4,600個の運動神経細胞が腕神経叢に軸索を送る。腕神経叢を構成する個々の腹枝を切断すると、変性細胞の分布は切断した腹枝に相応する髄節内に限られた。個々の前肢筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* の内部である特有な位置を占めた。皮神経を切断しても *lamina 9* の運動神経細胞に逆行性変性は全く見られなかった。前肢帯と上腕の筋は頸膨大の頭側部に存在する運動神経細胞によって、前腕と手の筋は尾側部の運動神経細胞によって支配される。さらに、前肢帯と上腕の筋のうち主として伸出筋は第XIV脊髄節により、後引筋は第XV脊髄節により支配される。また前腕と手の筋のうち最も頭側に存在するものは第XIV脊髄節により、残りの筋は第XVとXVI脊髄節により支配される。*lamina 9* で外側部に存在する運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送り、背側筋原基に由来する筋を支配する。一方、*lamina 9* で内側部に存在する運動神経細胞はその軸索を腹側神経束に送り、腹側筋原基に由来する筋を支配する。

第三章 後肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究

第1節 緒言

後肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する報告は 前肢筋に関するものに比べて数多く存在する。哺乳類については 次のような報告がある。

Bikeles と *Franke* (1905) は オナガサルとイヌで 前肢と同様に後肢についても 主要な神経枝の切断を行い、腹角に現われる変性細胞の局在を観察した。

Romanes (1951) は ネコの後肢筋を支配する運動神経細胞を8つの細胞柱に区分し、逆行性変性法により個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにした。

それによると 運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送るもの(彼の分類による *column 1* と *2*)と腹側神経束に送るもの(*column 3, 3', 3'', 4, 5, 6*)の2つの集団に分類され、さらに両者の集団内で作用する関節に基づいて細別が行われている。

Sherrard (1955) は ヒトで 灰白髄炎により消失する運動神経細胞と障害を受けた筋との関係から 個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を

推定した。 *McManwell* と *Biscoe* (1981) は マウスで 後肢筋を支配する運動神経細胞を7つの細胞柱に分類し、HRPの軸索内輸送標識法により個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにした。結果は 逆行性

変性法を使ってネコで得られたもの(*Romanes, 1951*)に類似していた。

Nicolopoulos-Stournaras と *Iles* (1983) は同様にラットで後肢筋を支配する運動神経細胞を6つの細胞柱に分類し、HRPの軸索内輸送標識法により個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在がマウスで得られたもの (*McHanwell* と *Biscoe*, 1981) に非常に類似していることを示した。 *Janjua* と *Leong* (1984) はラットとカニワイサル (*Macaca fascicularis*) でそれぞれ大腿神経、坐骨神経、総腓骨神経、脛骨神経を HRP 溶液に浸漬し、脊髓の腹角における標識細胞の局在を明らかにした。その他に *Burke* ら (1977) はネコで HRP の軸索内輸送標識法により腓腹筋内側頭とヒラメ筋を支配する運動神経細胞の局在を、*Brunner* ら (1980) はラットで *Evans* 青の軸索内輸送標識法により下腿三頭筋を支配する運動神経細胞の局在を、*Parry* ら (1982) はマウスで HRP の軸索内輸送標識法によりヒラメ筋を支配する運動神経細胞の局在を、*Szentkuti* と *Bruns* (1983) はフタヒノシで HRP の軸索内輸送標識法により半腱様筋を支配する運動神経細胞の局在をそれぞれ明らかにした。

爬虫類では *Ruigrok* ら (1982) と *Ruigrok* と *Crowe* (1984) によりキバラガメ (*Pseudemys scripta elegans*) の19の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在が HRP の軸索内輸送標識法を用いて研究された。その結果

後肢の遠位にある筋を支配する運動神経細胞は尾側の髄節に存在するが、近位の筋を支配するものは腰仙膨大の全体に分布すること、また後肢の前背側に位置する筋を支配する運動神経細胞は腹角の腹外側に存在し、後腹側にある筋を支配するものは腹角の背内側に存在することが明らかになった。

両生類では *Cruce* (1974) により ウシガエル (*Rana catesbeiana*) の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在が逆行性変性法により研究された。ウシガエルの後肢筋を支配する運動神経細胞の局在はネコで見いだされたもの (*Romanes*, 1951) に類似していることが示された。

鳥類の腰仙膨大に存在する運動神経細胞の細別はすでに第二章の緒言の中で脊髄の他の部分とともに詳細に述べた。頸膨大と同様に腰仙膨大の腹角に存在する神経細胞も表1で示したように研究者によりその分類に相違がある。

鳥類でのおおのの後肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関しては以下の報告がある。*Romanes* (1964) はニワトリで脛骨神経の切断後に逆行性変性を起こした運動神経細胞が *lamina 9* で腹内側部に存在することを示し、鳥類の運動神経細胞においても哺乳類に類似した局在が存在することを示唆した。

Landmesser と *Morris* (1975) は電気生理学的研究によりニワトリの胚に

において個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の頭尾方向における局在が後肢筋の近位遠位方向の位置に関係することを示した。このことは哺乳類 (Romanes, 1951) と両生類 (Cruce, 1974) で述べられた結果に類似していた。

Landmesser (1978) は HRP の軸索内輸送標識法によりニワトリの胚において個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにし、背側筋原基に由来する筋はその機能や成体における位置とは無関係に lamina 9 で外側にある神経細胞により支配され、一方腹側筋原基に由来する筋は内側の運動神経細胞により支配されることを示した。

Hollyday (1980) はニワトリの胚と初生雛を用いて HRP の軸索内輸送^標識法により個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにして詳細な地図を示し、運動神経細胞の外側と内側の位置が筋原基における背側と腹側の位置に関係するという Landmesser (1978) の結論を確認した。

鳥類で後肢筋を支配する運動神経細胞の局在に関する研究は上述したようにニワトリの胚または初生雛を用いてなされている。その一方で発生期における個々の筋と運動神経細胞との間の選択的な線維結合の成立に際し神経細胞の細胞死 (cell death) が重視されている。この細胞死が孵化後でも起こりうることは、成体において後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を解明することは

重要と考えられる。そこで、本章では第二章と同様に逆行性変性法を用いてニワトリのおのおのの後肢筋を支配している運動神経細胞の数と腹角においてそれらが占める位置を明らかにし、運動神経細胞の位置と筋の機能との関係について考察することを目的にした。

第2節 材料 および方法

使用した材料は成鶏 44羽(チャボ雑種・雄 18羽, 白色レグホン雑種・雄 14羽, 褐色レグホン種・雄 1羽, 雌 11羽)である。これらのうち 11羽は腰仙骨神経叢を構成する脊髄神経の腹枝を、28羽は個々の後肢筋を支配する神経を切断した(表 4, 5)。残りの 5羽は手術を行わずに対照とした。

脊髄神経腹枝の切断は次のようにして行った。ニワトリに体重 1kg 当り 20mg のソムノペンチルを *Vena ulnaris profunda* に注射して麻酔し、腹位に保定する。腰仙椎の背側で正中線に沿って皮膚を切開し、その下にある *M. longus colli dorsalis* の *pars thoracica* と *Mm. iliocostales et longissimus dorsi* の尾側部を切除する。歯科用ドリルを用いて切除したい腹枝が椎間孔から出る高さで複合仙骨の横突起に背側から穴を開ける。腎臓を損傷しないように特に注意して椎骨と腎臓の間で腹枝を切断する。腹枝が完全に切断されていることを確認して皮膚を縫合する。両側で腹枝を切断した例もあるし、片側で複数の腹枝を切断した例もある。仙骨神経叢を構成するすべての腹枝の切断は歯科用ドリルで腸骨に穴を開け、坐骨孔から外へ出る直前で行った。使用したニワトリと切断した脊髄神経の腹枝についてはまとめて示した(表 4)。

個々の後肢筋を支配するそれぞれの神経の切断は 33 か所で行った。

切断部位には整理番号をつけ、その神経が支配している筋の略号とともに図示した

(図 40-42)。 神経切断は次のようにして行った。 切断部位 11-19

での神経切断は 大腿と腹壁の間で皮膚を切開し、大腿の内側面で行った。

切断部位 11-13 での神経切断は 大腿と腹壁の間の皮膚を切開し、さらに恥骨

に平行に腹壁を切開して腹腔内で行った。 切断部位 14、16 と 17 での神経

切断は 歯科用ドリルで背側から腸骨に穴を開け、坐骨孔から外へ出る直前で

行った。 切断部位 15 での神経切断は 大腿の外側面から *M.*

iliotibialis lateralis (ITL) を切開し、その内側で行った。 切断部位

18-24 での神経切断は 大腿の後方から *M. flexor cruris lateralis* の

Pars pelvica (FCLP) と *M. flexor cruris medialis* (FCM) の間を注意深く

開け、その奥で行った。 切断部位 25-33 での神経切断は 大腿の後方から

M. iliofibularis (IFI) と *M. flexor cruris lateralis* の *Pars*

pelvica (FCLP) の間を開け、その奥で行った。 使用したニワトリと神経の

切断部位について まとめて示した (表 5)。 個々の後肢筋を支配する神経

の切断に用いた 28 羽のうち 13 羽は両側で神経切断を行った。

術後 8 日-17 日間の生存期間ののち ニワトリはすべて灌流固定した。

灌流固定は第二章で詳述した灌流装置を使い、次のような手順で行った。

ニワトリを手術時と同様にソムノペンチルで麻酔し、背位に保定する。その際に

血液の凝固を防ぐために体重1kg当り約400単位のヘパリンを麻酔液に加えた。

頸部の頭側端で内頸動脈と頸静脈を露出する。左の内頸動脈に心臓に

向かってカニューレを入れ、生理的食塩水(0.75%塩化ナトリウム溶液)を180-

200 mmHg 圧力で注入し、左の頸静脈から放血する。頸静脈から流れ出る

血液の色がうすくなり、わずかに色が残っている程度になってから(約10分後)

生理的食塩水を5-8%ホルマリン溶液に切りかえる。100-120 mmHgの

注入圧力で600 mlの固定液を20-30分間灌流したのち腰仙骨神経叢の構成

を確認し、速やかに椎骨の背側部をはずして脊髄の腰仙膨大部を取り出す。

脊髄は灌流したものと同一固定液でさらに1週間以上固定したのち、常法に

従って脱水・パラフィン包埋し、15 μ mの横断連続切片にした。切片は

Klüver と Barrera (1953)の髓鞘およびニッスル物質同時染色法により染色し、

脱水・透徹後カナダバルサムで封入した。

顕微鏡下ですべての切片について変性細胞数を数えた。切片/枚

に含まれる変性細胞が多い例では核内に核小体を含む変性細胞のみを数え、

切片/枚に含まれる変性細胞が少ない場合には前後の切片において個々の変性

細胞を同定しながらそれを数えた。各切片に含まれる変性細胞の数を切片20枚($300\mu m$)ずつ合計し、頭尾方向の分布を示すグラフを作製した(図 43-87)。また、個々の後肢筋を支配する神経を切断したニワトリでは変性細胞が横断切片上の腹角で占める部位を明らかにするために各髄節の中央の高さと境界の高さでの切片を万能投影器(オリンパス、UP350)で100倍に拡大し、切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞と腹角の輪郭をトレーシングペーパーに写し取った(図 56-87)。

これらの材料とは別に後肢の筋と神経支配の局所解剖学的観察のために電殺ののち湯はぎし、ホルマリン固定したニワトリを使用した。

第3節 結果

I. 命名法

後肢筋とその筋を支配している神経の学名は *Nomina Anatomica Avium* の筋学 (Vanden Berge, 1979) と末梢神経系 (Breazile と Yasuda, 1979) に従った。

脊髄は 41-42 対の脊髄神経を持つことにより二次的に分節構造を示す。

第二章でと同様に横断切片上である脊髄神経の腹根の最も尾側の根系が出る高さとなりの腹根の最も頭側の根系が出る高さの間の中央を髄節間の境とみなした。

II. 腰仙骨神経叢 (図 40, 41)

ニワトリの腰仙骨神経叢は通常第XXIII-XXX脊髄神経の腹枝で構成されており、腰神経叢と仙骨神経叢に分かれる。腰神経叢は第XXIII-XXV脊髄神経の腹枝から、仙骨神経叢は第XXV-XXX脊髄神経の腹枝から形成される。第XXV脊髄神経の腹枝は2分し、腰神経叢と仙骨神経叢の両方の形成に加わるので又状神経 *n. furcalis* として知られている。腰神経叢を形成する脊髄神経の3つの腹枝は互いに吻合することなくそのまま神経叢幹になり、それぞれ背腹の2枝に分かれる。背側の3枝が集まって背側神経束をつくり、その延長が大腿神経になる。腹側の3枝は腹側神経束になり、

閉鎖神経に続く。 仙骨神経叢において第XXV-XXVII脊髄神経の腹枝と

第XXVIII-XXX脊髄神経の腹枝が集まり、2つの神経叢幹が形成される。

この神経叢幹はそれぞれ背腹の2枝に分かれる。 背側の2枝が集まって背側

神経束をつくり、その延長が腓骨神経(図41と42, *fib*)になる。 腹側の

2枝は腹側神経束になり、脛骨神経(図41と42, *tib*)に続く。 なお、

図40-42において大文字による略号は筋名を、小文字の略号は神経名を示す。

個体により腰仙骨神経叢を構成する脊髄神経に相違が見られた。

すなわち、しはしは第XXII脊髄神経の細い腹枝が腰神経叢に加わる例、あるいはまれに第XXVI脊髄神経が叉状神経になっているものや第XXXI脊髄神経が仙骨神経叢に加わるものが見られた。

III. 細胞構築学

Martin (1979)はニワトリの腰仙膨大における灰白質を10の *lamina* に分けた。 腹角には2つの細胞集団が認められるが、彼の分類に従うと

外側の集団は *lamina* 9、内側の集団は *lamina* 8に相当する(図39a)。

後肢筋を支配する神経の切断実験で逆行性変性を起こした運動神経細胞は

第二章での前肢筋を支配する神経の切断実験の場合と同様にすべて手術側の

*lamina 9*に含まれていた(図39a, ITC)。この*lamina*は腹角の最も腹外側部を占め、ニッスル物質を多く含む大型と中型の多極性神経細胞から成る(図39d, N)。 *lamina 9*は第XXIII脊髄節の頭側部から始まり、次第に大きさが増加して第XXVI脊髄節でその横断切片上に含まれる細胞数が最大になる。その後それは大きさを縮小し、第XXX脊髄節まで続く。

IV. 実験結果

後肢筋を支配する神経の切断後に逆行性変性を起こした運動神経細胞は腰仙膨大で手術側の*lamina 9*だけに観察された。逆行性変性はニッスル物質の粉状化、核の偏在、細胞の膨潤によって特徴づけられる(図39c, C)。おのおのの実験例で逆行性変性を起こした神経細胞の位置と数を確認した。

(a) 腰仙骨神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断

ニワトリの腰仙骨神経叢は第XXIII-XXX脊髄神経の腹枝から構成されている。

これらすべての腹枝の切断を1例の右側で行った。手術側で*lamina 9*の

ほとんどすべての神経細胞が逆行性変性を起こし、その数は9,529個であった(図

41)。変性細胞は第XXIII脊髄節から第XXX脊髄節まで分布し(図43c)

手術側の *lamina 8* および対側の *lamina 8* と9には全く変性細胞が見られなかった。

腰仙骨神経叢は2つの部分、すなわち腰神経叢と仙骨神経叢に分かれる。

腰神経叢を構成するすべての腹枝を切断した例で変性細胞数は3,329個であっ

た(図40)。変性細胞は第XXIII脊髄節から第XXV脊髄節までに分布した

(図44b)。仙骨神経叢を構成するすべての腹枝を切断した例で変性

細胞数は4,955個であった(図41)。変性細胞は第XXV脊髄節から

第XXX脊髄節までに分布した(図45b)。

(b) 腰仙骨神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断

腰神経叢は第XXIII-XXV脊髄神経の腹枝から構成される。 おのおの

の脊髄神経腹枝の切断による変性細胞数は各2例を平均するとそれぞれ491個、

1,728個 および 1,034個であった(図40)。 この値の合計3,253個は

腰神経叢を構成するすべての腹枝を同時に切断した例での変性細胞数3,329個

にほぼ一致する。 変性細胞は切断された腹枝に相応する髄節内に見い

出された(図46-48b, c)。

仙骨神経叢は第XXV-XXX脊髄神経の腹枝から構成される。

おの

おのの腹枝の切断による変性細胞数は各2例を平均するとそれぞれ 429個、

1,124個、 1,484個、 1,113個、 680個および182個であった(図 41)。

この値の合計5,012個は仙骨神経叢を構成するすべての腹枝を同時に切断した例

での変性細胞数 4,955個にほぼ一致する。 変性細胞は切断された腹枝

に相応する髄節内に見い出された(図 49-54 b, c)。

第XXV脊髄神経の腹枝は腰神経叢と仙骨神経叢の両方の形成に加わる。

この神経の2つの腹枝を同時に切断すると変性細胞数は1,588個であり、別々

に切断したときの値の合計 1,463個に近い。

変性細胞は第XXV脊髄

節内に存在した(図 55c)。

腰仙骨神経叢を構成するおのおのの腹枝を切断したときの値の合計

は8,265個になり、すべての腹枝を同時に切断した例での変性細胞数9,529

個、または2つの神経叢を別々に切断したときの変性細胞数の合計8,284

個に近似している。 従って腰仙骨神経叢を構成する腹枝の切断実験から

約8,600個の運動神経細胞が腰仙骨神経叢に軸索を送っており、そのうち約

3,400個は腰神経叢に、約5,200個は仙骨神経叢に入ると推定される。

(c) 個々の後肢筋を支配する神経の切断

個々の後肢筋を支配する神経の切断部位には整理番号をつけて、その神経が支配している筋の略号とともに図示した(図40-42)。各切断部位ごとに少なくとも1例において変性細胞が横断切片上で占める位置を髄節の中央部と髄節間の境界部の高さで図示し、変性細胞の頭尾方向の分布範囲とその概数をグラフで示した(図56-87)。変性細胞は *Lamina 9* の領域内でさえある特定の部位を占め、頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成していた。おのおのの切断例における結果を総合し、個々の後肢筋を支配する運動神経細胞が *Lamina 9* の内部で占める領域を図中に筋名(大文字)または神経名(小文字)の略号によって示した(図88)。

N. cutaneus femoralis lateralis の切断(図40, [1])

この神経は皮膚に分布するが、皮筋支配を想定して切断実験を試みた。

しかし、変性細胞は全く見られなかった(図40, [1])。

M. iliotibialis cranialis (ITC) を支配する神経の切断(図40,

[2]) 変性細胞数は384個であった(図40, [2])。変性細胞

は第XXIII脊髄節の中央部から第XXV脊髄節の頭側部までに分布し(図56c),

Lamina 9 で腹外側部を占めていた(図39cと88, ITC; 図56c)。

この個体は第XXVI脊髄神経が叉状神経になっていたために変性細胞の分布範囲が尾方にずれていると思われる。

M. iliotibialis lateralis (ITL)は腰神経叢から起こる神経と仙骨神経叢から起こるものの2枝によって支配されるが、これらのうち腰神経叢から起こる神経の切断(図40, [3]) 変性細胞は2例を平均すると81個であった(図40, [3])。 変性細胞は第XXIV脊髄節の頭側部から第XXV脊髄節の中央部までに存在し(図57c)、 *lamina* 9で背外側部に位置していた(図57c; 図88, *itl*)。 第57図に示した個体は第XXVI脊髄神経が叉状になっていたために変性細胞の分布範囲が尾方にずれていると思われる。 *M. iliotibialis lateralis* (ITL)を支配する2本の神経のうち仙骨神経叢から起こるもの(図41, [15])の切断例については第68図を、2本の神経を同時に切断した例については第69図を参照してほしい。

M. femorotibialis externus (FTE)を支配する神経の切断(図40, [4]) 変性細胞数は525個であった(図40, [4])。

変性細胞は第XXIV脊髄節の尾側部から第XXVI脊髄節の中央部までに分布し(図58c)、 *lamina* 9で中間外側部に密集していた(図58c; 図88, FTE)。この個体はすぐ前で述べた実験例のうち第57図に示したものと同一個体である

ので、同様に変性細胞の分布範囲が尾方にずれていると思われる。

M. femorotibialis medius (FTM) を支配する神経の切断 (図 40, [5] - [7]) この筋は頭側、中間、尾側の3枝によって支配される。

変性細胞数はそれぞれ72個、208個と80個であった (図 40, [5] - [7])。

おのおのの例における変性細胞は互いに混ざり合っ第XXIV脊髓節の頭側端から第XXV脊髓節の中央部までに存在し (図 59-61c)、*lamina* 9 で中間背側部に位置していた (図 59-61c; 図 88, FTM)。

M. ambiens (Am) を支配する神経の切断 (図 40, [8])

変性細胞数は86個であった (図 40, [8])。 変性細胞は第XXII脊髓節

の尾側部から第XXIV脊髓節の頭側部までに分布し (図 62c)、*lamina* 9 で中央部に散在していた (図 62c; 図 88, Am)。 この個体は第XXII

脊髓神経の比較的太い腹枝が腰神経叢の形成に加わっていた。 それ故に変性細胞の分布範囲が頭方にずれていると思われる。

M. femorotibialis internus (FTI) を支配する神経の切断 (図 40, [9]) 変性細胞数は2例を平均すると127個である (図 40, [9])。 変性細胞は第XXIII脊髓節の中央部から第XXV脊髓節の中央部までに存在し (図 63c)、*lamina* 9 で中間腹側部に位置していた (図 63c;

図 88, FTI)。

N. cutaneus femoralis medialis の切断 (図 40, 10)

この神経は主に皮膚に分布しているが、皮筋支配の可能性を見るために切断実験を行った。しかし、変性細胞は全く見られなかった (図 40, 10)。

N. obturatorius の切断 (図 40, 11) この実験は次に

述べる切断部位 12 と 13 の実験に細区分できるが、この例での変性細胞数は 1,021 個であった (図 40, 11)。変性細胞は第 XXIII 脊髓節の頭側部から第 XXV 脊髓節の中央部までに分布し (図 64c)、*lamina 9* で内側部に密集していた (図 64c; 図 88, ol と OM)。

N. obturatorius lateralis の切断 (図 40, 12) この

神経は *M. obturatorius lateralis* (OL) と *M. pubo-ischio-femoralis* (PIF) を支配し、変性細胞数は 2 例を平均すると 588 個であった (図 40, 12)。変性細胞は第 XXIII 脊髓節の中央部から第 XXV 脊髓節の中央部までに存在し (図 65c)、*lamina 9* で内側部に位置していた (図 65c; 図 88, ol)。

N. obturatorius medialis の切断 (図 40, 13) この

神経は *M. obturatorius medialis* (OM) を支配し、変性細胞数は 2 例を平均すると 451 個であった (図 40, 13)。変性細胞は第 XXIII 脊髓節の

中央部から第XXV脊髓節の中央部までに存在し(図66c)。 *lamina 9*で腹内側部に位置していた(図66b; 図88, OM)。

M. iliofemoralis externus (IFE)を支配する神経の切断(図41, [14]) 変性細胞数は70個であった(図41, [14])。 変性細胞は第XXV脊髓節の中央部から第XXVI脊髓節の尾側部までに分布し(図67c)、 *lamina 9*で最外側部に見られた(図67b; 図88, IFE)。

M. iliotibialis lateralis (ITL)は腰神経叢から起こる神経と仙骨神経叢から起こるものの2枝によって支配されるが、これらのうち仙骨神経叢から起こる神経の切断(図41, [15]) 変性細胞数は2例を平均すると349個であり(図41, [15])、頭側の枝を切断したときに存在する変性細胞数81個(図40, [3])の約4倍であった。 変性細胞は第XXV脊髓節の尾側部から第XXVIII脊髓節の頭側部までに存在し(図68c)、 *lamina 9*で背外側部に局在していた(図68b; 図88, itla)。 第68図に示した個体は第XXVI脊髓神経が叉状神経になっており、同時に第XXXI脊髓神経の腹枝が仙骨神経叢に加わっていたために変性細胞の分布範囲が尾方にずれていると思われる。 この筋を支配する頭側の枝と尾側の枝を同時に切断すると、変性細胞の分布範囲は頭側部と尾側部に分離し、第XXV脊髓節の頭側部

に変性細胞をほとんど含まない領域が存在した(図 69 ㉔, c)。なお、

腰神経叢から起こる神経(図 40, [3])の切断例についてはすでに記述した(図 57;
図 88, *itl*)。

M. iliofibularis (IFi)を支配する2本の神経の切断(図 41, [16]と[17])

この神経の切断実験に3例用いた。1例で頭側の枝を、他の1例で尾側の
枝を切断したところ、変性細胞数はそれぞれ 134個と 315個であった(図 41, [16]と
[17])。前者の変性細胞は第XXVI脊髓節の頭側端から第XXVII脊髓節の

尾側部までに存在し(図 70 c)、*lamina* 9で最外側部に位置していた(図 70 ㉔)。

後者の変性細胞は第XXVI脊髓節の尾側部から第XXIX脊髓節の尾側部までに
分布し(図 71 c)、*lamina* 9で最外側部を占めていた(図 71 ㉔)。両者の

分布範囲は第XXVII脊髓節で重複していた。残りの1例で頭側と尾側の

両方の枝を同時に切断した。変性細胞数は506個であった。変性細胞

は第XXV脊髓節の尾側部から第XXIX脊髓節の中央部までに分布し(図 72 c)、

lamina 9で最外側部に1つの細胞柱を形成していた(図 72 ㉔; 図 88, IFi)。

M. ischiofemoralis (IsF)を支配する神経の切断(図 41, [18])

変性細胞数は114個であった(図 41, [18])。変性細胞は第XXIV脊髓節

の尾側部から第XXVI脊髓節の頭側部までに存在し(図 73 c)、*lamina* 9で内側部

に見られた(図73b; 図88, 1sF)。

M. flexor cruris medialis (FCM)を支配する神経の切断(図41,

19) 変性細胞数は129個であった(図41, 19)。変性細胞は

第XXV脊髓節の頭側部から第XXVI脊髓節の頭側部までに分布し(図74c)。

*lamina 9*で内側部に位置していた(図74b; 図88, FCM)。

*N. cutaneus femoralis caudalis*の切断(図41, 20)

この神経は皮膚に分布しているが、皮筋支配の可能性を見るために神経切断を行った。

しかし、変性細胞は全く見られなかった(図41, 20)。

M. iliofemoralis (IF)を支配する神経の切断(図41, 21)

変性細胞数は215個であった(図41, 21)。変性細胞は第XXVIII脊髓

節の中央部から第XXX脊髓節の中央部までに存在し(図75c)、*lamina 9*で背外

側部を占めていた(図75b; 図88, IF)。

*Connexus caudalis*の切断(図41, 22) この神経は仙骨

神経叢の*N. coxalis caudalis*と陰部神経叢の*N. lateralis caudae*とを

結合する。変性細胞数は124個であった(図41, 22)。変性細胞

は第XXIXとXXX脊髓節内に存在し(図76c)、*lamina 9*で腹側域に散在して

いた(図76b; 図88, cc)。

M. caudofemoralis (CF) を支配する神経の切断 (図 41, [23])

変性細胞数は 171 個であった (図 41, [23])。変性細胞は第 XXIX 脊髓節の頭側端から第 XXX 脊髓節の中央部までに散在し (図 77c)、*lamina* 9 で背外側部に見られた (図 77b ; 図 88, CF)。

M. flexor cruris lateralis の *Pars pelvica* (FCLP) を支配する神経

の切断 (図 41, [24]) 変性細胞数は 203 個であった (図 41, [24])。

変性細胞は第 XXVIII 脊髓節の頭側端から第 XXX 脊髓節の中央部までに分布し (図 78c)、*lamina* 9 で背外側部に位置していた (図 78b ; 図 88, FCLP)。

N. fibularis の切断 (図 42, [25])

この神経は *M. tibialis*

cranialis (TC)、*M. extensor digitorum longus* (EDL)、*M.*

fibularis longus (FL)、*M. fibularis brevis* (FB)、*M.*

extensor hallucis longus (EHL)、*M. abductor digiti II* (ABDII)。

M. extensor brevis digiti III (EBDIII)、*M. extensor brevis*

digiti IV (EBDIV) を支配する神経幹であり、切断により生じた変性細胞数は

805 個であった (図 42, [25])。変性細胞は第 XXV 脊髓節の中央部から第

XXIX 脊髓節の中央部までに存在し (図 79c)、*lamina* 9 で中心部に見られた (

図 79b ; 図 88, *fib*)。

N. tibialis の切断 (図 42, [26])

この神経は以下に順次述べる

切断部位 [27]-[33] の神経に分かれるが、近位で切断した場合には変性細胞数は

1,936個であった (図 42, [26])。

変性細胞は第 XXV 脊髓節の尾側部から

第 XXX 脊髓節の頭側部までに分布し (図 80c)、*lamina 9* で内側域を占めていた

(図 80b; 図 88, pf, FCLA, fgpp, FHL, FPPD, FPD, GL)。

N. parafibularis の切断 (図 42, [27])

この神経は *M.*

flexor hallucis brevis (FHB)、

M. adductor digiti II (AdD II)、

M. abductor digiti IV (ABD IV) を支配し、変性細胞数は 184 個であった

(図 42, [27])。

変性細胞は第 XXVIII 脊髓節の頭側部から第 XXX 脊髓節

の中央部までに存在し (図 81c)、*lamina 9* で背内側部に位置していた (図 81b

; 図 88, pf)。

M. flexor cruris lateralis の *Pars accessoria* (FCLA) を支配する

神経の切断 (図 42, [28])

変性細胞数は 19 個であった (図 42, [28])。

変性細胞は第 XXVII 脊髓節の中央部から第 XXVIII 脊髓節の頭側部までに散在し (図

82c)、*lamina 9* で背内側部に見られた (図 82b; 図 88, FCLA)。

M. flexor digitorum longus (FDL)、

M. gastrocnemius の

Pars medialis (GM)、

M. plantaris (Pl)、

M. popliteus (Po) を

支配する神経の切断(図 42, [29])

変性細胞数は520個であった(図

42, [29])。

変性細胞は第XXV脊髓節の尾側部から第XXVIII脊髓節の

中央部までに分布し(図 83c)、*lamina 9*で最内側部を占めていた(図 83b;

図 88, fgpp)。

M. flexor hallucis longus (FHL)を支配する神経の切断(図

42, [30])

変性細胞数は65個であった(図 42, [30])。

変性

細胞は第XXVII脊髓節の頭側端から第XXIX脊髓節の中央部までに存在し(

図 84c)、*lamina 9*で最腹側部に散在していた(図 84b; 図 88, FHL)。

M. flexor perforans et perforatus digiti II と *III* (FPPD)を支配

する神経の切断(図 42, [31])

変性細胞数は2例を平均すると314個で

あった(図 42, [31])。

変性細胞は第XXVII脊髓節の中央部から第XXIX

脊髓節の尾側端までに存在し(図 85c)、*lamina 9*で中間内側部に位置していた

(図 85b; 図 88, FPPD)。

M. flexor perforatus digiti II、*III* と *IV* (FPD)を支配する神経の

切断(図 42, [32])

変性細胞数は502個であった(図 42, [32])。

変性細胞は第XXVI脊髓節の中央部から第XXIX脊髓節の中央部までに分布し(

図 86c)、*lamina 9*で腹内側部を占めていた(図 86b; 図 88, FPD)。

M. gastrocnemius の *Pars lateralis* (GL) を支配する神経の切断

(図42, [33]) 変性細胞数は3例を平均すると193個であった(図42,

[33])。変性細胞は第XXVI脊髄節の尾側部から第XXIX脊髄節の頭側部までに存在し(図87c)、*lamina 9* で中間背側部に位置していた(図87c; 図88, GL)。

(d) 運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係

ニワトリの後肢筋は近位遠位方向で2つの集団に分類することができる。

近位の筋群は後肢帯と大腿の筋から構成され、股関節と膝関節に働く。

遠位の筋群は下腿と足の筋から成り、膝関節と足の関節に作用する。この

分類は後肢筋を支配する神経の分枝様式からも支持される。すなわち

近位の筋は腰神経叢により、または坐骨孔の付近で仙骨神経叢から直接分枝

する神経により支配される(図40と41)。遠位の筋を支配する神経は腓骨

神経および脛骨神経として膝部に達してから初めて分枝する(図42)。この

分類に従って個々の後肢筋を支配する運動神経細胞を区分すると、近位の筋

は第XXIII-XXV脊髄節のほとんどすべての運動神経細胞と第XXVI-XXX

脊髄節において *lamina 9* の背外側部に存在する運動神経細胞群によって支配され

(図89a, 斜線の領域)、遠位の筋は第XXV-XXX脊髄節において *lamina 9* の腹内側部に存在する運動神経細胞群により支配される(図89a, 無地の領域) ことがわかる。従って 近位の筋を支配する運動神経細胞は腰仙膨大のすべての髄節に存在し、遠位の筋を支配するものは仙骨神経叢に腹枝を出す髄節に限られる。

ニワトリの腰神経叢において 第XXIII-XXV脊髄神経の腹枝はそれぞれ背腹に分枝し、背側の3枝は背側神経束に 腹側の3枝は腹側神経束になる(図40)。仙骨神経叢においても、第XXV-XXVII脊髄神経の腹枝と第XXVIII-XXX脊髄神経の腹枝が集まって2つの神経叢幹を形成し、それらが背腹に分枝し、背側の2枝は背側神経束に、腹側の2枝は腹側神経束になる(図41)。背側神経束は *lamina 9* で外側部に存在する運動神経細胞(図89c)から起こり、主として大腿神経と腓骨神経に続き、後肢の伸筋群を支配する。一方、腹側神経束は *lamina 9* で内側部に存在する運動神経細胞(図89b)から起こり、主に閉鎖神経と脛骨神経に続き、後肢の屈筋群を支配する。

後肢筋の近位遠位方向の分類を背側及び腹側神経束による神経支配と組み合わせると、後肢筋は次の4種類に分類できる。すなわち背側

神経束により支配される近位の筋 (D_p)、背側神経束により支配される遠位の筋 (D_d)、
腹側神経束により支配される近位の筋 (V_p) および 腹側神経束により支配される遠位
の筋 (V_d) である。 D_p に属する筋は 腸骨あるいは大腿骨から起こり、大腿骨

または 脛足根骨に終わり、大腿の頭外側部を占める (図 90a, 縦線の領域)。

D_d の筋は下腿の頭外側部と足の背側部にあり、大腿骨、下腿骨または足根中足骨
から起こり、足根中足骨か指骨に終わる (図 90b と c, 無地の領域)。 V_p

の筋は大腿の尾内側部にあり、坐骨あるいは恥骨に起こり、大腿または脛足根骨
に終わる (図 90a, 横線の領域)。 V_d の筋は下腿の尾内側部と足の

足底部にあり、大腿骨、下腿骨または足根中足骨から起こり、足根中足骨か指骨に
終わる (図 90b と c, 梨子地の領域)。 この分類に従って脊髄の横断

切片上での運動神経細胞の位置を区別すると、運動神経細胞の4つの集団が

lamina 9 の内側から外側に向かって次の順番に並ぶことがわかる。

すなわち、 V_d (図 89b, 梨子地の領域)、 V_p (図 89b, 横線の領域)、

D_d (図 89c, 無地の領域) および D_p (図 89c, 縦線の領域) の順である。

第4節 考察

髄節の境界は第二章において記述した様に横断切片上である脊髄神経腹根の最も尾側の根系が出る高さ、と次の腹根の最も頭側の根系が出る高さの中央に設定した。腰仙骨神経叢を構成するおのおのの脊髄神経腹枝を切断したのちに観察される変性細胞の分布範囲は切断した腹枝に対応する髄節内に限られた。上記の方法で決定した髄節の境界と変性細胞の分布範囲とを詳細に比較すると、変性細胞の分布範囲の方が少し頭側にずれる傾向が見られる。横断切片上で最も頭側の根系が出る高さよりも最も尾側の根系が出る高さの方が正確に決定しやすいことを考慮すると、特に第XXIV-XXIX脊髄節では最も尾側の根系が出る高さを髄節間の境界にした方がよいかもしれない。しかし今回は脊髄の他の部位にも適用できる方法としてある脊髄神経腹根の最も尾側の根系が出る高さ、と次の腹根の最も頭側の根系が出る高さの中央を髄節の境界にした。

ニワトリの腰仙膨大の腹角には外側と内側の2つの細胞集団が認められる。Martin (1979) の分類に従うと外側の集団は *lamina 9* に、内側の集団は *lamina 8* に相当する。頸膨大と同様に腰仙膨大でもまた *lamina 9* の細胞だけが運動神経細胞であり、*lamina 8* の細胞は交連細胞であるとする考え方 (Streeter, 1904; Matsushita, 1968) と、*lamina 8* と *9* の

細胞がともに運動神経細胞であるとする考え方 (Ariens Kappers ら, 1936 ; Huber, 1936 ; Goller, 1963 ; Leonard と Cohen, 1975) がある (表1)。
 Ariens Kappers ら (1936) と Huber (1936) は lamina 9 を lateral column, lamina 8 を medial column と呼び、それぞれ四肢の筋を支配する運動神経細胞と体幹の筋を支配する運動神経細胞が存在すると考えた。 今回の切断実験において変性細胞はすべて手術側の lamina 9 に存在した。 従って後肢筋を支配する運動神経細胞は腰仙膨大の lamina 9 に存在することが確かめられた。しかし、lamina 8 に存在する神経細胞の機能については本実験は何も明らかにしていない。

腰仙骨神経叢を構成する脊髄神経腹枝の切断実験から腰仙骨神経叢に軸索を送っている運動神経細胞の総数は片側で約8,600個であると推定した。
 Hamburger (1975) はニワトリの胚で細胞死の後 (stage 38, 孵卵12日) に腰仙膨大の lamina 9 に存在する運動神経細胞数が12,300個 (二重計数のための補正を行うと10,300個) であり、孵化後5日までほぼこの値を維持することを示した。 Laing (1982) はニワトリの胚で頸膨大と同様に腰仙膨大についても lamina 9 に存在する運動神経細胞数を数え、細胞死の後に stage 36 (孵卵10日) から孵化後1週間まで約15,000個で一定していることを

示した。成体と胚のちがいがあるとはいえ、本研究で得た数値よりも *Hamburger* (1975) の補正後の値は約20%、*Laing* (1982) のものは約75% 大きい。すべての腹枝を切断しても *lamina 9* に逆行性変性を起こさない神経細胞が見られること、マウス (*Baulac* と *Meininger*, 1983) と同様にニワトリにおいても孵化後成体になるまでに運動神経細胞数が減少するかもしれないこと、さらに腰仙骨神経叢を構成するすべての腹枝を切断したときの変性細胞数が9,529個であったことを考慮すると、*Hamburger* (1975) が求めた補正後の数値と本研究で得たものはかなり近似している。*Laing* (1982) は本研究や *Oppenheim* と *Majors-Willard* (1978)、*Hamburger* (1975) の数値よりも頸膨大と腰仙膨大の両方で高い値を示したので、神経細胞の計数方法が他の研究者と異なっているかもしれない。

個々の後肢筋を支配する神経の切断後に見い出された変性細胞は横断切片上で *lamina 9* のある特定部位を占め、頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成した。この発見は他の高等脊椎動物で見い出された結果と一致する (*Romanes*, 1951; *Sherrard*, 1955; *Burke* ら, 1977; *Landmesser*, 1978; *Brunner* ら, 1980; *Hollyday*, 1980; *McNanwell* と *Biscoe*, 1981; *Ruigrok* ら, 1982; *Parry* ら, 1982; *Szentkuti* と *Bruns*, 1983;

Nicolopoulos-Stournaras と *Iles*, 1983 ; *Janjua* と *Leong*, 1984 ;

Ruigrok と *Crowe*, 1984)。 変性細胞の分布範囲が他の個体と比較して

頭方または尾方にずれている個体が存在した。 このずれは腰仙骨神経叢を構成

する脊髄神経の相違から推定することが可能であった。 ニワトリの腰仙骨神経叢

は一般に第XXIII-XXX脊髄神経の腹枝から構成される。 この構成を示す例

における運動神経細胞の分布範囲を標準にした。 しかし第XXII脊髄神経

の細い腹枝が腰神経叢に加わる例が見られたが、運動神経細胞の分布範囲に

明らかなずれは認められなかった。 しかし第XXII脊髄神経の比較的太い腹枝

が腰神経叢に加わる個体では運動神経細胞の分布が頭方にずれていた。

また、叉状神経は一般に第XXV脊髄神経であるが、まれに第XXVI脊髄神経が

叉状神経になっている個体や、さらに第XXVI脊髄神経が叉状神経で第XXXI脊髄

神経の腹枝が仙骨神経叢に加わる個体が存在した。 これらの個体では運動

神経細胞の分布が尾方にずれていた。 ネコ (*Romanes*, 1951) と ウシガエル

(*Cruce*, 1974) でも腰仙骨神経叢の構成の相違により運動神経細胞の分布範囲に

ずれが生じることが報告された。 しかし、*Romanes* (1951) と *Cruce* (

1974) が述べているように、運動神経細胞の分布にずれが認められる個体でも個々

の筋を支配する運動神経細胞群の相互の位置関係は変化しないと考えられる。

M. iliotibialis lateralis (ITL)は2本の神経によって支配されている。

1本は腰神経叢から もう1本は仙骨神経叢から起こる。 この2本の神経を同時に

切断しても変性細胞は第XXV脊髄節の頭側部を境にして頭尾方向に2つの集団に分か

れた。 頭側の集団の運動神経細胞はこの筋の頭側部を、 尾側の集団のそれは

筋の尾側部を支配すると推定できる。 従って *M. iliotibialis lateralis*

(ITL)はこの筋を支配する神経の分布および運動神経細胞の局在から判断すると、

頭側部と尾側部の2つの筋に分けるべきである。 Hollyday (1980)もまた

この筋の頭側部と尾側部がそれぞれ頭尾方向に分離した別々の細胞柱によって支配

されることを示した。

これに反して *M. femorotibialis medius* (FTM)は3本の神経によって

支配されているが、 おのおのの神経を切断しても変性細胞は横断切片上で腹角の

同じ部位を占め、互いに重複混合し、単一の細胞柱を形成した。 従って3本

の神経による支配であっても支配中枢の局在性はなく、 この筋は単一の筋であると

判断される。

M. ambiens (*A_m*)はその腱が膝関節をめぐって下腿に入り、 *M.*

flexor perforatus digiti II, IIIとIV (FPD)の起始となる。 そして

とまり木にとまる時に重要な役割を演じるので、 *perching muscle*の別名が

つけられている。しかし、これら2つの筋を支配する運動神経細胞は互いに遠く離れているので、とまり木にとまる時に2つの筋を支配する運動神経細胞がどのようにして協力するかは明らかでない。

M. iliofibularis (IFi) もまた2本の神経によって支配される。

頭側の神経はこの筋の頭側部を、尾側の神経は筋の尾側部を支配する。

筋の頭側部を支配する運動神経細胞は尾側部を支配するものよりも頭側に存在するとはいえ、両者の運動神経細胞は第XXVII脊髄節で互いに混ざり合っていた。

また、2本の神経を同時に切断すると変性細胞は単一の細胞柱を形成していた。

従ってこの筋は単一の筋であると判断される。

Connexus caudalis (CC) の切断後変性細胞は第XXIXとXXX脊髄

節の *lamina 9* で腹側部に散在しており、その細胞体は他の運動神経細胞よりも

やや小さかった。肉眼的に *Connexus caudalis* (CC) は *Plexus*

puddendus の *N. lateralis caudae* と吻合する。吻合した神経は

cloacal ramus として排泄腔の方へ走る (Baumel, 1975)。従って

これらの比較的小さな散在している運動神経細胞は排泄腔付近の筋を支配するかもしれない。

皮神経は皮膚に分布しているが、皮筋を支配するかもしれないので神経

切断を試みた。その結果、前肢の場合と同様に後肢においても変性細胞は *lamina 9* に全く見られなかった。おそらく皮神経は知覚神経線維と自律神経線維だけから成ると思われる。

後肢筋は後肢帯と大腿の筋からなる近位の筋と、下腿と足の筋を含む遠位の筋に分類することができる。この分類は後肢筋を支配する神経の分枝様式からも支持される。この分類に従って個々の後肢筋を支配する運動神経細胞を区分すると近位の筋は腰神経叢に關係する髓節でのほとんどすべての運動神経細胞と仙骨神経叢に關係する髓節の *lamina 9* で背外側部にある運動神経細胞によって支配され、一方遠位の筋は仙骨神経叢に關係する髓節の *lamina 9* で腹内側部にある運動神経細胞によって支配されることが明らかになった。しかし、*M. flexor cruris lateralis* の *Pars accessoria* (FCLA) を支配する運動神経細胞はこの規則に当てはまらない。この筋は普通大腿の筋に分類され、*M. flexor cruris lateralis* の *Pars pelvica* (FCLP) に類似した働きをする。*Pars accessoria* を支配する運動神経細胞は第XXVII 脊髓節の中央部から第XXVIII 脊髓節の頭側部までの *lamina 9* で背内側部に存在し、遠位の筋群を支配する運動神経細胞と隣接している。Romer (1927) の発生学的研究によるとこの筋は下腿の屈筋群から由来し、その後近位の方へ

移動し、成体における大腿からの起始を獲得するとされている。 それ故に

Pars accessoria は大腿に起始する筋ではあるが、下腿の筋に属すると考えられる。

腕神経叢と同様に腰仙骨神経叢も背側神経束と腹側神経束に分けることができる。 背側神経束は大腿神経と腓骨神経に続き、*lamina 9*で外側部に存在する運動神経細胞から起こる。 一方、腹側神経束は閉鎖神経と脛骨神経に続き、*lamina 9*で内側部の運動神経細胞から起こる。 神経束における背腹方向の位置と運動神経細胞の内外方向の位置との関係は前肢と後肢で一致している。

Romer (1927) と *Wortham (1948)* は発生学的にニワトリの後肢筋が背側と腹側の2つの筋原基に由来することを報告した。 *Landmesser (1978)* は HRP の軸索内輸送標識法によりニワトリの胚において個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにし、運動神経細胞の位置が支配する筋の由来に関係することを示した。 すなわち、背側筋原基に由来する筋はその機能や成体における位置とは無関係に *lamina 9*で外側部に存在する運動神経細胞により支配され、 一方腹側筋原基に由来する筋は内側部の運動神経細胞により支配される。 *Hollyday (1980)* もまたニワトリの胚と初生雛を用いて HRP の軸索内輸送標識法により個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにし、詳細な模式図を示した。 そして、

運動神経細胞の外側と内側の位置が筋原基における背側と腹側の位置に関係するといふ Landmesser (1978) の結論を確かめた。本実験の結果は Landmesser (1978) と Hollyday (1980) の結果に一致する。すなわち、lamina 9 で外側部に存在する運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送り、背側筋原基に由来する筋を支配する。一方、内側部にある運動神経細胞はその軸索を腹側神経束に送り、腹側筋原基に由来する筋を支配する。

背側神経束(D)と腹側神経束(V)による神経支配を後肢筋の近位(p)遠位(d)方向の分類と組み合わせると後肢筋は D_p 、 D_d 、 V_p 、 V_d の4種類に分類できる。これら4種類の筋を支配する運動神経細胞は lamina 9 の内側から外側に何かって V_d 、 V_p 、 D_d 、 D_p の順に配列することが判明した。Hollyday (1980) は Romer (1927) と Wortham (1948) によって述べられた背側と腹側の筋原基からの後肢筋の分裂様式に従って運動神経細胞を分類したが、本研究では神経叢における背側と腹側の神経束を後肢における筋の近位遠位方向の位置と組み合わせることによって運動神経細胞を分類した。この分類は脊椎動物の比較神経解剖学において運動神経細胞の細胞構築学的特徴、四肢の筋の神経支配、筋の機能的な重要性を考察する際に重要な手がかりとなるだろう。

V_p に属する筋のうち *M. ischiofemoralis* (IsF) と *M. flexor cruris*

medialis (FCM)を支配する運動神経細胞は主として第XXV脊髄節の *lamina* 9で内側部に存在し、その軸索は叉状神経の尾側枝を通る。他方、*M. iliofemoralis* (IF)、*M. caudofemoralis* (CF)と *M. flexor cruris lateralis* の *Pars pelvica* (FCLP)を支配する運動神経細胞は第XXVIII-XXX脊髄節の *lamina* 9で背外側部を占め、その軸索は仙骨神経叢の尾側の神経叢幹から腹側神経束に入る。従って第XXVI脊髄節の中央部から第XXVII脊髄節の尾側部まで *Vp*に属する筋を支配する運動神経細胞が存在しない。本研究で分類した4種類の筋のうち *Vp*に属する筋を支配する運動神経細胞だけが頭尾方向に不連続である理由は明らかでない。しかし、Hollyday (1980)は *M. flexor cruris medialis* (FCM)、*M. flexor cruris lateralis* の *Pars pelvica* (FCLP)及び *M. flexor digitorum longus* (FDL)がともに腹側筋原基のうちの屈筋原基に由来するので、*M. flexor cruris medialis* (FCM)と *M. flexor cruris lateralis* の *Pars pelvica* (FCLP)を支配する運動神経細胞の間を *M. flexor digitorum longus* (FDL)を支配するものが橋渡しをすると考えた。

神経切断できなかった筋を支配する運動神経細胞の位置を本研究の結果から予想することができる。*M. m. iliostrochanterici*を支配する神経は大腿の内側面で最も近位に存在するので神経への接近がむづかしく、神経切断を

行えなかった。この筋は背側筋原基に由来し (Romer, 1927)、背側神経束から起こる大腿神経の枝によって支配されるので、その運動神経細胞は第XXIII-XXV脊髄節の *lamina 9* で外側部に存在すると推測される。実際に

Hollyday (1980) はニワトリの雛で HRP の軸索内輸送標識法により *Mm.*

iliotrochanterici を支配する運動神経細胞が第XXIII脊髄節の中央部から第XXV脊髄節の中央部までに分布し、*lamina 9* で最も外側部を占めることを明らかにした。

また、*M. iliofemoralis internus* は腰神経叢からの細い神経枝により支配される。この神経も大腿の内側面で最も近位に存在するので神経切断が

できなかった。*M. iliofemoralis internus* は背側筋原基に由来

する (Romer, 1927) ので、その運動神経細胞は *lamina 9* で外側部に存在すると

推定される。しかしながら、解剖学的にはこの筋を支配する神経は閉鎖神経

の走行に類似して、腰神経叢の腹側面から2根でもって起こる。もしこの神経

が腹側神経束に属するならば *M. iliofemoralis internus* を支配する運動

神経細胞は *lamina 9* で内側部に存在することになり、上記の発生学的な筋の由来を

基礎にした推察と矛盾する。この点を考察できる根拠も文献的成果も現在まで

のところ得られていない。

哺乳類において後肢筋を支配する運動神経細胞の局在は多くの著者により

報告されている (*Bikeles* と *Franke*, 1905 ; *Romanes*, 1951 ; *Sherrard*, 1955 ; *Burke* ら, 1977 ; *Brunner* ら, 1980 ; *McHanwell* と *Biscoe*, 1981 ; *Parry* ら, 1982 ; *Szentkuti* と *Bruns*, 1983 ;

Nicolopoulos-Stournaras と *Iles*, 1983 ; *Janyua* と *Leong*, 1984)。

Romanes (1951) によるとネコで後肢筋を支配する運動神経細胞は背側神経束に軸索を送る腹外側の集団と腹側神経束に關与する背内側の集団に分けることができ、さらに2つの集団の内部で遠位に存在する筋を支配する運動神経細胞は近位の筋を支配するものよりも尾側に、かつ背側に位置するという。 *McHanwell* と *Biscoe* (1981)

はマウスの外側運動柱で背側筋原基に由来した筋を支配する運動神経細胞が外側部に、腹側筋原基に由来した筋を支配するものが内側部に存在することを示した。

Nicolopoulos-Stournaras と *Iles* (1983) はラットで *McHanwell* と *Biscoe* (1981) の結論を確認した。 *Janyua* と *Leong* (1984) は総腓骨神経に軸索を送る運動神経細胞が腓骨神経に軸索を送るものよりも外側に存在することを明らかにした。

従って鳥類と同様に哺乳類においてもまた背側筋原基に由来する筋を支配する背側神経束の運動神経細胞は外側運動柱で外側部または腹外側部に存在し、腹側筋原基に由来する筋を支配する腹側神経束のそれは内側部または背内側部を占める。しかし、哺乳類において遠位の筋を支配する運動神経

細胞は近位の筋を支配するものの背側に存在するので、本論文と同様に運動神経細胞を4つに分類すると、外側運動柱の内部で V_{β} は腹内側部を、 V_{α} は背内側部を、 D_{β} は腹外側部を、 D_{α} は背外側部を占める傾向が認められる。

従って、哺乳類と鳥類で運動神経細胞の配列に基本的な相違が存在する。

Ruigrok ら (1982) と *Ruigrok* と *Crowe* (1984) はキバラガメの後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を研究した。それによると、後肢の頭背側に存在する筋(伸筋群)を支配する運動神経細胞は腹角で腹外側部を占め、一方尾腹側にある筋(屈筋群)を支配するものは背内側部を占める。従って、爬虫類では後肢筋を支配する運動神経細胞は腹外側部と背内側部に分かれる。また、遠位の筋を支配する運動神経細胞は比較的尾側の髄節に存在するが、近位の筋を支配する運動神経細胞は腰仙膨大の全体に見い出される。この点とは本研究の結果と一致する。

Cruce (1974) はウシガエルの後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を研究し、一般に近位の筋を支配する運動神経細胞は遠位の筋を支配するものよりも頭側に存在すること、同じ関節に作用する筋のうち屈筋を支配する運動神経細胞は伸筋を支配するものよりも頭側に位置することを明らかにした。また、ウシガエルの運動神経細胞は腹側、頭背側と尾背側の3集団に細別できるが、腹側の集団は股関節の屈筋と

膝関節の伸筋を、頭背側の集団は股関節の伸筋、膝関節の屈筋、足首の伸筋を、

尾背側の集団は足首と指の屈筋と伸筋を支配する。Cruce (1974)はこの機構

がネコ (Romanes, 1951) で見いだされたものに似ていると述べた。しかし

ニワトリにおいて運動神経細胞の頭尾方向の位置と支配する筋の近位遠位方向の位置

や筋の機能との間に相互関係はなく、むしろ背側神経束と腹側神経束により運動

神経細胞は外側と内側に別れる。Lamb (1976) はアフリカツメガエル

(*Xenopus laevis*) において HRP の軸索内輸送標識法により腹角から後肢への

投射様式の成立を発生学的に研究した。彼の図から判断すると変態後の若い

カエルで近位の筋を支配する運動神経細胞は遠位の筋を支配するものよりも頭側に

存在し、さらに後肢の頭背側の筋(伸筋群)を支配する運動神経細胞は腹角で

外側部に、尾腹側の筋(屈筋群)を支配するものは内側部に存在する。

従って運動神経細胞の頭尾方向の位置が後肢筋の近位遠位方向の位置に関係する

点は哺乳類に似ており、後肢筋を支配する運動神経細胞が内外方向に二分

されることはすべての四足動物に一致する。

ニワトリの頸膨大と腰仙膨大における運動神経細胞の支配機構を比較

すると、lamina 9 の内部で運動神経細胞の配列に重要な相違が存在する。

頸膨大の lamina 9 では運動神経細胞の配列は内側から外側に向かって Vp、

Vd, Dp, Dd の順であるが、一方 腰仙膨大では Vd, Vp, Dd, Dp の順である。従って 背側神経束に軸索を送る運動神経細胞が *lamina 9* で外側部に、腹側神経束に軸索を送るものが内側部に存在することは両者で一致しているが、*lamina 9* の2つの部分の内部における近位の筋を支配する運動神経細胞と遠位の筋を支配するものの位置関係が頸膨大と腰仙膨大で逆になっている。哺乳類の頸膨大と腰仙膨大における運動神経細胞の配列はほぼ同じであり、鳥類のような相違は認められない。鳥類の頸膨大と腰仙膨大の間で運動神経細胞の配列が異なる理由は明らかでない。

第 5 節 要 約

ニワトリの後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を逆行性変性法により研究した。変性細胞は腰仙膨大で手術側の *lamina 9* に存在した。約 8,600 個の運動神経細胞が腰仙骨神経叢に軸索を送る。腰仙骨神経叢を構成する個々の腹枝を切断すると、変性細胞の分布は切断した腹枝に相応する髄節内に限られた。個々の後肢筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* の内部である特有な位置を占めた。皮神経を切断しても *lamina 9* の運動神経細胞に逆行性変性は全く見られなかった。後肢帯と大腿の筋は腰神経叢に関係する髄節において *lamina 9* のほとんどすべての運動神経細胞と仙骨神経叢に関係する髄節で *lamina 9* の背外側部にある運動神経細胞によって、下腿と足の筋は仙骨神経叢に関係する髄節で *lamina 9* の腹内側部に存在する運動神経細胞によって支配される。*lamina 9* で外側部に存在する運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送り、背側筋原基に由来する筋を支配する。一方、*lamina 9* で内側部に存在する運動神経細胞はその軸索を腹側神経束に送り、腹側筋原基に由来する筋を支配する。

第四章 仙髄副交感神経系に関する研究

第1節 緒言

神経細胞の軸索内を物質が移動する現象を軸索内輸送(軸索流)という。この流れには流速によって遅いものと速いものが区別され、流れの方向によって細胞体から末梢に向かう下行性輸送と逆に末梢から細胞体に向かう上行性輸送が存在する。

horseradish peroxidase (HRP)、西洋ワサビの過酸化酵素の軸索内輸送は最初に *Kristensson* と *Olsson* (1971) によって幼若マウスで示された。それによると腓腹筋に注入された HRP は神経終末から取り込まれ、軸索内を細胞体まで輸送され、24 時間後には手術側の脊髄腰角に存在する運動神経細胞に達し、細胞質内顆粒として認められた。一般に末梢神経は神経周膜により外界の物質から守られている。したがって HRP などを末梢神経の周囲に与えても神経周膜に妨げられて軸索にまで達しない。しかし運動神経は末梢では神経周膜を欠き、終末分枝では無鞘無髄線維になるので、筋注された HRP は容易に終板およびその付近の軸索に到達できる。また HRP は神経終末ばかりでなく切断した神経の断端からも取り込まれること (*Kristensson* と *Olsson*, 1974 ; *De Vito* ら, 1974)。運動神経線維だけでなく知覚神経線維に

よっても取り込まれ、その細胞体と脊髄背角における神経終末を標識すること（*Oppenheim*と*Heaton*, 1975）が明らかにされた。

HRPは過酸化水素の存在下で色素原を酸化し、発色させることによって可視的になる。HRPの存在を証明する方法として最初は色素原にジアミノベンジンを使用する *Graham*と*Karnovsky* (1966)の方法が用いられた。その後種々の方法が開発され、*Mesulam* (1978)と*Mesulam*ら(1980)によって飛躍的に改良された。現在のところ色素原としてテトラメチルベンジンを使用する *Mesulam* (1978)の方法が最も感度の高いHRP検出法とされている（*Mesulam*と*Rosene*, 1979 ; *Morrell*ら, 1981 ; *Carson*と*Mesulam*, 1982 ; *Olsson*ら, 1983）。

自律神経系には交感神経系と副交感神経系の2系統があり、一般に1つの器官に対して二重に神経支配し、それぞれ拮抗的に作用する。副交感神経は脳神経に混って脳を出るものと、仙骨神経中に含まれて脊髄を出るものがある。これらのうち、仙髄副交感神経節前細胞の局在に関する研究は主として哺乳類で行われた。

Rexed (1954)は細胞構築学的研究からネコの仙髄副交感神経節前細胞が第2仙髄節から第1尾髄節までの中間質外側部に存在すると述べ、この細胞集団を

Nucleus intermediolateralis sacralis と名付けた。 *Schnitzlein* ら

(1963) 及び *de Groat* と *Ryall* (1968) は電気生理学的研究によりネコの仙髄副交感

神経節前細胞が第1-3仙髄節、または第2と3仙髄節の中間質外側部に存在する

ことを明らかにした。

Oliver ら (1969) はネコで骨盤神経の切断後に起こる

逆行性変性によって仙髄副交感神経節前細胞が第2と3仙髄節で主として中間質外側

柱に、一部は中間質内側柱に存在することを示した。 また虎斑溶解を起こした

知覚神経細胞が第2と3仙骨神経の脊髄神経節に、一部の例ではさらに第1仙骨

神経の神経節にも存在した。

Samson と *Reddy* (1982) は逆行性変性法に

より、イヌの仙髄副交感神経節前細胞が第1-3仙髄節の中間質外側柱と側索に、

一部は中間質内側柱に存在することを示した。

HRPの軸索内輸送標識法が提示されて以来、これを神経解剖学的研究に用い、

線維連絡を調べた研究はおびただしい数にのほっている。

これらの中で仙髄

副交感神経節前細胞の局在を調べた報告として次のものがあげられる。

Sato ら

(1978) は HRP をネコの膀胱に注入後、第2と3仙髄節の中間質外側核に、直腸に注入

後、第2仙髄節中央部の中間質外側核に標識細胞を見出した。

Yamamoto

ら (1978a) はネコの直腸と膀胱に別々に HRP を注入し、標識細胞の分布図を示した。

膀胱に HRP を注入した例で、特に多くの標識細胞が第3仙髄節の腹角外側縁に沿って

存在した。 Yamamoto ら (1978b) はさらにネコで第1-3仙骨神経の腹根を

切断し、その断端を HRP 溶液に浸漬した。 中間質外側核の神経細胞は

その軸索を主として第2と3仙骨神経の腹根に送ることが明らかになった。

Petras と Cummings (1978) は出生直後のイヌで HRP を膀胱に注入後 中間質外側部に、

尿道に注入後 中間質外側部と介在帯に標識細胞を見出した。 de Groat

ら (1978)、 Morgan ら (1979) および Nadelhaft ら (1980) は HRP の軸索内輸送

標識法によりネコの仙髄副交感神経節前細胞の局在に関する一連の研究を行い、

次のことを明らかにした。 すなわちネコの仙髄副交感神経節前細胞は第1-3

仙髄節の中間質外側部に約10mmの長さにわたって存在し、2部位 すなわち介在部

の方に広がる背側帯 (dorsal band) と 腹角の外側縁に沿って腹側に広がる外側帯

(lateral band) に分けられること、これらの神経細胞は平均 $1,082 \pm 395$ 個存在し、

背側帯に34%、外側帯に64%、腹角の中央に2%見い出されること、および

主として背側帯の節前細胞は下部結腸と直腸を 外側帯のものは膀胱を支配することを

明らかにした。 Blomcock と Peretto (1979b) はラットの骨盤神経の断端を HRP

溶液に浸漬し、第6腰髄節と第1仙髄節の中間質外側部に標識細胞を見出し

た。 de Araujo ら (1982) はイヌの膀胱頸と骨盤神経に HRP を注入して 第

1-3仙髄節 または第1と2仙髄節の中間質外側柱に標識細胞が存在することを

示した。 Nadelhaft ら(1983)はアカゲサル (*Macaca mullatta*)で、

Nadelhaft と Booth (1984)はラットで骨盤神経を切断し、近位の断端をHRP溶液

に浸漬した。 アカゲサルでは平均820個の標識細胞が第1-3仙髄節の

中間質外側部に約14.5 mmの長さにわたって存在した。 ラットでは平均560個の

標識細胞が主として第6腰髄節と第1仙髄節の中間質外側部に約3.6 mmの長さに

わたって位置した。

自律神経系は厳密には運動性の神経細胞によって構成されるが、自律神経線維とともに内臓知覚神経線維が走るとされている。 de Groat ら(1978)と

Morgan ら(1981)はネコで、 Nadelhaft ら(1983)はアカゲサルで、 Nadelhaft

と Booth (1984)はラットで骨盤神経を切断し、近位の断端をHRP溶液に浸漬した。

その結果 仙髄副交感神経節前細胞ばかりでなく 脊髄神経節にある知覚神経の細胞体

と脊髄背角におけるそれらの終末部も標識された。 骨盤神経に伴う内臓知覚

神経細胞はネコでは第1-3仙骨神経の脊髄神経節に平均して3,676個が、アカゲ

サルでは第1-3仙骨神経の脊髄神経節に平均して2,992個が、ラットでは主として第

6腰神経と第1仙骨神経の脊髄神経節に平均して1,537個が存在するとした。

脊髄背角におけるそれらの終末域はこれら3種類の動物の間で種による相違は見られず

互いによく類似していた。

内臓知覚神経は後根から脊髄に入り、頭尾方向に

縦走し、間隔をおいて背角に入り、多くは背角外側縁に沿って終末を作りながら中間質外側部と背角底に達し、残りは背角の内側縁に沿って走り、背灰白交連内に大きな終末域を形成した。

哺乳類と比較して鳥類では仙髄副交感神経節前細胞の局在に関する研究はほとんど行われていない。わずかに *Ruber* (1936) はハトで細胞構築学的に第XXVI-XXX脊髄節の中心管背外側部に細胞集団を見出し、*column X*と名付けた。そしてこれらの細胞が仙髄副交感神経節前細胞であると示唆した。骨盤内臓に分布する末梢神経の走行は *Freedman* と *Sturkie* (1963) および渡辺 (1972) によりニワトリで研究された。これらの研究によると副交感神経節前線維を含むとされている陰部神経は第XXX-XXXIII脊髄神経または第XXX-XXXI脊髄神経の腹枝から起こり、尿管に沿って尾方に走り、排泄腔の背側にある神経節に至る。そして排泄腔および遠位の精管、卵管、尿管、腸管を支配する。

仙髄副交感神経系は鳥類では交尾・放卵などの生殖機能や糞・尿の排泄機能と深い関係があるにもかかわらず、仙髄における支配中枢についてはほとんど研究されていない。そこで本章ではHRPの軸索内輸送標識法によりニワトリの仙髄副交感神経節前細胞の局在および仙髄副交感神経に伴う内臓知覚神経の脊髄背角における終末域を明らかにすることを目的にした。

第 2 節 材料および方法

HRPの軸索内輸送標識法に使用した材料は成鶏32羽(白色レグホン雑種・雄12羽・雌5羽、褐色レグホン種・雄1羽・雌14羽)である。これらのうち11羽は陰部神経叢を構成する脊髄神経の腹枝を、残りの21羽は陰部神経を切断し、その断端にHRPを用いた。使用したニワトリとHRPを用いた神経についてはまとめて示した(表6, 7)。

陰部神経叢へのHRPの適用は次のように行った。ニワトリに体重1kg当り20mgのソムノペンチルを *Vena ulnaris profunda* から注射して麻酔し、腹位に保定する。仙椎の背側で正中線に沿って皮膚を切開し、その下にある *m. levator caudae* の頭側部を切除する。第XXX-XXXIII脊髄神経の高さで歯科用ドリルを用いて背側から複合仙骨の横突起に穴をあける。第XXX-XXXIII脊髄神経の腹枝から構成される陰部神経叢をまとめて切断する。長さ10-12mmのポリエチレン細管(内径1.5mm)を切断した神経の近くの組織に瞬間接着剤で固定し、その中に切断した神経の近位の断端を吸い込む。神経を吸い込んだポリエチレン細管の近位の口をシリコングリスでふさぐ。遠位側の口から管の中に生理的食塩水に溶かした25% HRP溶液(Boehringer社, Grad I)を数 μ l注入し、注入した口もシリコングリスでふさぐ。HRP溶液がもれて

いないことを確認して皮膚を縫合する。

陰部神経へのHRPの適用は次のように行った。

ニワトリに体重/kg当り

20mgのソムノペンチルを *Vena ulnaris profunda* から注射して麻酔し、腹位に保定する。

肛門の背側にある *Septum supracloacale* の領域で皮膚を水平に切開し、排泄腔の

背方で腹腔に達する穴をあける。

尿管に沿って走る陰部神経を確認し、この神経を

周囲の組織から注意深く分離する。

陰部神経を切断し、上で述べた方法と同様

にして近位の断端をポリエチレン細管に吸い込む。

管に25%HRP溶液を数 μ l

注入し、シリコングリスで管の口をふさぐ。

HRP溶液がもれていないことを確認して

皮膚を縫合する。

手術後2日間の生存期間ののちニワトリはすべて灌流固定した。

灌流固定

は *Rosene* と *Mesulam* (1978) の *perfusion-fixation procedure II* に従って次の

ように行った。

ニワトリを手術時と同様にソムノペンチルで麻酔し、背位に保定する。

その際に血液の凝固を防ぐために体重/kg当り約400単位のヘパリンを麻酔液に加えた。

頸部の頭側端で内頸動脈と頸静脈を露出する。

左の内頸動脈から心臓に

向かってカニューレを入れ、生理的食塩水(0.75%塩化ナトリウム溶液)を180-200

mmHgの圧力で注入し、左の頸静脈から放血する。

呼吸の停止後速やかに

固定液に切りかえる。

固定液には0.1M 第1-第2磷酸ナトリウム緩衝液(

pH 7.3)で緩衝した1.25% グルタルアルデヒドと1%パラホルムアルデヒドの混液を用いる。

1羽当り 750mlの固定液を80-100mmHgの注入圧力で約30分間灌流したのち、さらに

0.1M 燐酸緩衝液(pH 7.3)で緩衝した400mlの10% 蔗糖溶液(4°C)を100-120

mmHgの注入圧力で灌流する。 灌流後 手術部位を開け、神経の断端からポリ

エチレン細管に入っていること、またHRP溶液のもれがないことを確かめる。

陰部神経叢の構成を確認してから速やかに椎骨の背側部をはずし、第XXIX-XXXIV

脊髄節を取り出す。 脊髄はそれから一晩 0.1M 燐酸緩衝液で緩衝した30%

蔗糖溶液(4°C)に入れる。

灌流固定のために 第二と三章で使われた灌流装置を改良して使用した。

すなわち 容器の容量を大きくし、容器と三方コックを1つずつ増やして生理的食塩水、固定

液および蔗糖溶液を順次灌流できるようにした。

脊髄はそれからクライオスタットを使って 50 μ mの横断または水平断の凍結切片

にした。 切片は100mlのビーカーに入れ、4°Cに冷却した 0.1M 燐酸緩衝液

(pH 7.3)で数回洗浄し、酵素反応を行うまでこの溶液中で貯蔵した。 以後

切片はビーカー内で浮遊したまま取り扱い、溶液のみを順次交換した。 HRP

の酵素反応は Mesulam (1978)の方法に従って暗室内で次のように行った。

切片は蒸留水で3回洗浄し、前反応液に19-23°Cで20分間浸漬する。

前反応液は A 液 (ニトロフォルシッドナトリウム 100mg、0.2M 酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液 pH 3.3 5ml、蒸留水 92.5ml) と B 液 (3, 3', 5, 5'-テトラメチルベンジジン 5mg、100% エチルアルコール 2.5ml) から成り、使用直前に A, B 両液を混合する。なお 0.2M 酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液 (pH 3.3) は 1M 酢酸ナトリウム 20ml、1N 塩酸 19ml、蒸留水 61ml の割合に混合する。次に反応液に 19-23℃ で 20 分間浸漬し、酵素反応を行う。反応液は上記の前反応液に 0.3% 過酸化水素水を 3ml 加えたものである。最後に ニトロフォルシッドナトリウム 9g、0.2M 酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液 (pH 3.3) 5ml、100% エチルアルコール 50ml、蒸留水 45ml から成る溶液に 0-4℃ で 20 分間浸漬し、安定化を行う。安定化ののち切片は 0.01M 酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液 (pH 3.3) で十分に洗浄し、ゼラチン塗布スライドガラス (Pappas, 1971) に貼付して一晩自然乾燥する。切片はそれから 1% 中性赤溶液に 3 分間浸漬して対比染色し、速やかに脱水・透徹し、エンタランで封入する。中性赤溶液は中性赤 1g を蒸留水 100ml に溶かし、0.1M 酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液 (pH 4.8) 4ml を加え、濾過して使用する。

5例のニワトリでは脊髄のほかに第XXX-XXXIII脊髄神経節も取り出し、100 μ m の縦断切片にし、脊髄と同様に取り扱った。

顕微鏡下ですべての切片について HRP 標識細胞数を数えた。

また

水平断切片を万能投影器(オリンパス, UP350)で50倍に拡大し、トレーシングペーパーに脊髄の輪郭とすべての標識細胞を写し取り、これを1枚のトレーシングペーパーの上に重ね合わせた。標識された節前細胞の軸索と背角における一次知覚神経細胞の終末は簡易偏光装置を用いて観察した。

これらの材料とは別に成鶏11羽(チャボ雑種・雄2羽, 白色レグホン雑種・雄7羽, 褐色レグホン種・雌2羽)を用いて逆行性変性法による実験を行った。

11羽のうち7羽は陰部神経叢を、4羽は陰部神経を片側で切断した。10-27

日後に7-8%ホルマリン溶液で灌流固定し、第XXIX-XXXIV脊髄節を取り出し、常法に従って脱水・パラフィン包埋後15 μ mの横断または水平断の連続切片を作製し、

KlüverとBarrera(1953)の方法に従って染色して観察した。さらに神経分布

の局所解剖学的観察のために電殺ののち湯はぎし、ホルマリン固定したニワトリも使用した。

第 3 節 結 果

I. 命名法

陰部神経叢に關係する神経の学名は *Nomina Anatomica Avium* の末梢神経系 (Breazile と Yasuda, 1979) に従った。

脊髓は分節構造を示し、第二と三章と同様に切片上である脊髓神経腹枝の最も尾側の根系が出る高さ、次の腹根の最も頭側の根系が出る高さとの間の中央を髓節の間の境界にした。また水平断切片において *Nucleus marginalis* の位置も髓節間の境界を決定する際に参考にした。

II. 陰部神経叢 (図 91)

ニワトリの陰部神経叢は一般に第XXX-XXXIV 脊髓神経の腹枝から構成され、

N. lateralis caudae (図 91, lc), *N. intermedius caudae* (図 91, ic) および

陰部神経 *N. pudendus* (図 91, pud) に分かれる。 *N. lateralis caudae*

は第XXX-XXXII 脊髓神経腹枝から、 *N. intermedius caudae* は第XXXIII と XXXIV

脊髓神経腹枝から形成され、尾部の骨格筋を支配する。 陰部神経は 第

XXX-XXXII 脊髓神経腹枝から構成される神経幹からと第XXXIII 脊髓神経腹枝からの

2枝によって形成され、尾方へ尿管に沿って走り、排泄腔の背側にある *Ganglia*

cloacalia に至る。この神経は副交感神経節前線維を含み、排泄腔 並びに腸管・尿管・精管・卵管の遠位部を支配されている。また *Ganglia cloacalia* は *Ganglion rectale* を介して鳥類に特有な *N. intestinalis* とつながっている。

Ⅲ. 細胞構築学

Brinkman と *Martin* (1973) は頸膨大で、*Martin* (1979) は腰仙膨大で、ニワトリの脊髓灰白質を10の *lamina* に分けた。このような層状構造は脊髓全体にわたって見いだされるので、灰白質の各部を *lamina* の番号で呼ぶと学名の不統一を解消し、便利である。従って陰部神経叢の構成に関与する第XXX-XXXIV脊髓節でも膨大部における *lamina* の分類に従って灰白質の各部を *lamina* の番号で呼ぶことにした。

Ⅳ. 実験結果

神経切断を行った材料(図 92 a)で、腰角に存在する体運動神経細胞は逆行性変性を起こしたか(図 92 b)、中心管の背外側域に存在されている仙髄副交感神経節前細胞は明らかな変性像を示さなかった(図 92 c)。従って逆行性変性法では仙髄副交感神経節前細胞の同定が困難である。ここでは

HRPの軸索内輸送標識法による観察結果について述べる。

(a) 運動系

HRP標識細胞は細胞質と近位の樹状突起が黒い顆粒状の反応生成物で満たされており、容易に識別することができた。強く標識された場合は細胞質全体が黒く染まり、Golgi法で鍍銀されたような細胞像を示した。標識細胞はすべて手術側に見い出された。

陰部神経叢を構成する脊髄神経の腹枝をHRP溶液に浸漬すると、標識細胞は主として2つの部位に見られた(図93a)。1つは腹角の腹外側端を占める *lamina 9* に存在し、比較的大きな多極性の神経細胞であった(図93b)。もう1つは中心管の背外側域、すなわち中間質内側部にあり、比較的小さな神経細胞であった(図93c)。水平断切片でこれら2群の標識細胞をすべて1枚のトレーシングペーパーの上に写し取ると標識細胞は頭尾方向に細長く伸びる2つの細胞柱を形成していた(図94)。陰部神経にHRPを用いると(図95a)2つの細胞集団のうち中心管の背外側域にある神経細胞群だけが標識され(図95c)、*lamina 9* に存在する神経細胞は全く標識されなかった(図95b)。従って *lamina 9* で標識された比較的大きな多極性の神経細胞が尾部の骨格筋を支配する体運動神経細胞

であり、中心管の背外側域に存在する比較的小さな標識細胞が仙髄副交感神経節前細胞であると判断した。

仙髄副交感神経節前細胞は横断切片において中心管の背外側域で細胞集団を形成し、円形か多角形の細胞体をしていた(図93c, 95c)。水平断切片において節前細胞は第XXX脊髄節において *Sinus rhomboidalis* が終わる直前から始まり、第XXXIII脊髄節まで約10-13mmの長さにわたって正中線に沿って分布する細胞柱を形成した(図96a)。それらは頭尾方向に細長く伸びた双極細胞か、または多極細胞であり、その主要な樹状突起はしばしば頭尾方向に伸びていた(図96b)。

このほかに数個から最高31個までの標識細胞が中間質の介在部と外側部、背角の外側縁に点在して見いだされた(図97a-f)。これらの細胞はHRPを陰部神経叢に用いても、陰部神経に用いても全く同様に標識された。その細胞体は主に双極性であり、中間質介在部では内外方向に、背角外側縁では白質と灰白質の境界に沿って背腹方向に樹状突起を伸ばしていた。

標識が良好な個体について中心管の背外側域に存在する標識細胞の数を数えた(表8)。雌で標識細胞数は左側 $1,406 \pm 33$ 個(5例)、右側 938 ± 43 個(5例)になり、左右の数値に有意差が存在した。これ

に反して雄では左側 $1,243 \pm 84$ 個 (4例)、右側 $1,241$ 個 (1例) になり、右側の例数が少ないが左右ではほぼ等しい値になった。水平断切片で比較すると、多くの個体差があるとはいえ雌の左側と右側、雄の左側と右側で節前細胞は常に第XXX-XXXIII脊髓節に存在した (図98a-d)。頭尾方向における節前細胞の分布範囲に関して雌雄及び左右の間に明らかな相違は存在しなかった。しかし、雌の右側 (図98c) は他の例 (図98a, c, d) よりも標識細胞の密度が特に頭側部で低いように思われる。

細胞体と同時に軸索もまたHRPに標識された。体運動神経細胞の軸索は *Lamina 9* の腹側部で灰白質から白質に入り、白質中を腹外側に走って腹根として脊髓を離れた (図99a, c)。水平断切片で観察すると白質中を走る軸索は随節の頭側部と尾側部でその走行に相違が見られた。体運動神経細胞の軸索は随節の頭側部では白質中を尾外側に斜めに走るが、尾側部では外側にほぼ真横に走った。

少数ではあるが副交感神経節前細胞の軸索と思われる線維も標識された。この線維は中心管の背外側域から腹角の腹外側部まで灰白質中を斜めに走り、体運動神経細胞の軸索とともに白質を横切り、腹根に入った (図100)。しかし、標識線維と副交感神経節前細胞の細胞体との直接的な連絡は証明できなかった。

(c) 知覚系

自律神経系は厳密には運動性の神経細胞によって構成されるが、内臓知覚神経線維もまた自律神経線維とともに走るとされている。実際に陰部神経をHRP溶液に浸漬すると、副交感神経節前細胞と同時に陰部神経に含まれる知覚神経線維の起始細胞が手術側の脊髄神経節で標識された(図101 a, c)。

これらの標識細胞が内臓知覚神経細胞であると思われる。標識細胞は脊髄神経節の内部に散在しており、明らかな局在性は認められなかった。細胞体の大きさは大小さまざまであるが、比較的小さな神経細胞がより多く標識された。

大部分の細胞は近位遠位方向に伸びた紡錘形か長た円形をしており、双極性の神経細胞と見なされる(図102 a-c)。一部の細胞は丸い形をしており、偽単極性の神経細胞と考えられる(図102 d-f)。知覚神経細胞に出入りする突起も同時に標識されたが、末梢側の突起が中枢側のものよりもよく標識された。

知覚神経細胞によって取り込まれたHRPはその細胞体を越えて脊髄内に輸送され、背角における知覚神経線維の終末部を標識した。陰部神経叢にHRPを適用すると手術側で背角のlamina 2と3に多くの顆粒状の反応生成物が神経細胞の間に見られた(図103 a, c)。これらの反応生成物は単独で存在することもあるが、多くのものは集団を形成していた。lamina 2と3で

見られた反応生成物よりもさらに細かい顆粒状のものが手術側の背角外側縁から背角底、背灰白交連を通過して対側の背角外側縁にまで連続して存在していた(図103a, b)。

次に陰部神経にHRPを用いると細かい顆粒状の反応物質が手術側の背角外側縁に沿って観察された。このような標識物質は背角底を外側から内側に横切って

背灰白交連に続き、両側の節前細胞の周囲に多数見られ、一部はさらに対側の背角外側縁に分布した(図104a, b)。陰部神経叢にHRPを用いた例で

多くの反応生成物が存在した *Lamina* 2と3には反応物質は全く見られなかった。

陰部神経叢は体知覚と内臓知覚の両方の知覚神経線維を、陰部神経は内臓

知覚神経線維を含むこと、そしてそれらにHRPを用いたときの反応物質の分布域から

判断して、体知覚神経線維の終末域は *Lamina* 2と3に存在し、内臓知覚神経

線維の終末域は背角外側縁から背角底、背灰白交連さらに対側の背角外側縁

に存在すると考えられる。

第4節 考察

陰部神経叢を切断したところ腹角の体運動神経細胞は逆行性変性を起こしたが、仙髄副交感神経節前細胞 すなわち内臓運動神経細胞には明らかな変性像が見られなかった。 年令、切断部位と中枢との距離、生存期間などの条件は同じであるので、このことは体運動神経細胞と内臓運動神経細胞との間で神経切断に対する反応性が異なることを示す。 この相違の原因は明らかでない。

Oliverら(1969)はネコで、SamsonとReddy(1982)はイヌで逆行性変性法により仙髄副交感神経節前細胞の局在を明らかにした。 彼らはともに骨盤神経を切断して約1週間後にさらに近位でもう1度神経切断を行った。 ニワトリにおいても陰部神経を2度切断すれば内臓運動神経細胞も体運動神経細胞のように典型的な逆行性変性像を示すかもしれない。

HRPの軸索内輸送標識法は最初にKristenssonとOlsson(1971)によって示され、その後Mesulam(1978)とMesulamら(1980)によって飛躍的に改良された。 この方法は神経線維連絡の研究のために非常に有効であるので、これを神経解剖学的研究に用いた報告はおびただしい数にのほっている。

本研究ではHRPの軸索内輸送標識法を使うことによって逆行性変性法では明らかにできなかったニワトリの仙髄副交感神経節前細胞の局在と、これまで全く知られていな

かった仙髄副交感神経に随伴する内臓知覚神経の脊髄背角における終末域を明らかにした。

ニワトリで陰部神経叢にHRPを用いると *lamina 9* と中心管背外側域に、陰部神経にHRPを用いると中心管背外側域だけに標識細胞が存在した。 *lamina 9*

の神経細胞は骨格筋を支配する体運動神経細胞であるので、中心管の背外側域、すなわち中間質内側部に存在する比較的小型の神経細胞が仙髄副交感神経節前細胞であると判断した。 この細胞集団は位置から判断して *Ruber* (1936) が

ハトで仙髄副交感神経節前細胞であると示唆した *column X* に相当すると思われる。

これに反して哺乳類の仙髄副交感神経節前細胞は動物種によって存在する脊髄の高さが多少相違するとはいえ中間質外側部に存在することが多くの研究者により確かめられて

いる (*Schnitzlein* ら, 1963, ネコ ; *de Groat* と *Pryall*, 1968, ネコ ; *Oliver* ら,

1969, ネコ ; *Petrus* と *Cummings*, 1978, イヌ ; *de Groat* ら, 1978, ネコ ;

Hancock と *Peveto*, 1979b, ラット ; *Morgan* ら, 1979, ネコ ; *Nadelhaft* ら,

1980, ネコ ; *Samson* と *Reddy*, 1982, イヌ ; *Nadelhaft* ら, 1983, アカゲザル ;

Nadelhaft と *Booth*, 1984, ラット)。従って鳥類と哺乳類では節前細胞の

存在する部位が異なっている。

哺乳類の仙髄副交感神経節前細胞は中間質外側部で背側帯と外側帯の

2部位に分けることができ、臓器別局在が存在した(Morganら, 1979 ; Nadelhaft
ら, 1980)。すなわち主として背側帯の節前細胞は下部結腸と直腸を、外側帯
は膀胱を支配している。ニワトリでは中心管の背外側域に存在する節前細胞は
単一の細胞集団を形成しているので、これを位置的に細区分することは不可能であった。
また臓器別のHRP注入を行っていないので、臓器別の局在が存在するかどうかは
明らかでない。

ニワトリで中間質内側部に存在する神経細胞のほかに、ごく少数の標識細胞が
中間質の介在部と外側部さらに背角の外側縁に点在して見いだされた。これらの
神経細胞はHRPを陰部神経叢に用いても陰部神経に用いても全く同様に標識された
ので、節前細胞の一部であると思われる。位置的には哺乳類背側帯に存在する
神経細胞に類似した分布を示す。従って仙髄副交感神経節前細胞の分布域
は中間質の内側部から中間質の介在部と外側部を通り、背角の外側縁にまで細長く
連なっており、鳥類では特に内側部が発達したと考えられる。哺乳類で
膀胱を支配している外側帯の位置に鳥類で節前細胞が見いだされないのは鳥類には
膀胱が存在しないことと関係があるかもしれない。

標識が良好な個体について中心管の背外側域に存在する標識細胞の数を
数えた。その結果、雄では左右の細胞数がほぼ同じ値になったが、雌では

左側の数値が右側のものよりも有意に大きかった。 個体発生において雌の生殖腺と卵管の原基は最初 / 対すつ左右に現われるが、右側のものは発達が止まり、左側の卵巣と卵管だけが分化発達する。 従って成体では左側の器官だけが機能しており、右側はわずかに卵管の痕跡が見られるだけである。 そのために雌のニワトリでは神経分布にも左右で相違が見られる。 Freedman と Sturkie (1963) によると左側の陰部神経は 膣と遠位の子宮を支配するが、右側のものは生殖器系を支配しない。 従って 雌における節前細胞数の左右の不相称は左側生殖器系の発達と関係があると思われる。

陰部神経は卵管遠位部のほかに消化管と尿管の遠位部及び排泄腔を支配しているので、左側の1,406個の節前細胞は消化管・尿管・卵管・排泄腔を支配し、右側の938個は消化管・尿管・排泄腔を支配していると考えられる。 従って左側の消化管・尿管・排泄腔を支配する節前細胞の数が右側と同じく938個であるとする。 残りの468個が卵管を支配する節前細胞の数であると推定される。 ニワトリの胚で運動神経細胞と筋との間の連絡が成立する以前に実験的に肢芽を切除しておくとう手術側の運動神経細胞が消失することが知られている (Chu-Wang と Oppenheim, 1978 ; Laing, 1982)。 従って雌において右側の節前細胞数が左側のものよりも少ないのはおそらく発生期に右側の卵巣と卵管が退化消失するためにこれらを

支配する節前細胞も消失することに起因すると思われる。

細胞体と同時に軸索も標識された。

体運動神経細胞の軸索は髄節

の頭側部では白質中を尾外側に斜めに走るが、尾側部ではほぼ真横に走った。

CullheimとKellerth(1978)はHRPの細胞内注入標識法によりネコで坐骨神経の起始細胞を観察し、その軸索が細胞体よりも約0.7-1.5mm尾方で脊髄を離れることを見出した。このように運動神経細胞の細胞体が存在する高さとその軸索が

腹根線維として脊髄を離れる高さは必ずしも一致していない。第三章において

根系の高さから決定した髄節の範囲と腹根を切断した際に逆行性変性を起こした

運動神経細胞の分布範囲との間にすれか生じたのは腰仙膨大においても軸索が白質内を

尾外側に走るためかもしれない。根系が脊髄から出る高さで髄節の境界を設定

するときには白質内における軸索の走行を考慮する必要がある。

少数ではあるが副交感神経節前細胞の軸索と思われる線維が標識された。

この神経線維は中心管の背外側域から腹角の腹外側部まで灰白質中を斜めに走り、

体運動神経細胞の軸索とともに白質を横切り、腹根に入った。哺乳類における

節前細胞の軸索は腹角の外側縁に沿って腹側に走り、白質を横切って腹根に入る(

de Groatら, 1978 ; Nadelhaftら, 1980, 1983 ; NadelhaftとBooth,

1984)。灰白質内における軸索の走行が鳥類と哺乳類で異なるのは細胞体の

位置の違いによると思われる。

自律神経系は厳密には運動性の神経細胞によって構成されるが、自律神経線維とともに内臓知覚神経線維が走っている。ニワトリの陰部神経の断端をHRP溶液に浸漬すると副交感神経節前細胞と同時に陰部神経に含まれる内臓知覚神経線維の起始細胞が脊髄神経節において標識された。これらの知覚神経細胞は比較的小型の細胞で神経節内に散在していた。Applebaumら(1980)はラットとネコの膀胱にHRP溶液を注入し、節前細胞が存在する高さの脊髄神経節で比較的小さな知覚神経細胞が標識されることを示した。Morganら(1981)はネコで、Nadelhaftら(1983)はアカゲサルで、NadelhaftとBooth(1984)はラットで骨盤神経の断端にHRPを用いて同様な結果を得た。

HRPで標識された内臓知覚神経細胞のうち一部の細胞は丸い形をしているので偽単極性の神経細胞と思われるが、大部分の細胞は紡錘形か長た円形をしており、双極性と考えられる。一般に脊髄神経節に存在する知覚神経細胞は偽単極性であると言われているが、ニワトリでは双極性のものも存在するようである。

知覚神経線維によって取り込まれたHRPはその細胞体を越えて脊髄内に輸送され(*transganglionic transport*)、背角における知覚神経線維の終末部を標識した。陰部神経叢と陰部神経に別々にHRPを用いたところ両者の間で脊髄背角

における知覚神経線維の終末域に明らかな相違が見られた。陰部神経叢は体知覚と内臓知覚の両方の神経線維を、陰部神経は内臓知覚神経線維だけを含むことから判断して、体知覚神経線維の終末域は *lamina* 2 と 3 に存在し、内臓知覚神経線維の終末域は背角外側縁、背角底、背灰白交連、さらに対側の背角外側縁にあると思われる。体知覚神経線維の終末域は *lamina* 2 と 3 の 2 か所に明白に区分されるが、両者の間で機能的な差異があるかどうかは明らかでない。内臓知覚神経線維は背灰白交連で両側の仙髄副交感神経節前細胞の周囲に多くの終末を形成していた。これは内臓知覚神経線維と節前細胞との間の線維連絡を示唆し、反射弓を形成していると思われる。

哺乳類において仙髄副交感神経に伴う内臓知覚神経は脊髄背角で 2 つの経路を形成した (Morgan ら, 1981 ; Nadelhaft ら, 1983 ; Nadelhaft と Booth, 1984)。すなわち背角に入った知覚神経線維のうち多くは背角外側縁に沿って終末を作りながら中間質外側部と背角底に入り、残りのものは背角の内側縁に沿って走り、背灰白交連内に大きな終末域を形成した。背角外側縁に沿って走る経路はニワトリと哺乳類で互いに類似しているが、節前細胞の位置に一致してニワトリでは中間質内側部に、哺乳類では中間質外側部に大きな終末域が存在した。哺乳類で見いだされた背角内側縁に沿って走り、背灰白交連に終末域を形成する経路は

ニワトリには存在しなかった。ニワトリの背灰白交連に存在する終末域は背角外側縁に沿って走る線維によって節前細胞の周囲に形成されたものであるので、哺乳類の背灰白交連に存在する終末域とは一致しない。ニワトリでは交差した線維の一部がさらに対側の背角外側縁にも入るが、哺乳類ではこのような線維の交差は存在しないようである。

第5節 要約

ニワトリにおける仙髄副交感神経節前細胞の局在を陰部神経の近位の断端に HRPを用いることにより明らかにした。節前細胞は哺乳類と異なって中心管の背外側域すなわち中間質内側部に存在し、第XXX-XXXIII脊髄節で頭尾方向に連なる細胞柱を形成した。このほかに少数の標識細胞が中間質の介在部と外側部、背角の外側縁に点在して見いだされた。雌の節前細胞は平均して左側に1,406個、右側に938個存在し、左右の数値に有意差があった。これは雌のニワトリの生殖器官が左側だけ発達することに関係があると思われる。節前細胞の軸索は中心管の背外側域から腹角の腹外側部まで灰白質中を斜めに走り、体運動神経細胞の軸索とともに白質を横切り、腹根に入った。

陰部神経に伴う内臓知覚神経線維も節前細胞の軸索と同様にHRPを取り込み、その細胞体に、さらに脊髄背角における終末部に輸送した。脊髄神経節において内臓知覚神経細胞は比較的小型で円形または紡錘形をしていた。体知覚神経線維の終末域は *lamina* 2と3に存在したが、内臓知覚神経線維の終末域は背角外側縁、背角底、背灰白交連、さらに対側の背角外側縁に位置した。内臓知覚神経線維は背灰白交連で両側の節前細胞の周囲に多くの終末を形成したが、これは内臓知覚神経線維と節前細胞との

間に線維連絡があることを示唆する。

第五章 総合考察

ニワトリの頸膨大と腰仙膨大の腹角には大きく分けると内外2つの細胞集団が存在する。BrinkmanとMartin(1973)は頸膨大で、Martin(1979)は腰仙膨大で内側の集団を *lamina 8*、外側の集団を *lamina 9* と名付けた。骨格筋を支配する運動神経細胞は腹角に存在すると言われているが、その局在部位について鳥類では2つの考え方がある。Ariëns Happersら(1936)と Zhuber(1936)はハトで *lamina 8* を *medial column*、*lamina 9* を *lateral column* と呼び、それぞれに体幹の筋を支配する運動神経細胞と四肢の筋を支配するものが位置すると考えた。同様に Goller(1963)はニワトリで、LeonardとCohen(1975)はハトでこれら2つの集団をとともに運動神経細胞として分類した。一方、Streeter(1904)はダチョウで、Matsushita(1968)はニワトリで鍍銀法による研究から *lamina 9* のみが運動神経細胞を含み、*lamina 8* は交連細胞を含むと考えた。本研究における前肢筋と後肢筋を支配する神経の切断により逆行性変性を起こした細胞は頸膨大と腰仙膨大の *lamina 9* にのみ存在した。従って膨大部における *lamina 9* の神経細胞は四肢の筋を支配することが確かめられたが、*lamina 8* の神経細胞の機能については何も明らかにすることはできなかった。しかし、予備実験として2例のニワトリを用い、頸膨大の高さで *M. cervicalis ascendens* または *M.*

longus colli ventralis に HRP 溶液を注入した結果、標識細胞は *lamina 8* に存在した。従って *lamina 8* は交連細胞も含むであろうが、体幹の筋を支配する運動神経細胞も含むと思われる。以上のことから鳥類の骨格筋を支配する運動神経細胞は脊髄腹角で頭側から尾側に連なる細胞柱を形成し、頸膨大と腰仙膨大では四肢の筋を支配する運動神経細胞が体幹の筋を支配するものの外側に付加したために運動神経細胞の集団が *lamina 8* と *9* に分かれたと考えられる。この推定をより確実なものにするためには体幹の筋を支配する運動神経細胞の局在を脊髄のいろいろな高さで明らかにする必要がある。

脊髄は本来分節構造を持たないが、個々の脊髄神経が出入りしている脊髄の範囲に分節を仮定し、これを髄節と名付けた。腕神経叢と腰仙骨神経叢を構成するおのこの脊髄神経腹枝を切断したのちに観察された変性細胞の分布範囲は切断した腹枝に相應する髄節内に限られた。しかし詳細に検討すると腰仙膨大では変性細胞の分布範囲の方が根系の高さから決定した髄節の範囲より少し頭側にずれる傾向が見られた。一方、陰部神経叢に HRP を用いた実験で体運動神経細胞の細胞体と同時にその軸索も標識され、それらは髄節の頭側部では白質中を尾外側に斜めに走るが、尾側部ではほぼ真横に走ることがわかった。従って陰部神経叢の部位では腹根の最も尾側の根系が出る高さを髄節の境界に

した方がよいかもわからない。 腰仙膨大においておのおのの腹枝を切断したのちに観察された変性細胞の分布範囲と根系の高さから決めた髄節の範囲に相違が存在したのは運動神経細胞の位置する高さとその軸索が根系として脊髄を離れる高さが必ずしも一致していないためかもしれない。 このように根系が脊髄から出る高さで髄節の範囲を設定する際には白質内における軸索の走行を考慮しないと髄節の境界を正確に決めることができないと思われる。

腕神経叢と腰仙骨神経叢を構成する脊髄神経腹枝の切断実験から腕神経叢に軸索を送っている運動神経細胞は片側で約4,600個であり、腰仙骨神経叢に軸索を送っているものは約8,600個であることがわかった。 細胞死に関する報告 (Hamburger, 1975 ; Oppenheim と Majors-Willard, 1978 ; Laing, 1982) において発生 of いろいろな段階でニワトリの頸膨大と腰仙膨大の lamina 9 に存在する運動神経細胞の数が数えられた。 その結果、細胞死が終わったあと孵化直前の胚 または 孵化直後の雛での数値は 本研究でのものよりも大きい。

Baulac と Meininger (1983) は HRP の軸索内輸送標識法によりマウスの坐骨神経に軸索を送る運動神経細胞の数が出生後 2-3 か月までの間に 31% 減少することを示した。 従ってニワトリにおいても孵化後成体になるまでに運動神経細胞数が多少は減少するかもしれない。 しかし、このような細胞数の相違はおそらく

本研究では変性細胞だけが、細胞死についての報告では *lamina 9* に位置するすべての神経細胞が数えられたためであると思われる。

ニワトリの腕神経叢は第XIII-XVII脊髄神経の腹枝から、腰仙骨神経叢は第XXIII-XXX脊髄神経の腹枝から形成されている。Baumel (1975) は腕神経叢を構成する3つの神経叢幹がそれぞれ背腹に分かれ、背側の枝が集まって背側神経束に、腹側のものが集まって腹側神経束になると記述した。しかし彼は腰仙骨神経叢では神経束について述べていない。Breazile と Yasuda (1979) も腕神経叢では *Fasciculus dorsalis* (背側神経束) と *Fasciculus ventralis* (腹側神経束) という用語を挙げていますが、腰仙骨神経叢ではこれらの用語を載せていない。

本研究での観察によると腕神経叢でも腰仙骨神経叢でもともに神経叢を構成するおのおのの神経叢幹は背腹に分かれ、背側の枝が集まって背側神経束を、腹側のものが集まって腹側神経束を形成した。そして腕神経叢で背側神経束は橈骨神経に、腹側神経束は正中尺骨神経に続き、一方腰仙骨神経叢で背側神経束の延長は大腿神経と腓骨神経に、腹側神経束は閉鎖神経と脛骨神経になった。

従って腕神経叢と同様に腰仙骨神経叢でもまた神経叢を大きく背腹に、すなわち背側神経束と腹側神経束に分けることができる。

四肢の個々の筋を支配する神経を切断すると変性細胞は横断切片上で

*lamina 9*のある特定部位を占め、頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成した。

*lamina 9*における運動神経細胞の位置と神経叢における背腹の神経束との間には密な関係がある。すなわち、*lamina 9*でより外側に存在する運動神経細胞は背側

神経束に、より内側に位置するものは腹側神経束に軸索を送る。この運動神経

細胞と神経束との間の位置関係すなわち、*lamina 9*での外内が神経束では背腹になる関係は前肢と後肢で共通している。

ニワトリに関して *Romer* (1927) は大腿の筋について、*Wortham* (1948) は下腿と足の筋について、*Sullivan* (1962) は前肢の筋について発生学的研究を行い、四肢の筋がすべて背腹 2つの筋原基に由来することを見い出した。Landmesser

(1978) は HRP の軸索内輸送標識法によりニワトリの胚で個々の後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにし、背側筋原基に由来する筋はその機能や成体における位置とは無関係に *lamina 9* で外側に存在する運動神経細胞によって支配され、一方 腹側筋原基に由来する筋は内側の運動神経細胞によって支配されることを示唆した。

Hollyday (1980) は同様にニワトリの胚と初生雛で HRP の軸索内輸送標識法により

個々の後肢筋を支配する運動神経細胞のより詳細な地図を作り、Landmesser

(1978) の結論を確かめた。*Straznicky* と *Jay* (1983) は HRP の軸索内

輸送標識法によりニワトリの雛で個々の前肢筋を支配する運動神経細胞の局在を明ら

かにし、Landmesser (1978) の示唆した関係が前肢でも成り立つことを示した。

背側筋原基と腹側筋原基に由来する筋は本研究によるとそれぞれ背側神経束と腹側神経束により支配される筋に一致するので、運動神経細胞の位置と背腹の神経束との関係を明らかにした本実験の結果は運動神経細胞の位置が背腹の筋原基に関係することを示した Landmesser (1978)、Hollyday (1980) および Stragnicky と Jay (1983) の結果を支持する。従ってニワトリの前肢と後肢では lamina 9 の外側部の神経細胞 — 背側神経束 — 背側筋原基由来の筋、lamina 9 の内側部の神経細胞 — 腹側神経束 — 腹側筋原基由来の筋 という図式が成り立つ (図 105)。

このような関係は哺乳類の後肢でも成り立つ。Romanes (1951) はネコの後肢で背側神経束に軸索を送る運動神経細胞は腹角で外側に、腹側神経束に軸索を送るものは内側に存在することを示した。McKinnell と Biscoe (1981) はマウスの後肢で、Nicolopoulos-Stournaras と Isles (1983) はラットの後肢で背側筋原基に由来する筋を支配する運動神経細胞は腹側筋原基に由来する筋を支配するものの外側に位置することを明らかにした。哺乳類の前肢筋を支配する運動神経細胞の局在についての報告は数少ないが、今までに報告されたものにこの関係を当てはめてみると、Thomas と Wilson (1967) によるネコの結果では背側神経束に軸索を送る運動神経細胞が腹外側に、腹側神経束に軸索を送るものが背内側に、Baulac ら (1980) の

ネットの結果ではそれぞれ外側と内側に位置するようである。

しかし、*Bikeles* と

Franke (1905) のオナガザルとイヌ、および *Goering* (1928) のネットの結果ではむしろ背側

神経束は腹側の運動神経細胞から、腹側神経束は背側のものから起こるように見える。

Ruigrok と *Crowe* (1984) はキバラカマで後肢の前背側にある筋(背側筋原基由来

の筋)を支配する運動神経細胞が腹角の腹外側に存在し、後腹側にある筋(腹側筋原

基由来の筋)を支配するものが腹角の背内側に位置することを示した。

Cruce (1974)

)はウシガエルで腰仙膨大の運動神経細胞のうち腹側の集団が股関節の屈筋と膝関節

の伸筋を、頭背側の集団が股関節と足首の伸筋および膝関節の屈筋を、尾背側の

集団が足首と指の屈筋と伸筋を支配することを見い出した。

Lamb (1976) はアブ

リカツメガエルの後肢で前外側の筋を支配する運動神経細胞が腹角の外側部に、後内

側の筋を支配するものが内側部に存在することを明らかにした。

従ってすべての

四足動物で四肢の筋を支配する運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送るか、腹側

神経束に送るかによって、すなわち背側筋原基に由来した筋を支配するか、腹側筋原基

からのものを支配するかによって外側と内側に、あるいは腹外側と背内側に配置されて

いる(図106c-f)。

Droge と *Leonard* (1983) はアカエイ科の1種(*Oxyatis sabina*)の胸鰭

を支配する運動神経細胞の局在を示した。

Oxyatis の胸鰭は背側にある

拳上筋と腹側にいる下制筋から成り立ち、拳上筋を支配する運動神経細胞は腹側の外側部に、下制筋を支配するものは背内側部に存在した(図106a)。支配筋に基づく運動神経細胞の内外方向への分離は四足動物と同様に軟骨魚類の *Oxyatis* でも見られることから、おそらく四足動物の2つの筋原基は魚類の鰭における背側と腹側の筋に、2つの神経束は鰭の2つの筋を支配するために背腹に分枝した神経に起源をもつと思われる。

近位の筋を支配する運動神経細胞は脊髄膨大部の頭側に、遠位の筋を支配するものは尾側に存在することがネコの後肢(Romanes, 1951)、ネコの前肢(SterlingとKuypers, 1967)、アホロートルの前肢(SzékellyとCzeh, 1967)、ウシガエルの後肢(Cruce, 1974)、ラットの前肢(Baulacら, 1980)、ニワトリの前肢(StraznickýとJay, 1983)で報告された。しかしこの位置関係に否定的な考えもある。LandmesserとMorris(1975)およびHollyday(1980)はニワトリの後肢で全体的に見れば頭側の運動神経細胞が近位の筋を、尾側のものが遠位の筋を支配する傾向があるが、大腿の筋を支配する運動神経細胞は腰仙膨大の最も尾側にまで広がっていることを示した。McKinnellとBiscoe(1981)はマウスの後肢で運動神経細胞の頭尾方向の位置とそれが支配する筋の近位遠位方向の位置との間には必ずしも相関関係が存在するとは限らないと述べた。

Ruigrok と Crowe (1984) はキバラカメの後肢で遠位の筋を支配する運動神経細胞は一般に尾側の髄節で見い出されるが、近位の筋を支配するものは腰仙膨大の全体に存在することを明らかにした。本研究では肘関節と膝関節を境にしてニワトリの前肢筋と後肢筋を近位と遠位に区分した。前肢で頸膨大の頭側端は近位の筋だけを、尾側端は遠位の筋だけを支配しているが、大部分(第XIII脊髄節の尾側部から第XVI脊髄節の中央部まで)は近位の筋と遠位の筋の両方を支配している。後肢では遠位の筋を支配する運動神経細胞は仙骨神経叢に腹枝を出す髄節に限られているが、近位の筋を支配するものは腰仙膨大のすべての髄節に存在する。従ってニワトリにおいては運動神経細胞の頭尾方向の位置とそれが支配する筋の近位遠位方向の位置との間に相関関係が存在するとは言い難い。

本研究で四肢の筋の近位遠位方向の区分を背側および腹側の神経束による神経支配と組み合わせることにより、四肢の筋を次の4種類に分類した。すなわち、背側神経束により支配される近位の筋(Dp)、背側神経束により支配される遠位の筋(Dd)、腹側神経束により支配される近位の筋(Vp)、腹側神経束により支配される遠位の筋(Vd)である。この分類に従ってニワトリの四肢の筋を支配する運動神経細胞を区別すると *lamina 9* に運動神経細胞の4つの集団が存在することがわかる。それらは内側から外側に向かって頸膨大では Vp、Vd、Dp、

Dd の順に (図 106 e)、腰仙膨大では Vd、Vp、Dd、Dp の順に (図 106 f) 配列する。

この分類を哺乳類の後肢筋を支配する運動神経細胞 (Romanes, 1951, ネコ ;

McManwell と Biscoe, 1981, マウス ; Nicolopoulos-Stournaras と Sles,

1983, ラット) に当てはめて見ると、腹角で Vp は腹内側部を、Vd は背内側部を、Dp は

腹外側部を、Dd は背外側部を占める傾向がある (図 106 d)。従って運動神経

細胞の配列は鳥類と哺乳類で異なっているばかりでなく、鳥類の頸膨大と腰仙膨大で

さえ違っている。この相違の成立を考える際に爬虫類における運動神経細胞の配列

が重要な示唆になる。

Ruigrok と Crowe (1984) はキバラカマの後肢筋を支配する運動神経細胞

の局在を研究し、個々の後肢筋を支配する運動神経細胞は腹角において哺乳類や鳥類と

比較してあまり明白な局在は示さないが、大きく2つの集団、すなわち後肢の前背側にある

筋を支配する腹外側部 (Dp と Dd : D 群) と後腹側の筋を支配する背内側部 (Vp と Vd :

V 群) に区分できることを示した。それぞれの集団 (D 群と V 群) の内部で近位の

筋を支配するもの (Dp と Vp) は腹側に、遠位の筋を支配するもの (Dd と Vd) は背側に

存在する傾向がある (図 106 c)。少なくとも足の筋を支配する運動神経細胞は

D 群と V 群の内部でそれぞれ最も背側に局在した。もしキバラカマの後肢筋を支配

する運動神経細胞の配列が系統発生的に哺乳類と鳥類の配列の祖先型であると

仮定すると、哺乳類と鳥類の配列は次のようにして成立したと想像される。

哺乳類の後肢筋を支配する運動神経細胞の配列(図106d)はキバラガメの配列(図106c)からD群とV群の内部でのDpとDd および VpとVdの間の位置関係はそのまま、D群が腹角の外側部を、V群が内側部を占めるように移動させると成立する。

鳥類の前肢筋を支配する運動神経細胞の配列(図106e)はキバラガメの配列(図106c)からD群が腹角の外側に、V群が内側に、さらにD群とV群の内部でそれぞれ近位の筋を支配するもの(DpとVp)が内側に、遠位の筋を支配するもの(DdとVd)が外側に位置するように移動して成立したにちがいない。鳥類の後肢筋

を支配する運動神経細胞の配列(図106f)はキバラガメの配列(図106c)からD群が腹角の外側部を、V群が内側部を、さらにD群とV群の内部でそれぞれ近位の筋を支配するもの(DpとVp)が外側部を、遠位の筋を支配するもの(DdとVd)が内側部を占めるように移動して成立したと思われる。運動神経細胞の配列が鳥類

と哺乳類で、また鳥類の頸膨大と腰仙膨大で相違する理由は明らかでないが、

移動運動の違いが考えられる。哺乳類にはいろいろな型の移動運動が見ら

れるが、最も基本的なものは爬虫類と同様に左右の肢を交互に動かす四足歩行

である。一方鳥類の移動運動は哺乳類に比べて特殊化されている。

すなわち鳥類の前肢は飛行のための翼になり、左右同時に同じ運動をする。

地上では後肢により脚を交互に動かす二足歩行を行っている。従って鳥類と哺乳類は、また鳥類の前肢と後肢は異なる様式の移動運動を行っているので、この移動運動を支配している運動神経細胞の配列に相違が生じたのかもしれない。

自律神経系には交感神経系と副交感神経系の2系統があり、一般に1つの器官に対して二重に神経支配し、それぞれ拮抗的に作用するとされている。副交感神経系のうち仙髄副交感神経節前細胞の局在に関する研究は主として哺乳類で行われ、鳥類ではほとんど行われていない。わずかに *Rhuber* (1936) はハトで細胞構築学的に第XXVI-XXX脊髄節の中心管背外側部に細胞集団を見出し、これを *column X* と名付けた。そしてこれが仙髄副交感神経節前細胞であると考えた。本研究によりニワトリの仙髄副交感神経節前細胞は位置的に *Rhuber* (1936) がハトで *column X* と名付けた細胞集団に一致し、中間質内側部に存在することが明らかになった。一方、哺乳類の仙髄副交感神経節前細胞は多くの研究者により中間質外側部に存在することが示されている (*Schnitzlein* ら, 1963, ネコ ; *de Groat* と *Ryall*, 1968, ネコ ; *Oliver* ら, 1969, ネコ ; *Petrasc* と *Cummings*, 1978, イヌ ; *de Groat* ら, 1978, ネコ ; *Hancock* と *Peveto*, 1979, ラット ; *Morgan* ら, 1979, ネコ ; *Nadelhaft* ら, 1980, ネコ ; *Samson* と *Reddy*, 1982, イヌ ; *Nadelhaft* ら, 1983, アカゲザル ;

NadelhaftとBooth, 1984, ラット)。従って鳥類と哺乳類では横断面上で仙髄副交感神経節前細胞の存在する位置が異なっている。

Huber (1936) はハトで細胞構築学的に第XIII またはXIV 脊髄節から第XXI またはXXII 脊髄節の中心管背外側域に存在する細胞集団を *preganglionic column* (Terni) と名付け、これが交感神経節前細胞であると考えた。Macdonald

とCohen (1970) は逆行性変性法によりハトで交感神経節前細胞が中心管の背外側部、すなわちHuber (1936) の *preganglionic column* (Terni) に局在することを示した。

従って鳥類の交感神経節前細胞と仙髄副交感神経節前細胞は、それらが存在する脊髄の高さは異なるが横断面上で同じ部位に位置するようである。これに対して哺乳

類の交感神経節前細胞は広く中間帯に、すなわち中間質外側核主部、中間質外側核側索部、介在帯、中心管付近にわたって存在し、特に中間質外側核に含まれることが知られている。ここではHRPの軸索内輸送標識法による主要な報告

だけを引用する (Chungら, 1975, 1979, ネコ ; Schrammら, 1975, ラット ;

PetrasとCummings, 1978, イヌ ; DeuschlとIllert, 1978, 1981, ネコ ;

PetrasとFaden, 1978, イヌ ; DalsgaardとElfvén, 1979, 1981, モルモット

; Kuorら, 1980, ネコ ; OldfieldとMcLachlan, 1980, 1981, ネコ ;

RubinとPurves, 1980, モルモット, ハムスター, ネコ ; Randoら, 1981, ラット ;

Murataら, 1982, ラット ; McLachlanら, 1985, モルモット ; Jorrigoeら,

1985, ウサギ)。従って哺乳類の交感神経節前細胞と仙髄副交感神経節前

細胞はそれらが存在する脊髄の高さは異なるがともに中間質外側部に存在し、交感神経

節前細胞はさらに介在部と中心管付近にも分布すると思われる。ただし Hancock

と Peretto (1979a) はラットの下腹神経(交感神経系)にHRPを用いると標識細胞の

大部分が中間質外側部にではなく背灰白交連の内部に局在することを見出し、この

細胞集団を *dorsal commissural nucleus* と名付けた。しかし、哺乳類の

仙髄副交感神経節前細胞は中心管付近には存在しないとされている。

ニワトリで中間質内側部に存在する神経細胞のほかに少数の標識細胞が中間

質の介在部と外側部、背角の外側縁に点在して見いだされた。これらの神経

細胞はHRPを陰部神経叢に用いても陰部神経に用いても全く同様に標識された

ので節前細胞の一部であると思われる。分布範囲だけに限って見ればニワトリの

仙髄副交感神経節前細胞は哺乳類の交感神経節前細胞と横断面上でほぼ同じ

範囲に存在する。従って鳥類と哺乳類でともに自律神経の節前細胞の分布

範囲は中間質の内側部から介在部と外側部を通り背角外側縁あるいは側索にまで

広がる細長い領域に存在し、鳥類では内側部が、哺乳類では外側部が発達した

と考えられる。

雌のニワトリで中心管の背外側域に存在する HRP 標識細胞の数は左側が右側よりも有意に大きかった。陰部神経は排泄腔および遠位の精管、卵管、尿管、腸管を支配している。しかし雌では左側の生殖器系だけが発達するために、Freedman と Sturkie (1963) によると左側の陰部神経は、膣と遠位の子宮を支配するが右側のものは生殖器系を支配しない。従って雌の仙髄副交感神経節前細胞数における左右の不相称は左側生殖器系の発達と関係があると考えられる。

ニワトリの胚で運動神経細胞と筋との間の連絡が成立する以前に実験的に肢芽を切除しておくとも手術側の運動神経細胞が消失することが知られている (Chu-Wang と Oppenheim, 1978 ; Laing, 1982)。それゆえ雌における節前細胞数の左右の相違は本来は左右に1対存在する生殖器系のうち発生期に右側のものが退化消失するとこれを支配する節前細胞も消失するために生ずると思われる。中枢神経系内の神経細胞集団のうちその細胞数に雌雄で相違があることはすでに知られている。脊髄では Calaresu と Henry (1971) および Henry と Calaresu (1972) によりネコの間質外側核の細胞数が雌よりも雄で有意に多いこと、Breedlove と Arnold (1980) により雄ラットの腰髄に存在する球海綿体筋と肛門挙筋を支配する神経核が雌では縮小しているか欠けていることが報告されている。しかし中枢神経系内の神経細胞数に左右で有意差があるという報告は現在までのところ見当たらない。

ない。

自律神経系は厳密には運動性の神経細胞によって構成されるが、自律神経線維とともに内臓知覚神経線維が走っている。知覚神経線維によって取り込まれたHRPはその細胞体を越えて脊髄内にまで輸送され、細胞体とともにその終末部をも標識した。ニワトリでHRPを陰部神経叢に用いたときと陰部神経に用いたときで脊髄背角における知覚神経線維の終末域に相違が見られ、*lamina* 2と3には体知覚神経線維の終末域が、背角外側縁から背角底、背灰白交連さらに対側の背角外側縁には内臓知覚神経線維の終末域が存在すると判断された。

哺乳類において仙髄副交感神経に伴う内臓知覚神経線維の多くは背角外側縁に沿って終末を作りながら中間質外側部と背角底に達し、残りは背角の内側縁に沿って走り、背灰白交連内に大きな終末域を形成すると報告されている(Morganら, 1981; Nadelhaftら, 1983; NadelhaftとBooth, 1984)。

一方哺乳類の交感神経に伴う内臓知覚神経線維は背角の辺縁帯と内側縁に終末するか(Reuhuber, 1982)、あるいは多くは背角外側縁に沿って走り中間質外側核の付近と背角底に終末し、一部は背角内側縁に沿って走り背灰白交連に達するとされている(Kuoら, 1983, 1984; CerveroとConnell, 1984; Kuoとde Groat, 1985)。このように哺乳類の交感神経と副交感神経に伴う内臓

知覚神経線維は背角の外側縁に沿って走るものと内側縁に沿って走るものの2つの経路が存在するようである。しかし、ニワトリの仙髄副交感神経に伴う内臓

知覚神経線維は背角外側縁に沿って走る経路だけが存在し、内側縁に沿って走るものは見いだされなかった。それゆえ、鳥類では哺乳類の2つの経路のうち背角の内側縁に沿って走るものが欠けているか、もしあったとしても未発達であると思われる。従って哺乳類と比較して鳥類では内臓反射弓の形成あるいは内臓知覚の上行性伝導路と脳への投射領域に相違があるかもしれない。

HRPの軸索内輸送標識法により、ニワトリの仙髄において副交感神経節前細胞の分布域 および これまでほとんど知られていなかった体知覚神経線維と副交感神経に伴う内臓知覚神経線維の終末域が明らかになった。従ってニワトリの仙髄には末梢との関連によって機能的に異なった4つの基本部位が存在する。

すなわち *Lamina 9* に存在する骨格筋を支配する体運動神経細胞の分布域、中間質の内側部から介在部と外側部を通して背角外側縁にまで広がる仙髄副交感神経節前細胞（内臓運動神経細胞）の分布域、*Lamina 2* と *3* に存在する体知覚神経線維の終末域 および 背角外側縁から背角底を通して背灰白交連に続く内臓知覚神経線維の終末域である（図107）。おそらくこの4つの基本部位

が脊髄の頭側から尾側まで連なり、中枢神経系の基本的な構成要素になっている

と思われる。この点を明らかにするためには 脊髄のいろいろな高さで、特に交感神経系だけを含み、副交感神経系がないとされている胸髄において 内臓神経と肋間神経の起始細胞の局在 および それらに含まれる知覚神経線維の終末域を追求し、4つの基本部位の在り方を確認する必要があるだろう。

第六章 総合要約

ニワトリの前肢筋と後肢筋を支配する運動神経細胞の局在を逆行性変性法により研究した。変性細胞は頸膨大と腰仙膨大で常に手術側の *Lamina 9* に存在したので、ここが四肢の筋を支配する運動神経細胞の局在部位である。

腕神経叢に軸索を送る運動神経細胞は片側で約4,600個、腰仙骨神経叢に送るものは約8,600個であった。個々の筋を支配する運動神経細胞は *Lamina 9* の内部である特定の位置を占め、頭尾方向に連なる細胞柱を形成した。前肢後肢ともに *Lamina 9* で外側部に存在する運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送り、背側筋原基に由来する筋を支配する。一方、*Lamina 9* で内側部に存在する運動神経細胞はその軸索を腹側神経束に送り、腹側筋原基に由来する筋を支配する。背側(D)および腹側(V)の神経束に軸索を送る運動神経細胞をそれぞれ近位の筋(p)を支配するものと遠位の筋(d)を支配するものに区分すると運動神経細胞は4つの集団に分けることができる。この4つの集団は *Lamina 9* の内部で内側から外側に向かって頸膨大では V_p, V_d, D_p, D_d の順に、腰仙膨大では V_d, V_p, D_d, D_p の順に配列し、両者の間で運動神経細胞の配列に相違が存在する。

ニワトリの陰部神経叢と陰部神経の近位の断端にHRPを用いることにより、体運動神経細胞と仙髄副交感神経節前細胞の局在、並びに体知覚神経線維と

内臓知覚神経線維の終末域を研究した。

(1) 骨格筋を支配する体運動神経

細胞は *lamina* 9 に存在した。

(2) 仙髄副交感神経節前細胞、すなわち内臓

運動神経細胞は中心管の背外側部に位置し、ごく少数は中間質の介在部と外側部、

背角の外側縁にも見い出された。

(3) 体知覚神経線維は *lamina* 2 と 3 に

終末域をもつことがわかった。

(4) 仙髄副交感神経に伴う内臓知覚神経線維

は背角の外側縁から背角底、背灰白交連を通り対側の背角外側縁にまで広がる

部位に終末を形成した。

従ってニワトリの仙髄で末梢との関連によって上記の

4 部位を区別できる。

雌で中心管の背外側域に局在する標識細胞の数は

左側が右側よりも有意に大きかった。

この相違は雌における左側生殖器系

の発達と関係があると思われる。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、生体機構学教室に所属して最初にニワトリの脊髄に関する論題を与えてくださり、懇情あふれるご指導をいただいた保田幹男名誉教授に論文の完成を報告し、心より感謝いたします。

藤岡俊健教授には終始有益なご助言をいただき、厚くお礼を申し上げます。

本論文を完成できましたのは保田名誉教授の退官後 現在まで指導教官として以前にも増して懇篤なるご指導、ご援助を賜った渡辺徹助教授の恩恵によるものであります。ここに謹んで深く感謝の意を表わします。

HRPの軸索内輸送標識法を快くご教授してくださった岐阜大学医学部解剖学第2講座の出浦滋之教授並びに講座の皆様方に謝意を表わします。

蛭薙観順教官をはじめとして現在各地でご活躍されている先輩方、当教室の皆様方には本研究を遂行する上で大いにお世話になりました。感謝いたします。

昭和 60年 9月

文献

- Applebaum, A. E., W. H. Vance and R. E. Coggeshall (1980)
Segmental localization of sensory cells that innervate the bladder.
J. Comp. Neurol., 192, 203-209.
- Ariëns Kappers, C. U., G. C. Huber and E. C. Crosby (1936)
The spinal cord of birds. In The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates, Including Man. Vol. 1, Macmillan, New York, pp. 202-220. New edition: Hafner, New York, 1960.
- Baulac, M. and V. Meininger (1983)
Postnatal development and cell death in the sciatic motor nucleus of the mouse. Exp. Brain Res., 50, 107-116.
- Baulac, M., V. Meininger, P. Godeberge and M. Baudrimont (1980)
Topographical arrangement of the motoneurons from the brachial plexus in the rat. Folia Morphol. (Prague), 28, 236-239.
- Baumel, J. J. (1975)
Aves nervous system. In R. Getty (ed.), Sisson and Grossman's The Anatomy of the Domestic Animals. Vol. 2, 5th Edn., Saunders, Philadelphia, London, Toronto, pp. 2019-2062.
- Bikeles, G. and M. Franke (1905)
Die Lokalisation im Rückenmark für motorische Nerven der vorderen und hinteren Extremität, vorzüglich beim Affen (*Cercopithecus*) (im Vergleich mit Befunden am Hund und teilweise auch an der Katze). Dtsch. Z. Nervenheilk., 29, 171-179.
- Breazile, J. E. and M. Yasuda (1979)
Systema nervosum peripheriale. In J. J. Baumel et al. (eds.), Nomina Anatomica Avium. An Annotated Anatomical Dictionary of Birds. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, pp. 473-503.
- Breedlove, S. M. and A. P. Arnold (1980)
Hormone accumulation in a sexually dimorphic motor nucleus of the rat spinal cord. Science, 210, 564-566.
- Brinkman, R. and A. H. Martin (1973)
A cytoarchitectonic study of the spinal cord of the domestic fowl *Gallus gallus domesticus*. I. Brachial region. Brain Research, 56, 43-62.
- Brunner, R., P. Zimmermann and F. W. Klußmann (1980)
Localization and neurophysiological properties of motoneurons of the M. triceps surae of the rat after retrograde labelling with Evans blue. Cell Tissue Res., 212, 73-81.

- Burke, R. E., P. L. Strick, K. Kanda, C. C. Kim and B. Walmsley (1977)
Anatomy of medial gastrocnemius and soleus motor nuclei in cat spinal cord. *J. Neurophysiol.*, 40, 667-680.
- Calaresu, F. R. and J. L. Henry (1971)
Sex difference in the number of sympathetic neurons in the spinal cord of the cat. *Science*, 173, 343-344.
- Carson, K. A. and M.-M. Mesulam (1982)
Electron microscopic demonstration of neural connections using horseradish peroxidase: A comparison of the tetramethylbenzidine procedure with seven other histochemical methods. *J. Histochem. Cytochem.*, 30, 425-435.
- Cervero, F. and L. A. Connell (1984)
Distribution of somatic and visceral primary afferent fibres within the thoracic spinal cord of the cat. *J. Comp. Neurol.*, 230, 88-98.
- Chung, J. M., K. Chung and R. D. Wurster (1975)
Sympathetic preganglionic neurons of the cat spinal cord: horseradish peroxidase study. *Brain Research*, 91, 126-131.
- Chung, K., J. M. Chung, F. W. LaVelle and R. D. Wurster (1979)
Sympathetic neurons in the cat spinal cord projecting to the stellate ganglion. *J. Comp. Neurol.*, 185, 23-30.
- Chu-Wang, I.-W. and R. W. Oppenheim (1978)
Cell death of motoneurons in the chick embryo spinal cord. I. A light and electron microscopic study of naturally occurring and induced cell loss during development. *J. Comp. Neurol.*, 177, 33-58.
- Cruce, W. L. R. (1974)
The anatomical organization of hindlimb motoneurons in the lumbar spinal cord of the frog, *Rana catesbeiana*. *J. Comp. Neurol.*, 153, 59-76.
- Cullheim, S. and J.-O. Kellerth (1978)
A morphological study of the axons and recurrent axon collaterals of cat sciatic α -motoneurons after intracellular staining with horseradish peroxidase. *J. Comp. Neurol.*, 178, 537-558.
- Dalsgaard, C.-J. and L.-G. Elfvin (1979)
Spinal origin of preganglionic fibers projecting onto the superior cervical ganglion and inferior mesenteric ganglion of the guinea pig, as demonstrated by the horseradish peroxidase technique. *Brain Research*, 172, 139-143.
- Dalsgaard, C.-J. and L.-G. Elfvin (1981)
The distribution of the sympathetic preganglionic neurons projecting onto the stellate ganglion of the guinea pig. A horseradish peroxidase study.

- J. auton. Nerv. Syst., 4, 327-337.
- de Araujo, C. G., R. A. Schmidt and E. A. Tanagho (1982)
Neural pathways to lower urinary tract identified by retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. Urology, 19, 290-295.
- de Groat, W. C. and R. W. Ryall (1968)
The identification and characteristics of sacral parasympathetic preganglionic neurones. J. Physiol. (Lond.), 196, 563-577.
- de Groat, W. C., I. Nadelhaft, C. Morgan and T. Schauble (1978)
Horseradish peroxidase tracing of visceral efferent and primary afferent pathways in the cat's sacral spinal cord using benzidine processing. Neurosci. Lett., 10, 103-108.
- Deuschl, G. and M. Illert (1978)
Location of lumbar preganglionic sympathetic neurones in the cat. Neurosci. Lett., 10, 49-54.
- Deuschl, G. and M. Illert (1981)
Cytoarchitectonic organization of lumbar preganglionic sympathetic neurons in the cat. J. auton. Nerv. Syst., 3, 193-213.
- De Vito, J. L., K. W. Clausing and O. A. Smith (1974)
Uptake and transport of horseradish peroxidase by cut end of the vagus nerve. Brain Research, 82, 269-271.
- Droge, M. H. and R. B. Leonard (1983)
Organization of spinal motor nuclei in the stingray, *Dasyatis sabina*. Brain Research., 276, 201-211.
- Emmert, A. G. F. (1811)
Beobachtungen über einige anatomische Eigenheiten der Vögel. Archiv f. d. Physiol., 10, 377-392.
- Freedman, S. L. and P. D. Sturkie (1963)
Extrinsic nerves of the chicken's uterus (shell gland). Anat. Rec., 147, 431-437.
- Fritz, N., M. Illert and P. Saggau (1981)
Location of dorsal interosseus motor nuclei in the cat. Neurosci. Lett., 21, 243-248.
- Fritz, N., M. Illert and P. Reeh (1982)
Location of median and ulnar motornuclei in the cat. Neurosci. Lett., 30, 103-108.
- Goering, J. H. (1928)
An experimental analysis of the motor-cell columns in the cervical enlargement of the spinal cord in the albino rat. J. Comp. Neurol., 46,

125-151.

Goller, H. (1962)

Topographie des Hühnerrückenmarkes. Berl. Münch. Tierärztl. Wschr., 75, 349-351.

Goller, H. (1963)

Segmentaler Feinbau des Hühnerrückenmarkes. Zbl. Vet. Med. A, 10, 350-364.

Graham, R. C., Jr. and M. J. Karnovsky (1966)

The early stages of absorption of injected horseradish peroxidase in the proximal tubules of mouse kidney: Ultrastructural cytochemistry by a new technique. J. Histochem. Cytochem., 14, 291-302.

Hamburger, V. (1975)

Cell death in the development of the lateral motor column of the chick embryo. J. Comp. Neurol., 160, 535-546.

Hancock, M. B. and C. A. Peveto (1979a)

A preganglionic autonomic nucleus in the dorsal gray commissure of the lumbar spinal cord of the rat. J. Comp. Neurol., 183, 65-72.

Hancock, M. B. and C. A. Peveto (1979b)

Preganglionic neurons in the sacral spinal cord of the rat: An HRP study. Neurosci. Lett., 11, 1-5.

Henry, J. L. and F. R. Calaresu (1972)

Topography and numerical distribution of neurons of the thoraco-lumbar intermediolateral nucleus of the cat. J. Comp. Neurol., 144, 205-214.

Hollyday, M. (1980)

Organization of motor pools in the chick lumbar lateral motor column. J. Comp. Neurol., 194, 143-170.

Huber, J. F. (1936)

Nerve roots and nuclear groups in the spinal cord of the pigeon. J. Comp. Neurol., 65, 43-91.

Iwamoto, G. A., L. H. Haber, J. A. Dixon and W. J. Gonyea (1980)

Anatomical distribution of flexor carpi radialis and flexor carpi ulnaris motor nuclei in the cat spinal cord. Neurosci. Lett., 20, 25-30.

Janjua, M. Z. and S. K. Leong (1984)

Organization of neurons forming the femoral, sciatic, common peroneal and tibial nerves in rats and monkeys. Brain Research, 310, 311-323.

Klüver, H. and E. Barrera (1953)

A method for combined staining of cells and fibers in the nervous system. J. Neuropathol. Exp. Neurol., 12, 400-404.

Kristensson, K. and Y. Olsson (1971)

Retrograde axonal transport of protein. *Brain Research*, 29, 363-365.

Kristensson, K. and Y. Olsson (1974)

Retrograde transport of horseradish peroxidase in transected axons.

1. Time relationships between transport and induction of chromatolysis.

Brain Research, 79, 101-109.

Kuo, D. C. and W. C. de Groat (1985)

Primary afferent projections of the major splanchnic nerve to the spinal cord and gracile nucleus of the cat. *J. Comp. Neurol.*, 231, 421-434.

Kuo, D. C., D. S. Yamasaki and G. M. Krauthamer (1980)

Segmental organization of sympathetic preganglionic neurons of the splanchnic nerve as revealed by retrograde transport of horseradish peroxidase. *Neurosci. Lett.*, 17, 11-16.

Kuo, D. C., I. Nadelhaft, T. Hisamitsu and W. C. de Groat (1983)

Segmental distribution and central projections of renal afferent fibers in the cat studied by transganglionic transport of horseradish peroxidase. *J. Comp. Neurol.*, 216, 162-174.

Kuo, D. C., J. J. Oravitz and W. C. de Groat (1984)

Tracing of afferent and efferent pathways in the left inferior cardiac nerve of the cat using retrograde and transganglionic transport of horseradish peroxidase. *Brain Research*, 321, 111-118.

Laing, N. G. (1982)

Timing of motoneuron death in the brachial and lumbar regions of the chick embryo. *Develop. Brain Res.*, 5, 181-186.

Lamb, A. H. (1976)

The projection patterns of the ventral horn to the hind limb during development. *Develop. Biol.*, 54, 82-99.

Landmesser, L. (1978)

The distribution of motoneurons supplying chick hind limb muscles. *J. Physiol. (Lond.)*, 284, 371-389.

Landmesser, L. and D. G. Morris (1975)

The development of functional innervation in the hind limb of the chick embryo. *J. Physiol. (Lond.)*, 249, 301-326.

Leonard, R. B. and D. H. Cohen (1975)

A cytoarchitectonic analysis of the spinal cord of the pigeon (*Columba livia*). *J. Comp. Neurol.*, 163, 159-180.

Macdonald, R. L. and D. H. Cohen (1970)

Cells of origin of sympathetic pre- and postganglionic cardioacceleratory

- fibers in the pigeon. J. Comp. Neurol., 140, 343-358.
- Martin, A. H. (1979)
A cytoarchitectonic scheme for the spinal cord of the domestic fowl, *Gallus gallus domesticus*: Lumbar region. Acta Morphol. Neerl.-Scand., 17, 105-117.
- Matsushita, M. (1968)
Zur Zytoarchitektonik des Hühnerrückenmarkes nach Silberimprägnation. Acta anat., 70, 238-259.
- McHanwell, S. and T. J. Biscoe (1981)
The localization of motoneurons supplying the hindlimb muscles of the mouse. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 293, 477-508.
- McLachlan, E. M., B. J. Oldfield and T. Sittiracha (1985)
Localization of hindlimb vasomotor neurones in the lumbar spinal cord of the guinea pig. Neurosci. Lett., 54, 269-275.
- Mesulam, M.-M. (1978)
Tetramethyl benzidine for horseradish peroxidase neurohistochemistry: A non-carcinogenic blue reaction-product with superior sensitivity for visualizing neural afferents and efferents. J. Histochem. Cytochem., 26, 106-117.
- Mesulam, M.-M. and D. L. Rosene (1979)
Sensitivity in horseradish peroxidase neurohistochemistry: A comparative and quantitative study of nine methods. J. Histochem. Cytochem., 27, 763-773.
- Mesulam, M.-M., E. Hegarty, H. Barbas, K. A. Carson, E. C. Gower, A. G. Knapp, M. B. Moss and E. J. Mufson (1980)
Additional factors influencing sensitivity in the tetramethyl benzidine method for horseradish peroxidase neurohistochemistry. J. Histochem. Cytochem., 28, 1255-1259.
- Morgan, C., I. Nadelhaft and W. C. de Groat (1979)
Location of bladder preganglionic neurons within the sacral parasympathetic nucleus of the cat. Neurosci. Lett., 14, 189-194.
- Morgan, C., I. Nadelhaft and W. C. de Groat (1981)
The distribution of visceral primary afferents from the pelvic nerve to Lissauer's tract and the spinal gray matter and its relationship to the sacral parasympathetic nucleus. J. Comp. Neurol., 201, 415-440.
- Morrell, J. I., L. M. Greenberger and D. W. Pfaff (1981)
Comparison of horseradish peroxidase visualization methods: Quantitative results and further technical specifics. J. Histochem. Cytochem., 29,

903-916.

Murata, Y., H. Shibata and T. Chiba (1982)

A correlative quantitative study comparing the nerve fibers in the cervical sympathetic trunk and the locus of the somata from which they originate in the rat. *J. auton. Nerv. Syst.*, 6, 323-333.

Nadelhaft, I. and A. M. Booth (1984)

The location and morphology of preganglionic neurons and the distribution of visceral afferents from the rat pelvic nerve: A horseradish peroxidase study. *J. Comp. Neurol.*, 226, 238-245.

Nadelhaft, I., W. C. de Groat and C. Morgan (1980)

Location and morphology of parasympathetic preganglionic neurons in the sacral spinal cord of the cat revealed by retrograde axonal transport of horseradish peroxidase. *J. Comp. Neurol.*, 193, 265-281.

Nadelhaft, I., J. Roppolo, C. Morgan and W. C. de Groat (1983)

Parasympathetic preganglionic neurons and visceral primary afferents in monkey sacral spinal cord revealed following application of horseradish peroxidase to pelvic nerve. *J. Comp. Neurol.*, 216, 36-52.

Neuhuber, W. (1982)

The central projections of visceral primary afferent neurons of the inferior mesenteric plexus and hypogastric nerve and the location of the related sensory and preganglionic sympathetic cell bodies in the rat.

Anat. Embryol., 164, 413-425.

Nicolai, Th. G. I. (1812)

Ueber das Rückenmark der Vögel und die Bildung desselben im bebrüteten Ey. *Archiv f. d. Physiol.*, 11, 156-219.

Nicolopoulos-Stournaras, S. and J. F. Iles (1983)

Motor neuron columns in the lumbar spinal cord of the rat. *J. Comp. Neurol.*, 217, 75-85.

Nieuwenhuys, R. (1964)

Comparative anatomy of the spinal cord. In J. C. Eccles and J. P. Schädé (eds.), *Progress in Brain Research*. Vol. 11, Organization of the Spinal Cord. Elsevier, Amsterdam, London, New York, pp. 1-57.

大森保成 (1976)

鶏の脊髄について. 名古屋大学農学部畜産学科, 昭和50年度卒業論文.

1-60頁.

岡村周諦 (1941)

神経系 (*Systema nervorum*, Nervous System, *Nervensystem*) の観察.

動物実験の指針，ニワトリ〔家鶏〕*Gallus domesticus* Brisson (Domestic Fowl, *Haushuhn*). 大観堂，東京，785-808頁.

Oldfield, B. J. and E. M. McLachlan (1980)

The segmental origin of preganglionic axons in the upper thoracic rami of the cat. *Neurosci. Lett.*, 18, 11-17.

Oldfield, B. J. and E. M. McLachlan (1981)

An analysis of the sympathetic preganglionic neurons projecting from the upper thoracic spinal roots of the cat. *J. Comp. Neurol.*, 196, 329-345.

Oliver, J. E., Jr., W. E. Bradley and T. F. Fletcher (1969)

Identification of preganglionic parasympathetic neurons in the sacral spinal cord of the cat. *J. Comp. Neurol.*, 137, 321-328.

Olsson, Y., B. Arvidson, M. Hartman, Å. Pettersson and C. Tengvar (1983)

Horseradish peroxidase histochemistry. A comparison between various methods used for identifying neurons labeled by retrograde axonal transport. *J. Neurosci. Methods*, 7, 49-59.

Oppenheim, R. W. and M. B. Heaton (1975)

The retrograde transport of horseradish peroxidase from the developing limb of the chick embryo. *Brain Research*, 98, 291-302.

Oppenheim, R. W. and C. Majors-Willard (1978)

Neuronal cell death in the brachial spinal cord of the chick is unrelated to the loss of polyneuronal innervation in wing muscle. *Brain Research*, 154, 148-152.

Pappas, P. W. (1971)

The use of a chrome alum-gelatin (subbing) solution as a general adhesive for paraffin sections. *Stain Technol.*, 46, 121-124.

Parry, D. J., S. McHanwell and N. Haas (1982)

The number and size of motoneurons in the soleus motor nucleus of the normal and dystrophic (C57BL/6J dy^{21}/dy^{21}) mouse. *Exp. Neurol.*, 75, 743-754.

Petras, J. M. and J. F. Cummings (1978)

Sympathetic and parasympathetic innervation of the urinary bladder and urethra. *Brain Research*, 153, 363-369.

Petras, J. M. and A. I. Faden (1978)

The origin of sympathetic preganglionic neurons in the dog. *Brain Research*, 144, 353-357.

Rando, T. A., C. W. Bowers and R. E. Zigmond (1981)

Localization of neurons in the rat spinal cord which project to the superior cervical ganglion. *J. Comp. Neurol.*, 196, 73-83.

Reed, A. F. (1940)

The nuclear masses in the cervical spinal cord of *Macaca mulatta*.
J. Comp. Neurol., 72, 187-206.

Rexed, B. (1952)

The cytoarchitectonic organization of the spinal cord in the cat.
J. Comp. Neurol., 96, 415-496.

Rexed, B. (1954)

A cytoarchitectonic atlas of the spinal cord in the cat. J. Comp.
Neurol., 100, 297-380.

Romanes, G. J. (1951)

The motor cell columns of the lumbo-sacral spinal cord of the cat.
J. Comp. Neurol., 94, 313-364.

Romanes, G. J. (1964)

The motor pools of the spinal cord. In J. C. Eccles and J. P. Schadé
(eds.), Progress in Brain Research. Vol. 11, Organization of the Spinal
Cord. Elsevier, Amsterdam, London, New York, pp. 93-119.

Romer, A. S. (1927)

The development of the thigh musculature of the chick. J. Morphol.
Physiol., 43, 347-385.

Rosene, D. L. and M.-M. Mesulam (1978)

Fixation variables in horseradish peroxidase neurohistochemistry. I. The
effects of fixation time and perfusion procedures upon enzyme activity.
J. Histochem. Cytochem., 26, 28-39.

Rubin, E. and D. Purves (1980)

Segmental organization of sympathetic preganglionic neurons in the
mammalian spinal cord. J. Comp. Neurol., 192, 163-174.

Ruigrok, T. J. H. and A. Crowe (1984)

The organization of motoneurons in the turtle lumbar spinal cord.
J. Comp. Neurol., 228, 24-37.

Ruigrok, T. J. H., A. Crowe and H. J. ten Donkelaar (1982)

The distribution of motoneurons innervating hindlimb muscles in the
terrapin *Pseudemys scripta elegans*. Neurosci. Lett., 28, 157-162.

Samson, M. D. and V. K. Reddy (1982)

Localization of the sacral parasympathetic nucleus in the dog. Am. J.
Vet. Res., 43, 1833-1836.

Sarnat, H. B. and M. G. Netsky (1974)

Spinal cord and motor unit. In Evolution of the Nervous System. Oxford
University Press, New York, London, Toronto, pp. 53-74.

- Sato, M., N. Mizuno and A. Konishi (1978)
Localization of motoneurons innervating perineal muscles: a HRP study in cat. *Brain Research*, 140, 149-154.
- Schnitzlein, H. N., H. H. Hoffman, D. M. Hamlett and E. M. Howell (1963)
A study of the sacral parasympathetic nucleus. *J. Comp. Neurol.*, 120, 477-493.
- Schramm, L. P., J. R. Adair, J. M. Stribling and L. P. Gray (1975)
Preganglionic innervation of the adrenal gland of the rat: A study using horseradish peroxidase. *Exp. Neurol.*, 49, 540-553.
- Sharrard, W. J. W. (1955)
The distribution of the permanent paralysis in the lower limb in poliomyelitis. A clinical and pathological study. *J. Bone Jt Surg.*, 37B, 540-558.
- Sterling, P. and H. G. J. M. Kuypers (1967)
Anatomical organization of the brachial spinal cord of the cat. II. The motoneuron plexus. *Brain Research*, 4, 16-32.
- Straznicky, C. and D. Tay (1983)
The localization of motoneuron pools innervating wing muscles in the chick. *Anat. Embryol.*, 166, 209-218.
- Streeter, G. L. (1904)
The structure of the spinal cord of the ostrich. *Am. J. Anat.*, 3, 1-27.
- Sullivan, G. E. (1962)
Anatomy and embryology of the wing musculature of the domestic fowl (*Gallus*). *Aust. J. Zool.*, 10, 458-518.
- Székel, G. and G. Czéh (1967)
Localization of motoneurons in the limb moving spinal cord segments of *Ambystoma*. *Acta physiol. Acad. Sci. hung.*, 32, 3-18.
- Szentkúti, L. and J. Bruns (1983)
Motoneurons of *M. semitendinosus* in domestic and wild pigs. A horseradish peroxidase and cord-survey study. *Anat. Embryol.*, 167, 213-228.
- Thomas, R. C. and V. J. Wilson (1967)
Recurrent interactions between motoneurons of known location in the cervical cord of the cat. *J. Neurophysiol.*, 30, 661-674.
- Torigoe, Y., R. D. Cernucan, J. A. S. Nishimoto and R. H. I. Blanks (1985)
Sympathetic preganglionic efferent and afferent neurons mediated by the greater splanchnic nerve in rabbit. *Exp. Neurol.*, 87, 334-348.
- Vanden Berge, J. C. (1979)
Myologia. In J. J. Baumel et al. (eds.), *Nomina Anatomica Avium*. An

Annotated Anatomical Dictionary of Birds. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, pp. 175-219.

渡辺 徹 (1972)

鶏の比較解剖学的並びに局所解剖学的研究. LXIV. 鶏の交感神経系.

その2. 腸神経. 日獣誌, 34, 303-313.

Wortham, R. A. (1948)

The development of the muscles and tendons in the lower leg and foot of chick embryos. J. Morphol., 83, 105-148.

Yamamoto, T., H. Satomi, H. Ise, H. Takatama and K. Takahashi (1978a)

Sacral spinal innervations of the rectal and vesical smooth muscles and the sphincteric striated muscles as demonstrated by the horseradish peroxidase method. Neurosci. Lett., 7, 41-47.

Yamamoto, T., K. Takahashi, H. Satomi and H. Ise (1978b)

Distribution and morphology of sacral autonomic neurons in the cat: Peroxidase labeling of efferent neurons through transected ventral roots. Exp. Neurol., 62, 16-29.

表 および 付 図

表 1 鳥類における膨大部の腹角に存在する神経細胞の分類

Streeter (1904) ダ チ ヨ ウ	lateral group			
	ventro-lateral cells	lateral cells		dorso-lateral cells
Huber (1936) ハ ト	medial column	lateral column		
		medial part of lateral column	lateral part of lateral column	
Goller (1963) ニ ワ ト リ	Nucleus motorius ventralis			
	medialis	lateralis		
Matsushita (1968) ニ ワ ト リ	Nucleus cornu-commissuralis anterior	Nucleus motorius cornu anterioris		Nucleus dorsolateralis
		Nucleus ventromedialis	Nucleus dorsomedialis	Nucleus ventrolateralis
Brinkman と Martin (1973) Martin (1979) ニ ワ ト リ	lamina 8	lamina 9		
Leonard と Cohen (1975) ハ ト	Layer IX			
	medial group	lateral group		

表 2 腕神経叢を構成する脊髄神経腹枝の切断に用いた材料

個体番号	品種	性別	体重	生存期間	切断部位	薄切方向
1	チャボ	♂	890(g)	15(日)	左XIII - XVII	水平断
2	チャボ	♂	830	15	左XIII	横断
3	チャボ	♂	930	15	左XIII	水平断
4	チャボ	♂	1,050	15	左XIV	横断
5	チャボ	♂	860	10	左XIV	水平断
6	チャボ	♂	900	14	左XV	横断
7	チャボ	♂	1,090	16	左XV	水平断
8	チャボ	♂	1,040	16	左XVI	横断
9	チャボ	♂	910	12	左XVI	水平断
10	小国	♀	880	18	右XVII	横断
11	チャボ	♂	740	13	左XVII	水平断

表 3 個々の前肢筋を支配する神経の切断に用いた材料

個体番号	品種	性別	体重	生存期間	切断部位*	薄切方向
12	チャボ	♂	1,050(g)	16(日)	右 1	横断
13	チャボ	♂	880	16	右 22	横断
14	チャボ	♂	1,180	16	左 2	横断
15	チャボ	♂	1,360	16	右 25	横断
16	チャボ	♂	890	16	左 14 右 22	横断
17	チャボ	♂	770	16	右 16	横断
18	チャボ	♂	910	17	左 3 右 3	横断
19	チャボ	♂	680	17	左 5 右 23	横断
20	チャボ	♂	660	16	右 6と7	横断
21	チャボ	♂	1,040	16	左 3 右 1	横断
22	チャボ	♂	630	16	左 2	横断
23	チャボ	♂	900	16	左 20 右 22	横断
24	チャボ	♂	960	17	左 21 右 20	横断
25	チャボ	♂	1,130	16	左 11 右 9	横断
26	チャボ	♂	1,140	16	左 3 右 4	横断
27	チャボ	♂	630	16	左 8 右 12	横断
28	チャボ	♂	1,400	16	左 1 右 10	横断
29	チャボ	♂	1,270	17	左 25 右 24	横断
30	チャボ	♂	1,000	17	右 26	横断
31	チャボ	♂	900	17	左 3 右 16	横断
32	チャボ	♂	950	17	左 15 右 16	横断
33	チャボ	♂	1,010	17	右 17	横断
34	チャボ	♂	1,040	17	右 21	横断
35	チャボ	♂	1,130	17	左 6 右 7	横断
36	チャボ	♂	1,170	16	左 13 右 13	横断
37	チャボ	♂	820	18	左 28 右 27	横断
38	チャボ	♂	980	18	左 19 右 18	横断

* 切断部位の番号は図 3 - 5 の 1 から 28 に一致する。

表 4 腰仙骨神経叢を構成する脊髄神経腹枝の切断に用いた材料

個体番号	品種*	性別	体重	生存期間	切断部位**
1	WL	♂	1,790(g)	8(日)	右XXIII-XXX
2	WL	♂	1,340	9	右XXIII-XXVCr
3	チャボ	♂	1,600	16	左XXVCa-XXX
4	WL	♂	1,080	9	左XXIII 右XXIII
5	WL	♂	1,370	9	左XXIV 右XXIX
6	WL	♂	1,460	10	左XXV, XXVII, XXIX 右XXIV, XXVI, XXVIII, XXX
7	WL	♂	1,240	9	左XXVCr
8	WL	♂	1,700	8	左XXVCa 右XXVCr
9	チャボ	♂	1,490	16	左XXVCa
10	チャボ	♂	1,200	11	右XXVI, XXVIII, XXX
11	チャボ	♂	960	11	右XXVII

* 品種の中でWLは白色レグホン雑種を示す。

** 切断部位の中でXXVCrは腰神経叢の形成に加わる第XXV脊髄神経の腹枝を、XXVCaは仙骨神経叢の形成に加わる第XXV脊髄神経の腹枝を示す。

表5 個々の後肢筋を支配する神経の切断に用いた材料

個体番号	品種*	性別	体重	生存期間	切断部位**
12	チャボ	♂	1,490(g)	16(日)	左11
13	チャボ	♂	1,250	16	左 2
14	チャボ	♂	1,080	17	右10
15	チャボ	♂	1,010	16	左 6
16	チャボ	♂	1,110	16	左 4 右 3
17	チャボ	♂	1,090	16	左 1 右 5
18	チャボ	♂	730	16	左 9 右 8
19	チャボ	♂	1,320	16	右 7
20	チャボ	♂	930	16	左 9
21	BL	♀	1,450	17	左20 右14
22	BL	♀	1,360	16	右17
23	BL	♀	1,240	16	左16 右25
24	BL	♀	1,210	16	左26
25	WL	♂	1,780	16	左33
26	WL	♂	1,710	16	右31
27	WL	♂	1,730	16	左31 右32
28	WL	♂	1,900	16	左13 右12
29	BL	♂	1,920	16	右12
30	WL	♂	1,690	15	左13
31	BL	♀	1,380	16	右24
32	BL	♀	1,950	16	左23 右22
33	BL	♀	1,250	17	左29 右30
34	BL	♀	1,520	17	左27 右28
35	BL	♀	1,610	16	右15
36	WL	♂	1,730	17	左21 右18
37	BL	♀	1,580	17	左33 右33
38	BL	♀	1,410	16	左19
39	WL	♂	1,920	16	左16と17 右 3と15

* 品種の中でBLは褐色レグホン種を、WLは白色レグホン雑種を示す。

** 切断部位の番号は図39-41の 1 から 33 に一致する。

表 6 陰部神経叢にHRPを用いた材料

個体番号	品種*	性別	体重	手術側	薄切方向
1	WL	♂	1,230(g)	右	水平断
2	WL	♂	1,700	右	横断
3	WL	♂	1,610	右	水平断
4	BL	♂	1,430	右	横断
5	WL	♀	1,600	右	水平断
6	BL	♀	1,410	右	横断
7	BL	♀	1,580	右	水平断
8	WL	♀	1,660	右	横断
9	WL	♀	1,730	右	横断
10	WL	♀	1,500	左	横断
11	BL	♀	1,430	左	横断

* 品種でBLは褐色レグホン種を、WLは白色レグホン雑種を表わす。

表 7 陰部神経にHRPを用いた材料

個体番号	品種*	性別	体重	手術側	薄切方向	観察部位**
12	BL	♀	1,390(g)	左	水平断	神経節 神経節
13	BL	♀	1,390	左	横断	
14	BL	♀	1,310	左	水平断	
15	WL	♂	1,910	左	水平断	
16	BL	♀	1,130	左	水平断	
17	WL	♂	1,570	左	水平断	神経節 神経節
18	BL	♀	1,410	左	横断	
19	BL	♀	1,340	右	水平断	
20	BL	♀	1,420	右	水平断	
21	BL	♀	1,380	右	水平断	
22	WL	♂	2,100	右	水平断	神経節 神経節
23	WL	♂	1,270	左	水平断	
24	WL	♂	1,550	右	水平断	
25	WL	♂	1,610	左	水平断	
26	BL	♀	1,200	右	水平断	
27	WL	♂	1,880	右	水平断	神経節 神経節
28	WL	♂	1,550	左	水平断	
29	BL	♀	1,370	右	水平断	
30	BL	♀	1,550	右	水平断	
31	WL	♀	1,180	右	水平断	
32	WL	♂	1,490	左	水平断	

* 品種でBLは褐色レグホン種を、WLは白色レグホン雑種を表わす。

** 観察部位で神経節とあるのは脊髄のほかに第XXX- XXXIII脊髄神経節も観察したことを示す。

表 8 中心管の背外側域に存在する仙髄副交感神経節前細胞の数

手術部位	雌		雄	
	左	右	左	右
陰部神経叢	1,291	1,085 960		
陰部神経	1,411 1,455 1,391 1,481	854 939 853	1,323 999 1,379 1,273	1,241
平均値と標準誤差	1,406±33	938±43	1,243±84	1,241

付図略記号

AbA	: M. abductor alulae
AbDM	: M. abductor digiti majoris
AbD II	: M. abductor digiti II
AbD IV	: M. abductor digiti IV
AdA	: M. adductor alulae
AdD II	: M. adductor digiti II
Am	: M. ambiens
an	: N. anconealis
ax	: N. axillaris
BB	: M. biceps brachii
Br	: M. brachialis
CBCa	: M. coracobrachialis caudalis
CBCr	: M. coracobrachialis cranialis
cc	: Connexus caudalis
CF	: M. caudofemoralis
cut	: N. cutaneus
DMA	: M. deltoideus major
DMi	: M. deltoideus minor
EBA	: M. extensor brevis alulae
EBD III	: M. extensor brevis digiti III
EBD IV	: M. extensor brevis digiti IV
EcU	: M. ectepicondylo-ulnaris
EDC	: M. extensor digitorum communis
EDL	: M. extensor digitorum longus
EHL	: M. extensor hallucis longus
ELA	: M. extensor longus alulae
ELDM	: M. extensor longus digiti majoris
EMR	: M. extensor metacarpi radialis
EMU	: M. extensor metacarpi ulnaris
EnU	: M. entepicondylo-ulnaris
ExS	: M. expansor secundariorum
FA	: M. flexor alulae
FB	: M. fibularis brevis
FCLA	: M. flexor cruris lateralis の Pars accessoria

FCLP	: M. flexor cruris lateralis の Pars pelvica
FCM	: M. flexor cruris medialis
FCU	: M. flexor carpi ulnaris
FDL	: M. flexor digitorum longus
FDM	: M. flexor digiti minoris
FDP	: M. flexor digitorum profundus
FDS	: M. flexor digitorum superficialis
fgpp	: M. flexor digitorum longus, M. gastrocnemius の Pars medialis, M. plantalis および M. popliteus を支配する神経
FHB	: M. flexor hallucis brevis
FHL	: M. flexor hallucis longus
fib	: N. fibularis
FL	: M. fibularis longus
FPD	: M. flexor perforatus digiti II, III と IV
FPPD	: M. flexor perforans et perforatus digiti II と III
FTE	: M. femorotibialis externus
FTI	: M. femorotibialis internus
FTM	: M. femorotibialis medius
GL	: M. gastrocnemius の Pars lateralis
GM	: M. gastrocnemius の Pars medialis
HT	: M. humerotriceps
ID	: M. interosseus dorsalis
IF	: M. iliofemoralis
IFE	: M. iliofemoralis externus
IFi	: M. iliofibularis
IsF	: M. ischiofemoralis
ITC	: M. iliotibialis cranialis
ITL	: M. iliotibialis lateralis
itla	: M. iliotibialis lateralis を支配する尾側枝
itlr	: M. iliotibialis lateralis を支配する頭側枝
IV	: M. interosseus ventralis
L	: 左側
LD	: M. latissimus dorsi
m	: N. medianus
mu	: N. medianoulnaris
OL	: M. obturatorius lateralis
ol	: R. obturatorius lateralis

OM	: M. obturatorius medialis
Pc	: M. pectoralis
pf	: N. parafibularis
PIF	: M. pubo-ischio-femoralis
Pl	: M. plantaris
Po	: M. popliteus
PP	: M. pronator profundus
PS	: M. pronator superficialis
R	: 右側
r	: N. radialis
rp	: N. radialis の R. profundus
rs	: N. radialis の R. superficialis
SbC	: M. subcoracoideus
SbS	: M. subscapularis
SHCa	: M. scapulohumeralis caudalis
SHCr	: M. scapulohumeralis cranialis
SpC	: M. supracoracoideus
Spn	: M. supinator
ss	: N. subscapularis
ST	: M. scapulotriceps
StC	: M. sternocoracoideus
TC	: M. tibialis cranialis
tib	: N. tibialis
TP	: M. tensor propatagialis
ucr	: N. ulnaris の R. cranialis
UMD	: M. ulnometacarpalis dorsalis
UMV	: M. ulnometacarpalis ventralis

図1 a, b 灌流装置の写真(a)とその模式図(b)

この装置を用いることによって溶液の注入圧力を自由に変えることができるし、生理的食塩水と固定液の切りかえも容易に行える。第四章の仙髄副交感神経系に関する研究では容器と三方コックを1つずつ増やして、生理的食塩水、固定液および蔗糖溶液を順次灌流できるようにした。

- A: 水銀圧力計
- B: 空気抜き
- C: ゴム球
- D: 空気だめ
- E: 生理的食塩水
- F: 固定液
- G: 三方コック
- H: カニューレ

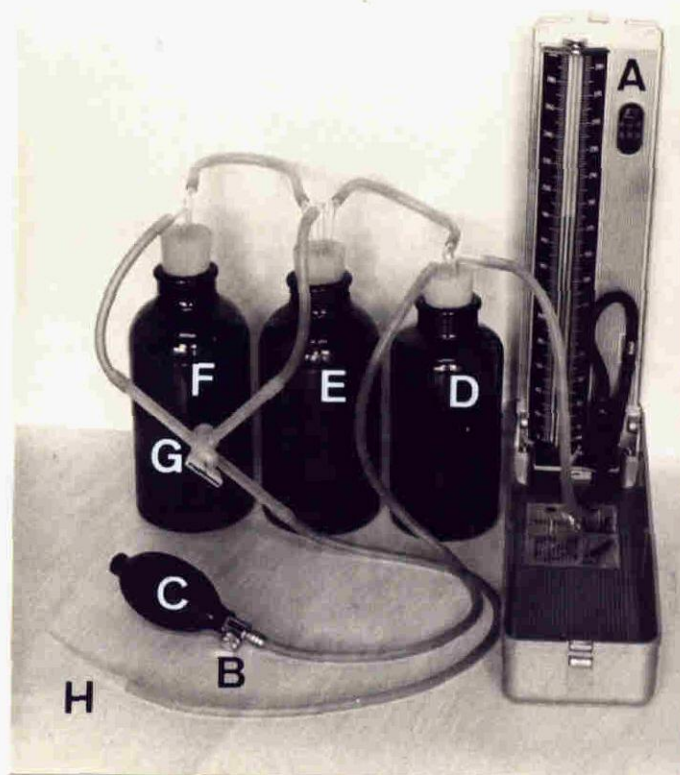


图 1a

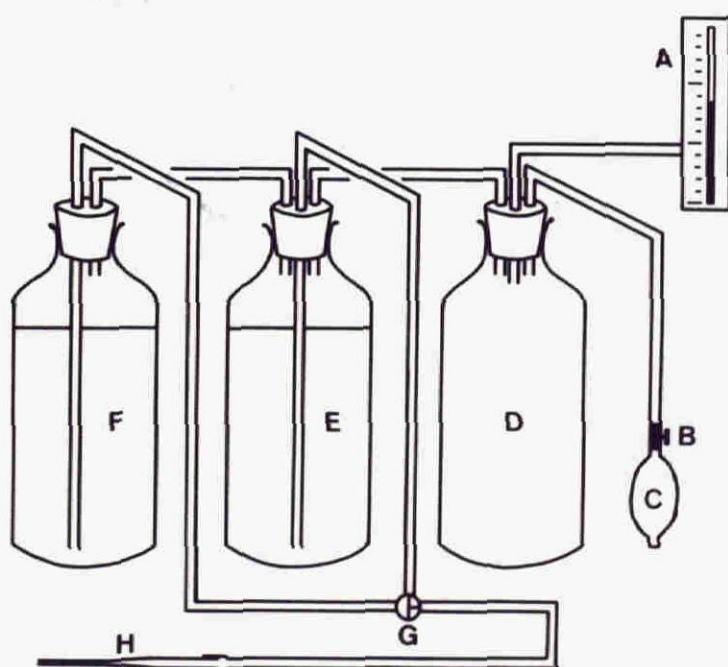


图 1b

図2 a-c 右側の *N. supracoracoides* (図3, 1) を切断して16日後に固定した

ニワトリの脊髄における運動神経細胞

a: 第XIV脊髄節の中央部を通る横断切片の全体像

腹角には内外2つの細胞集団、*lamina 8*と9があり、変性細胞は常に手術側の *lamina 9* に見い出された。CC、中心管。x 20。

b: 同一切片で右側の腹角を拡大した顕微鏡写真

変性細胞 (SpC) は *lamina 9* のある特定部位を占めた。x 88。

c: 同一切片で右側の *lamina 9* を拡大した顕微鏡写真

逆行性変性を起こした運動神経細胞 (C) はニッスル物質の粉状化、核の偏在、細胞の膨潤によって正常な細胞 (N) から区別できる。x 350。

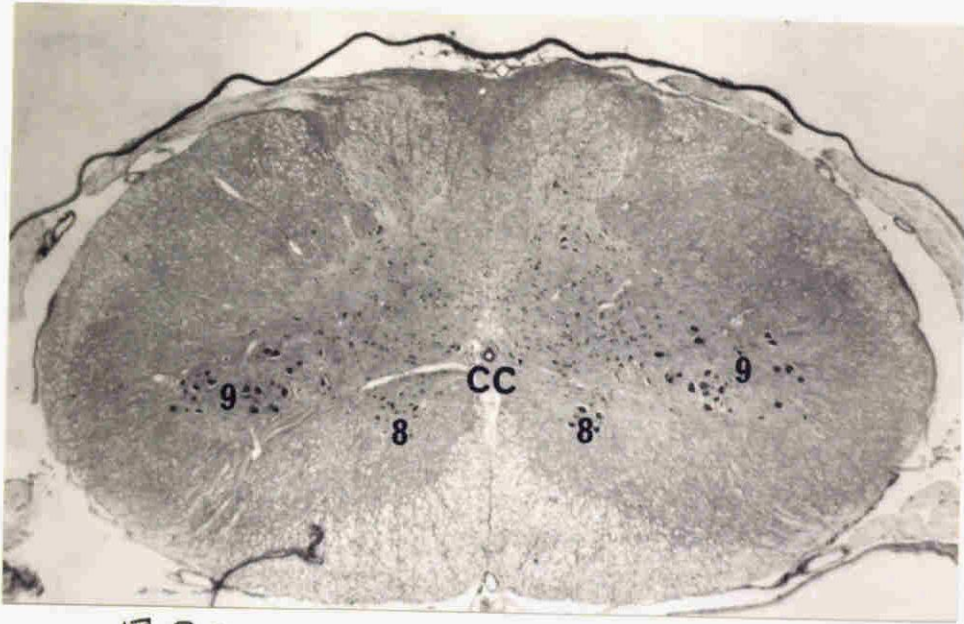


图 2a



图 2b

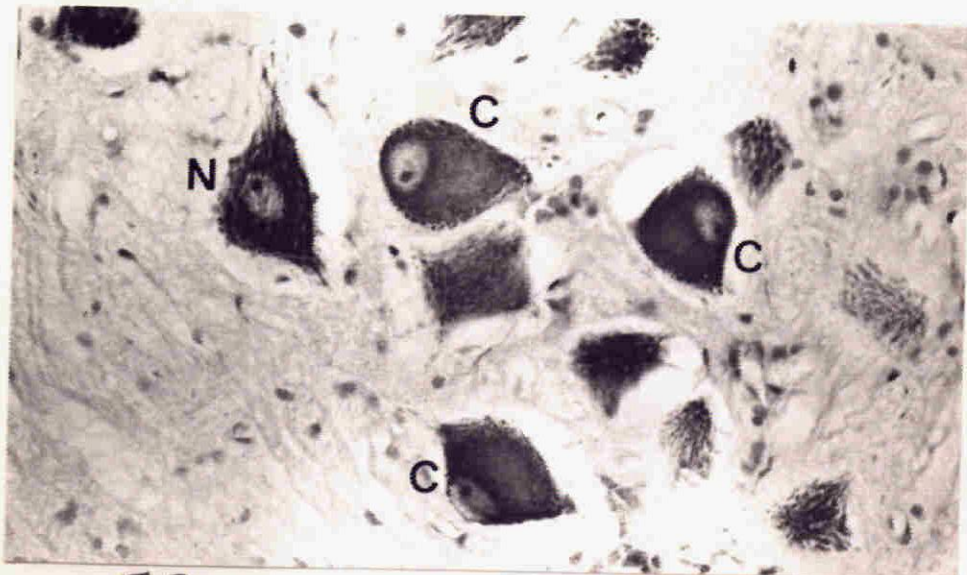


图 2c

図 3-5 前肢筋を支配する神経の切断部位と変性細胞数

個々の前肢筋を支配する神経の切断部位には 1 から 28 までの整理番号をつけ、その神経が支配している筋の略号(大文字)とともに切断したときの変性細胞数を図示した。

図 3 左側の腕神経叢(背側面)

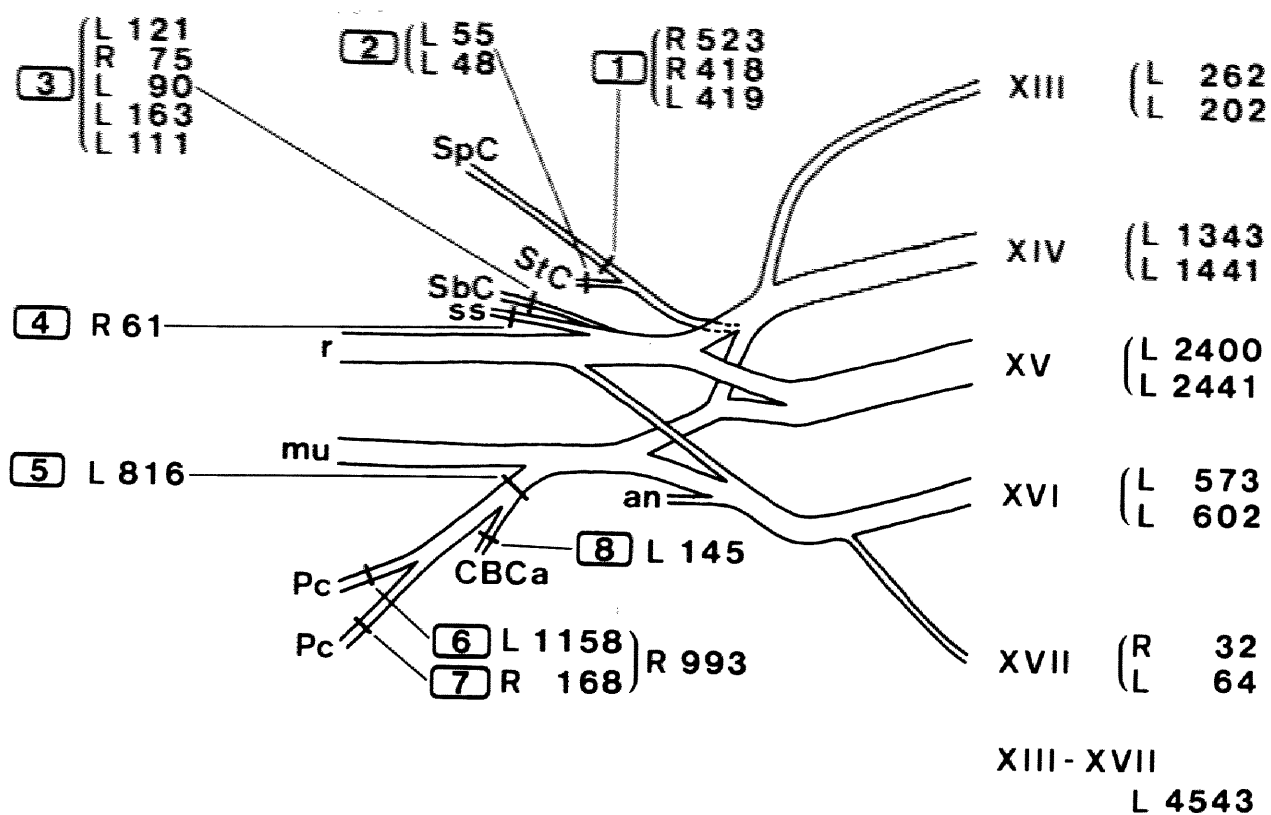
ローマ数字は脊髄神経腹枝の番号を、右端の数字は脊髄神経腹枝を切断したときの変性細胞数を表わす。小文字の略号は神経名を示し、それぞれ図4 または図5の同じ記号を付けた神経に続く。

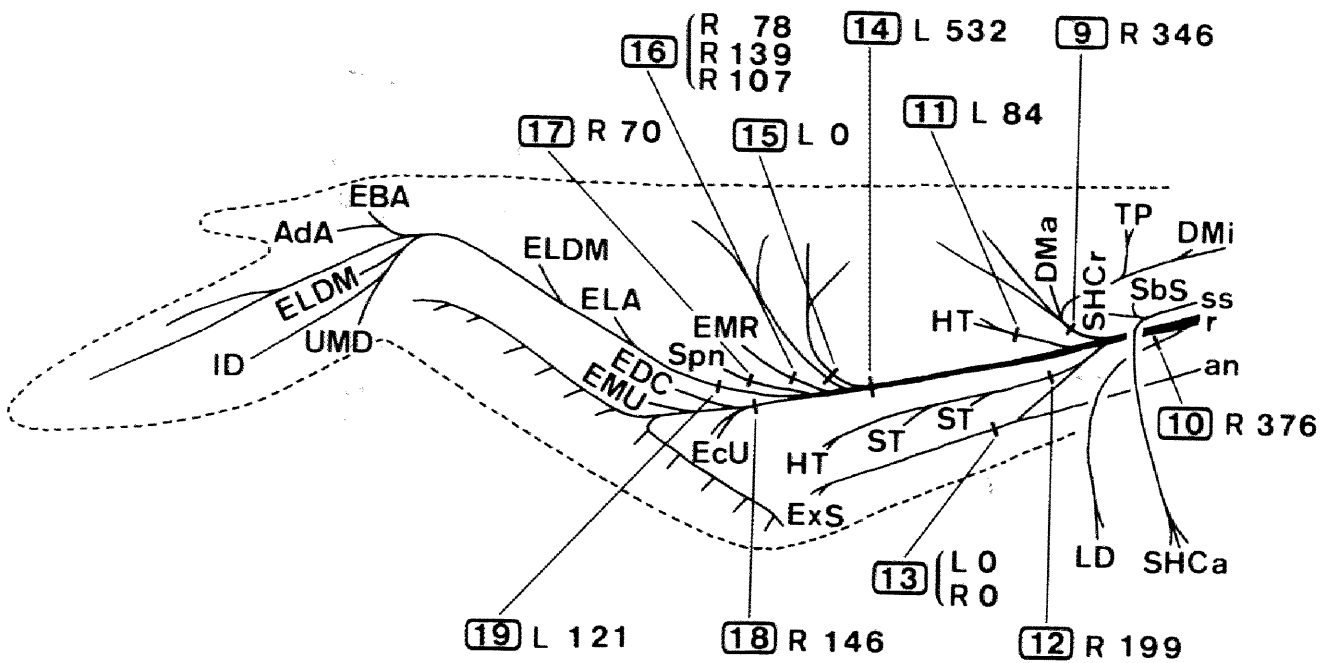
図 4 左側の前肢(背側面)

背側神経束から分枝する神経の分布を示す。

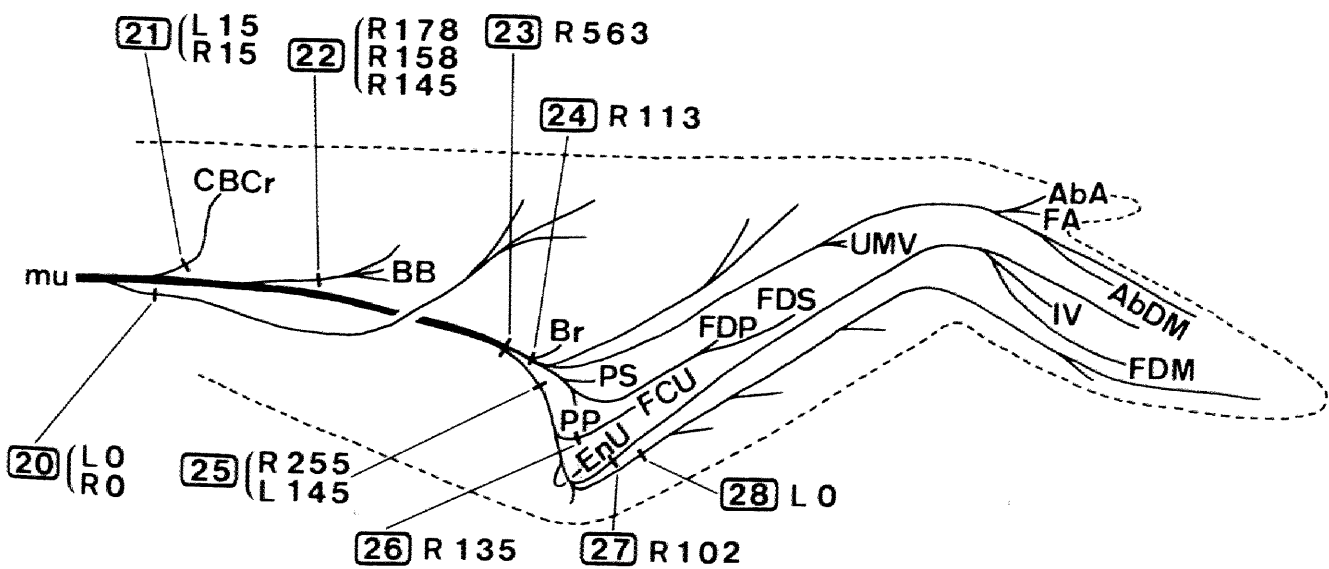
図 5 左側の前肢(腹側面)

腹側神経束から起こる神経の分布を表わす。





4



5

図 6-10 a-c 腕神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断部位と変性細胞の分布

a : 脊髄神経腹枝の切断部位

図中に実線で腹枝の切断部位を示す。

b : 水平断切片で見られた変性細胞を1枚のトレーシングペーパーに重ね合わせた図

右側のローマ数字は脊髄神経の番号を示す。

c : 横断切片で見られた変性細胞の頭尾方向における分布

縦軸は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、横軸

のローマ数字は髄節の番号を表わす。

右上の n は変性細胞の総数で

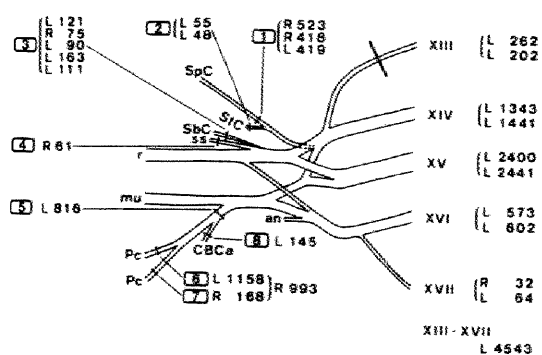
ある。

図 6 a-c 第XIII脊髄神経腹枝の切断

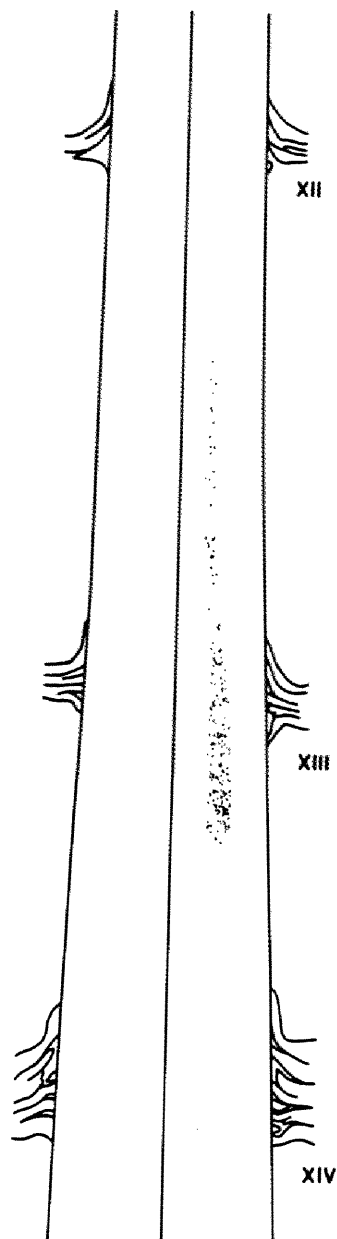
変性細胞は第XIII脊髄節内に散在し、頭側部では非常にまばらであるが、

尾方に進むにつれて増加した。

その数は262個と202個であった。



6a



6b

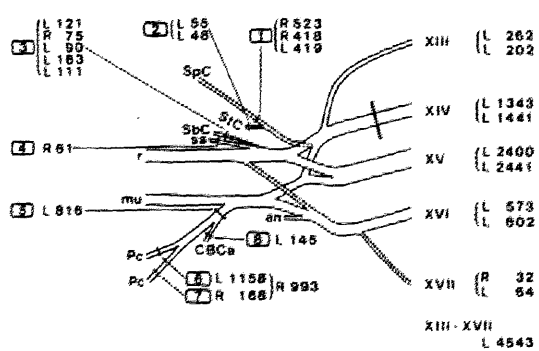


6c

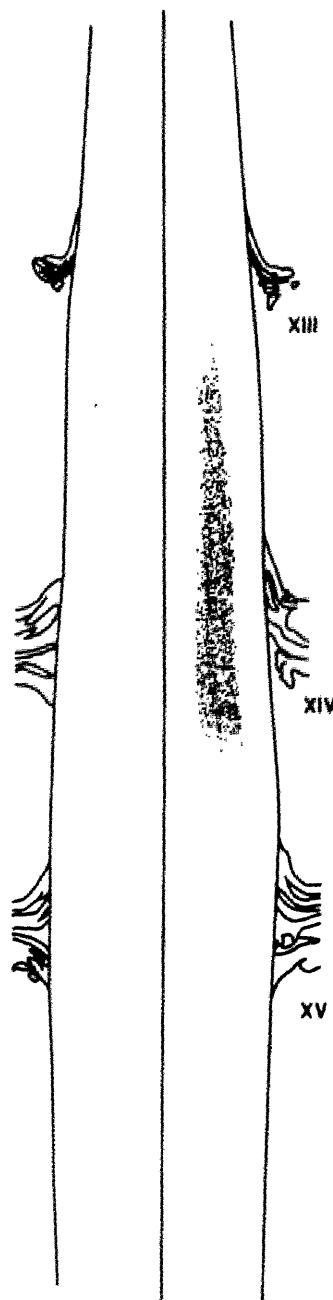
図7 a-c 第XIV脊髄神経腹枝の切断

変性細胞は第XIV脊髄節内に存在し、尾方に進むほど増加した。 その

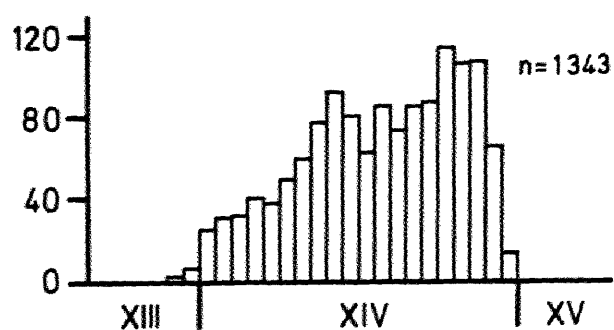
数は1,343個と1,441個であった。



7a



7b



7c

図8a-c 第XV脊髄神経腹枝の切断

変性細胞は第XV脊髄節内に分布し、横断切片20枚($300\mu\text{m}$)に含まれる

その数は頭側部で最大になり、尾方に進むほどしだいに減りした。

変性細胞数は2,400個と2,441個であった。

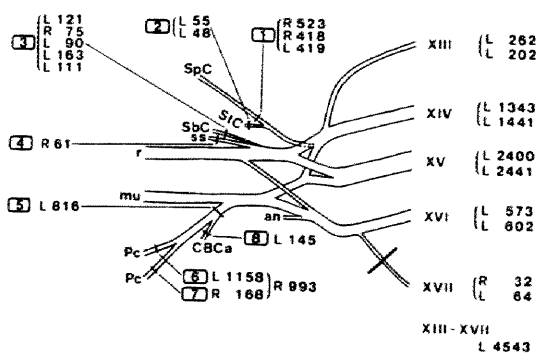
図9a-c 第XVI脊髓神経腹枝の切断

変性細胞は第XVI脊髓節内に位置し、尾方に進むほどしだいに減少した。

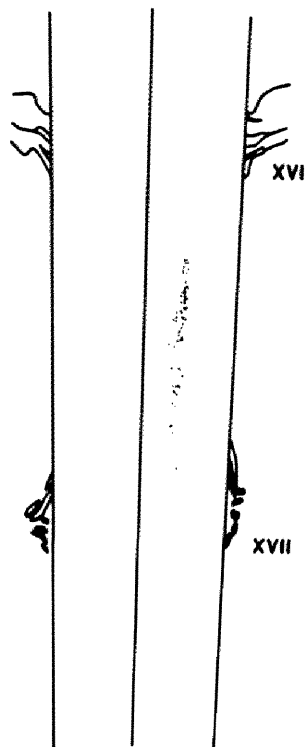
その数は573個と602個であった。

図10a-c 第XVII脊髄神経腹枝の切断

変性細胞は第XVI脊髄節の尾側部と第XVII脊髄節の頭側部に非常にまばらに散在し、その数は32個と64個であった。



10 a



10 b



10 c

図11-35 a-c 個々の前肢筋を支配する神経の切断部位と変性細胞の局在

a : 神経の切断部位

図中で切断部位の整理番号に下線を引いて切断部位を示す。

b : 変性細胞が各髄節の中央の高さと境界の高さの横断切片上で占める位置

ローマ数字は髄節の番号を示す。

c : 変性細胞の頭尾方向における分布

縦軸は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、横

軸のローマ数字は髄節の番号を表わす。

右上のnは変性細胞の総数

である。

図11 a-c *N. supracoracoides* の切断 (1)

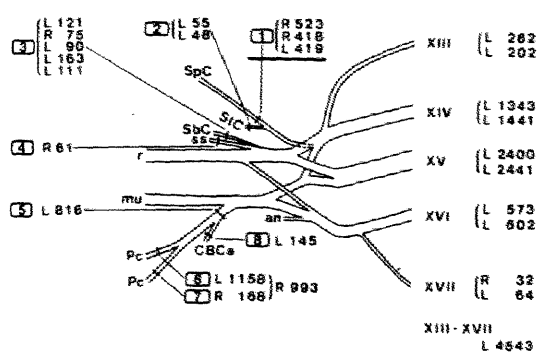
この神経は *M. supracoracoides* (SpC) を支配する。

変性細胞

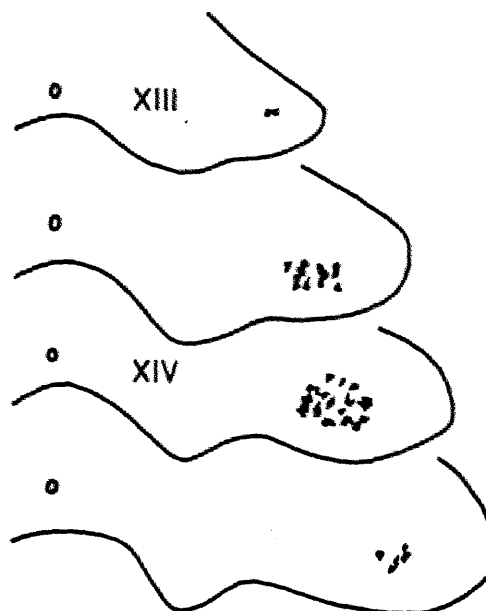
は第XIII脊髄節の中央部から第XV脊髄節の頭側部まで存在し、*Lamina 9*

で腹内側部を占めていた。

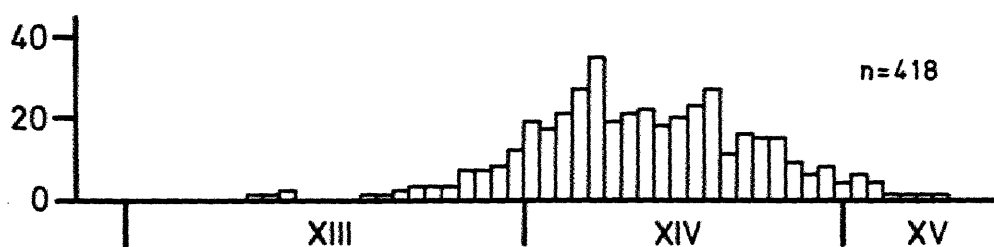
その数は3例を平均すると453個であった。



11a



11b



11c

図12a-c *M. sternocoracoideus* (StC)を支配する神経の切断(2)

変性細胞は第XIII脊髄節の頭側部から第XIV脊髄節の頭側部までに散在

し、*lamina* 9で最内側域に見られた。その数は2例を平均すると

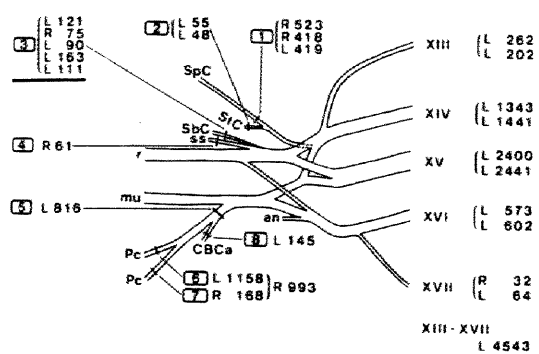
52個であった。

図13a-c *N. subcoracoscapularis* の切断 (3)

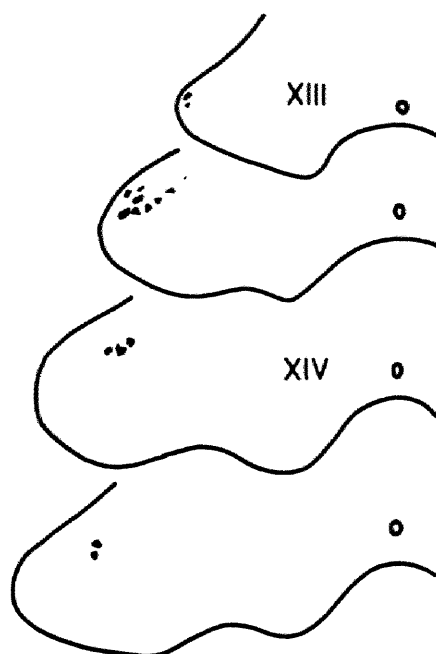
この神経は *M. subcoracoideus* (SCC) を支配する。 変性細胞は第

XIII 脊髄節の中央部から第 XIV 脊髄節の尾側端までに分布し、*lamina* 9 で

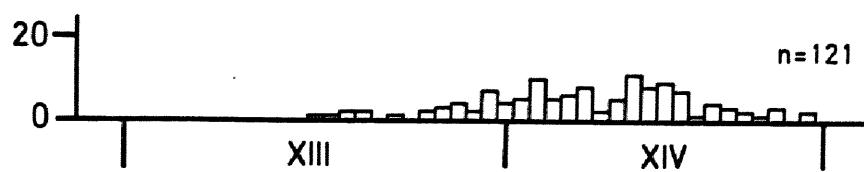
背外側部に見られた。 その数は 5 例を平均すると 112 個であった。



☒ 13 a



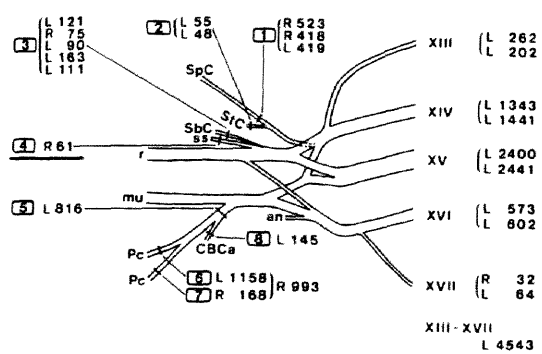
☒ 13 b



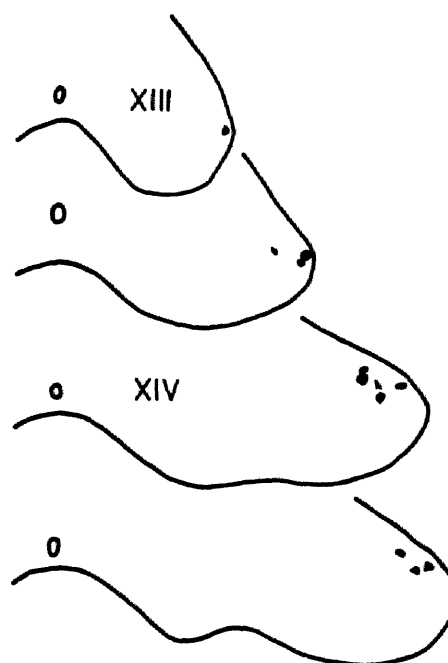
☒ 13 c

図14a-c *M. subscapularis* の切断 (4)

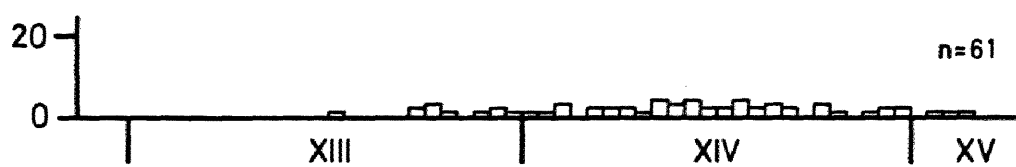
この神経(ss)は *M. scapulohumeralis cranialis* (SHCr), *M. scapulohumeralis caudalis* (SHCa), *M. subscapularis* (S&S) を支配する。変性細胞は第XIII脊髄節の中央部から第XV脊髄節の頭側部までに散在し、*lamina* 9で背外側部に見られた。その数は61個であった。



☒ 14 a



☒ 14 b



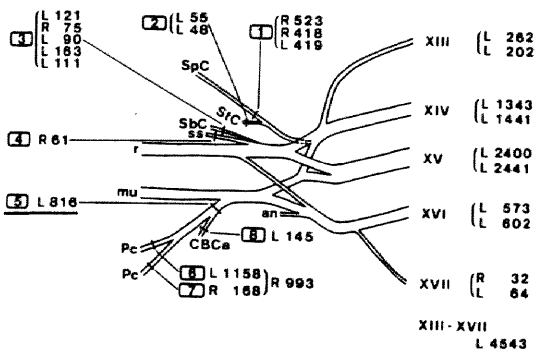
☒ 14 c

図15a-c *n. pectoralis* の切断 (5)

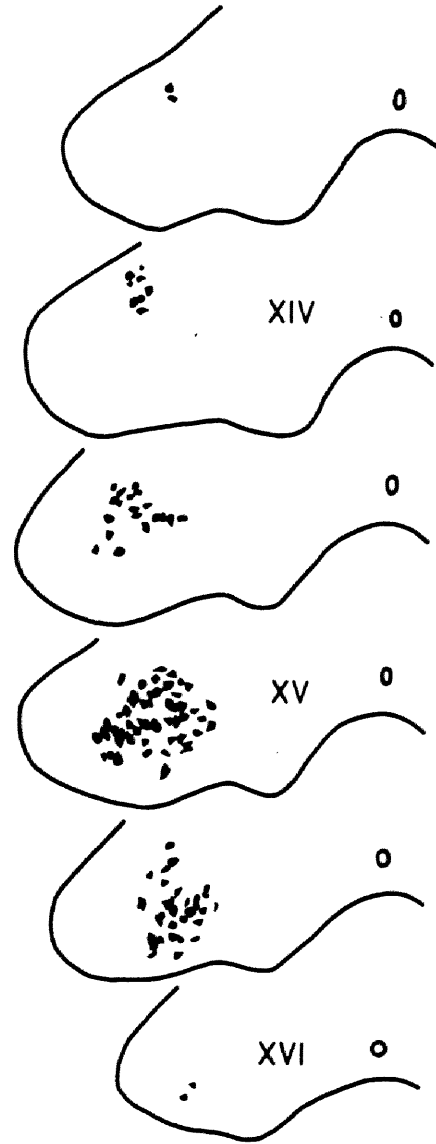
この神経については切断部位 6 - 8 の実験に細区分できる。 変性

細胞は第XIV脊髄節の頭側端から第XVI脊髄節の中央部までに存在し、

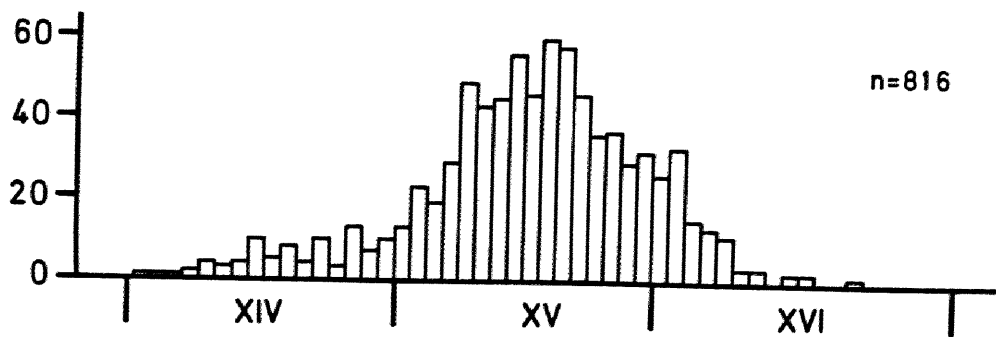
lamina 9 で内側部に位置していた。 その数は 816個であった。



15 a



15 b



15 c

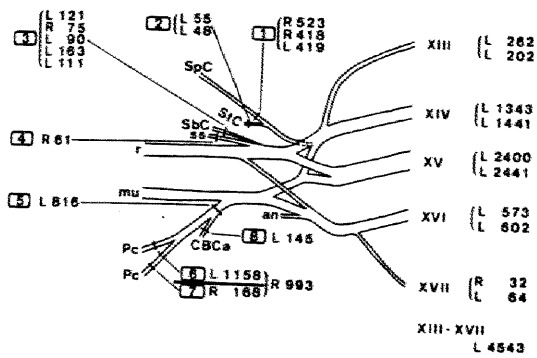
図16 a-c *N. pectoralis cranialis*の切断(6)

この神経は *N. pectoralis caudalis* とともに *M. pectoralis* (Pc) を

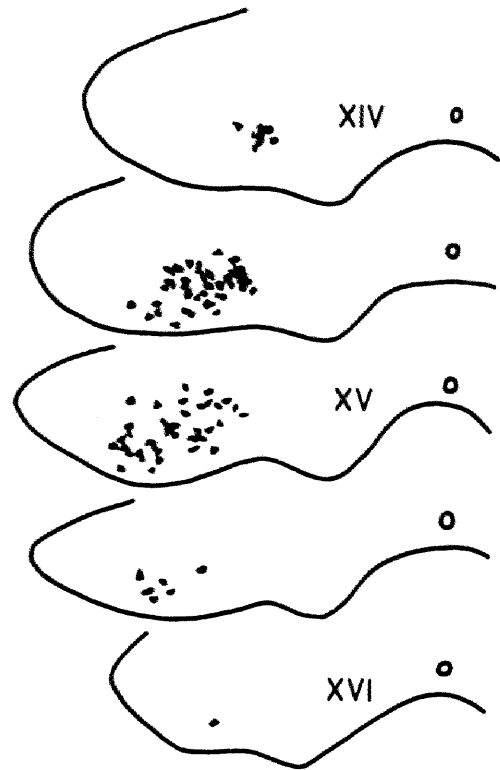
支配する。 変性細胞は第XIV脊髄節の中央部から第XVI脊髄節の

中央部にまで分布し、 *lamina 9* で腹内側部を占めていた。 その数は

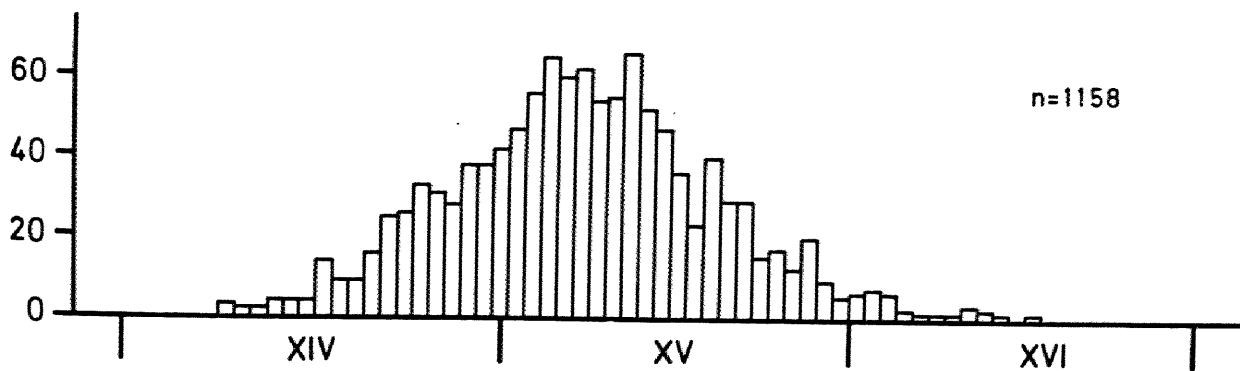
1,158個であった。



16a



16b



16c

図17a-c *N. pectoralis caudalis* の切断 (7)

この神経は *N. pectoralis cranialis* とともに *M. pectoralis* (Pc) を

支配する。 変性細胞は 第XV脊髄節の中央部から第XVI脊髄節の

中央部にまで分布し、 *lamina 9* の内側部に位置していた。 その数

は 168 個であった。

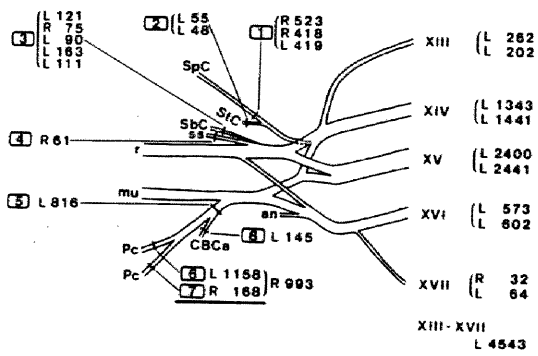


图 17 a

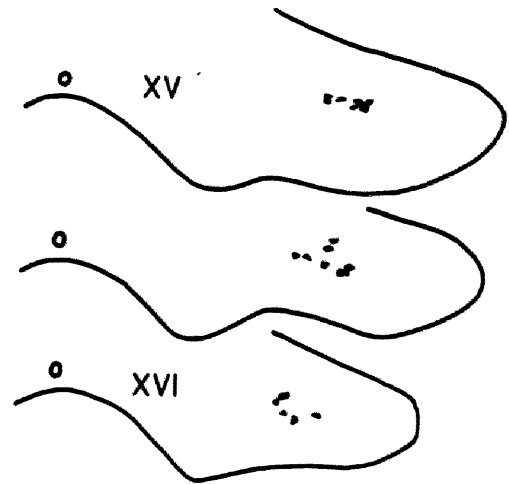


图 17 b

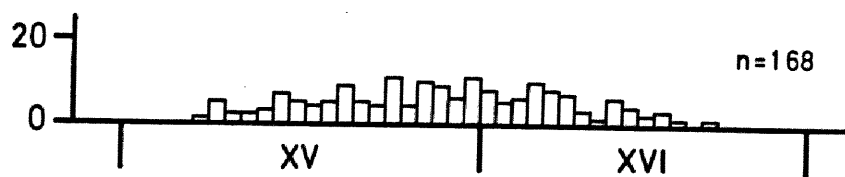


图 17 c

図18a-c *N. pectoralis cranialis* と *N. pectoralis caudalis* の切断

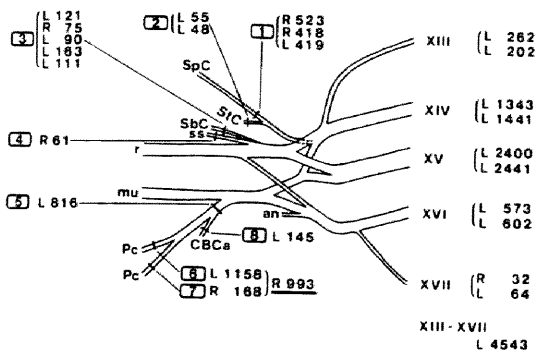
(6 と 7)

この神経はともに *M. pectoralis* (*Pc*) を支配する。 変性細胞は

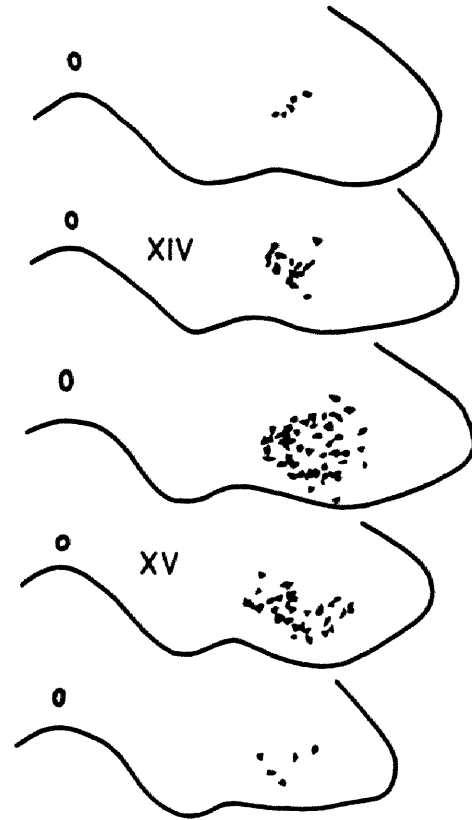
第XIII脊髄節の尾側部から第XVI脊髄節の頭側部にまで分布し、

lamina 9 の腹内側部を占めていた。 その数は993個であった。

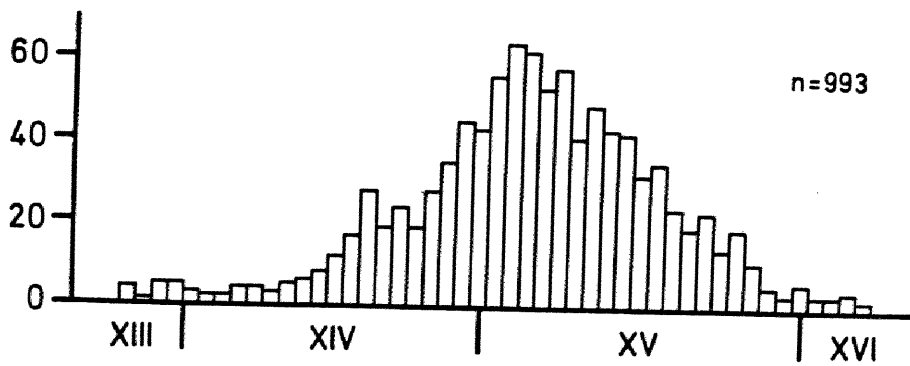
この個体は変性細胞の分布範囲が頭側にずれていると思われる。



18a



18b



18c

図19a-c *n.m. coracobrachialis caudalis*の切断(8)

この神経は *M. coracobrachialis caudalis* (CBCa)を支配する。

変性細胞は 第XIV脊髄節の頭側端から第XV脊髄節の中央部までに存在し、

*lamina 9*で背内側域に見られた。 その数は145個であった。

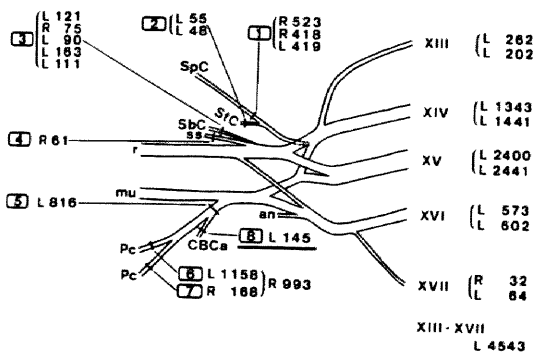


图 19a

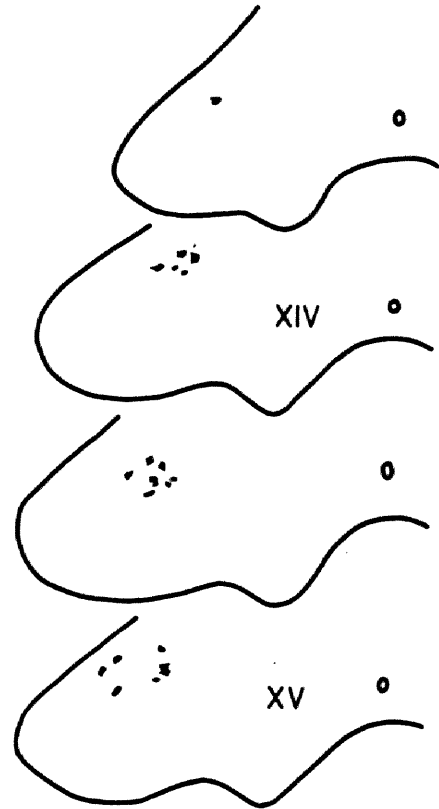


图 19b

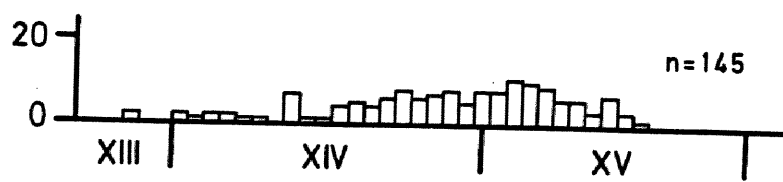
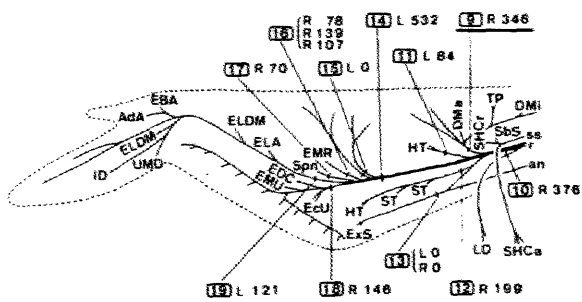


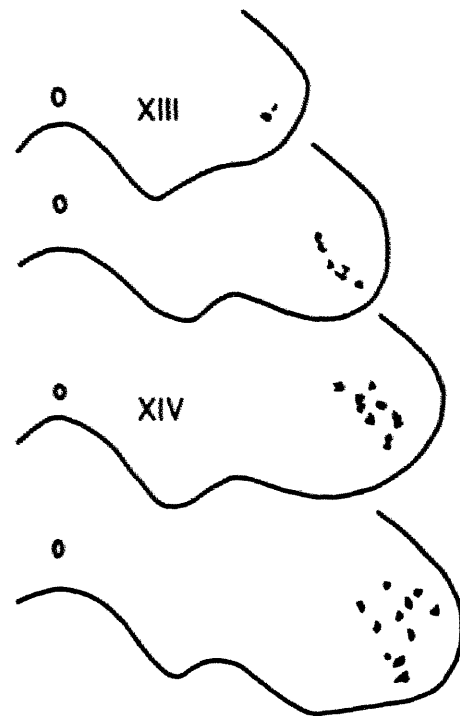
图 19c

図 20 a-c *N. axillaris* の切断 (9)

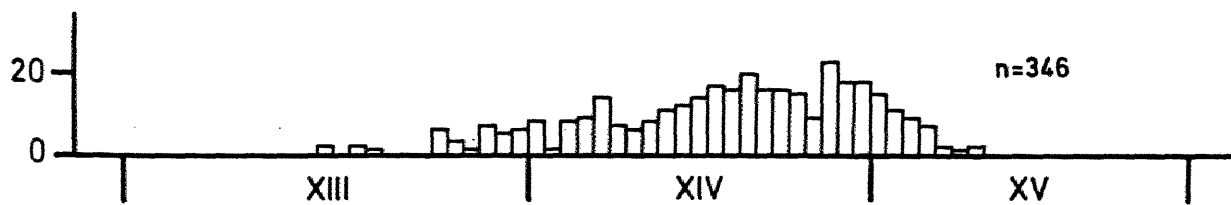
この神経は *M. tensor propatagialis* (TP)、*M. deltoideus major* (DMA)、*M. deltoideus minor* (DMi) を支配する。変性細胞は第XIII脊髄節の中央部から第XV脊髄節の頭側部までに分布し、*lamina 9* で中央部に散在していた。その数は 346 個であった。



☒ 20 a



☒ 20 b



☒ 20 c

図21a-c *N. m. latissimus dorsi* の切断 (10)

この神経は *M. latissimus dorsi* (LD) を支配する。変性細胞は第
XIV 脊椎節の中央部から第 XV 脊椎節の尾側部までに存在し、*lamina* 9 で
最外側部を占めていた。その数は 376 個であった。

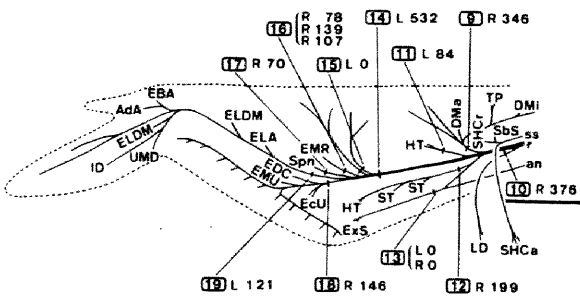


图 21a

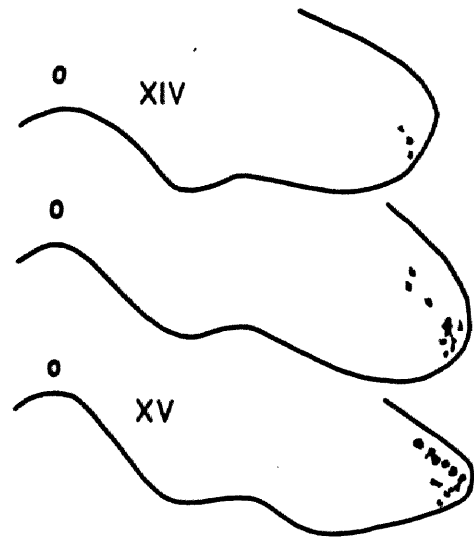


图 21b

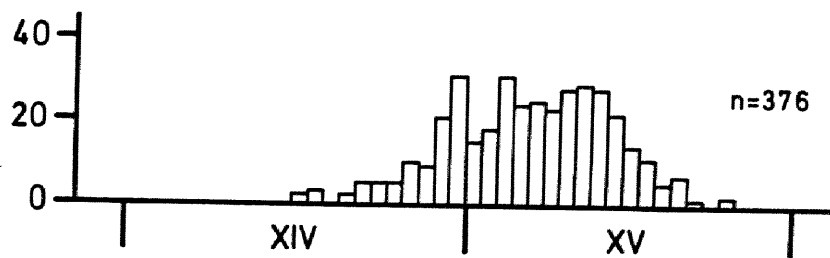


图 21c

図22a-c *n.m. humerotricipitis* の切断 (11)

この神経は *M. humerotriceps* (HT) を支配する。変性細胞は第
XIV 脊椎節の尾側部から第 XV 脊椎節の尾側部までに存在し、*lamina 9*
で中央部に位置していた。その数は 84 個であった。

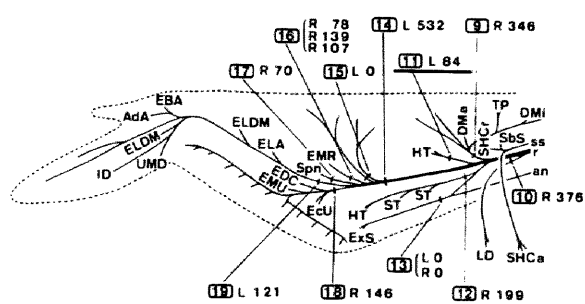


图 22a

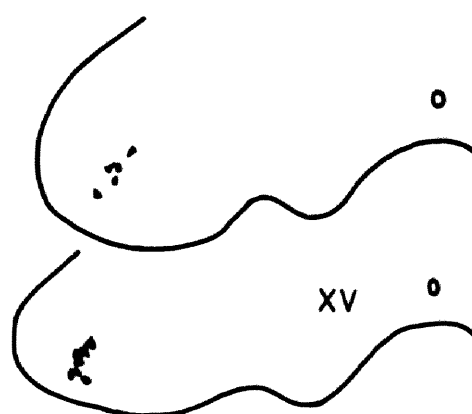


图 22b

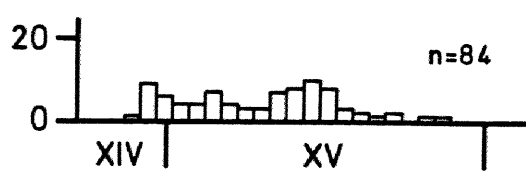


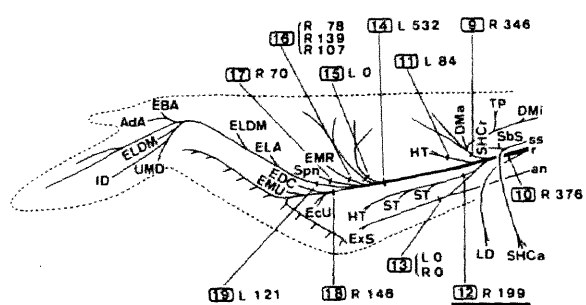
图 22c

図23a-c *N. m. scapulothoracicus* の切断 (12)

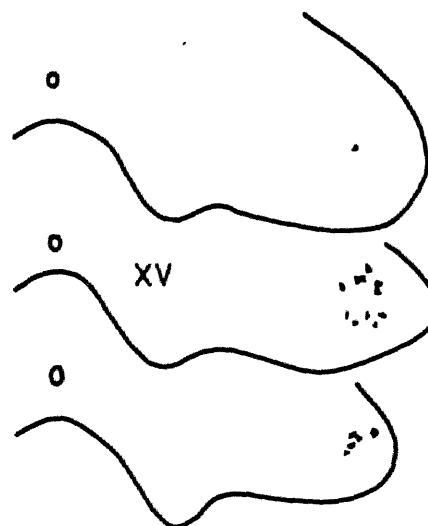
この神経は *M. scapulothoracicus* (ST) を支配する。変性細胞は第XV

脊髄節の頭側端から第XVI脊髄節の頭側部までに分布し、*lamina 9*

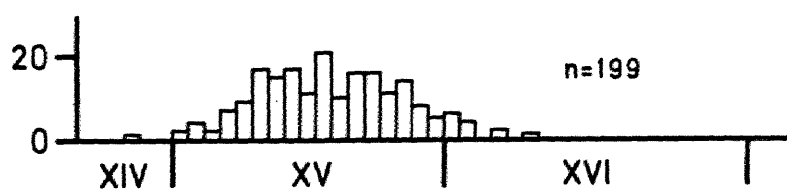
で中央部に散在していた。その数は199個であった。



☒ 23a



☒ 23b



☒ 23c

図24 a-c *N. radialis* の切断 (14)

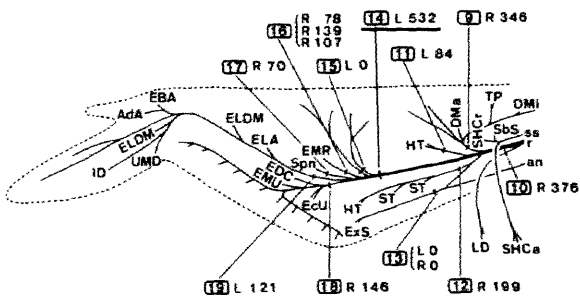
この神経については切断部位 15 - 19 の実験に細区分できる。

変性細胞は第XIV脊髄節の頭側部から第XVI脊髄節の中央部までに分布し、

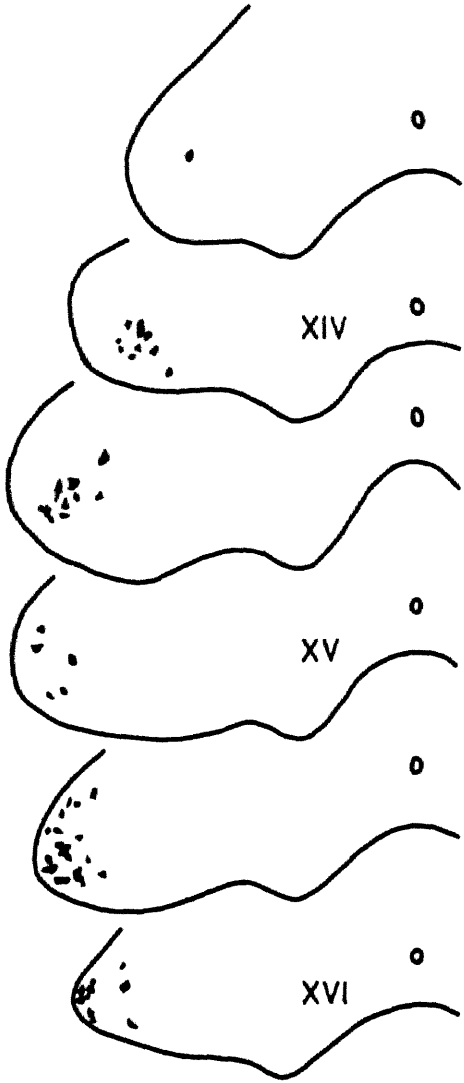
lamina 9で外側部を占めていた。その数は532個であった。

変性細胞は頭尾方向に2つの集団に分かれる傾向を示し、頭側の集団は

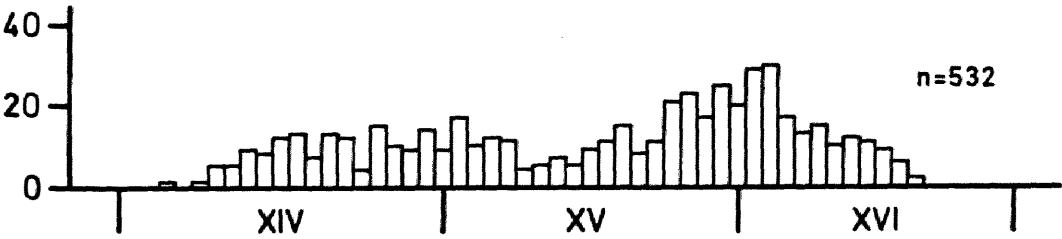
213個の変性細胞を、尾側の集団は319個の変性細胞を含んでいた。



24a



24b



24c

図25a-c *M. extensor metacarpi radialis* (EMR)を支配する神経の切断

(16)

変性細胞は第XIV脊髓節の頭側部から第XV脊髓節の頭側部までに存在し、

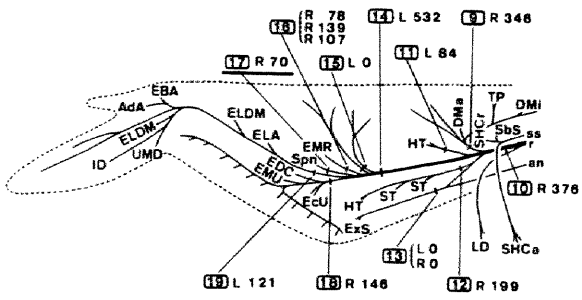
lamina 9で腹外側部に見られた。その数は3例を平均すると108個

であった。

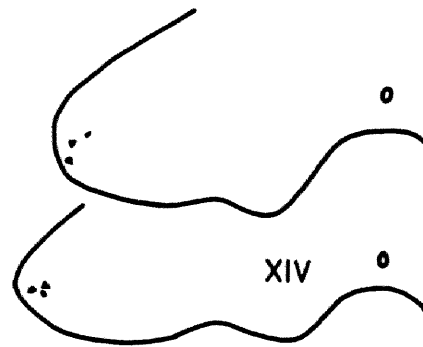
図26a-c *M. supinator* (Spn)を支配する神経の切断 (17)

変性細胞は第XIV脊髄節内に存在し、*Lamina 9*で最外側部を占めていた。

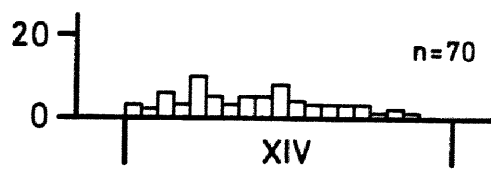
その数は70個であった。



26 a



26 b



26 c

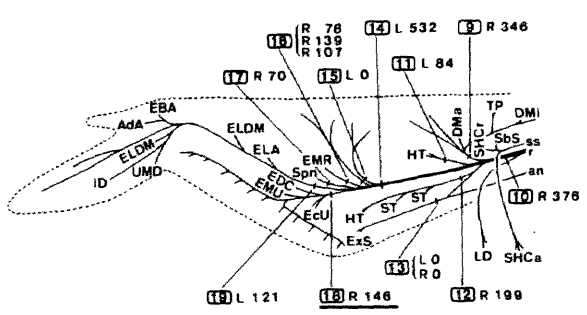
図27a-c *N. radialis* の *R. superficialis* の切断 (18)

この神経は *M. extensor digitorum communis* (EDC), *M. extensor metacarpi ulnaris* (EMU), *M. ectepicondylo-ulnaris* (EcU)

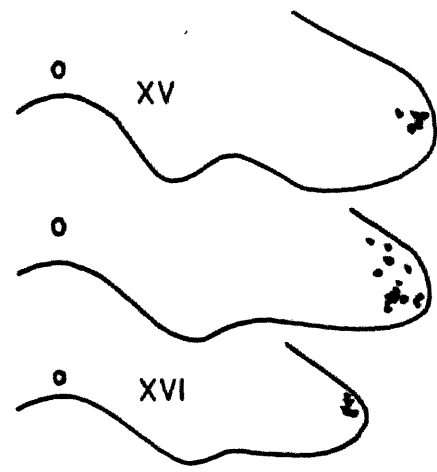
を支配する。 変性細胞は第XV脊髓節の中央部から第XVI脊髓節の

中央部までに分布し、*Lamina 9*で外側域に見られた。 その数は146

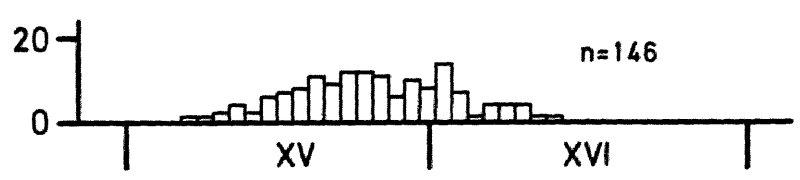
個であった。



27a



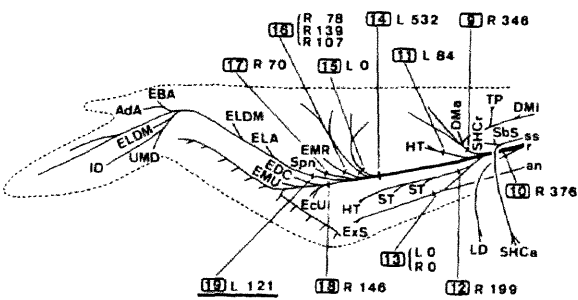
27b



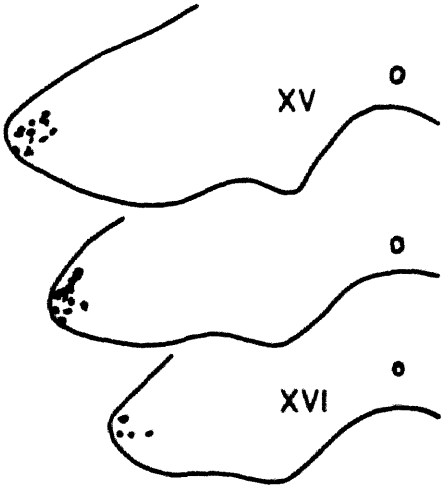
27c

図28a-c *N. radialis* の *R. profundus* の切断 (19)

この神経は *M. extensor longus alulae* (ELA), *M. extensor longus digiti majoris* (ELDM), *M. ulnometacarpalis dorsalis* (UMD), *M. interosseus dorsalis* (ID), *M. extensor brevis alulae* (EBA), *M. adductor alulae* (AdA) を支配する。
変性細胞は第XV脊髄節の中央部から第XVI脊髄節の中央部までに存在し、
lamina 9 で外側域に位置していた。 その数は121個であった。



28 a



28 b



28 c

図29a-c *N. m. coracobrachialis cranialis* の切断 (21)

この神経は *M. coracobrachialis cranialis* (CBCr) を支配する。

変性細胞は第XV脊髄節の前半分に散在し、*lamina 9* で最も腹側に見られ

た。その数は2例とも15個であった。

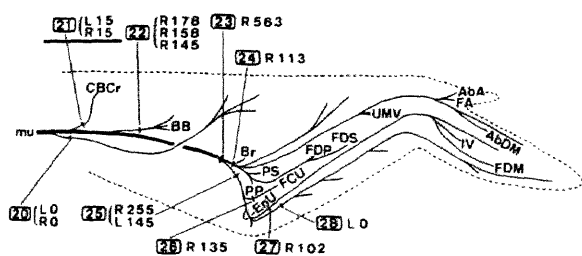


图 29a

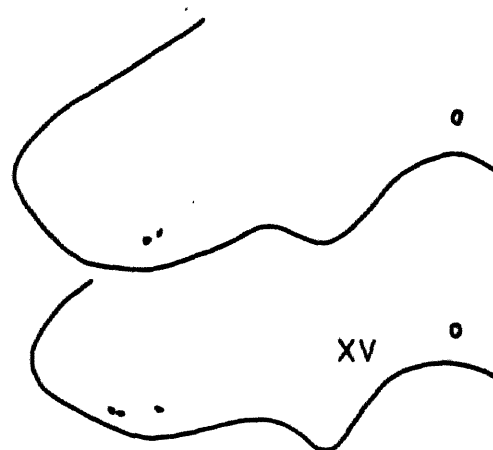


图 29b

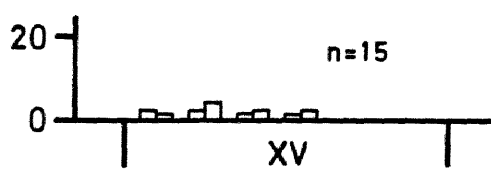
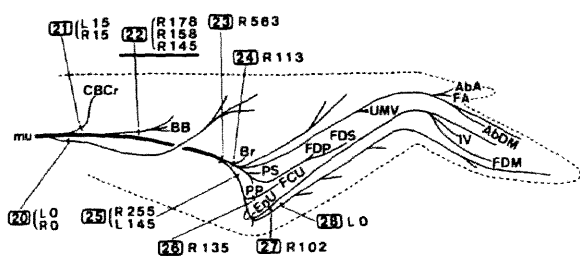


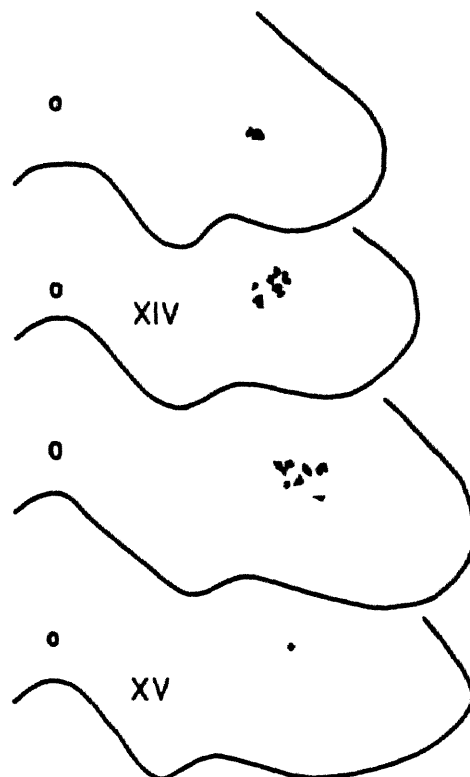
图 29c

図30a-c *N. bicipitalis* の切断 (22)

この神経は *M. biceps brachii* (BB) を支配している。 変性細胞
は第XIV脊髄節の頭側端から第XV脊髄節の中央部までに分布し、*lamina*
9で背内側部を占めていた。 その数は3例を平均すると160個であった。



☒ 30a



☒ 30b



☒ 30c

図3/a-c *N. medianoulnaris* の切断 (23)

この神経については切断部位 24 と 25 の実験に細区分できる。

変性細胞は第XIII脊髄節の尾側部から第XVI脊髄節の尾側端にまで

存在し、*lamina* 9で内側域に位置していた。その数は563個で

あった。変性細胞は第XV脊髄節の中央部を境にして頭尾方向に2つ

の集団に分かれ、頭側の集団は69個の変性細胞を、尾側の集団は

494個の変性細胞を含んでいた。

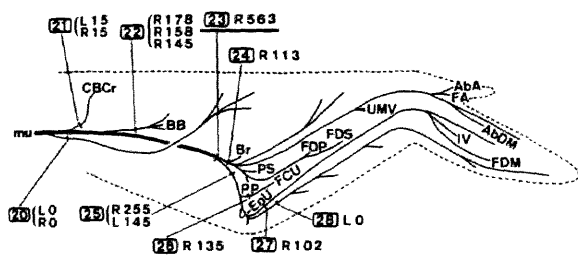


图 31a

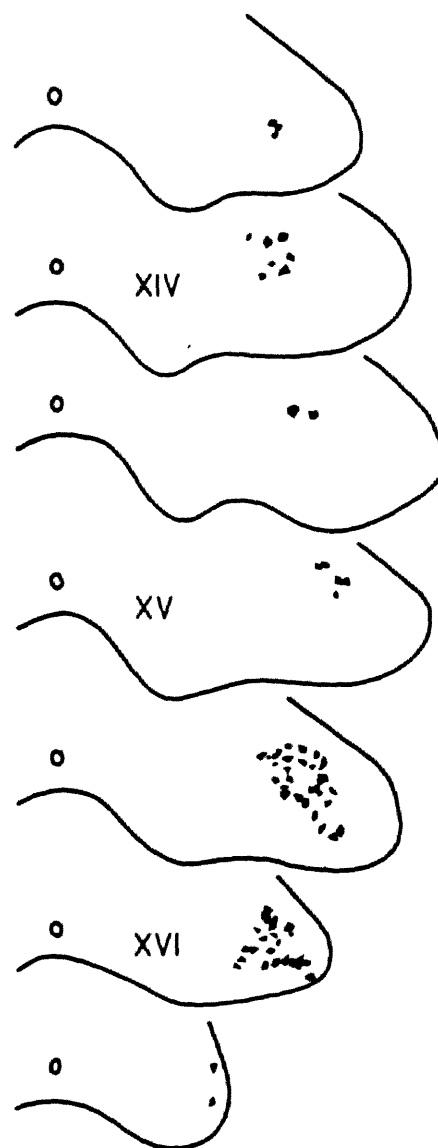


图 31b

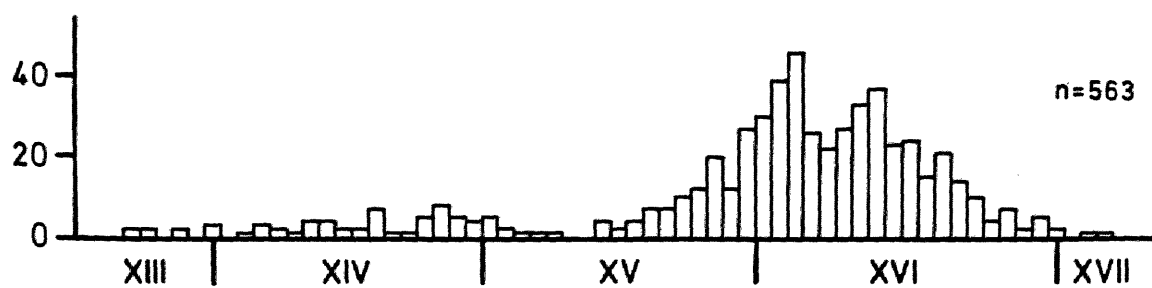


图 31c

図32a-c *N. medialis* の切断 (24)

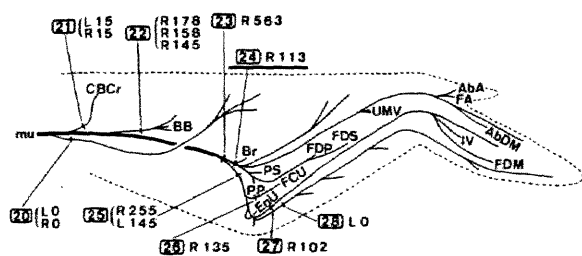
この神経は *M. brachialis* (Br), *M. pronator superficialis* (PS), *M. pronator profundus* (PP), *M. ulnometacarpalis ventralis* (UMV), *M. abductor alulae* (A&A), *M. flexor alulae* (FA), *M. abductor digiti majoris* (A&DM) を支配する。

変性細胞は第XIII脊髄節の尾側部から第XVI脊髄節の中央部までに散在し、

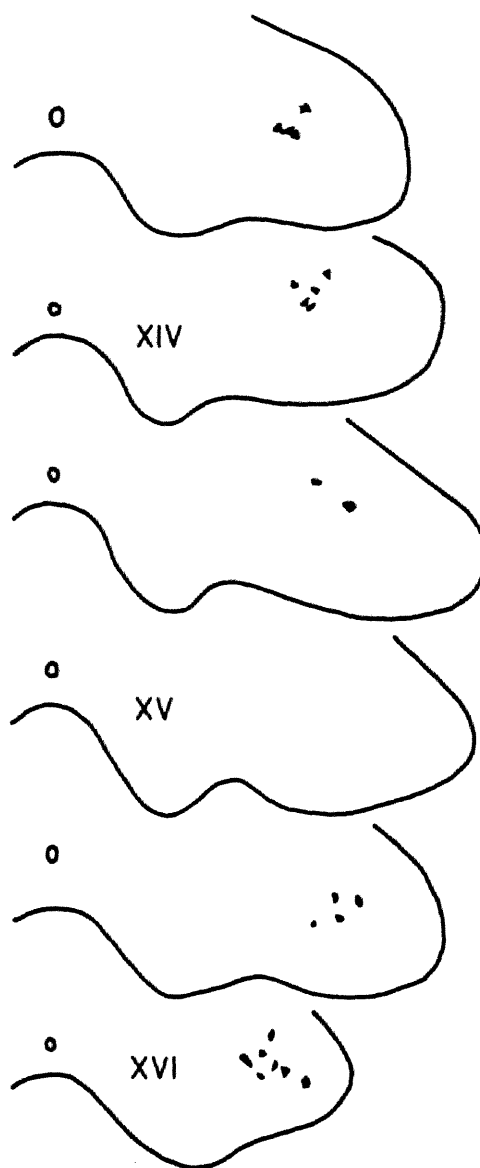
lamina 9 で内側域に見られた。その数は113個であった。

変性細胞は第XV脊髄節の頭側部を境にして頭尾方向に分かれ、頭側の

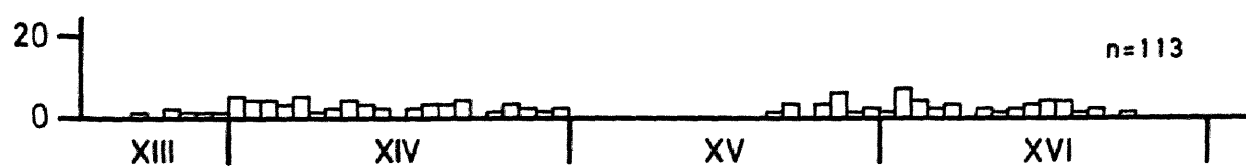
集団は60個の変性細胞を、尾側の集団は53個の変性細胞を含んでいた。



32a



32b



32c

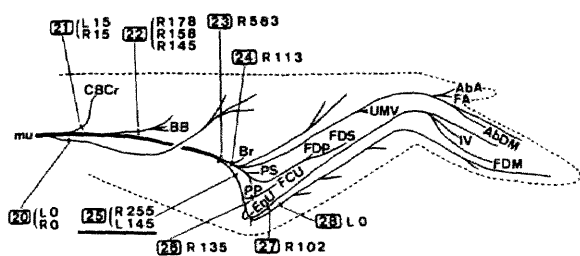
図33a-c *N. ulnaris* の切断 (25)

この神経については切断部位 26 - 28 の実験に細区分できる。

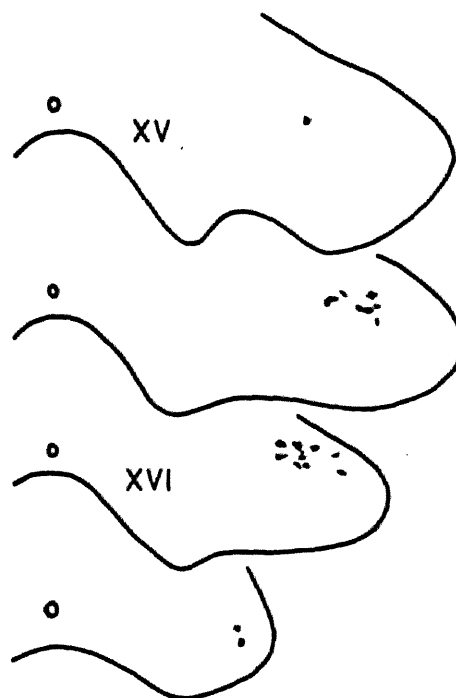
変性細胞は第XV脊髄節の中央部から第XVI脊髄節の尾側端までに存在し、

*lamina 9*で背側部を占めていた。その数は2例を平均すると200

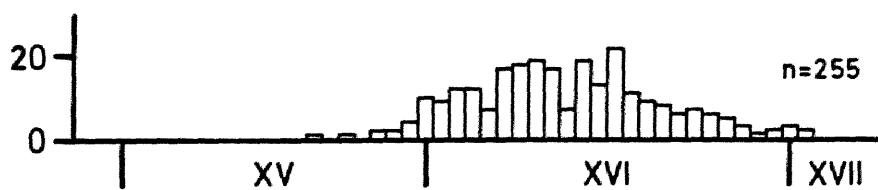
個であった。



☒ 33a



☒ 33b



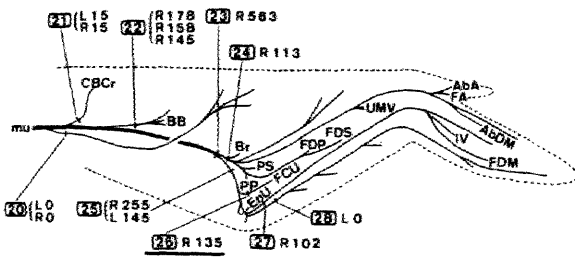
☒ 33c

図34a-c *M. flexor carpi ulnaris* (FCU)を支配する神経の切断

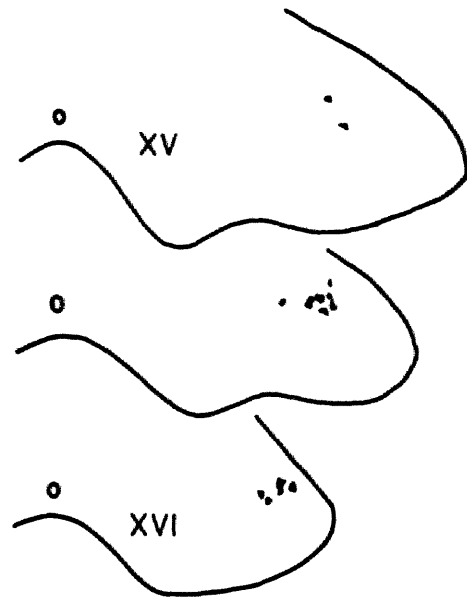
(26)

変性細胞は第XV脊髄節の中央部から第XVI脊髄節の中央部までに分布し、

*lamina 9*で背側部に位置していた。 その数は135個であった。



34a



34b



34c

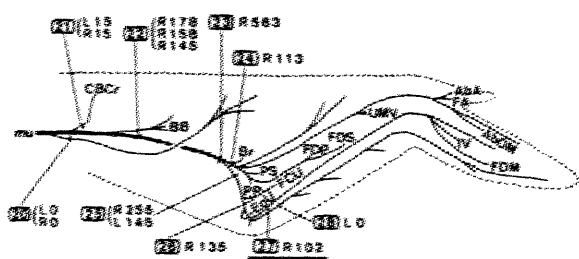
図35 a-c *N. ulnaris* の *R. cranialis* の切断 (27)

この神経は *M. interosseus ventralis* (IV) と *M. flexor digiti*

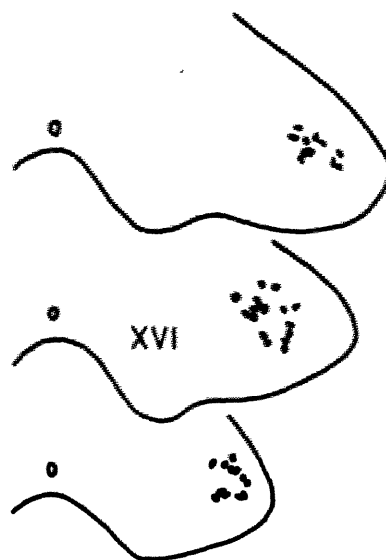
minoris (FDM) を支配する。 第XV脊髄節の尾側部から第XVII

脊髄節の頭側部までに存在し、*lamina* 9 で内側部を占めていた。

その数は102個であった。



35a



35b



35c

図36

各髄節の中央の高さと境界の高さの横断切片上における個々の前肢筋を

支配する運動神経細胞の局在

個々の前肢筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* の領域内である特定の部位を占め、頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成していた。 おのおのの切断例における結果を総合し、個々の前肢筋を支配する運動神経細胞が *lamina 9* の内部で占める領域を図中に筋名(大文字)または神経名(小文字)の略号によって示した。 ローマ数字は髄節の番号を表わす。

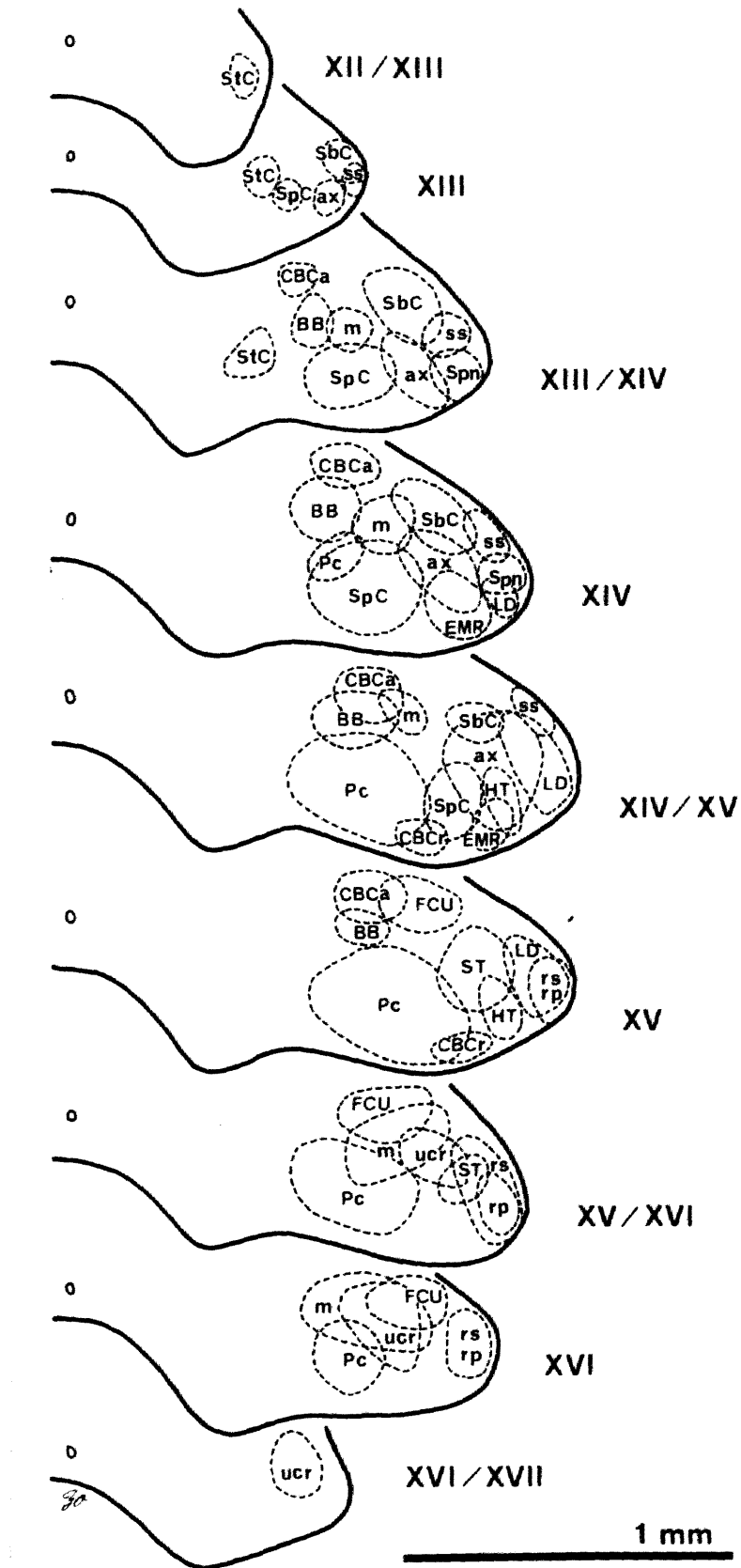


図37 a-c 前肢筋を支配する運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係

a : 運動神経細胞群の位置と筋の近位遠位方向の位置との関係

全体的に見れば近位の筋を支配する運動神経細胞(斜線の領域)は頭側の髄節に、遠位の筋を支配するもの(無地の領域)は尾側の髄節に存在する傾向がある。しかし詳細に検討すると運動神経細胞の頭尾方向の位置と筋の近位遠位方向の位置との間に相関関係が存在するとは言い難い。

M. sternocoracoideus (StC)については若干の疑問があるのでこの筋を支配する運動神経細胞(黒い領域)は考察から除外した。ローマ数字は髄節の番号を表わす。

b : 腹側神経束に軸索を送る運動神経細胞

腹側神経束に軸索を送る運動神経細胞は *Lamina 9* で内側域に局在する。

これをさらに近位の筋を支配するもの(横線の領域)と遠位の筋を支配するもの(梨子地の領域)に区分すると前者は後者よりも内側に位置している。

c : 背側神経束に軸索を送る運動神経細胞

背側神経束に軸索を送る運動神経細胞は *Lamina 9* で外側域に局在する。

これをさらに近位の筋を支配するもの(縦線の領域)と遠位の筋を支配するもの(無地の領域)に区分すると前者は後者よりも内側に位置している。

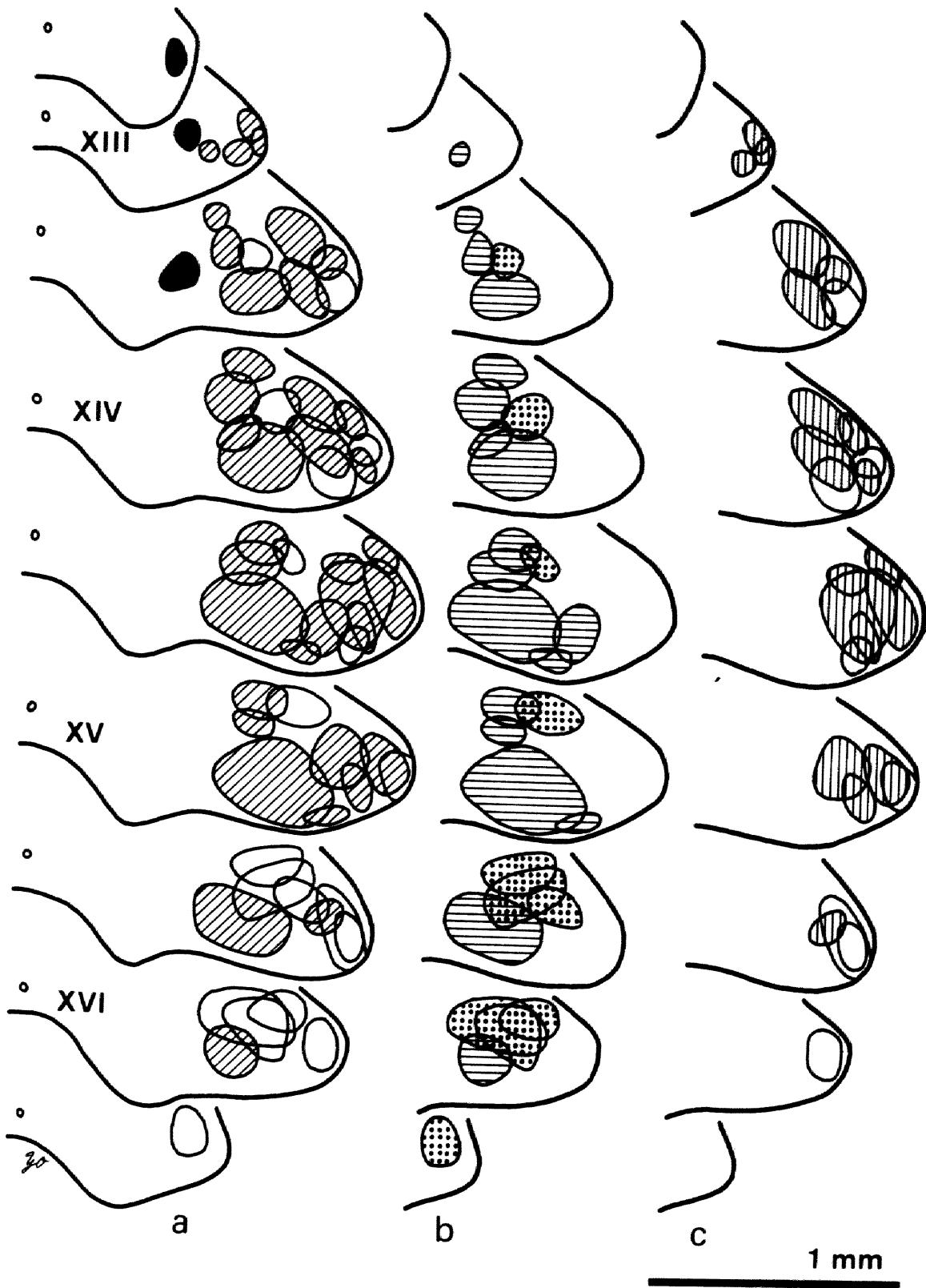


图 37

図38 a-c 上腕(a)、前腕(b)および手(c)における前肢の横断面

前肢筋の4つの集団、すなわち背側神経束により支配される近位の筋(D_p : 縦線の領域)と遠位の筋(D_d : 無地の領域)および腹側神経束により支配される近位の筋(V_p : 横線の領域)と遠位の筋(V_d : 梨子地の領域)を示す。筋の4つの集団はそれぞれ図37b, cの同じ横線の領域に存在する運動神経細胞によって支配される。破線(— — —)は背側神経束によって支配される筋と腹側神経束によって支配されるものとの間の境界を表わす。細かい点を付けた領域は肢骨を、小さな円は神経を示す。

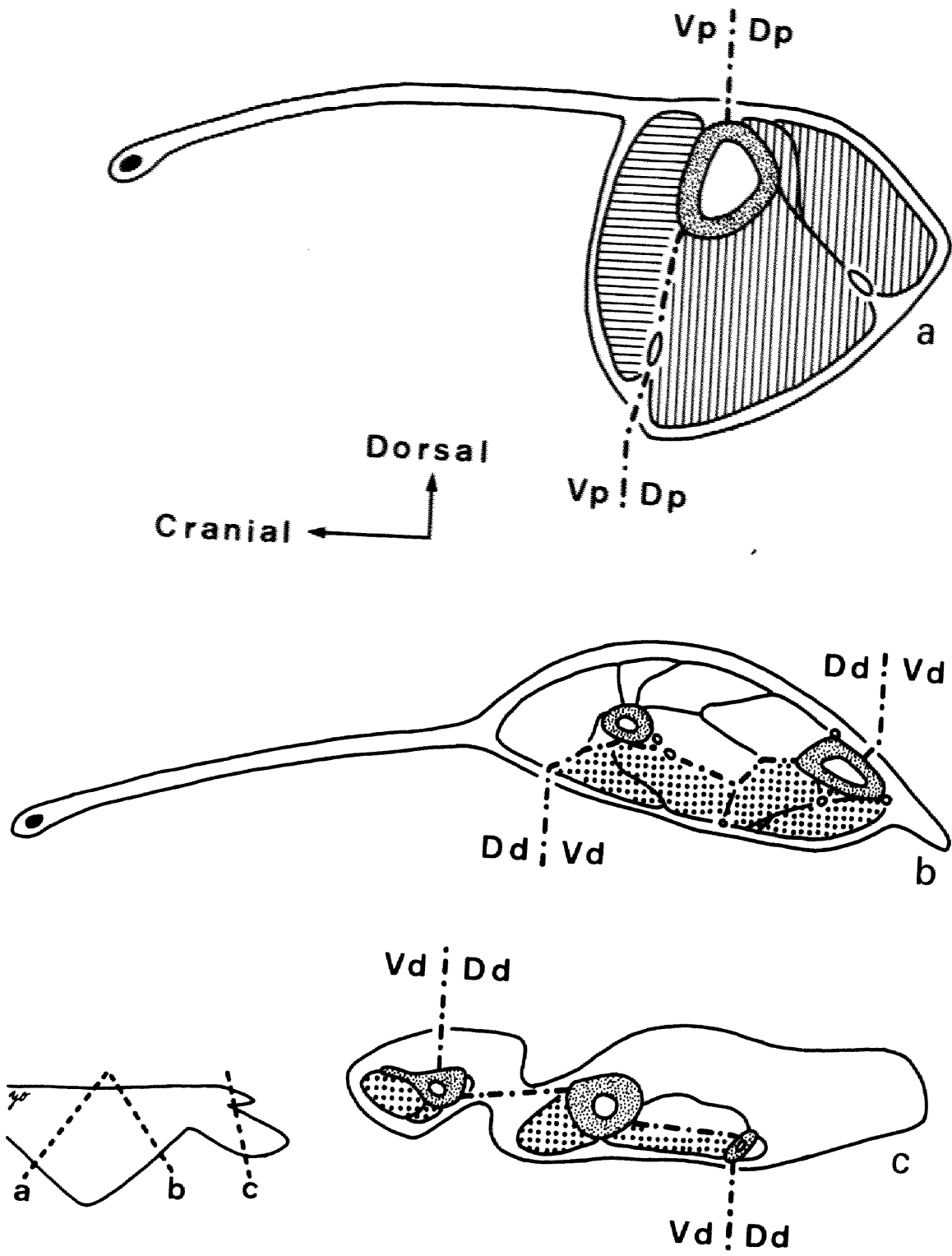


図39a-d 左側の *M. iliotibialis cranialis* を支配する神経(図40, 2)を切断して

16日後に固定したニワトリの脊髄における運動神経細胞

a : 第XXIV脊髄節の中央部を通る横断切片の全体像

腹角には内外2つの細胞集団、*lamina 8*と9があり、変性細胞は常に手術

側の *lamina 9*に見い出された。CC、中心管。 × 23。

b : 同一切片で左側の腹角を拡大した顕微鏡写真

変性細胞(ITC)は *lamina 9*のある特定部位を占めた。 × 88。

cとd : 同一切片で左側の *lamina 9*を拡大した顕微鏡写真

逆行性変性を起こした運動神経細胞(C)はニッスル物質の粉状化、核の偏在、

細胞の膨潤によって正常な細胞(N)から区別できる。 × 350。

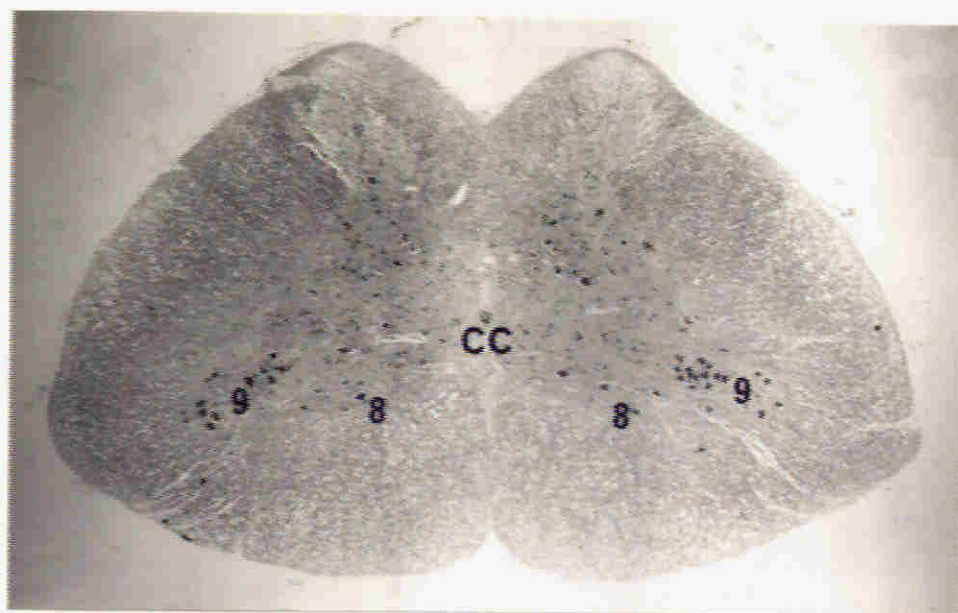


图 39 a

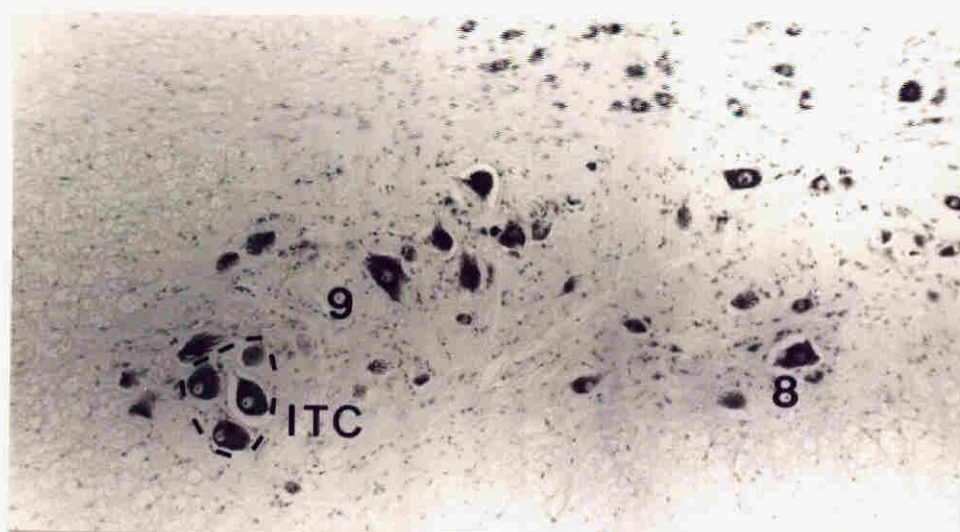


图 39 b

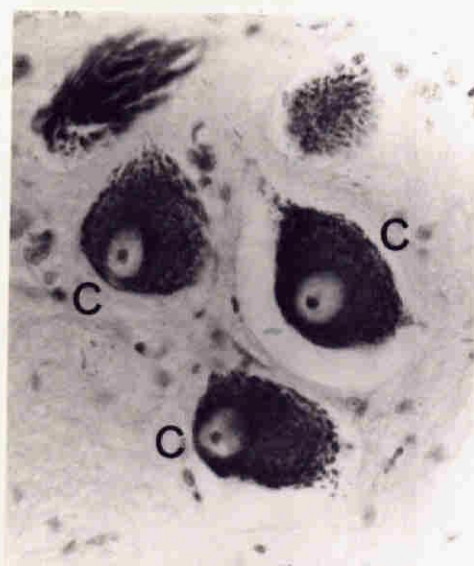


图 39 c

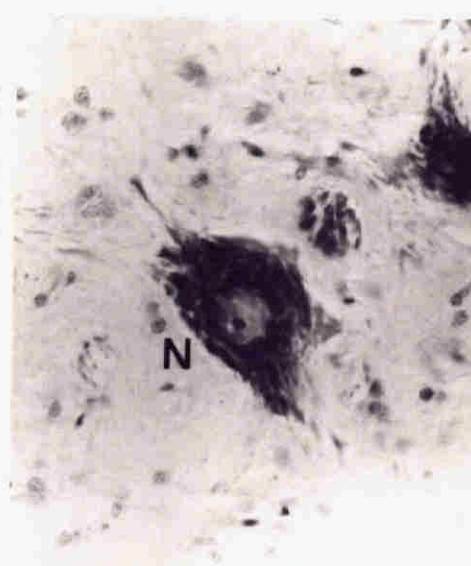


图 39 d

図40-42 後肢筋を支配する神経の切断部位と変性細胞数

個々の後肢筋を支配する神経の切断部位には 1 から 33 までの整理番号をつけ、

その神経を切断したときの変性細胞数を支配している筋の略号(大文字)とともに図示した。

図40 左側の腰神経叢(背側面)

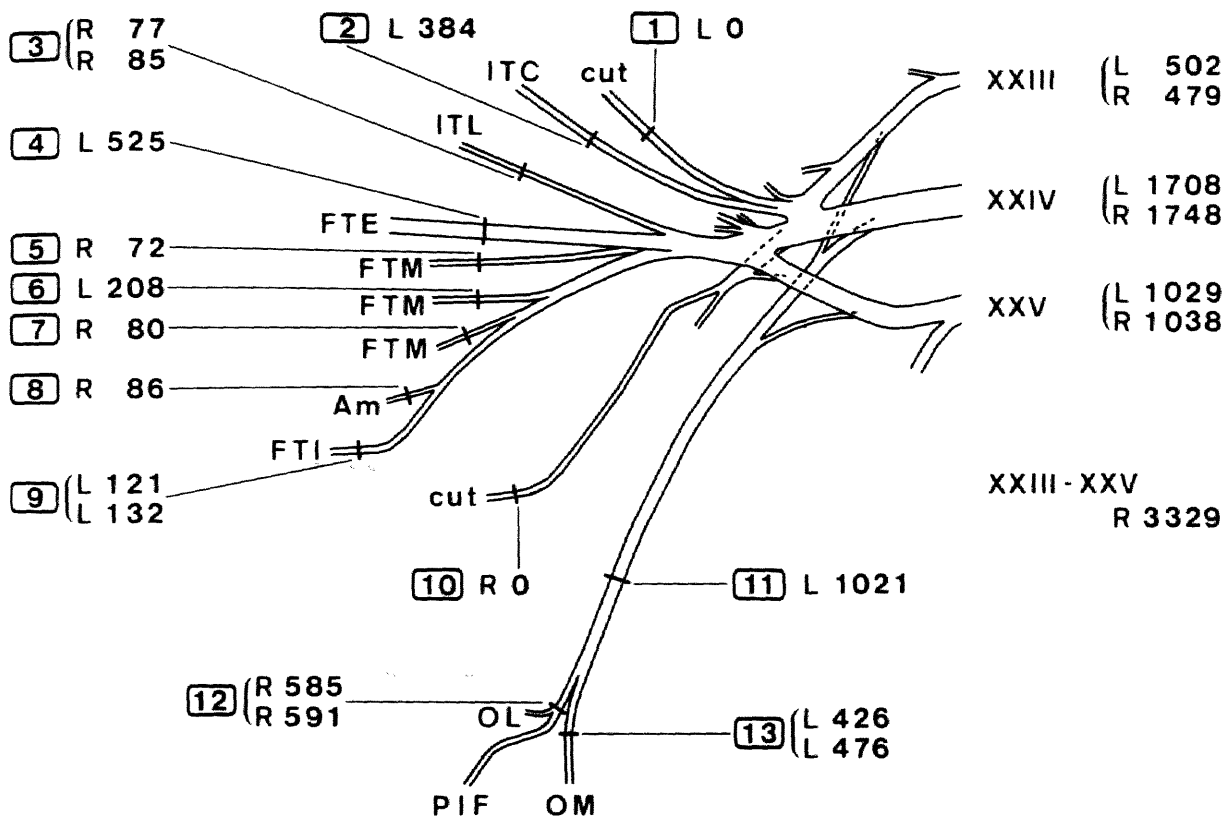
ローマ数字は脊髄神経腹枝の番号を、右端の数字は脊髄神経腹枝を切断したときの変性細胞数を表わす。

図41 左側の仙骨神経叢(背側面)

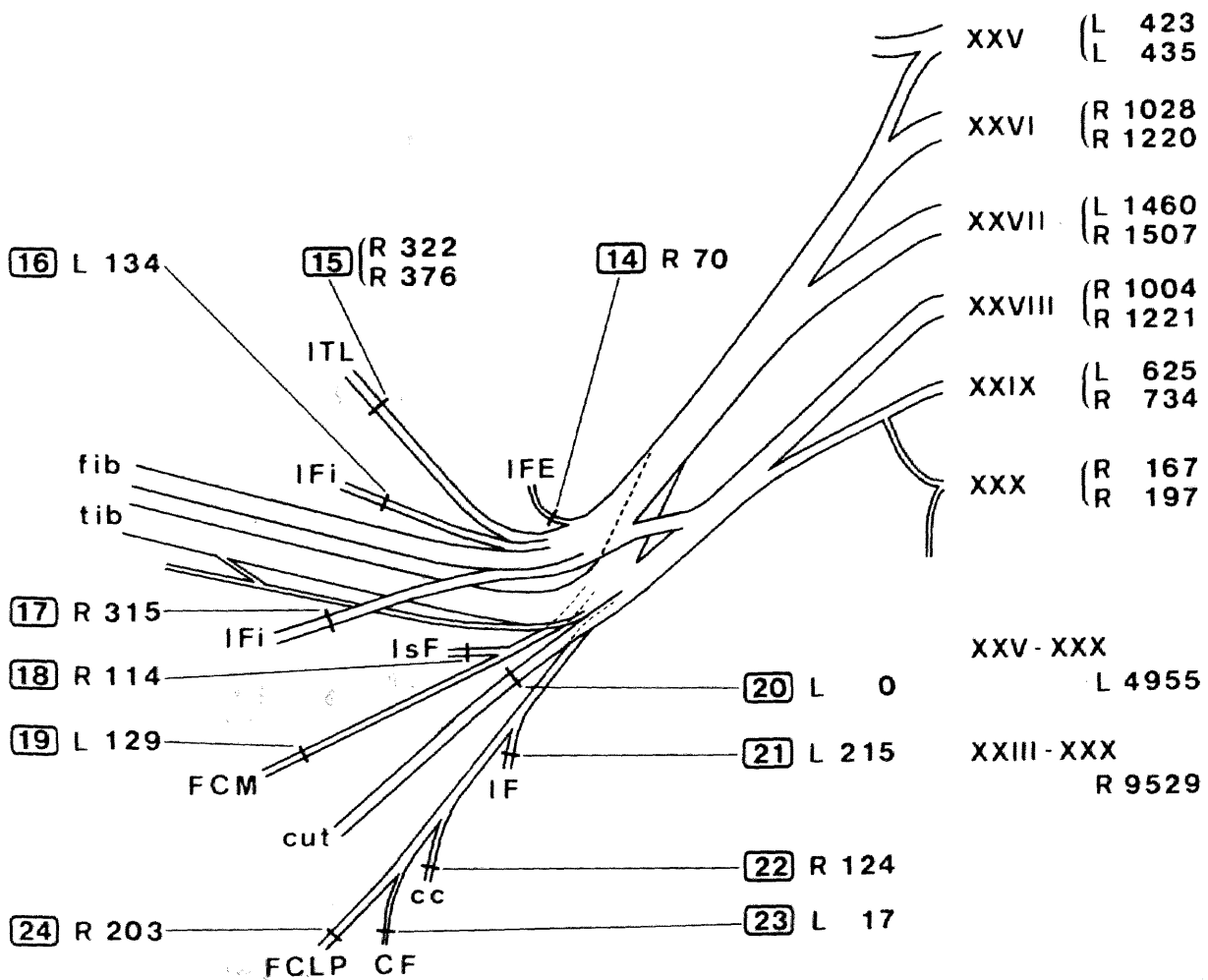
ローマ数字は脊髄神経腹枝の番号を、右端の数字は脊髄神経腹枝を切断したときの変性細胞数を表わす。 腓骨神経(*fib*)と脛骨神経(*tib*)はそれぞれ図42の同じ記号を付けた神経に続く。

図42 左側の下腿と足(外側面)

腓骨神経(*fib*)と脛骨神経(*tib*)の分布を示す。



40



41

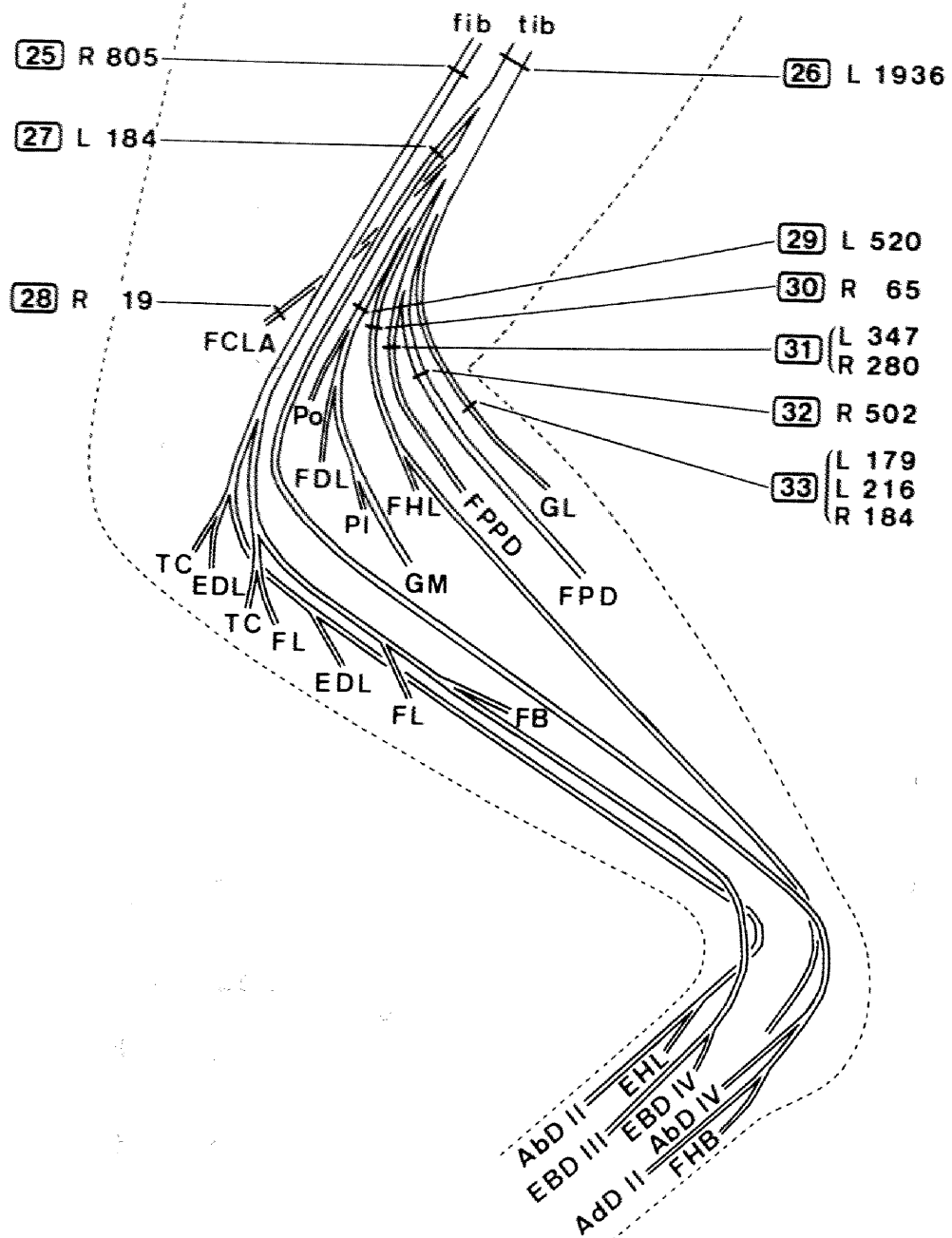


図43a-c 腰仙骨神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断部位と変性細胞の分布

aとb: 腰神経叢と仙骨神経叢における脊髄神経腹枝の切断部位

図中に実線で腹枝の切断部位を示す。

c : 変性細胞の頭尾方向における分布

縦線は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、横軸

のローマ数字は髄節の番号を表わす。 変性細胞は第XXIII脊髄節から

第XXX脊髄節までに分布し、その数は9,529個であった。

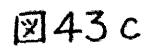
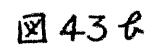
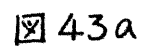


図44 a. b 腰神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断部位と変性細胞の
分布

a : 腰神経叢における脊髄神経腹枝の切断部位

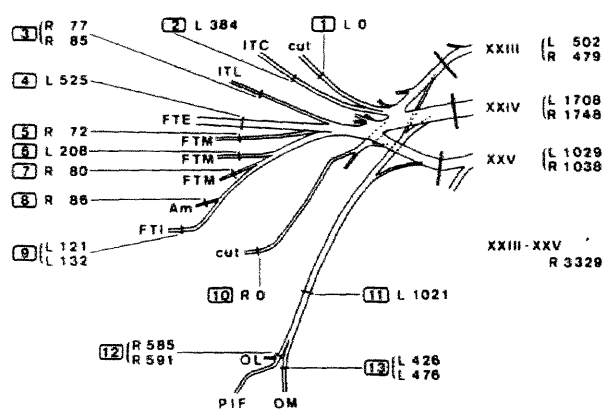
図中に実線で腹枝の切断部位を示す。

b : 変性細胞の頭尾方向における分布

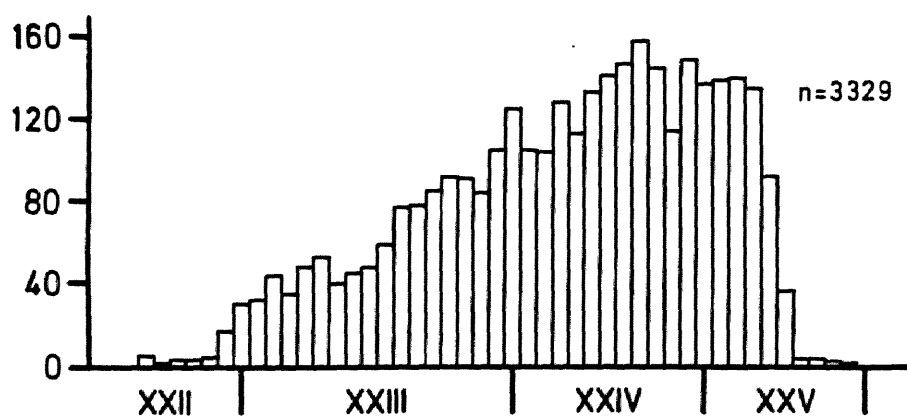
縦軸は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、横軸

のローマ数字は髄節の番号を表わす。 変性細胞は第XXIII脊髄節から第

XXV脊髄節までに存在し、その数は3,329個であった。



44a



44b

図45 a, b 仙骨神経叢を構成するすべての脊髄神経腹枝の切断部位と変性細胞の分布

a : 仙骨神経叢における脊髄神経腹枝の切断部位

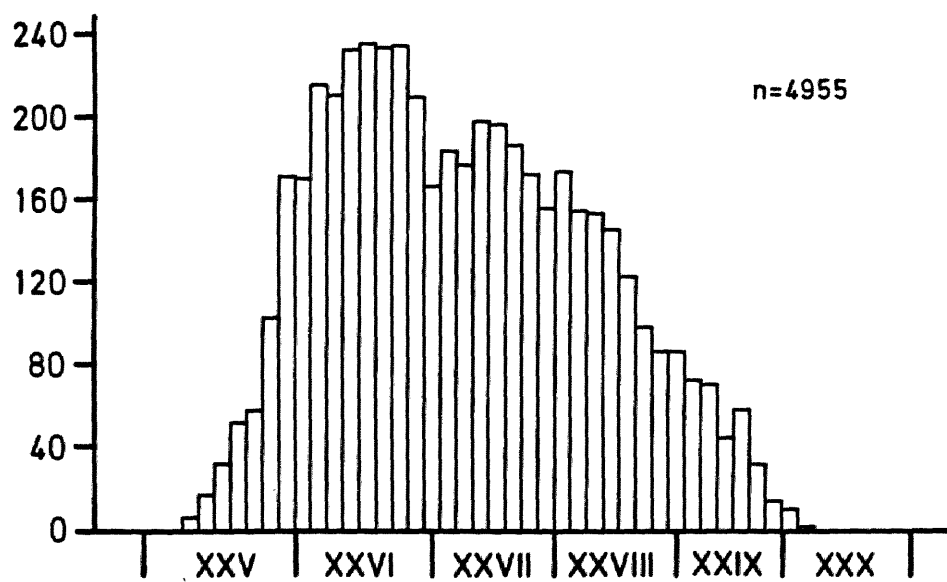
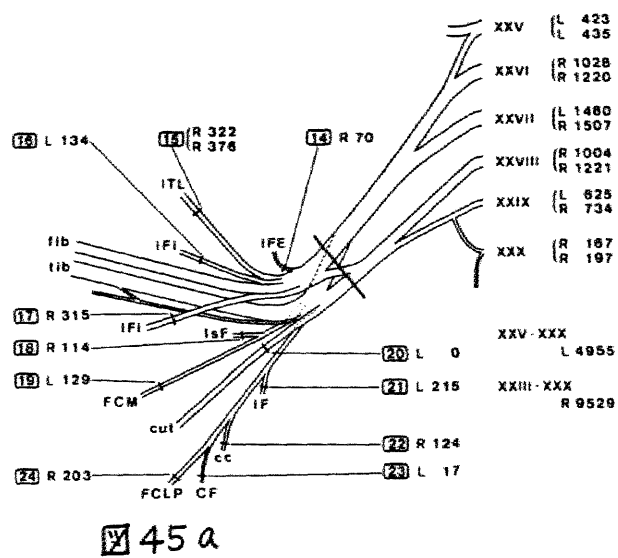
図中に実線で腹枝の切断部位を示す。

b : 変性細胞の頭尾方向における分布

縦軸は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、横軸の

ローマ数字は髄節の番号を表わす。 変性細胞は第XXV脊髄節から第

XXX脊髄節までに位置し、その数は4,955個であった。



45b

図46-54 a-c 腰仙骨神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断部位と変性細胞

の分布

a : 脊髄神経腹枝の切断部位

図中に実線で腹枝の切断部位を示す。

bとc: 変性細胞の頭尾方向における分布

腰仙骨神経叢を構成する個々の脊髄神経腹枝の切断はそれぞれ2例で行った。

縦軸は連続する横断切片20枚(300 μ m)に含まれる変性細胞数を、横軸

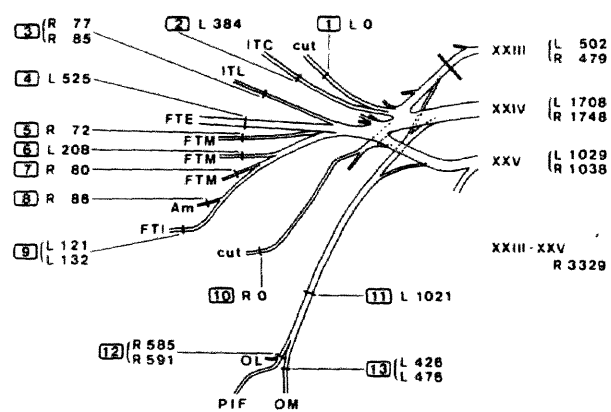
のローマ数字は髄節の番号を表わす。 右上の n は変性細胞の総数で

ある。

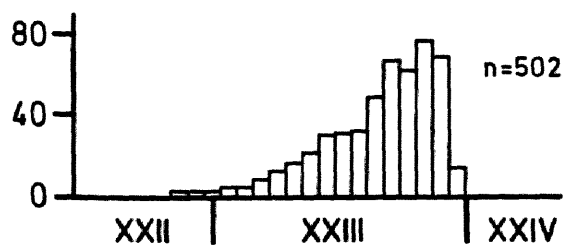
図46 a-c 第XXIII脊髄神経腹枝の切断

変性細胞は第XXIII脊髄節内に存在し、尾側に進むにつれて増加した。

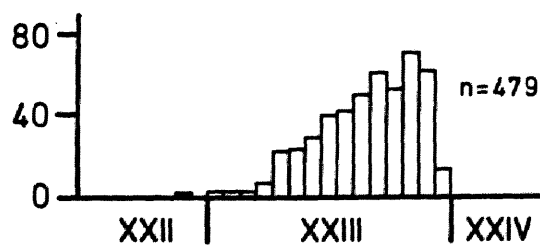
その数は502個と479個であった。



46a



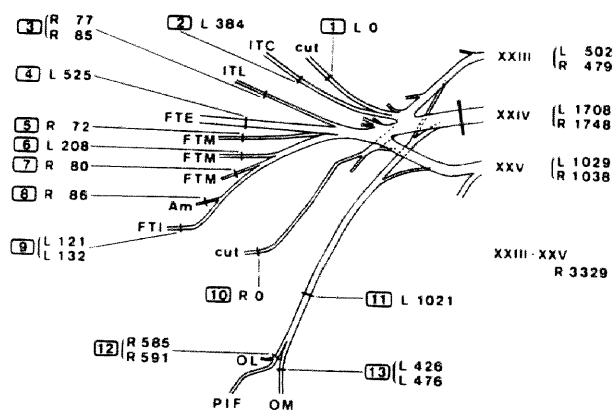
46b



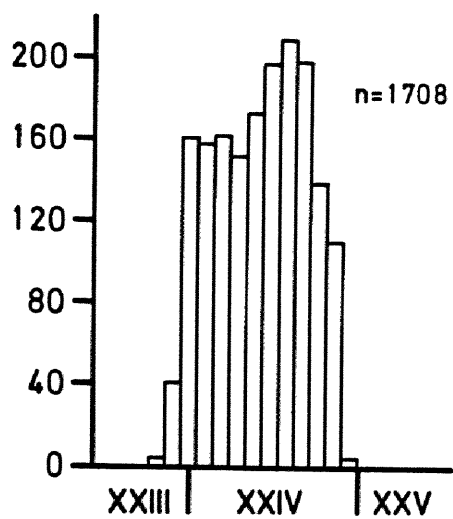
46c

図47a-c 第XXIV脊髓神経腹枝の切断

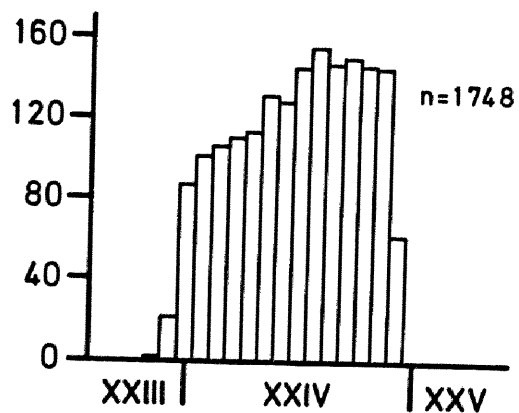
変性細胞は第XXIV脊髓節内に局在し、その数は1,708個と1,748個であった。



47a



47b

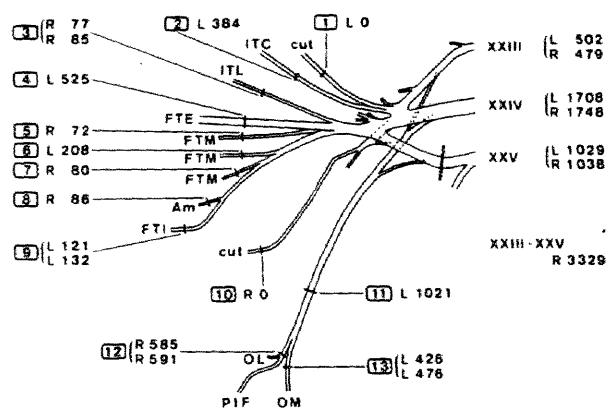


47c

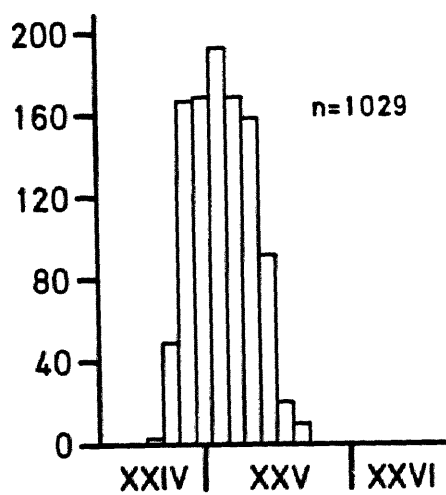
図48 a-c 第XXV脊髄神経腹枝のうち腰神経叢の形成に加わるものの切断

変性細胞は第XXV脊髄節内に位置し、尾方に進むと急激に減少した。 その

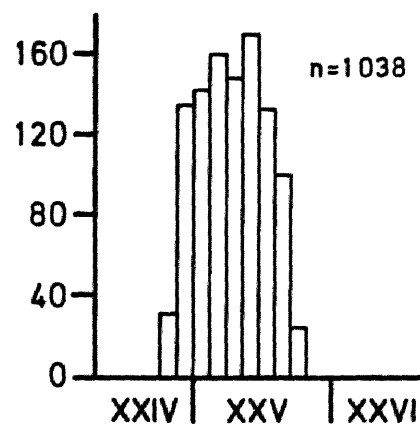
数は1,029個と1,038個であった。



48 a



48 b



48 c

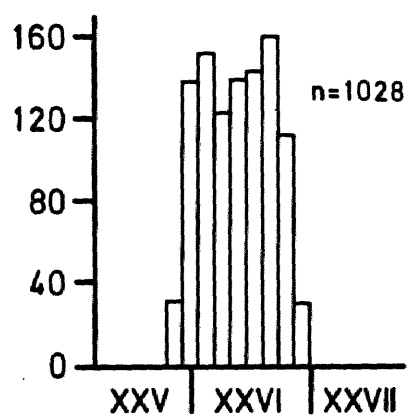
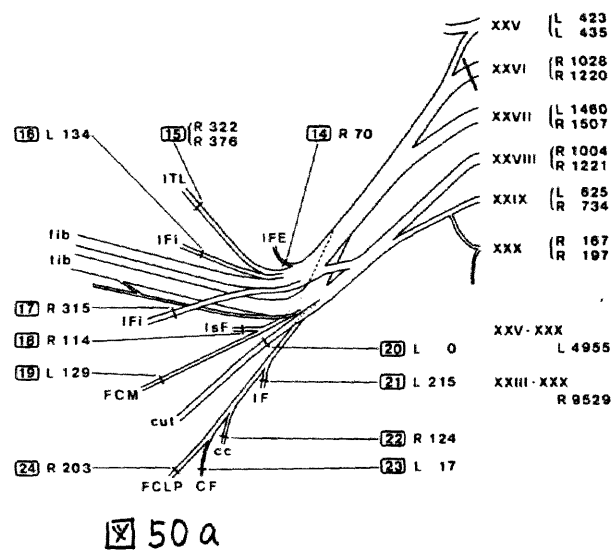
図49a-c 第XXV脊髄神経腹枝のうち仙骨神経叢の形成に加わるものの切断

変性細胞は第XXV脊髄節内に存在し、尾方に進むにつれて増加した。

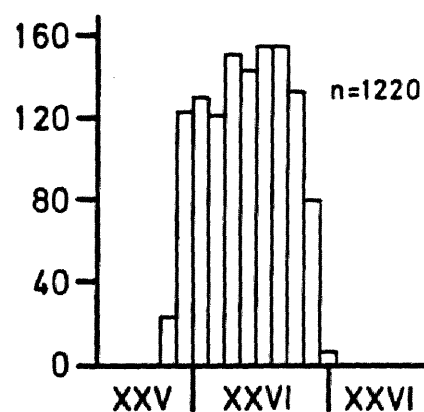
その数は423個と435個であった。

図50a-c 第XXVI脊髄神経腹枝の切断

変性細胞は第XXVI脊髄節内に局在し、その数は1,028個と1,220個であった。



50b



50c

図51a-c 第XXVII脊髓神経腹枝の切断

変性細胞は第XXVII脊髓節内に分布し、その数は1,460個と1,507個であった。

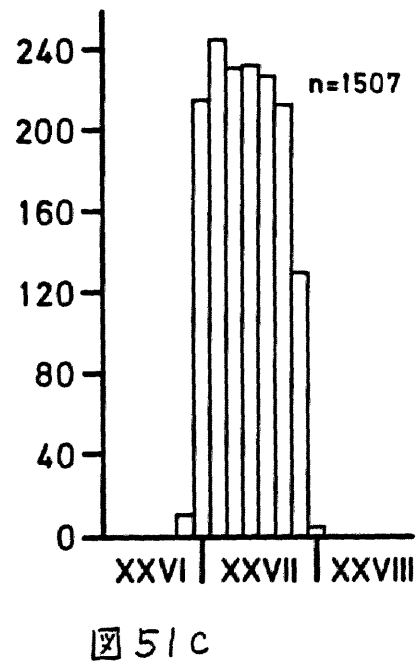
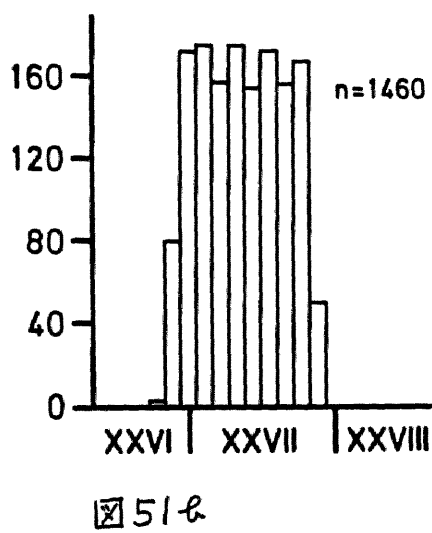
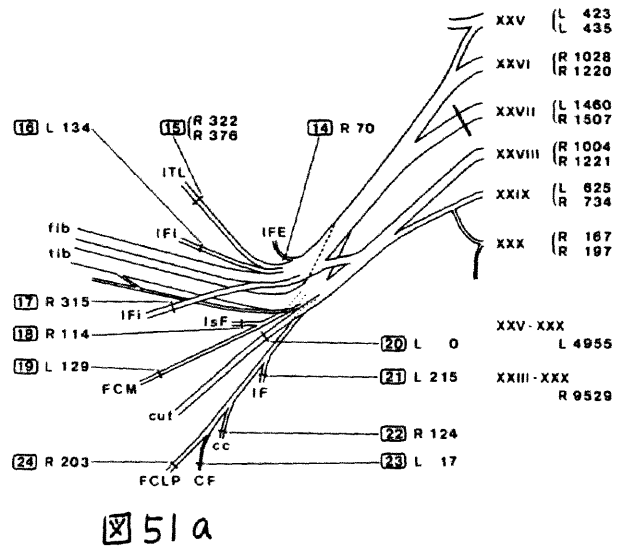
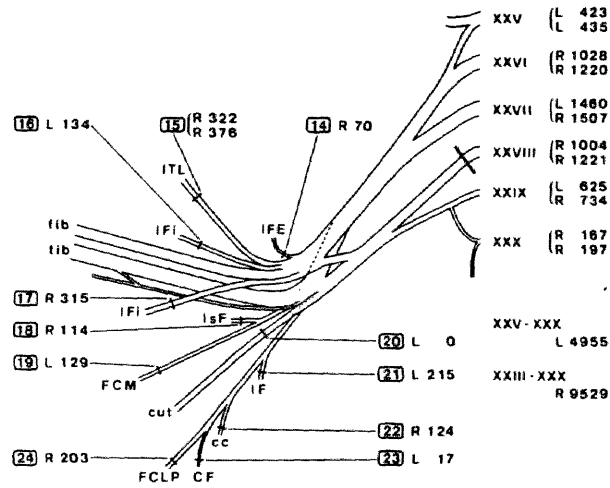
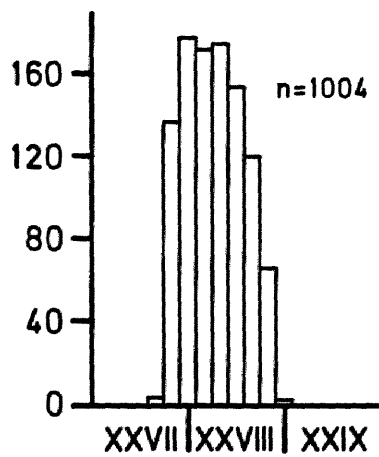


図52a-c 第XXVIII脊髓神経腹枝の切断

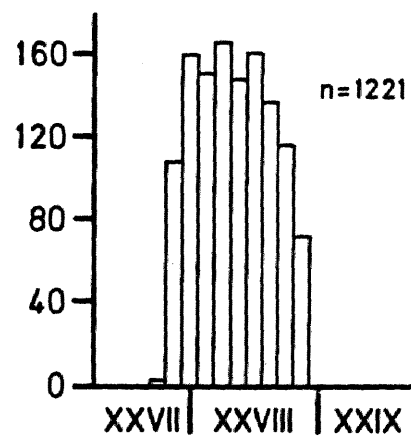
変性細胞は第XXVIII脊髓節内に局在し、その数は1,004個と1,221個であった。



52a



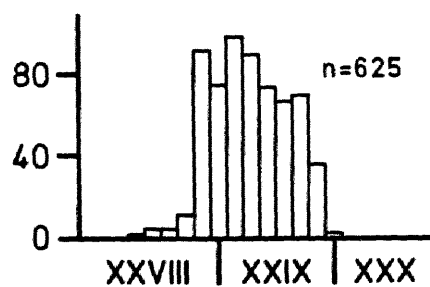
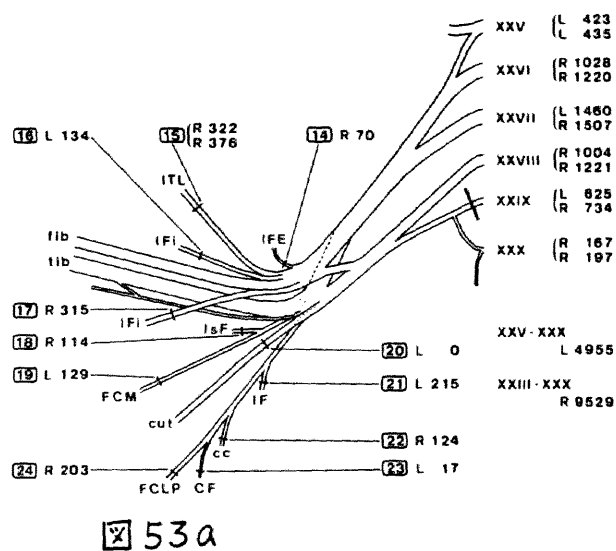
52b



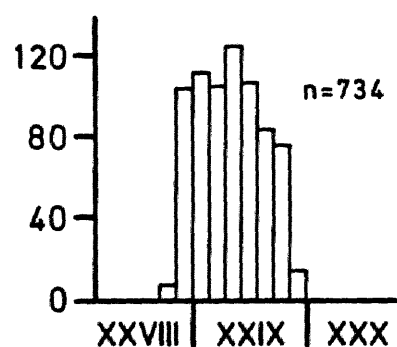
52c

図53 a-c 第XXIX脊髓神経腹枝の切断

変性細胞は第XXIX脊髓節内に位置し、その数は625個と734個であった。



53b



53c

図54 a-c 第XXX脊髄神経腹枝の切断

変性細胞は第XXX脊髄節内に存在し、その数は167個と197個であった。

図55 a-c 第XXV脊髄神経腹枝の切断

aとb: 腰神経叢と仙髄神経叢における脊髄神経腹枝の切断部位

第XXV脊髄神経の腹枝は腰神経叢と仙骨神経叢の両方の形成に加わる。

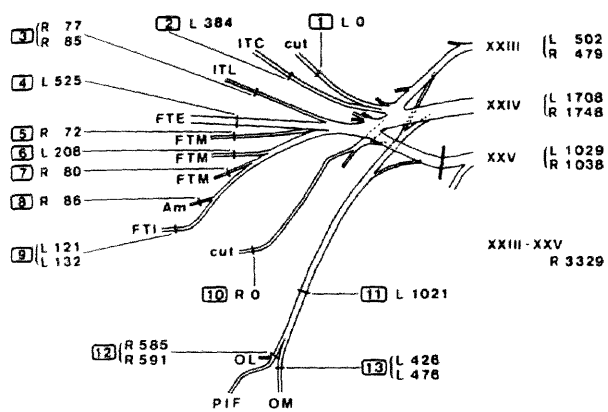
この神経の2つの腹枝を同時に切断した。 図中に実線で腹枝の切断部位を示す。

c: 変性細胞の頭尾方向における分布

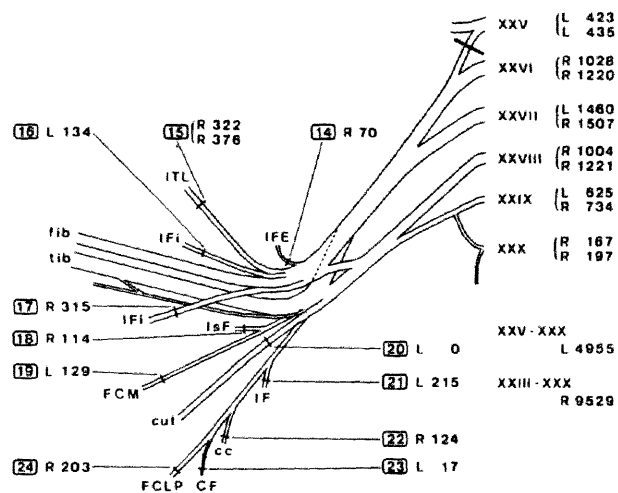
縦軸は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、

横軸のローマ数字は髄節の番号を表わす。 変性細胞は第XXV脊髄

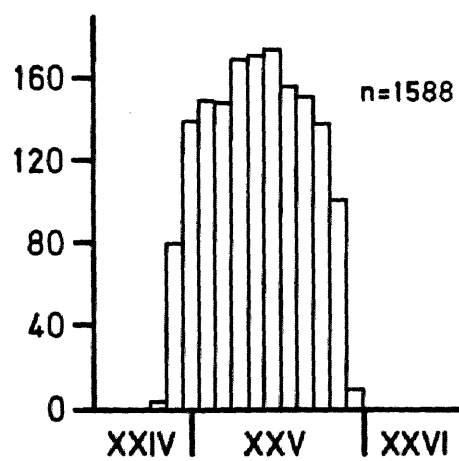
節内に局在し、その数は1,588個であった。



☒ 55 a



☒ 55 b



☒ 55 c

図56-87a-c 個々の後肢筋を支配する神経の切断部位と変性細胞の局在

a : 神経の切断部位

図中で切断部位の整理番号に下線を引いて切断部位を示す。

b : 変性細胞が各髄節の中央の高さと境界の高さの横断切片上で占める位置

ローマ数字は髄節の番号を示す。

c : 変性細胞の頭尾方向における分布

縦軸は連続する横断切片20枚($300\mu m$)に含まれる変性細胞数を、横軸

のローマ数字は髄節の番号を表わす。

右上のnは変性細胞の総数で

ある。

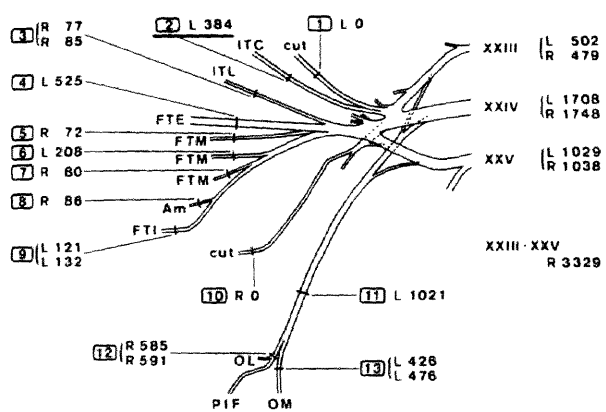
図56 a-c *M. iliotibialis cranialis* (ITC)を支配する神経の切断(2)

変性細胞は第XXIII脊髄節の中央部から第XXV脊髄節の頭側部までに分布し、

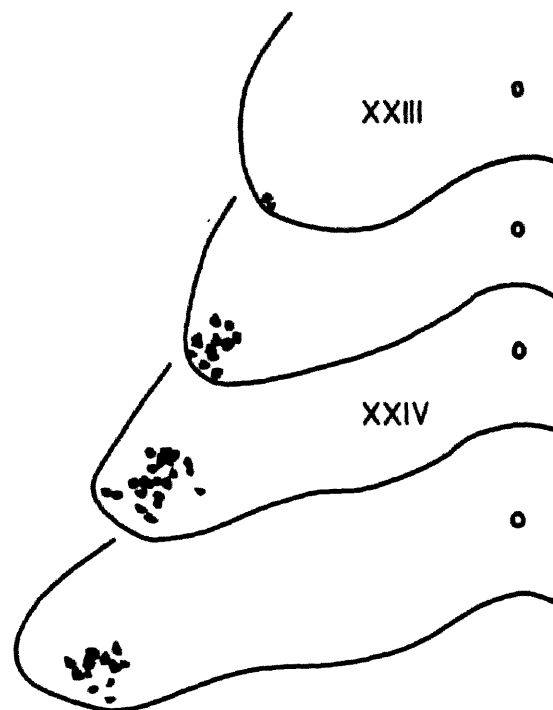
*lamina 9*で腹外側部を占めていた。

その数は384個であった。

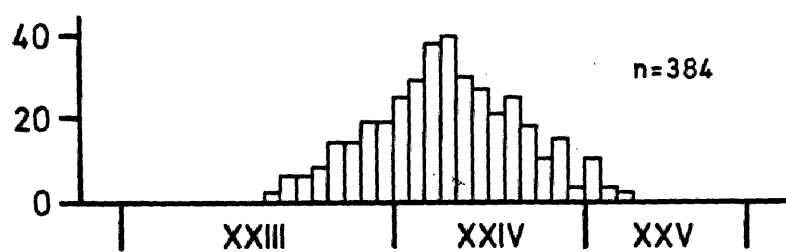
この個体は変性細胞の分布範囲が尾方にずれていると思われる。



☒ 56 a



☒ 56 b



☒ 56 c

図57a-c *m. iliotibialis lateralis* (ITL)を支配する神経のうち腰神経叢

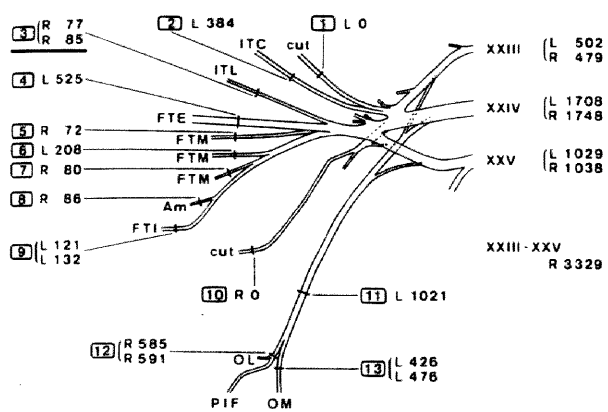
から起こるものの切断 (3)

変性細胞は第XXIV脊髓節の頭側部から第XXV脊髓節の尾側部までに

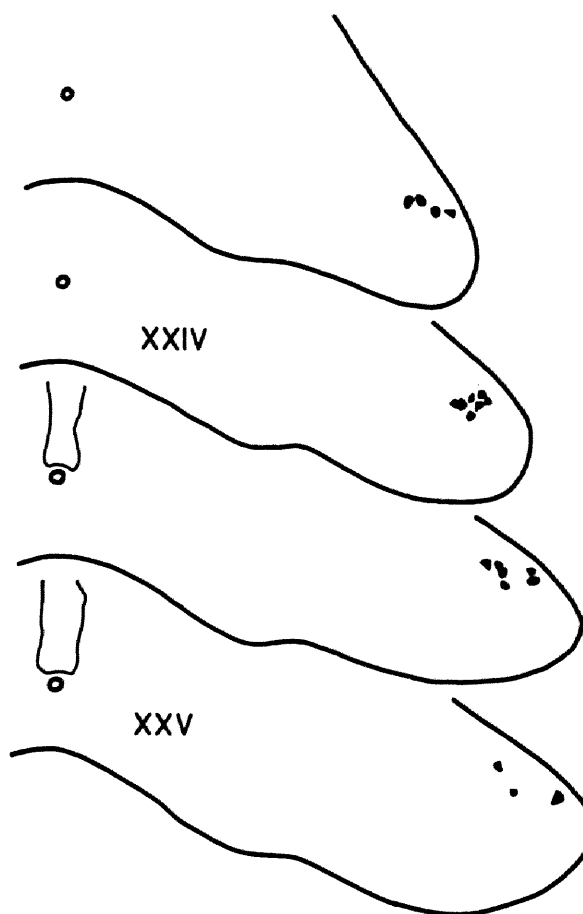
存在し、*lamina* 9で背外側部に位置していた。その数は2例を平均

すると81個であった。ここに示した個体は変性細胞の分布範囲が

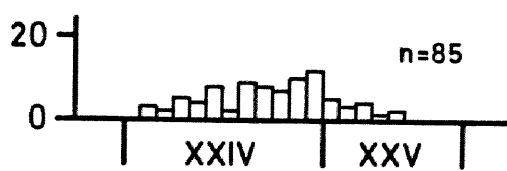
尾方にずれていると思われる。



☒ 57a



☒ 57b

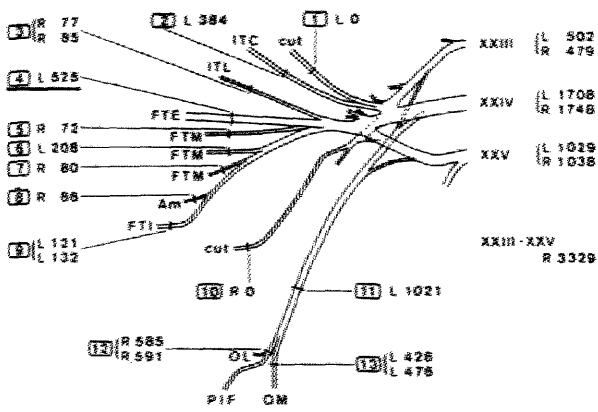


☒ 57c

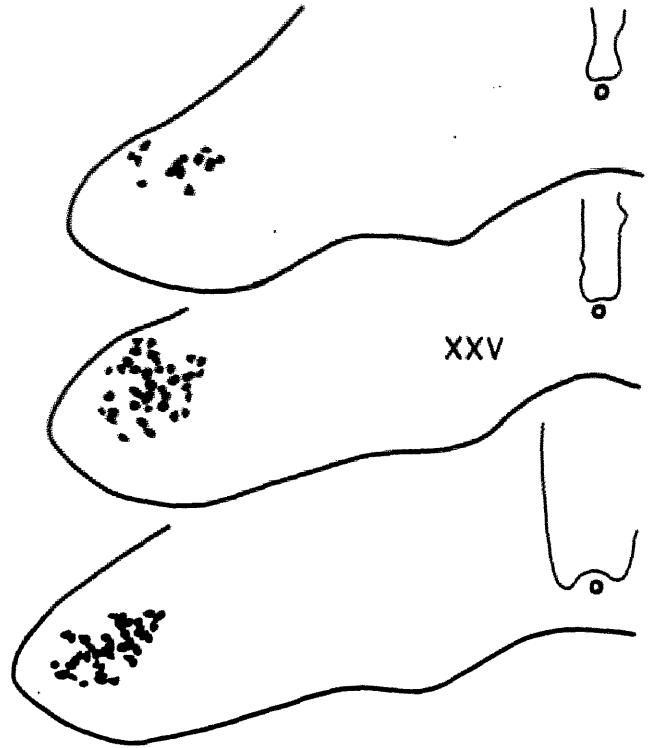
図58 a-c *M. femorotibialis externus* (FTE)を支配する神経の切断

(4)

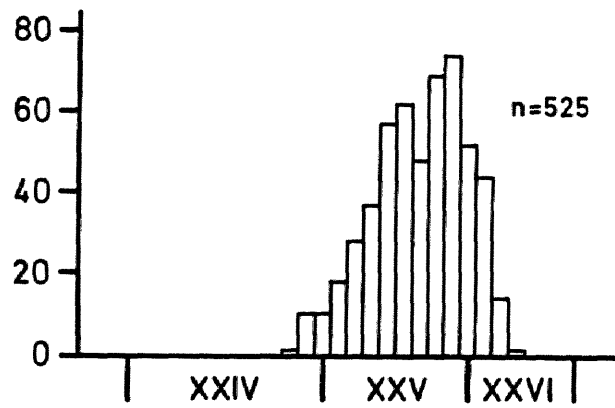
変性細胞は第XXIV脊髓節の尾側部から第XXVI脊髓節の中央部までに分布し、*lamina 9*で中間外側部に密集していた。その数は525個であった。この個体は変性細胞の分布範囲が尾方にずれていると思われる。



58a



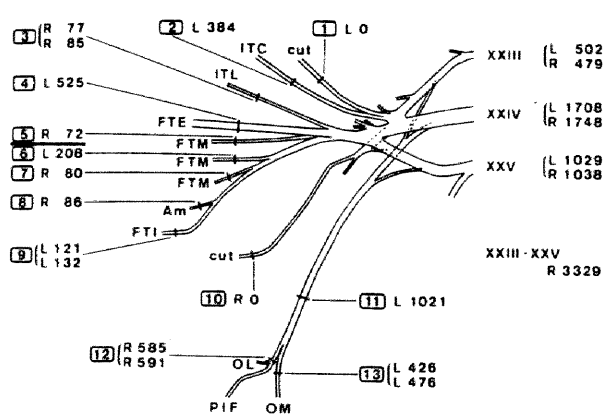
58b



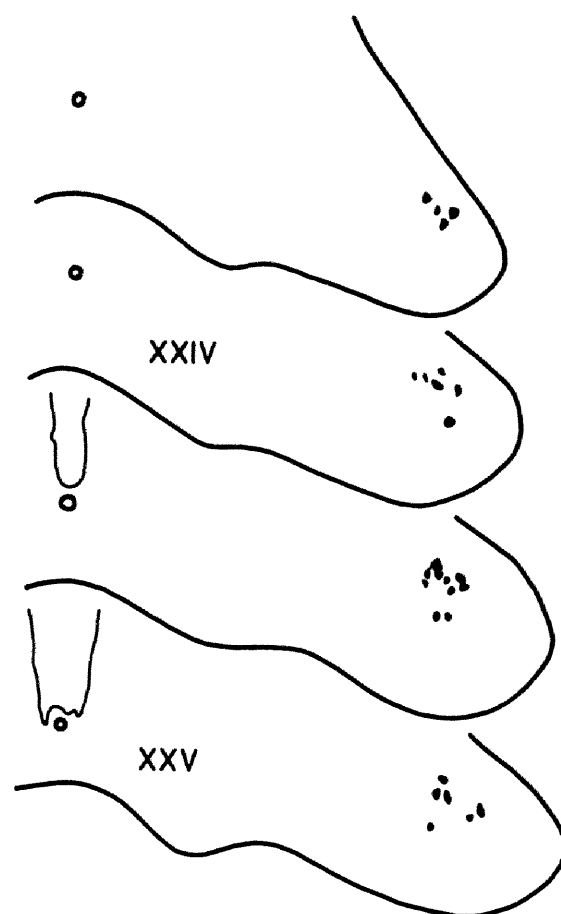
58c

図59a-c *M. femorotibialis medius* (FTM)を支配する神経のうち頭側の
ものの切断 (5)

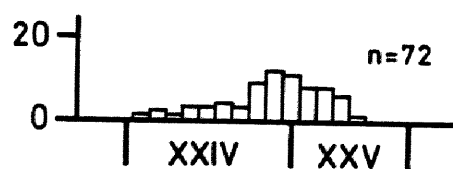
変性細胞は第XXIV脊髓節の頭側端から第XXV脊髓節の中央部までに
存在し、*lamina 9*で中間背側部に位置していた。 その数は72個で
あった。



☒ 59a



☒ 59b



☒ 59c

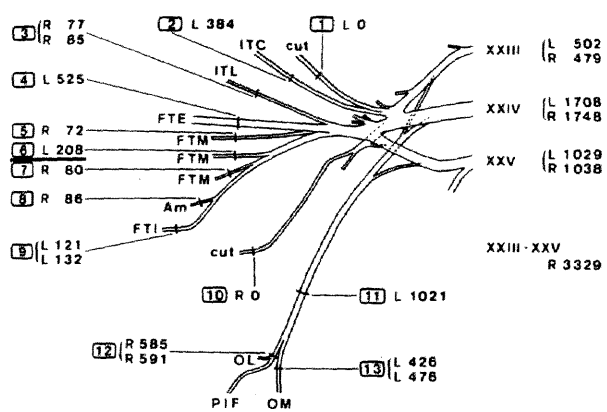
図60 a-c *M. femorotibialis medius* (FTM)を支配する神経のうち中間

のものの切断 (6)

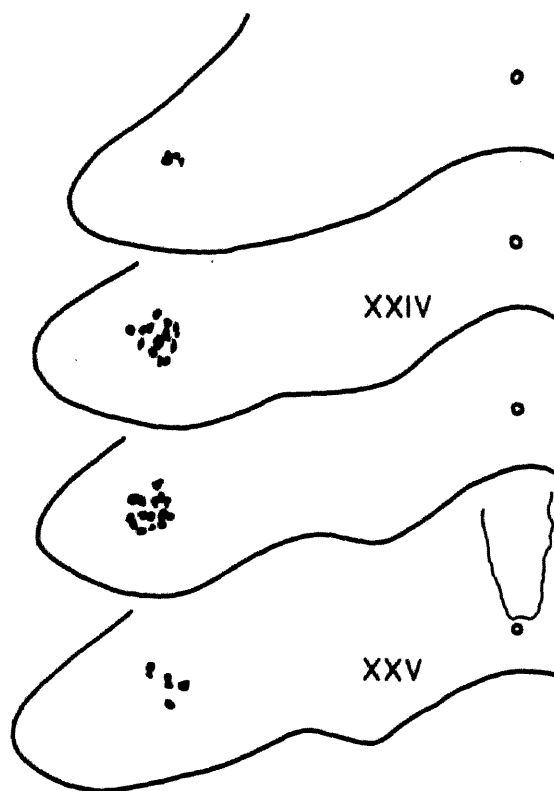
変性細胞は第XXIV脊髄節の頭側端から第XXV脊髄節の中央部までに

分布し、*lamina 9*で中間背側部に局在していた。その数は

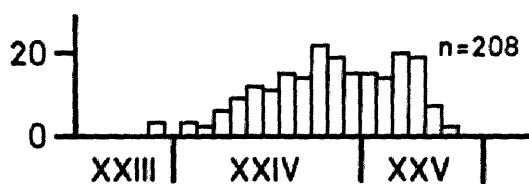
208個であった。



☒ 60a



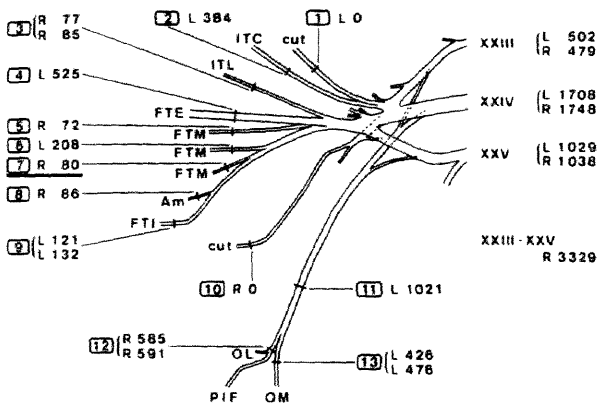
☒ 60b



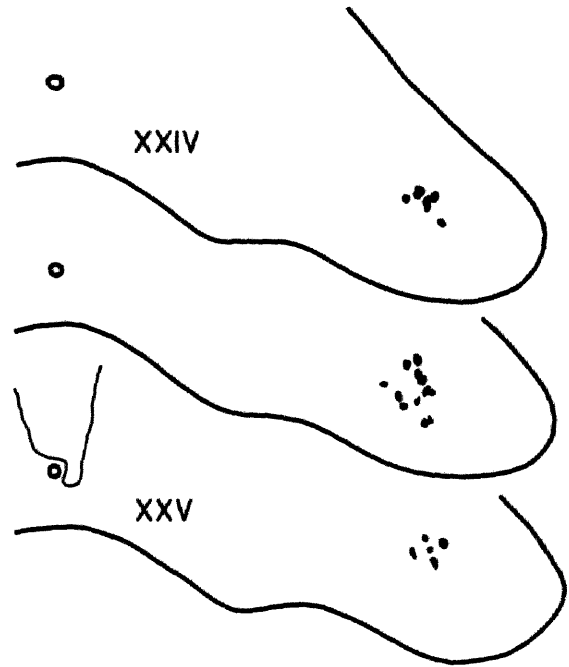
☒ 60c

図6/a-c *M. femorotibialis medius* (FTM)を支配する神経のうち尾側
のものの切断 (7)

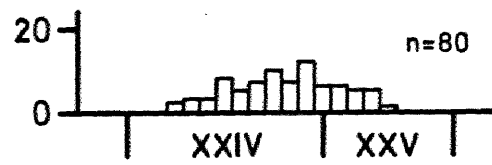
変性細胞は第XXIV脊髓節の頭側部から第XXV脊髓節の中央部までに
存在し、*lamina* 9で中間背側部に見られた。 その数は80個であった。



61a



61b



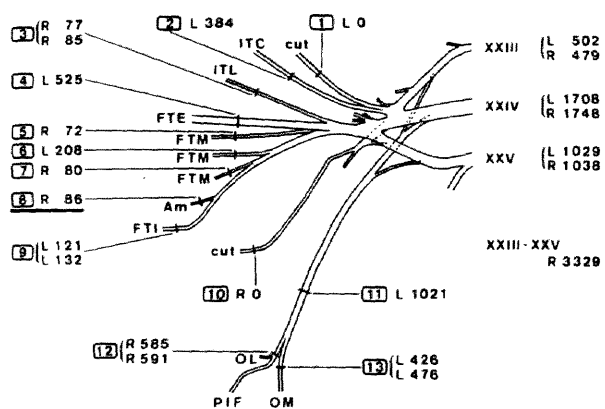
61c

図62a-c *M. ambians* (Am)を支配する神経の切断(8)

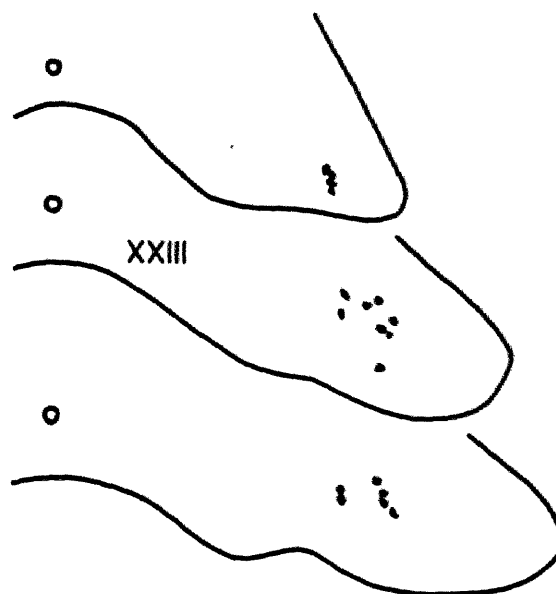
変性細胞は第XXII脊髓節の尾側部から第XXIV脊髓節の頭側部までに分布

し、*lamina* 9で中央部に散在していた。 その数は86個であった。

この個体は変性細胞の分布範囲が頭方にずれていると思われる。



62a



62b



62c

図63a-c *M. femorotibialis internus* (FTI)を支配する神経の切断

(9)

変性細胞は第XXIII脊椎節の中央部から第XXV脊椎節の中央部までに存在

し、*lamina* 9で中間腹側部に位置していた。その数は2例を平均

すると127個であった。

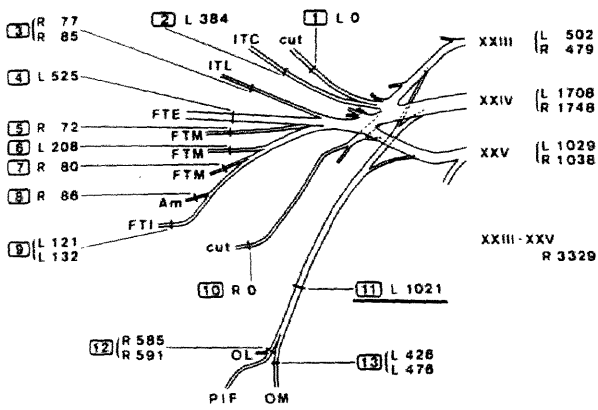
図64 a-c *n. obturatorius* の切断 (11)

この神経については切断部位 12 と 13 の実験に細区分できる。

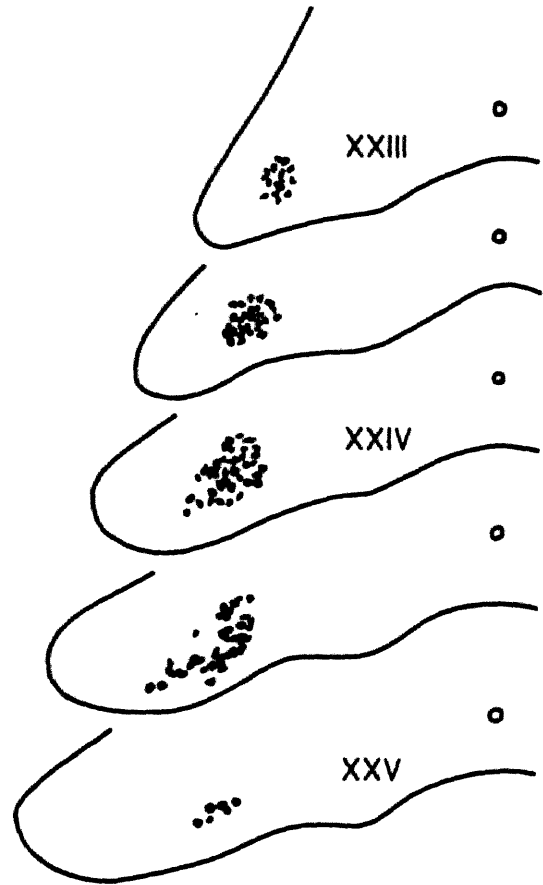
変性細胞は第XXIII脊髄節の頭側部から第XXV脊髄節の中央部までに

分布し、*Lamina 9*で内側部に密集していた。その数は1,021

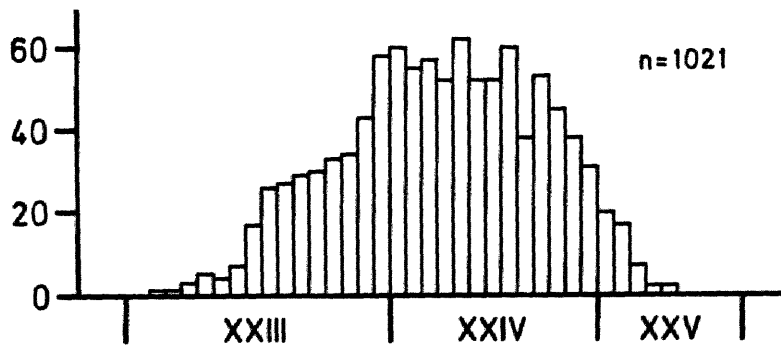
個であった。



64a



64b



64c

図65 a-c *R. obturatorius lateralis* の切断 (12)

この神経は *M. obturatorius lateralis* (OL) と *M.*

pubo - ischio - femoralis (PIF) を支配する。 変性細胞は第

XIII 脊髄節の中央部から 第XXV 脊髄節の中央部までに存在し、*lamina*

9 で内側部に位置していた。 その数は 2例を平均すると 588個で

あった。

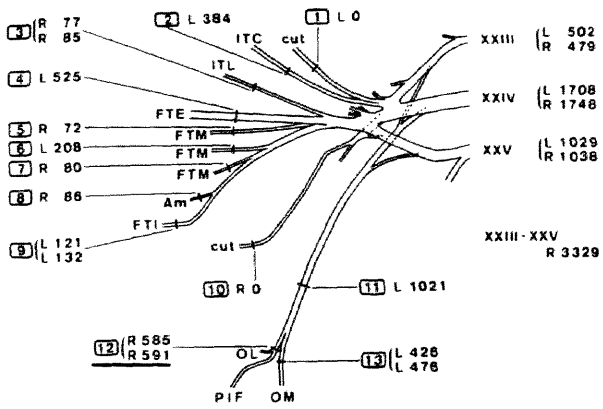


图 65 a

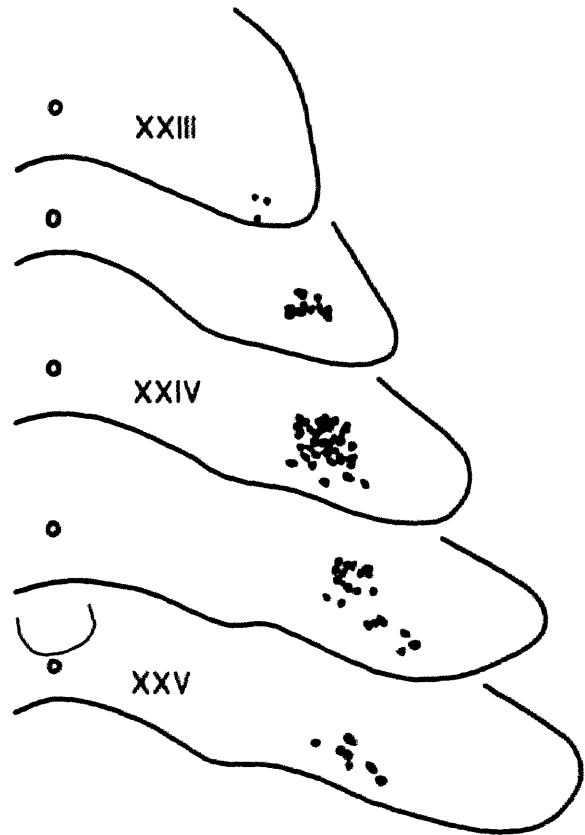


图 65 b

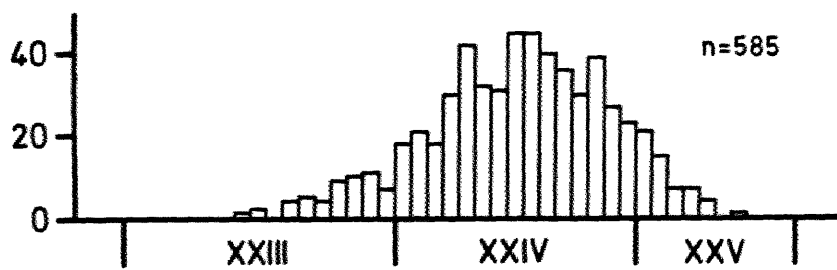


图 65 c

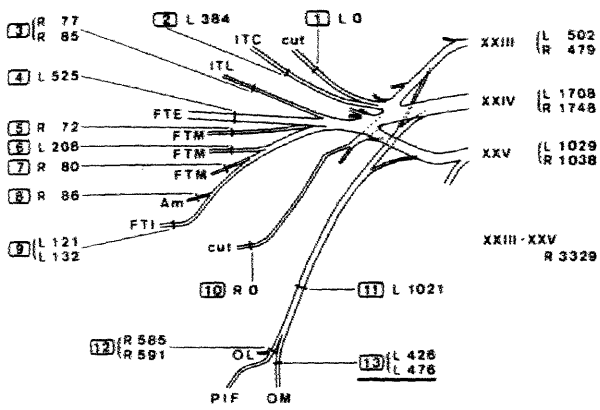
図66 a-c *R. obturatorius medialis* の切断 (13)

この神経は *M. obturatorius medialis* (OM) を支配する。 変性

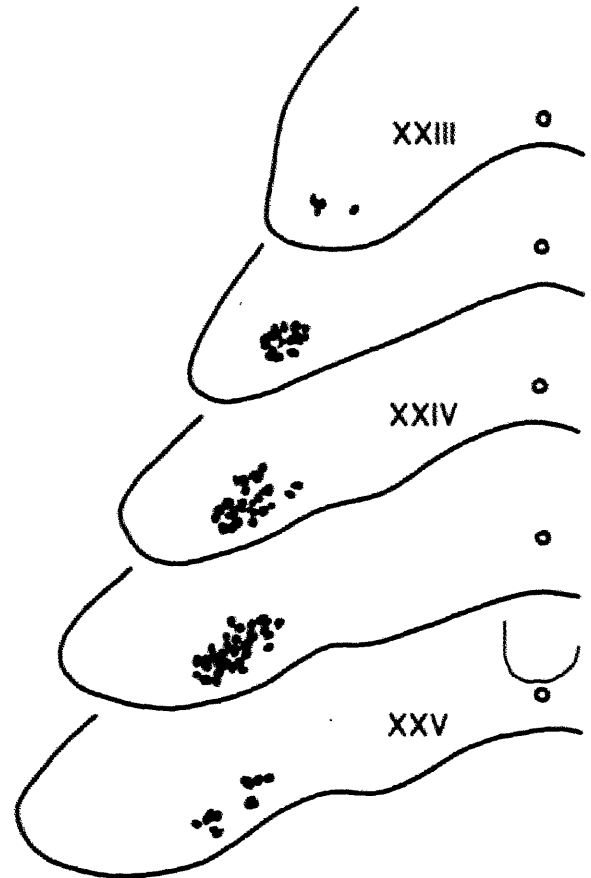
細胞は第XXIII脊髄節の中央部から第XXV脊髄節の中央部までに存在し、

lamina 9で腹内側部に位置していた。 その数は2例を平均すると

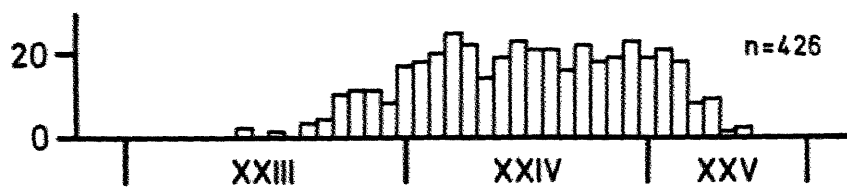
45/個であった。



66a



66b



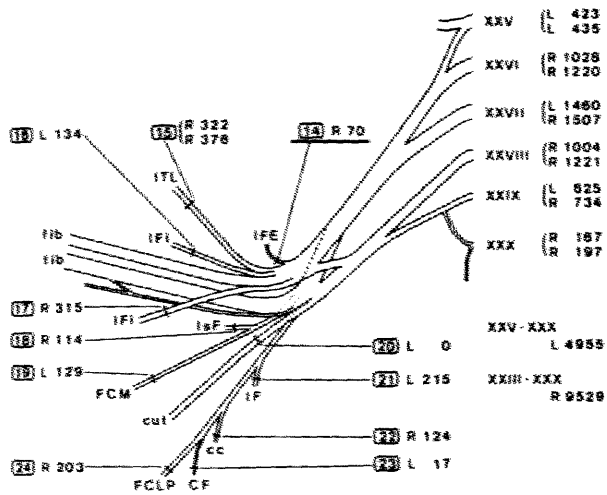
66c

図67a-c *M. iliofemoralis externus* (IFE)を支配する神経の切断

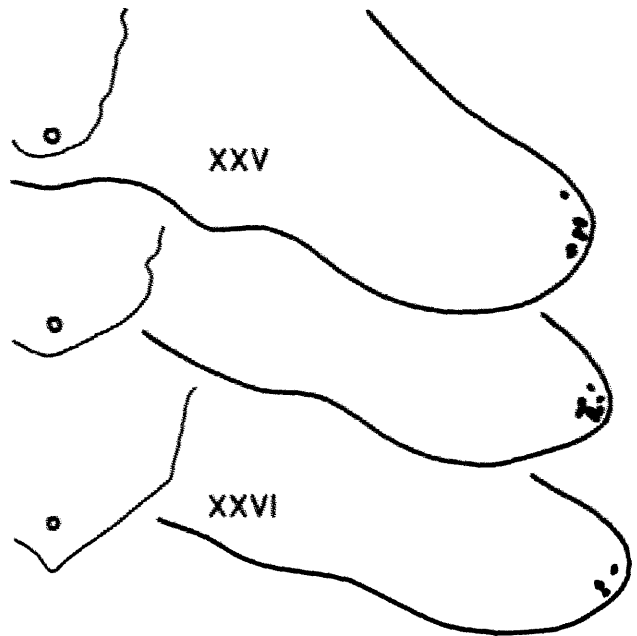
(14)

変性細胞は第XXV脊髄節の中央部から第XXVI脊髄筋の尾側部までに分布

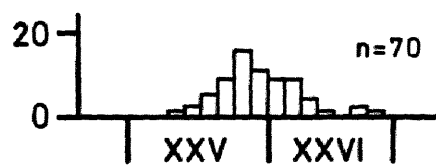
し、*lamina 9*で最外側部に見られた。その数は70個であった。



67a



67b



67c

図68 a-c *M. iliotibialis lateralis* を支配する神経のうち仙骨神経叢から

起こるものの切断 (15)

変性細胞は第XXV脊髓節の尾側部から第XXIII脊髓節の頭側部までに

存在し、*lamina* 9で背外側部に局在していた。その数は2例を

平均すると349個であった。ここに示した個体は変性細胞の分布

範囲が尾方にずれていると思われる。

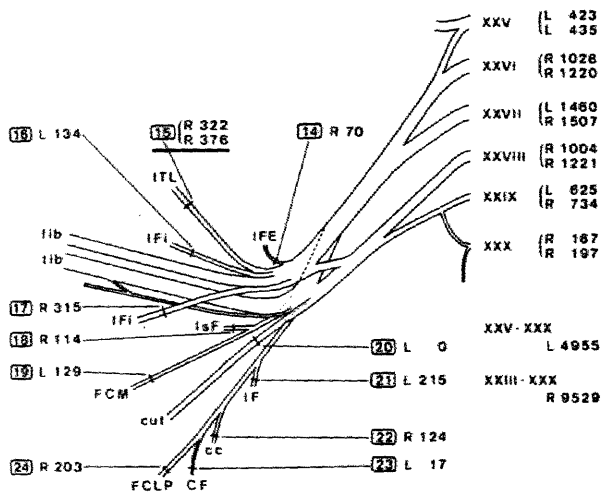


图 68a

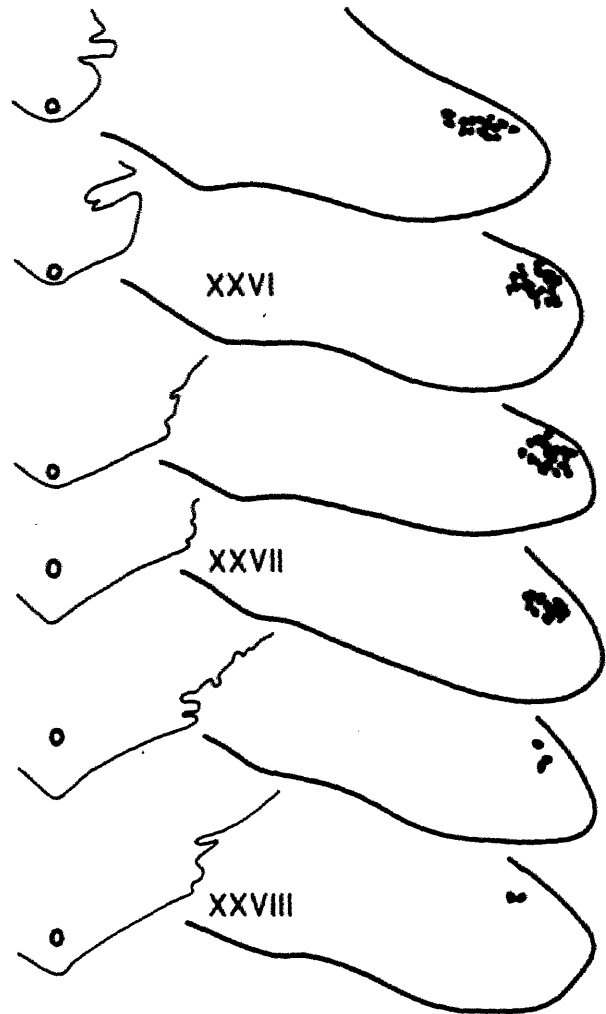


图 68b

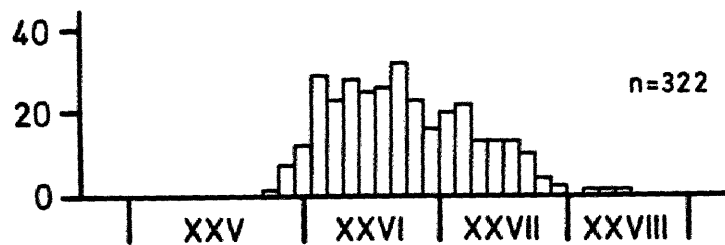
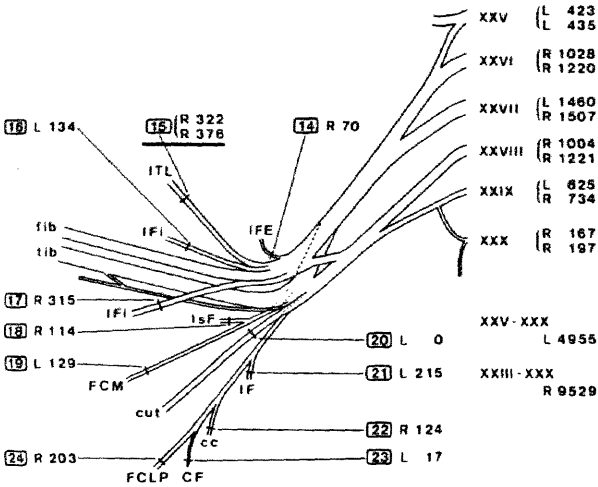
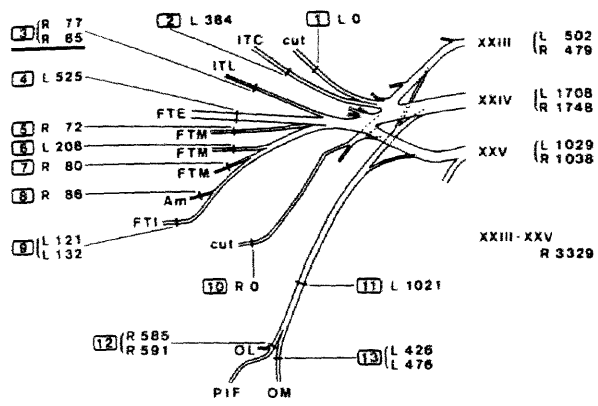


图 68c

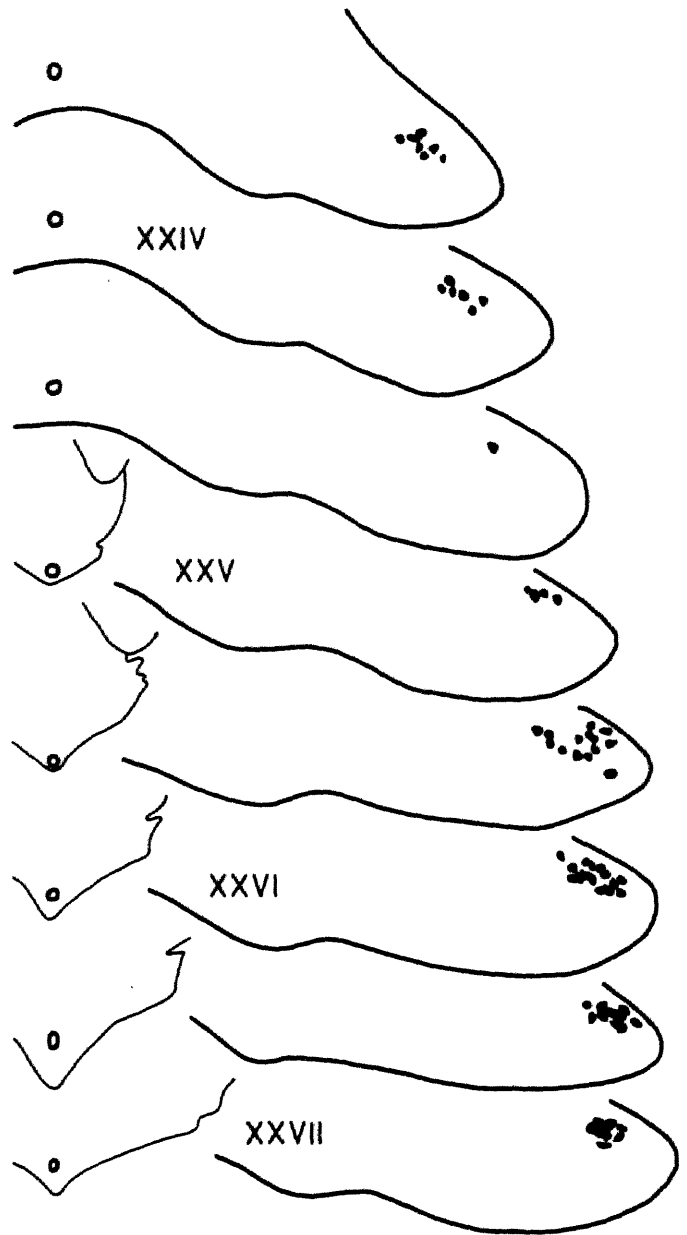
図69a-c *M. iliotibialis lateralis*を支配する頭側と尾側の神経の切断

(3 と 15)

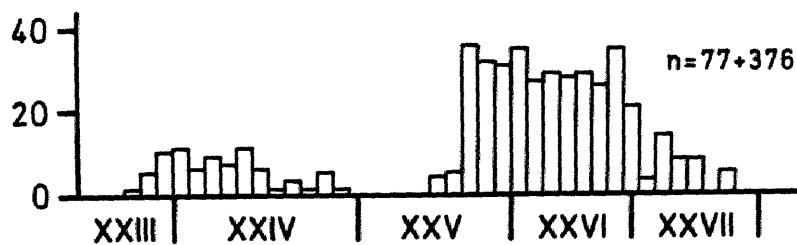
変性細胞は第XXIII脊髓節の尾側部から第XXIV脊髓節の尾側端までと第XXV脊髓節の中央部から第XXVII脊髓節の尾側部までに分布し、*lamina 9*で背外側部に位置した。その数は頭側の集団で77個、尾側の集団で376個であった。切断部位 3 と 15 の変性細胞数のうちそれぞれ1例の数値はこの個体のものである。



69a



69b



69c

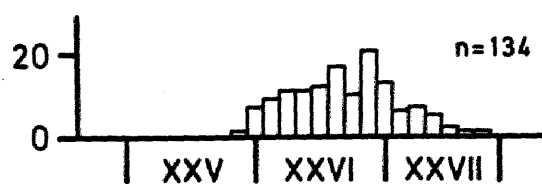
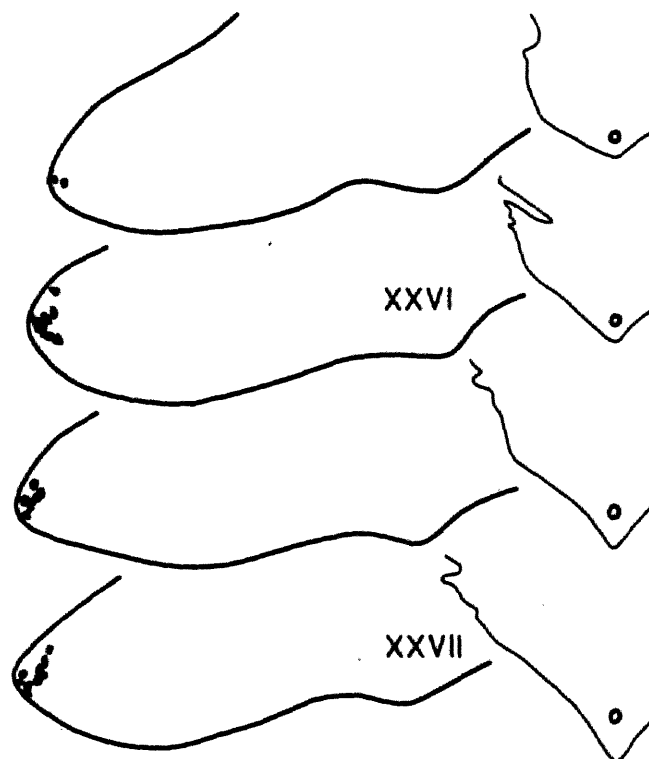
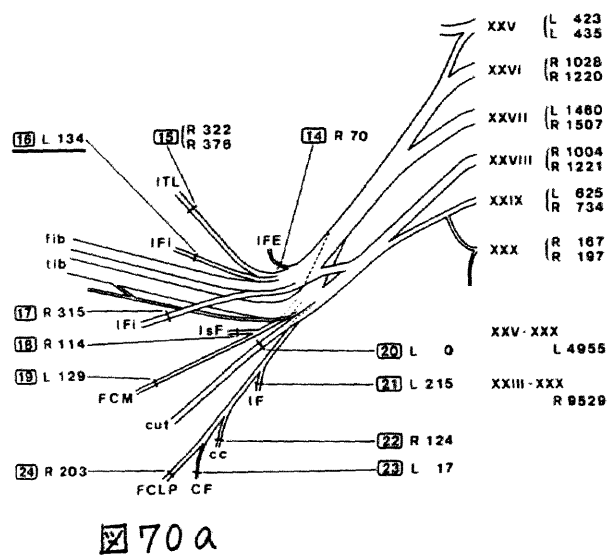
図70a-c *M. iliofibularis* (IFi)を支配する神経のうち頭側側のものの切断

(16)

変性細胞は第XXVI脊髓節の頭側端から第XXVII脊髓節の尾側部までに

存在し、*lamina 9*で最外側部に位置していた。その数は134個で

あった。



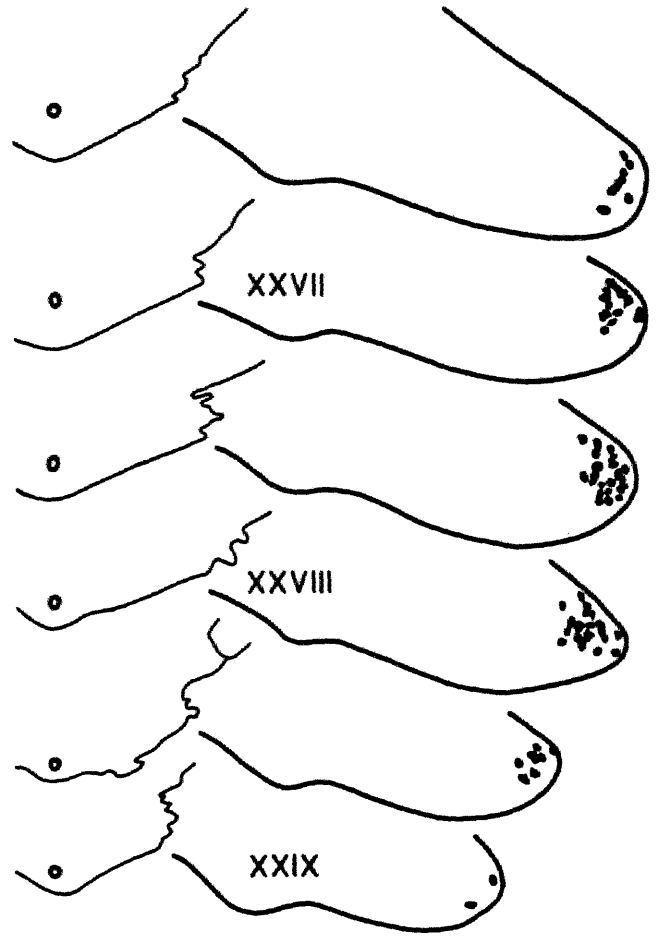
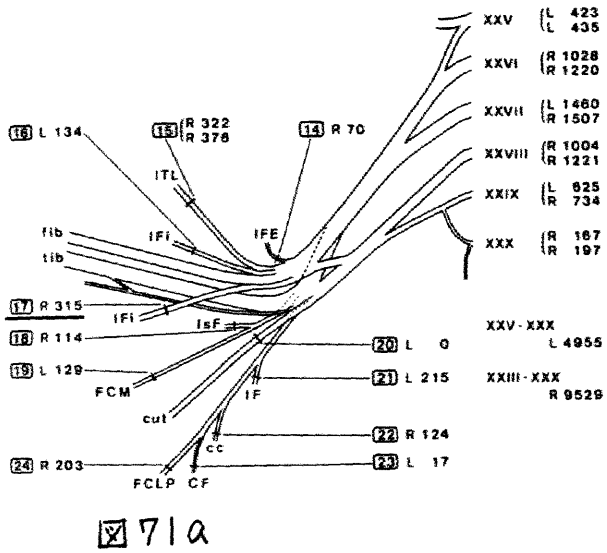
70c

図71a-c *M. iliofibularis* (IFi)を支配する神経のうち尾側のものの切断

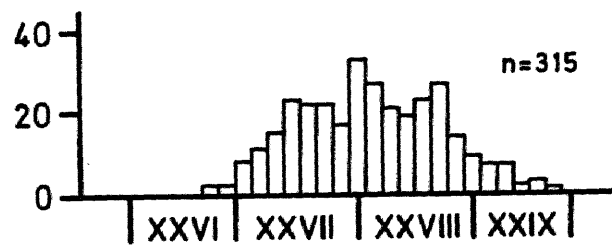
(17)

変性細胞は第XXVI脊髓節の尾側部から第XXIX脊髓節の尾側部までに分布

し、*lamina 9*で最外側部を占めていた。その数は315個であった。



71b



71c

図72a-c *M. iliofibularis* (IFI)を支配する頭側と尾側の神経の切断

(16 と 17)

変性細胞は第XXV脊髓節の尾側部から第XXIX脊髓節の中央部までに分布し、

lamina 9で最外側部に局在していた。 その数は506個であった。

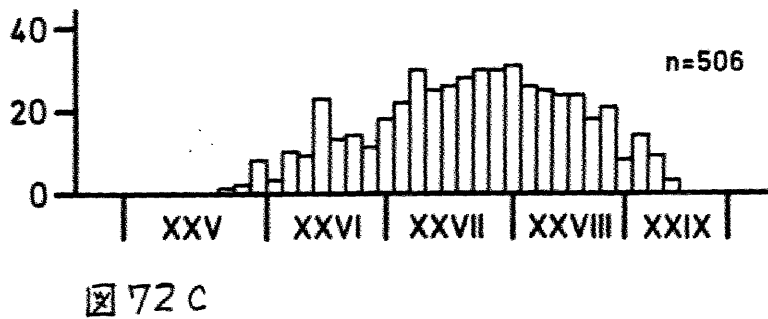
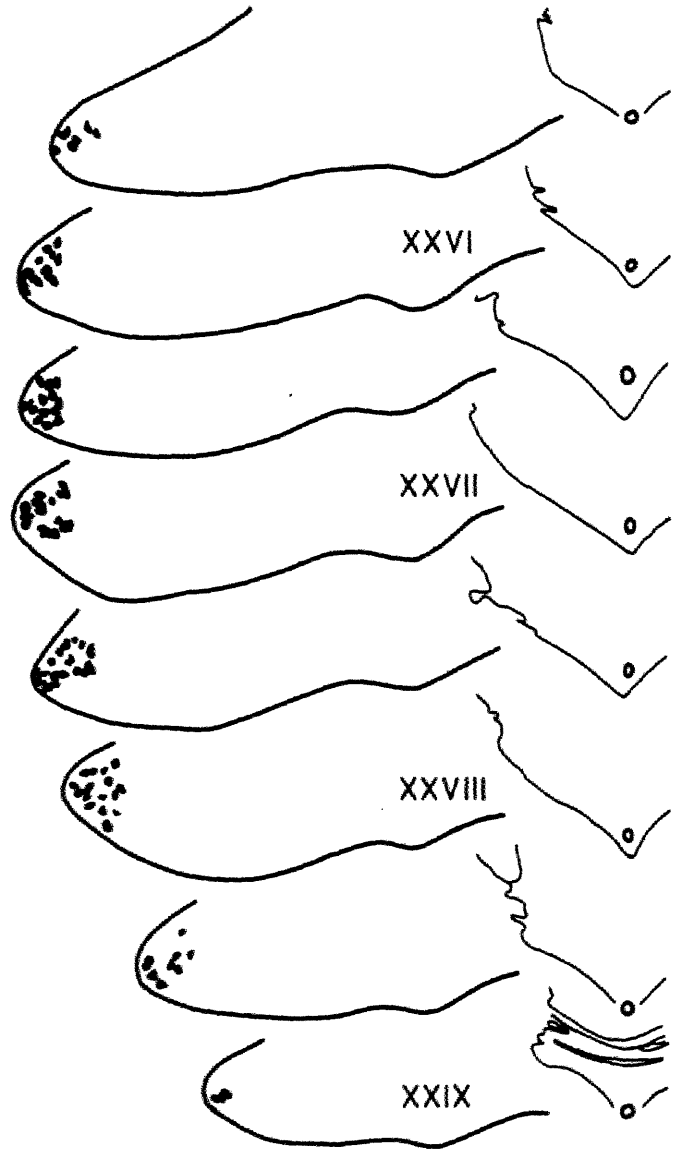
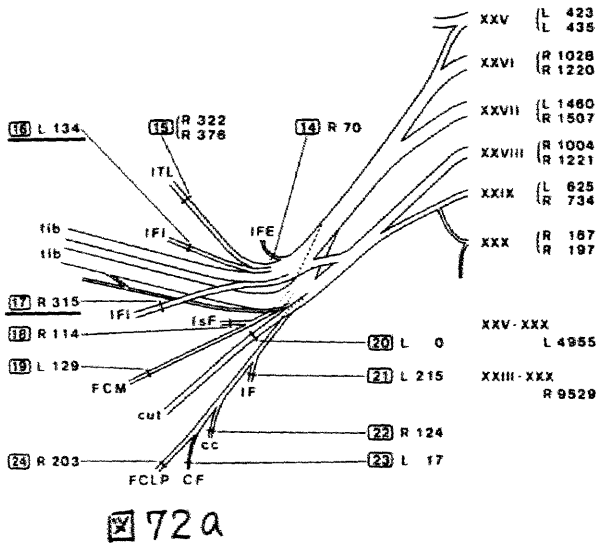


図73a-c *M. ischiofemoralis* (IsF)を支配する神経の切断 (18)

変性細胞は第XXIV脊髓節の尾側部から第XXVI脊髓節の頭側部までに存在し、

lamina 9で内側部に見られた。 その数は114個であった。

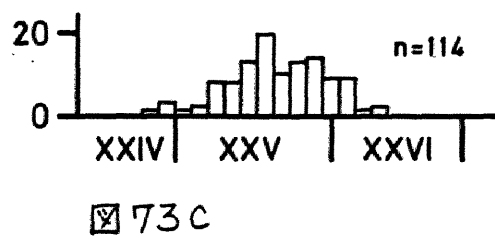
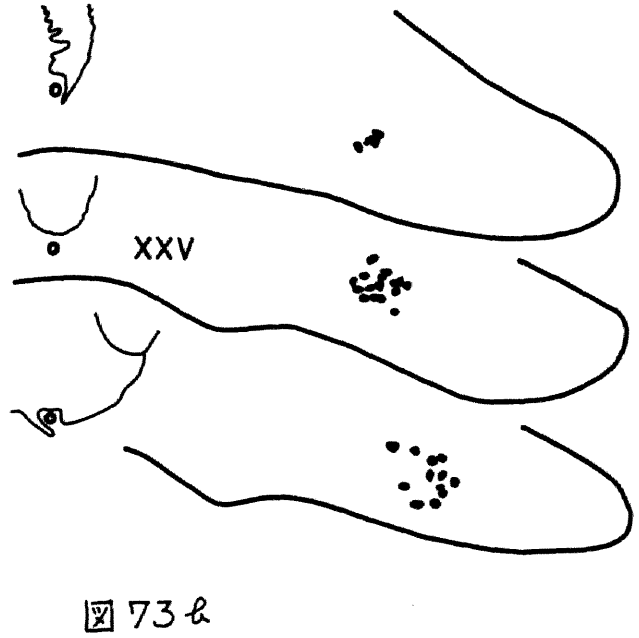
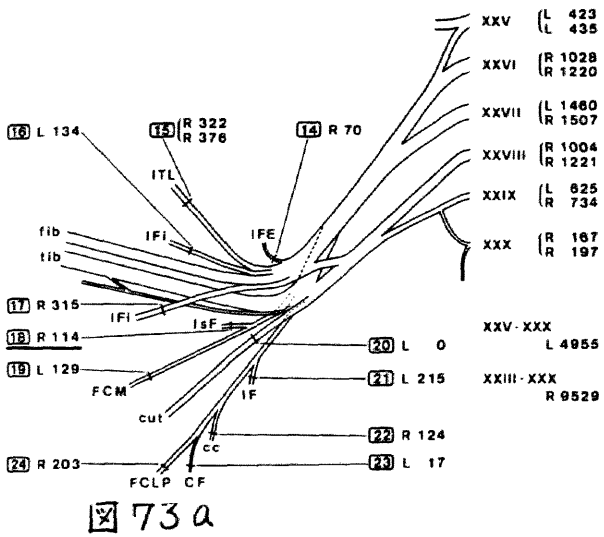


図74 a-c *M. flexor cruris medialis* (FCM)を支配する神経の切断

(19)

変性細胞は第XXV脊髓節の頭側部から第XXVI脊髓節の頭側部までに

分布し、*lamina* 9で内側部に位置していた。 その数は129個で

あった。

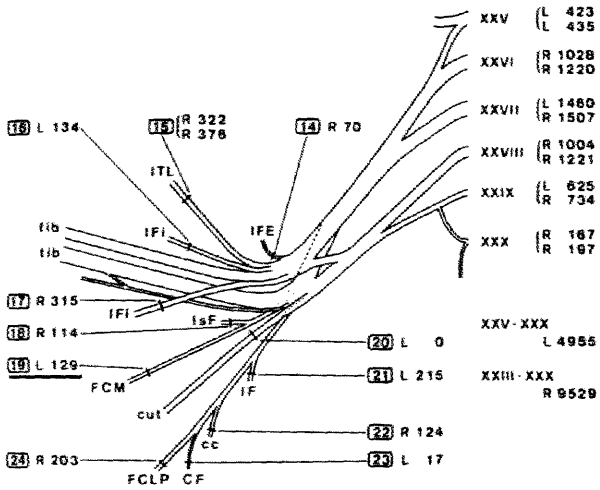


图 74 a

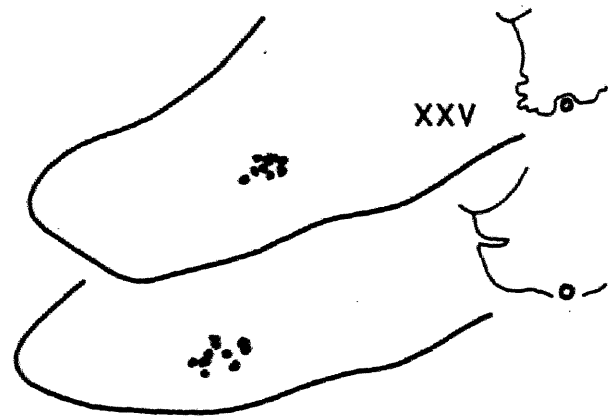


图 74 b

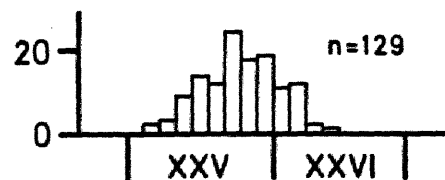
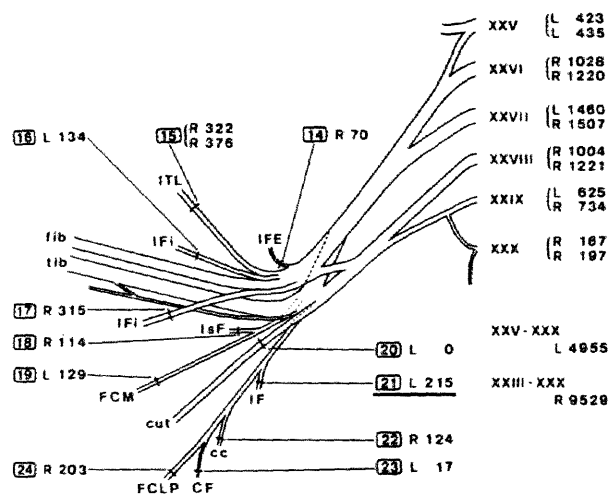


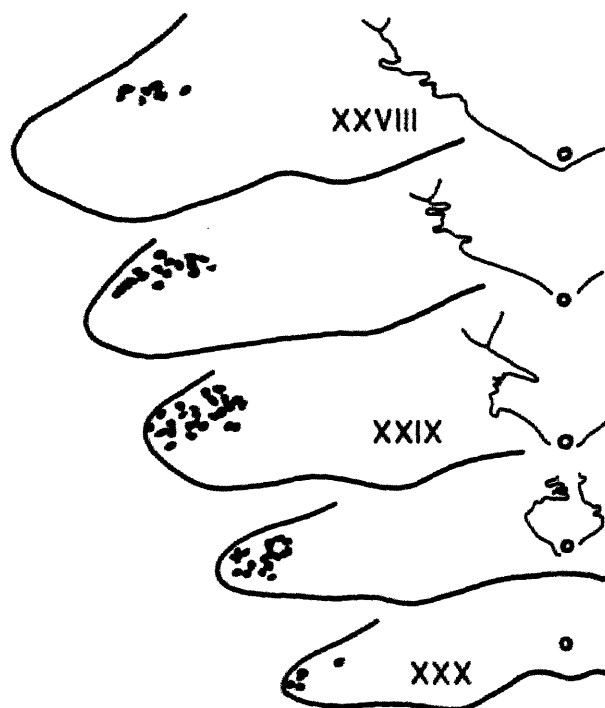
图 74 c

図75 a-c *M. iliofemoralis* (IF)を支配する神経の切断 (21)

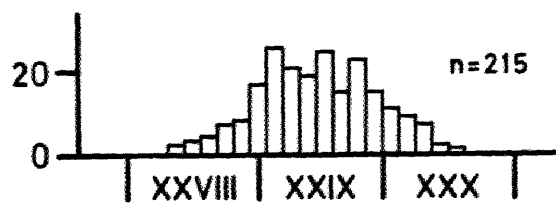
変性細胞は第XXVIII脊髓節の中央部から第XXX脊髓節の中央部までに
存在し、*lamina 9*で背外側部を占めていた。 その数は215個で
あった。



☒ 75 a



☒ 75 b



☒ 75 c

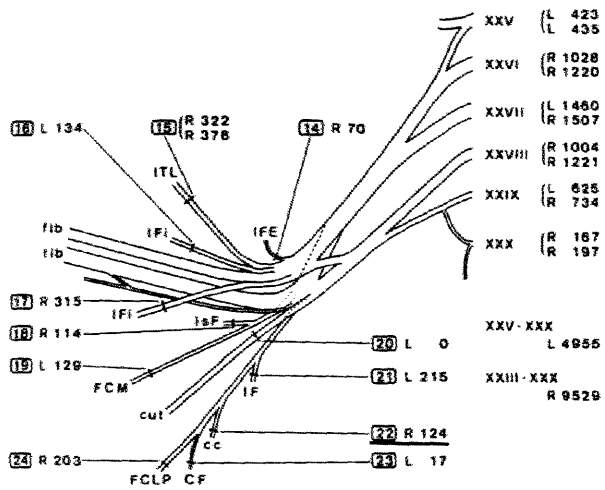
図76 a-c *Connexus caudalis* の切断 (22)

この神経は仙骨神経叢の *N. coxalis caudalis* と陰部神経叢の *N.*

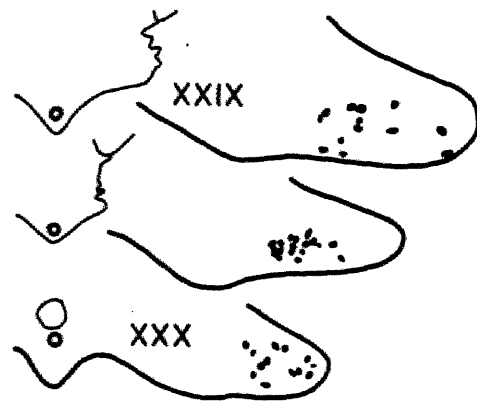
lateralis caudae とを結合する。 変性細胞は第XXIXとXXX脊髓

節内に存在し、*lamina* 9で腹側域に散在していた。 その数は124

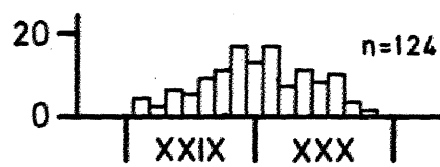
個であった。



☒ 76 a



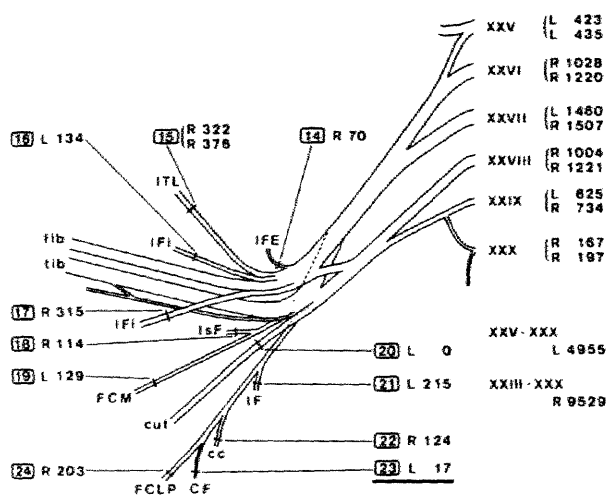
☒ 76 b



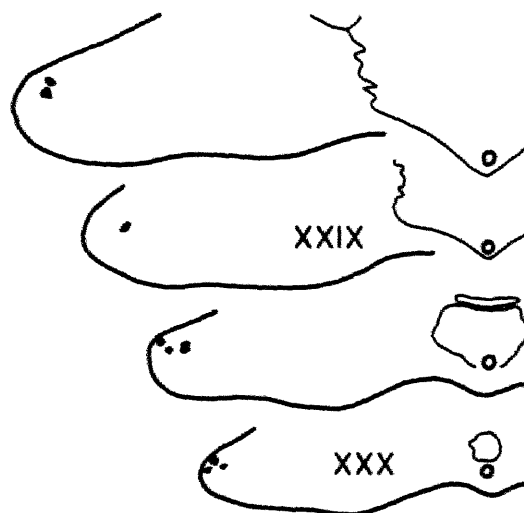
☒ 76 c

図77a-c *M. caudofemoralis* (CF)を支配する神経の切断(23)

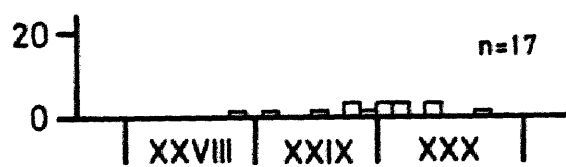
変性細胞は第XXIX脊髄節の頭側端から第XXX脊髄節の中央部までに
散在し、*lamina 9*で背外側部に見られた。 その数は17個であった。



77a



77b



77c

図78a-c *M. flexor cruris lateralis* の *Pars pelvica* (FCLP) を支配

する神経の切断 (24)

変性細胞は第XXVIII脊髄節の頭側端から第XXX脊髄節の中央部までに分布

し、*Lamina 9* で背外側部に位置していた。その数は203個であった。

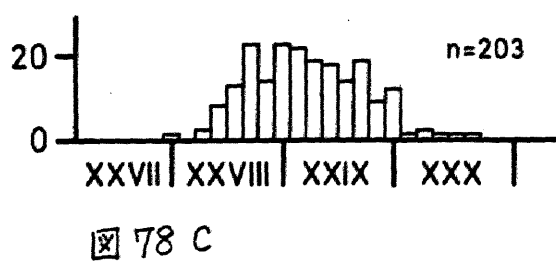
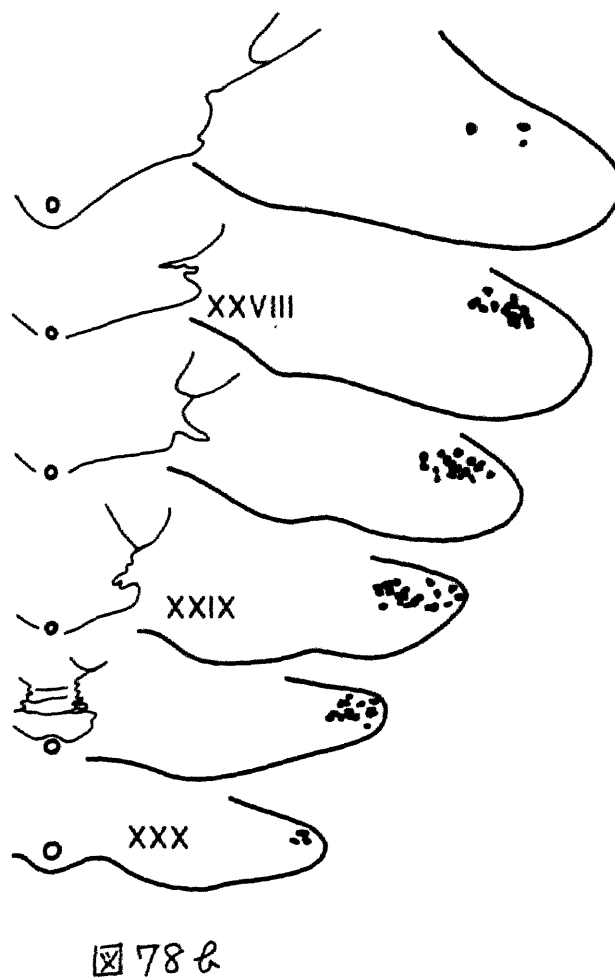
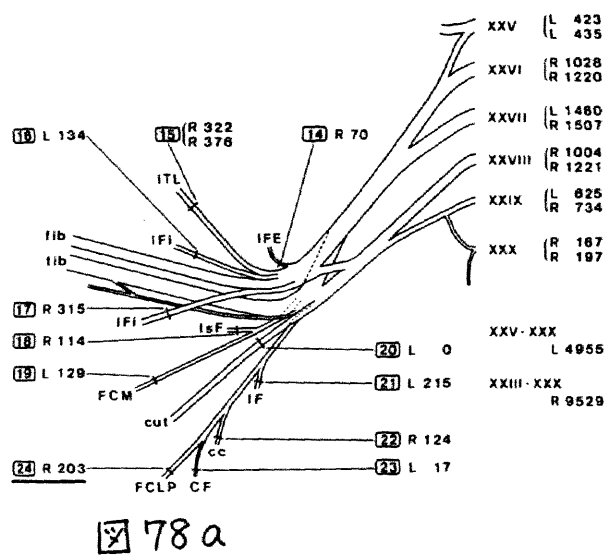


図79a-c *N. fibularis* の切断 (25)

この神経は *M. tibialis cranialis* (TC), *M. extensor digitorum longus* (EDL), *M. fibularis longus* (FL), *M. fibularis brevis* (FB), *M. extensor hallucis longus* (EHL), *M. abductor digiti II* (A&D II), *M. extensor brevis digiti III* (EBD III), *M. extensor brevis digiti IV* (EBD IV) を支配する。

変性細胞は第XXV脊髄節の中央部から第XXIX脊髄節の中央部までに存在し、*lamina 9* で中心部に見られた。その数は805個であった。

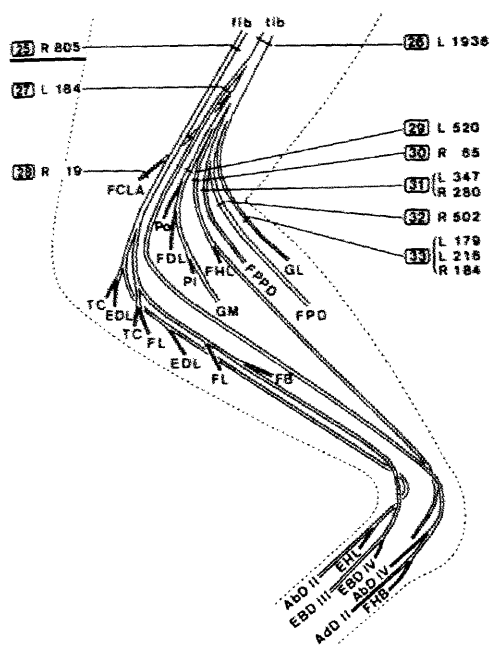


图 79a

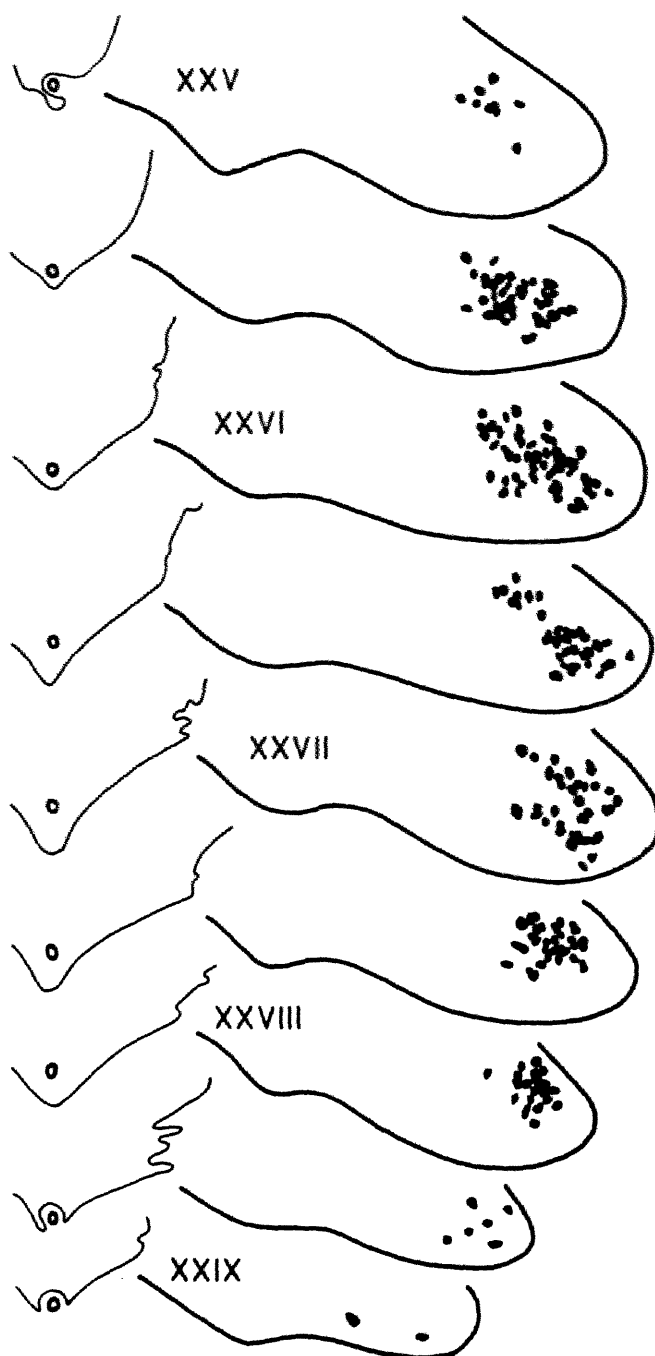


图 79b

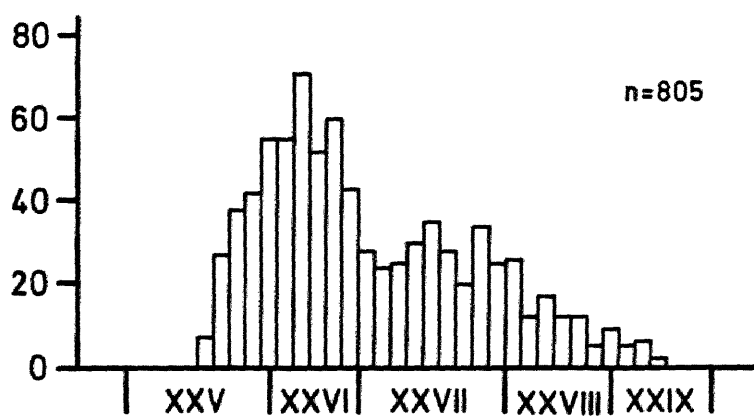


图 79c

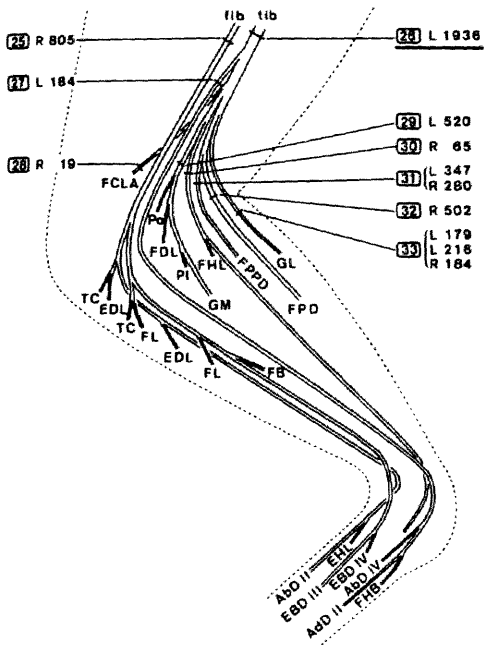
図80a-c *n. tibialis* の切断 (26)

この神経については切断部位 27 - 33 の実験に細区分できる。

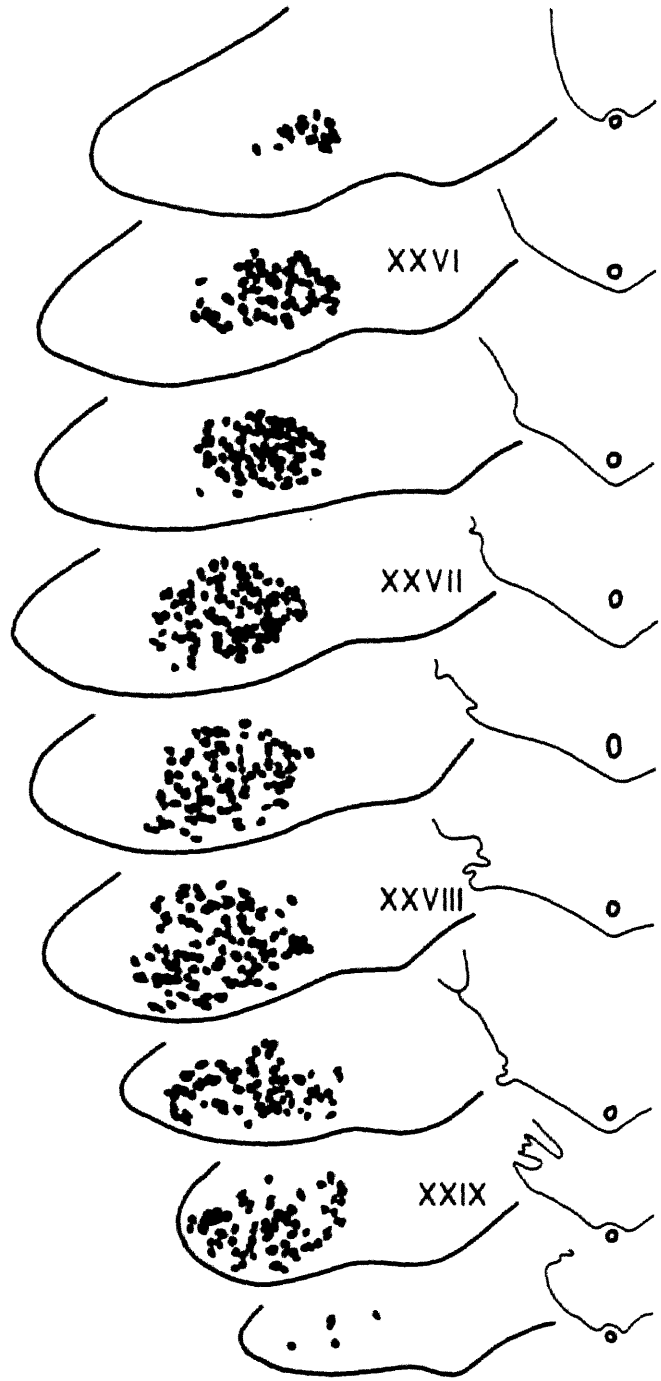
変性細胞は第XXV脊髄節の尾側部から第XXX脊髄節の頭側部までに

分布し、*lamina* 9で内側域を占めていた。 その数は1,936個で

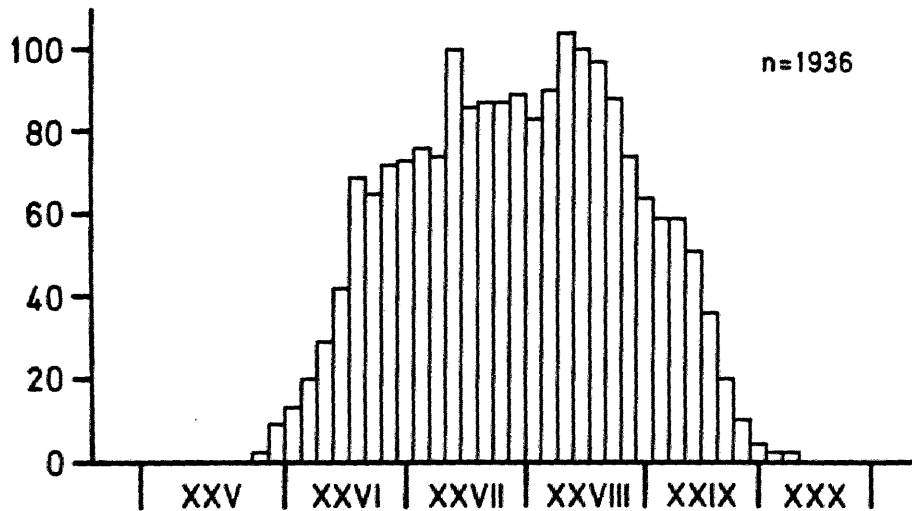
あった。



80 a



80 b



80 c

図81a-c *N. parafibularis* の切断 (27)

この神経は *M. flexor hallucis brevis* (FHB), *M. adductor digiti II* (Add II), *M. abductor digiti IV* (ABD IV) を支配する。変性細胞は第XXVIII脊髄節の頭側部から第XXX脊髄節の中央部までに存在し、*lamina 9* で背内側部に位置していた。その数は184個であった。

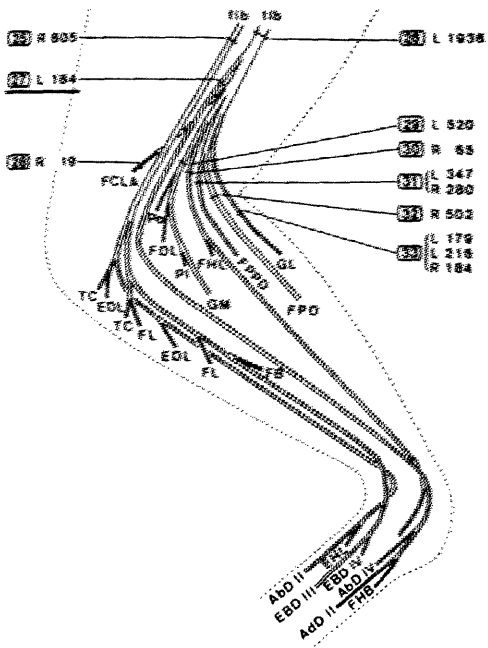


图 81a



图 81b

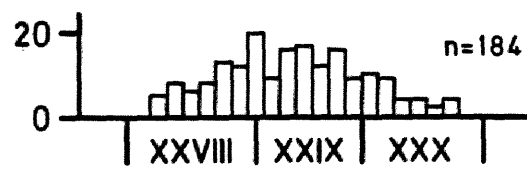


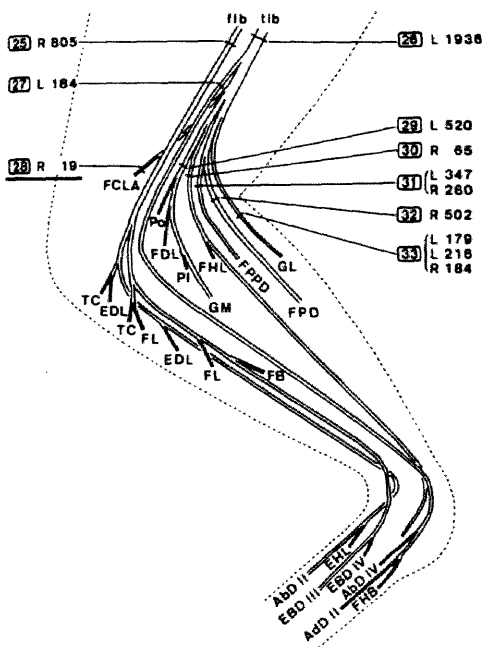
图 81c

図82a-c *M. flexor cruris lateralis* の *Pars accessoria* (FCLA)

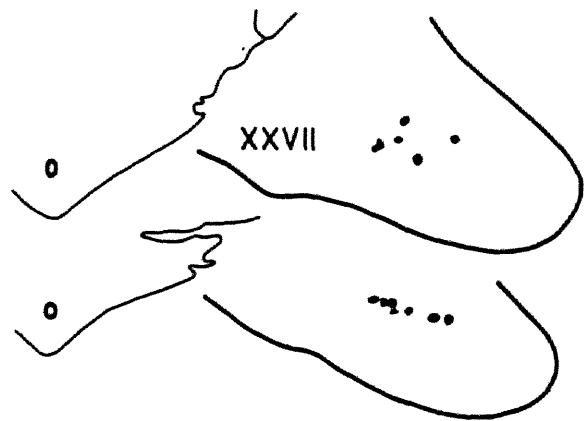
を支配する神経の切断 (28)

変性細胞は第XXVII脊髄節の中央部から第XXVIII脊髄節の頭側部までに

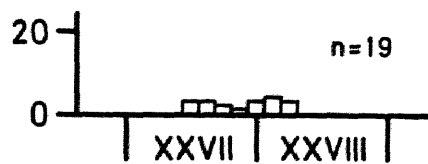
散在し、*lamina 9*で背内側部に見られた。その数は19個であった。



82 a



82 b



82 c

図83 a-c *M. flexor digitorum longus* (FDL), *M. gastrocnemius*
の *Pars medialis* (GM), *M. plantalis* (Pl), *M.*
popliteus (Po) を支配する神経の切断 (29)

変性細胞は第XXV脊髄節の尾側部から第XXVIII脊髄節の中央部までに
分布し、*lamina 9*で最も内側部を占めていた。その数は520個で
あった。

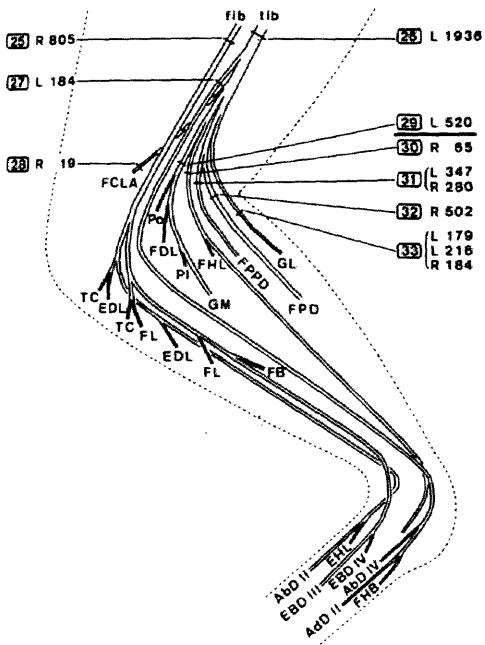


图 83 a

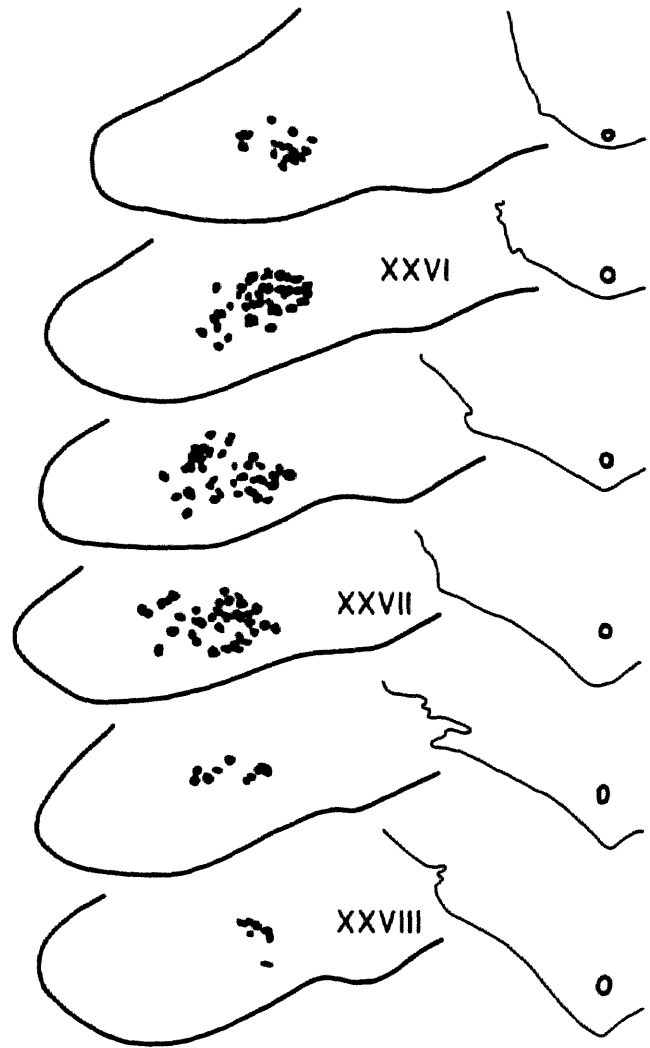


图 83 b

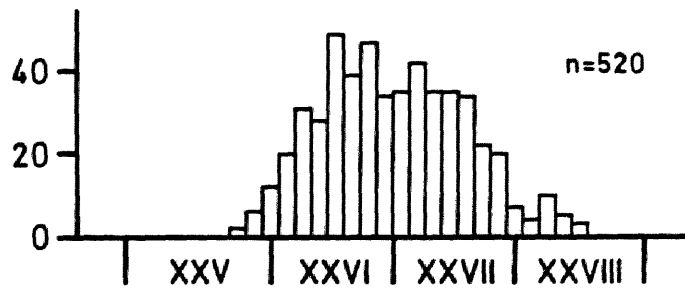


图 83 c

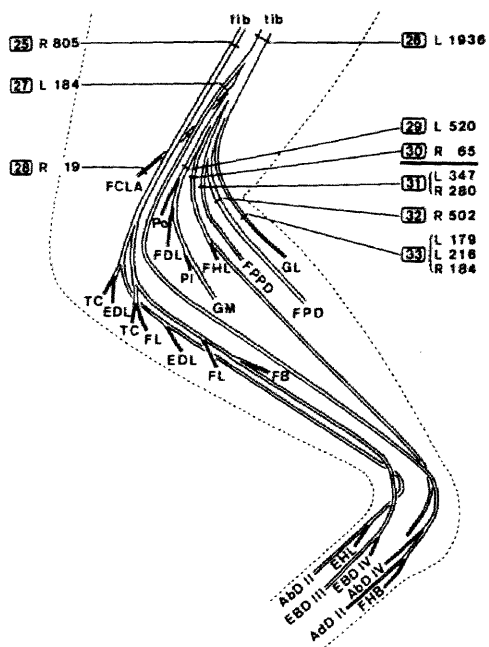
図84 a-c *M. flexor hallucis longus* (FHL)を支配する神経の切断

(30)

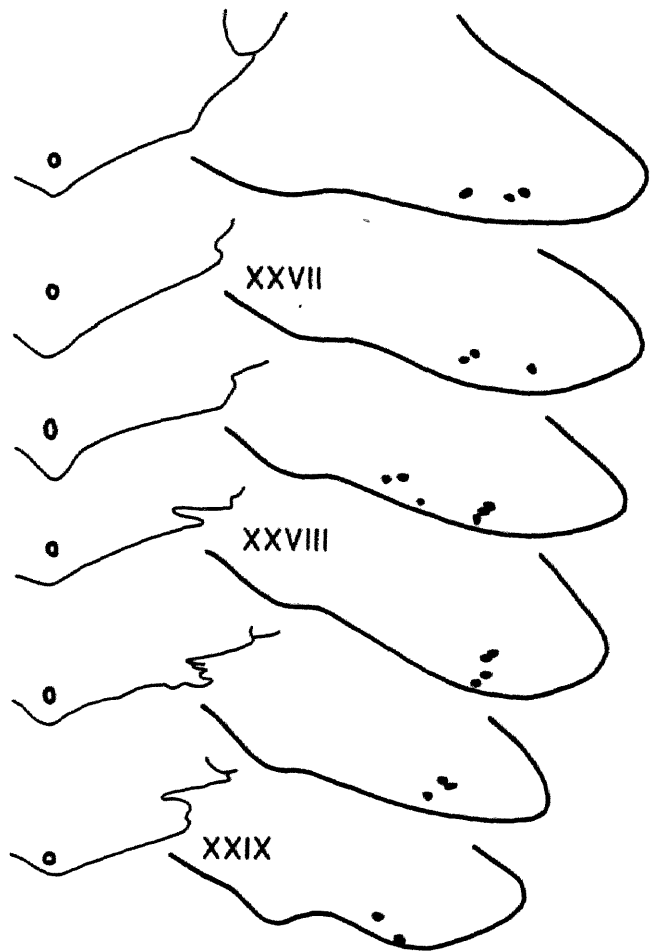
変性細胞は第XXVII脊髄節の頭側端から第XXIX脊髄節の中央部までに

存在し、*lamina* 9で最腹側部に散在していた。その数は65個で

あった。



84a



84b



84c

図85 a-c *M. flexor perforans et perforatus digiti IIとIII (FPPD)*

を支配する神経の切断 (31)

変性細胞は第XXVII脊髄節の中央部から第XXIX脊髄節の尾側端までに

存在し、*lamina 9*で中間内側部に位置していた。その数は2例

を平均すると 314個であった。

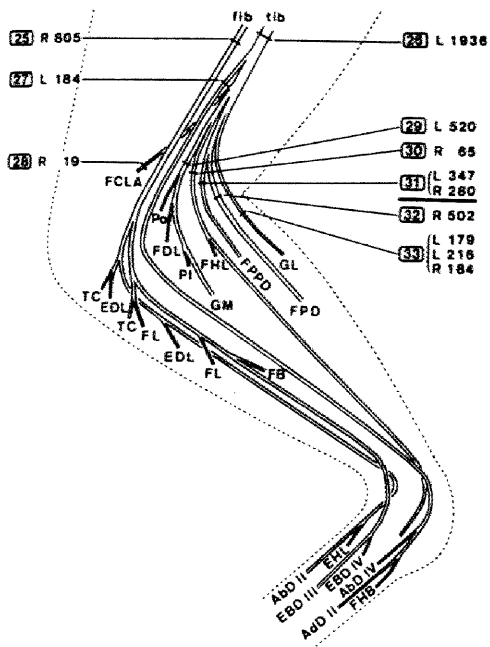


图 85 a

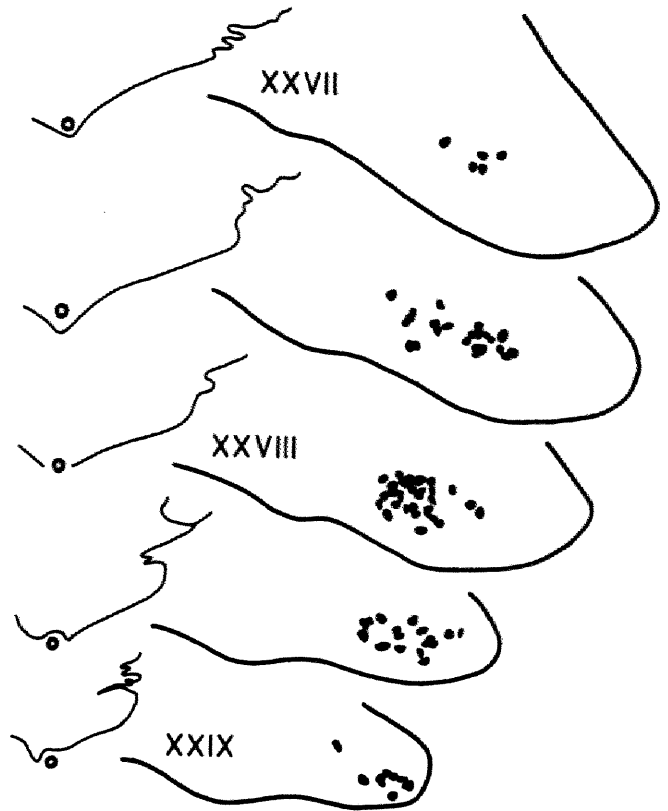


图 85 b

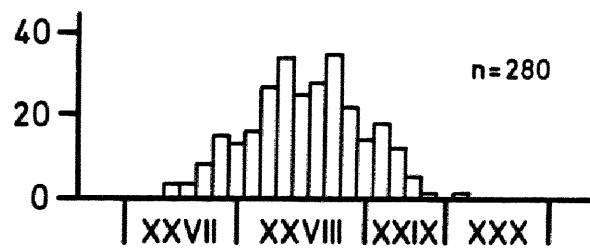


图 85 c

図86a-c *M. flexor perforatus digiti* II, IIIとIV (FPD)を支配する神経
の切断 (32)

変性細胞は第XXVI脊髓節の中央部から第XXIX脊髓節の中央部までに分布

し、*lamina* 9で腹内側部を占めていた。その数は502個であった。

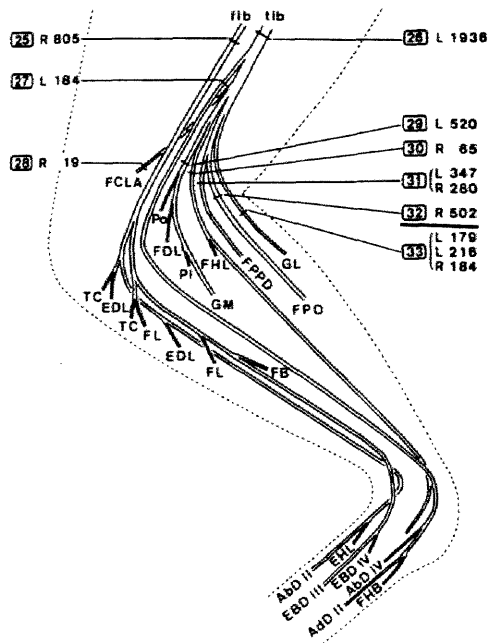


图 86a

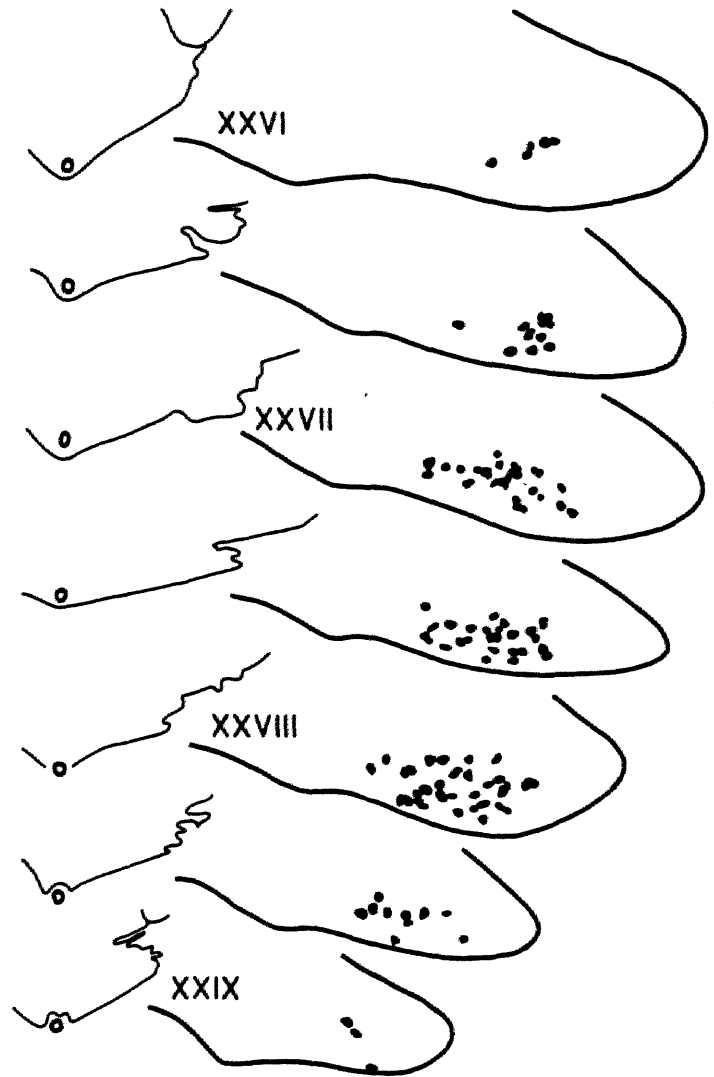


图 86b

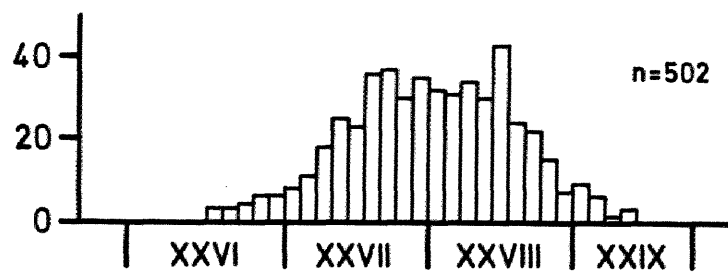


图 86c

図87 a-c *M. gastrocnemius* の *Pars lateralis* (GL) を支配する神経の

切断 (33)

変性細胞は第XXVI脊髓節の尾側部から第XXIX脊髓節の頭側部までに

存在し、*lamina* 9で中間背側部に位置していた。その数は3列を

平均すると193個であった。

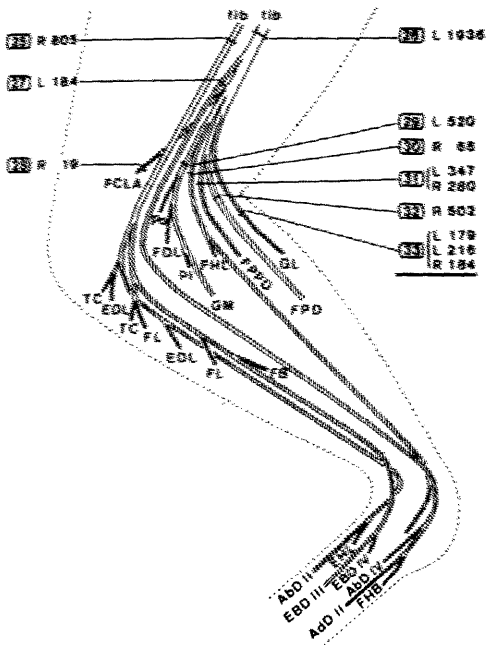


图 87a

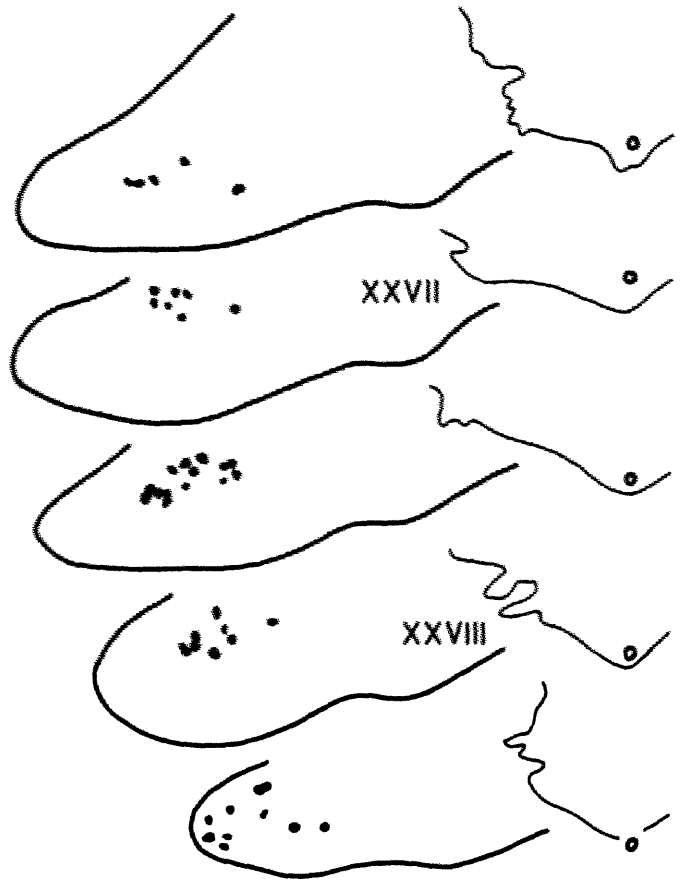


图 87b

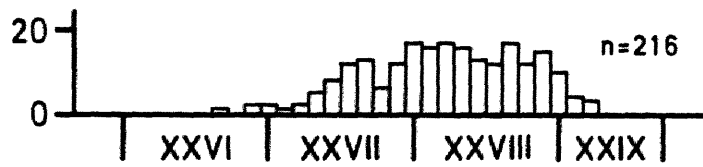


图 87c

図 88 各髄節の中央の高さと境界の高さの横断切片上における個々の後肢筋を

支配する運動神経細胞の局在

個々の後肢筋を支配する運動神経細胞は *lamina 9* の領域内である特定の部位を占め、

頭尾方向に細長く連なる細胞柱を形成していた。 おのおのの切断例における

結果を総合し、個々の後肢筋を支配する運動神経細胞が *lamina 9* の内部で占め

る領域を図中に筋名(大文字)または神経名(小文字)の略号によって示した。

ローマ数字は髄節の番号を表わす。

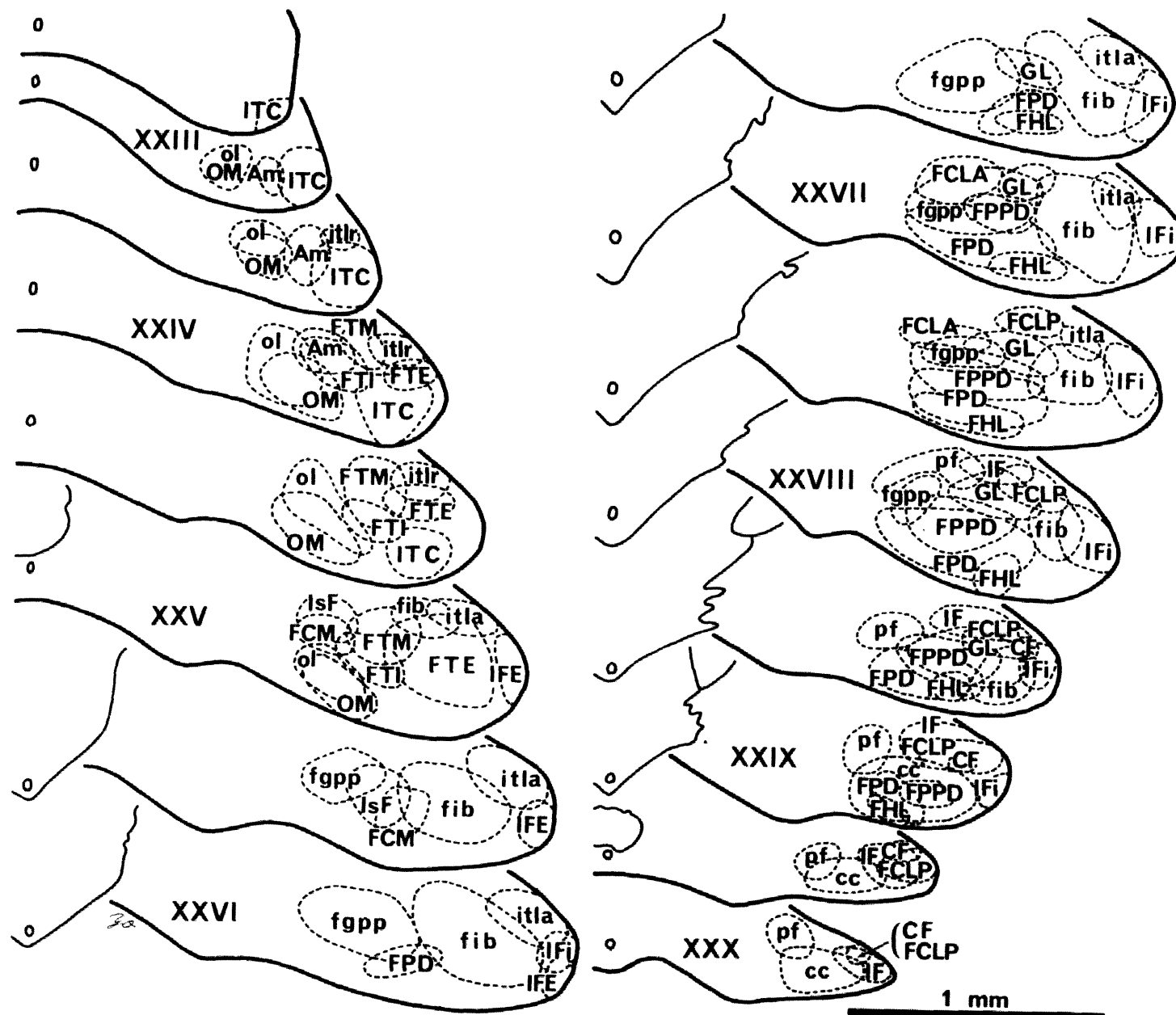


図89 a-c 後肢筋を支配する運動神経細胞群の位置と筋の機能との関係

a : 運動神経細胞群の位置と筋の近位遠位方向の位置との関係

遠位の筋を支配する運動神経細胞(無地の領域)は仙骨神経叢に腹枝を出す
 髄節にだけ存在するが、近位の筋を支配するもの(斜線の領域)は腰仙膨大
 のすべての髄節に分布する。従って運動神経細胞の頭尾方向の位
 置と筋の近位遠位方向の位置との間に相関関係が存在するとは言い難い。
 ローマ数字は髄節の番号を表わす。

b : 腹側神経束に軸索を送る運動神経細胞

腹側神経束に軸索を送る運動神経細胞は *Lamina 9* で内側域に局在する。
 これをさらに近位の筋を支配するもの(横線の領域)と遠位の筋を支配する
 もの(梨子地の領域)に区分すると前者は後者よりも外側に位置している。

c : 背側神経束に軸索を送る運動神経細胞

背側神経束に軸索を送る運動神経細胞は *Lamina 9* で外側域に局在する。
 これをさらに近位の筋を支配するもの(縦線の領域)と遠位の筋を支配する
 もの(無地の領域)に区分すると前者は後者よりも外側に位置している。

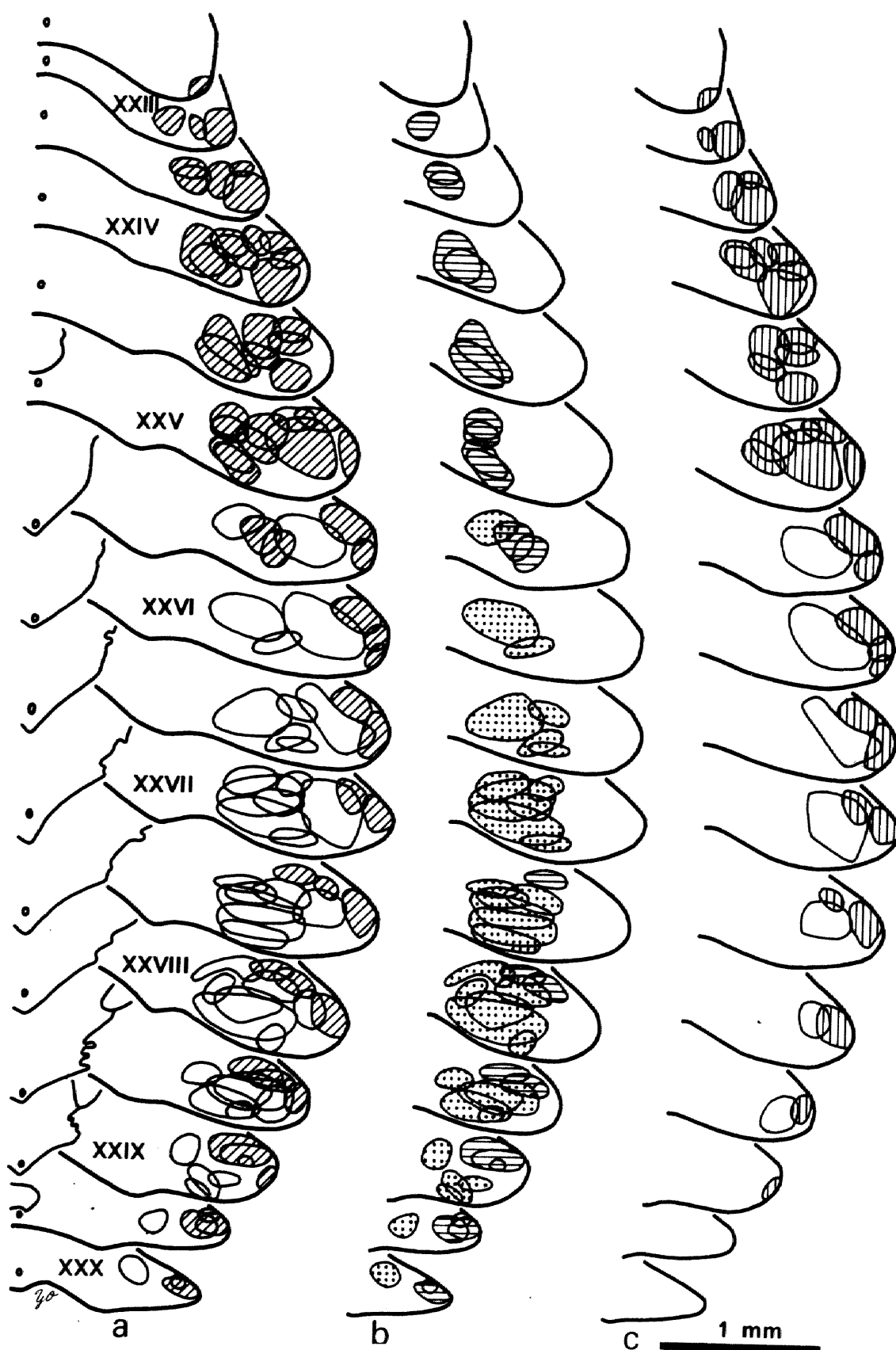


図90 a-c 大腿(a)、下腿(b)および足(c)における後肢の横断面

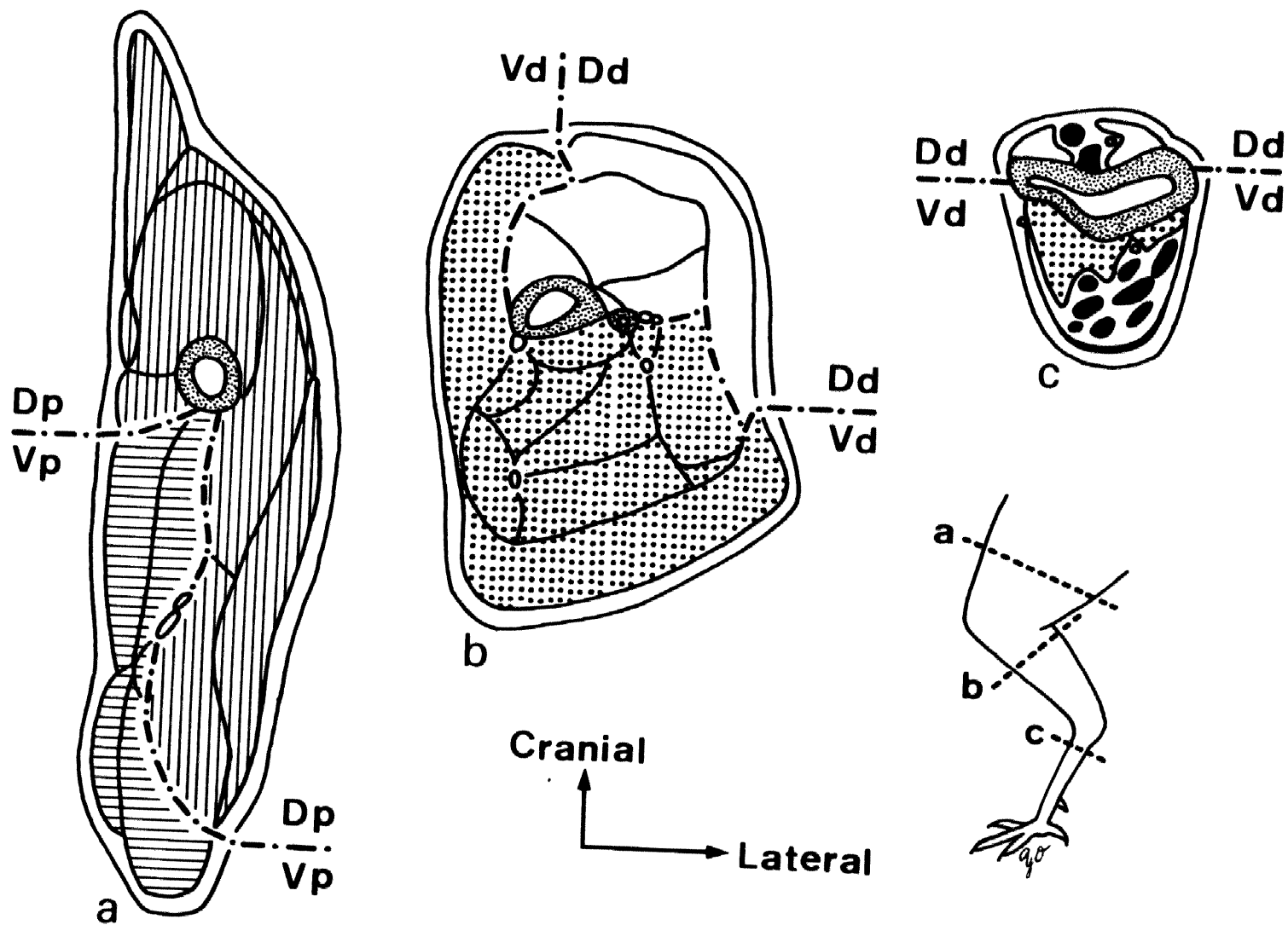
後肢筋の4つの集団、すなわち背側神経束により支配される近位の筋(D_p :縦線の領域)と遠位の筋(D_d :無地の領域)および腹側神経束により支配される近位の筋(V_p :横線の領域)と遠位の筋(V_d :梨子地の領域)を示す。

筋の4つの集団はそれぞれ図37b, cの同じ模様の領域に存在する運動神経

細胞によって支配される。破線(— · — · —)は背側神経束によって支配される筋と

腹側神経束によって支配されるものとの間の境界を表わす。細かい点を付けた

領域は肢骨を、小さな円は神経を、黒い領域は腱を示す。



90

図91 左側の陰部神経叢（背側面）

ニワトリの陰部神経叢は第XXX-XXXIV脊髄神経の腹枝から構成される。

ローマ数字は脊髄神経腹枝の番号を表わす。

ic : N. intermedius caudae

lc : N. lateralis caudae

pud: N. pudendus

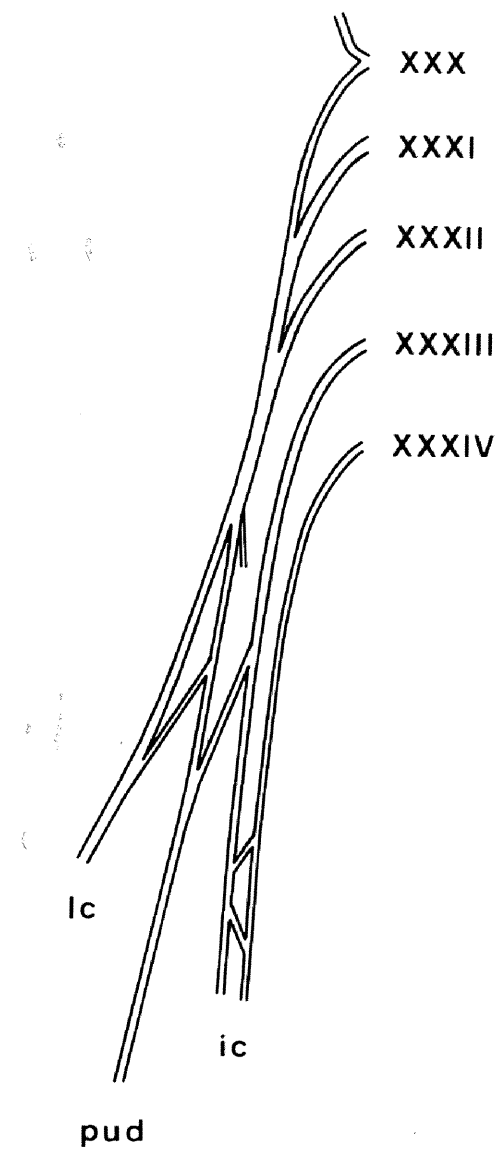


図92a-c 右側の陰部神経叢を切断して10日後に固定したニワトリの脊髄における
体運動神経細胞と仙髄副交感神経節前細胞

a : 第XXXI脊髄節を通る横断切片の顕微鏡写真

Klüver と Barrera (1953) の方法に従って染色した。 CC、中心管。

× 116。

b : 同一切片で lamina 9 を拡大した顕微鏡写真

lamina 9 に存在する体運動神経細胞は逆行性変性を起こした。

× 231。

c : 同一切片で中心管の背側域を拡大した顕微鏡写真

中心管(CC)の背外側域に位置すると言われている仙髄副交感神経節前細胞

は明らかな変性像を示さなかった。

× 231。

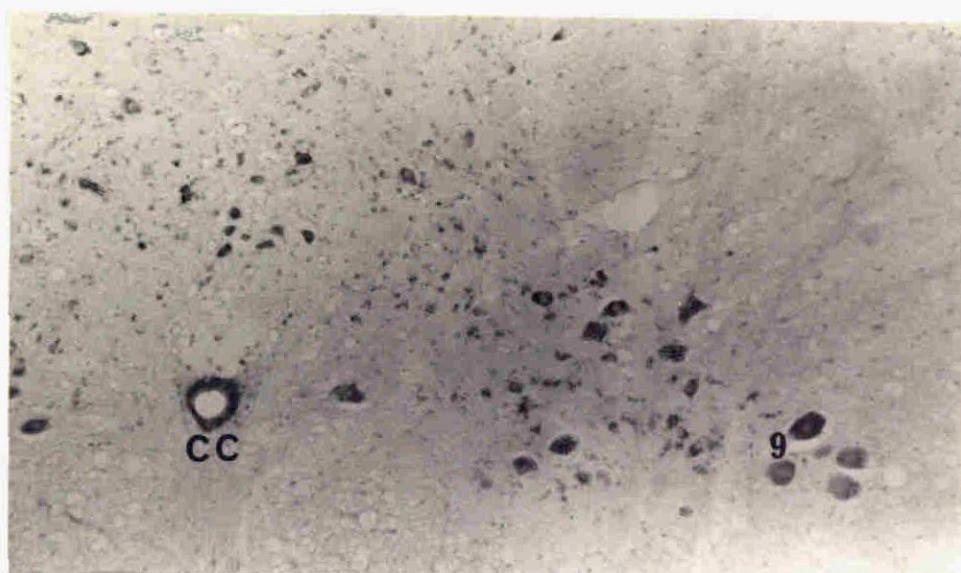


图 92 a



图 92 b

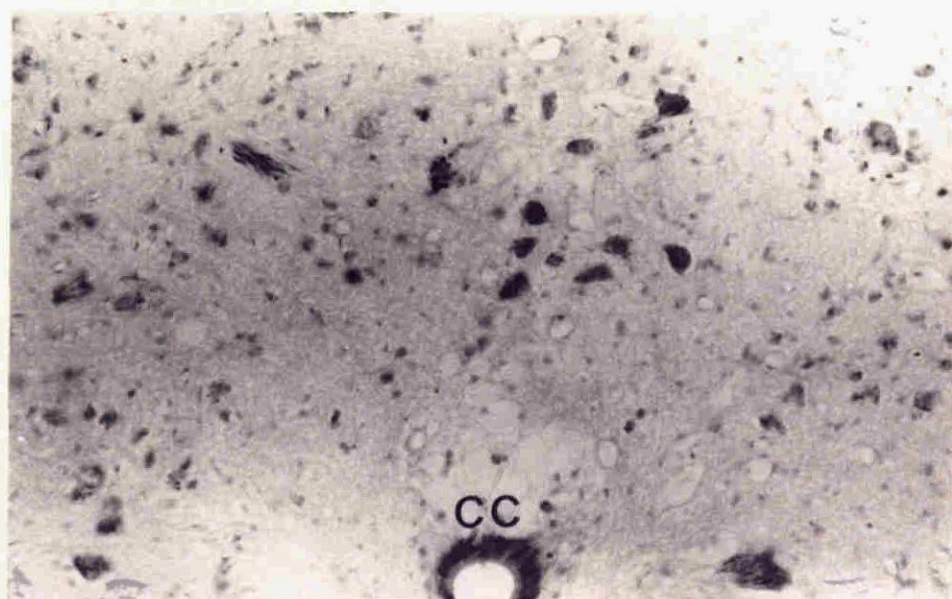


图 92 c

図93a-c 右側の陰部神経叢にHRPを用いたときの横断切片における標識細胞

a : 第XXXI脊髄節を通る横断切片の顕微鏡写真

標識細胞は腹角の腹外側端と中心管(CC)の背外側域に見られた。

× 116。

b : 同一切片でlamina 9を拡大した顕微鏡写真

腹角の腹外側端に位置する標識細胞は体運動神経細胞であると思われる。

× 231。

c : 同一切片で中心管の背側域を拡大した顕微鏡写真

中心管(CC)の背外側域に局在する標識細胞は仙髄副交感神経節前

細胞であると判断される。

× 231。

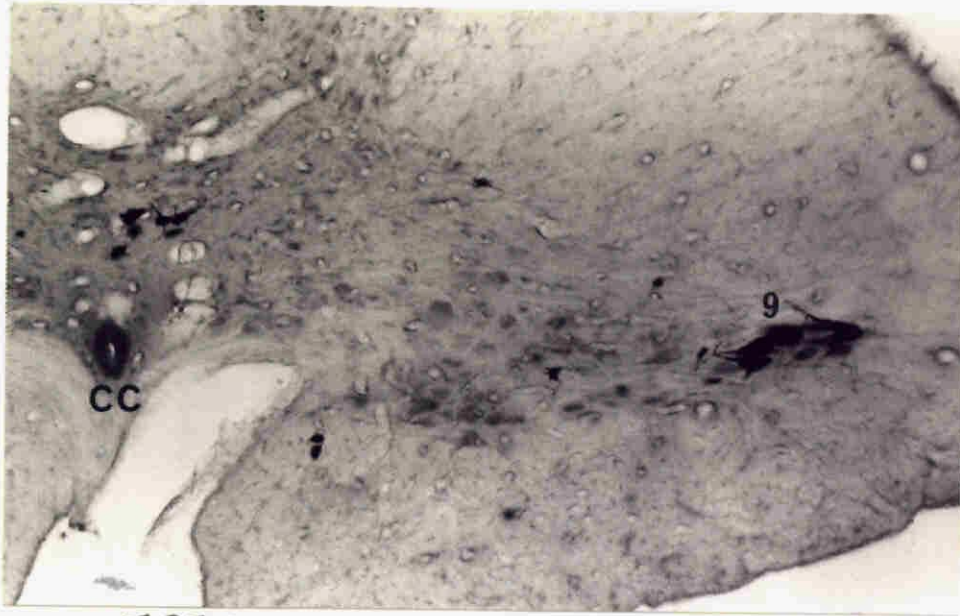


图 93a



图 93b

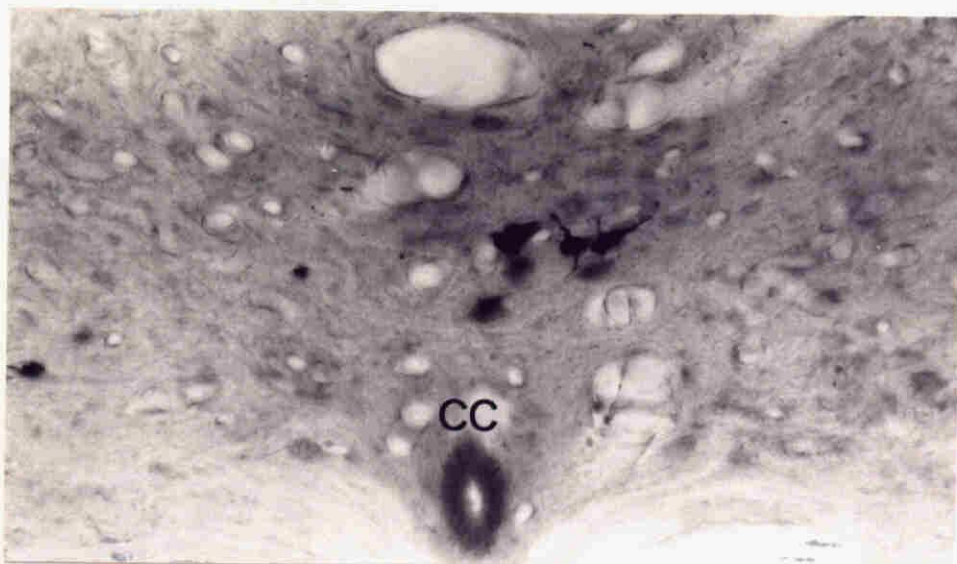


图 93c

図94 右側の陰部神経叢にHRPを用いたときの水平断切片における標識細胞

水平断切片で標識細胞をすべて1枚のトレーシングペーパーに写し取ると、標識細胞は第XXX脊髄節から第XXXIII脊髄節までに細長く伸びる2つの細胞柱を形成していた。外側の細胞柱が体運動神経細胞で、内側のものが仙髄副交感神経節前細胞である。ローマ数字は髄節の番号を表わす。

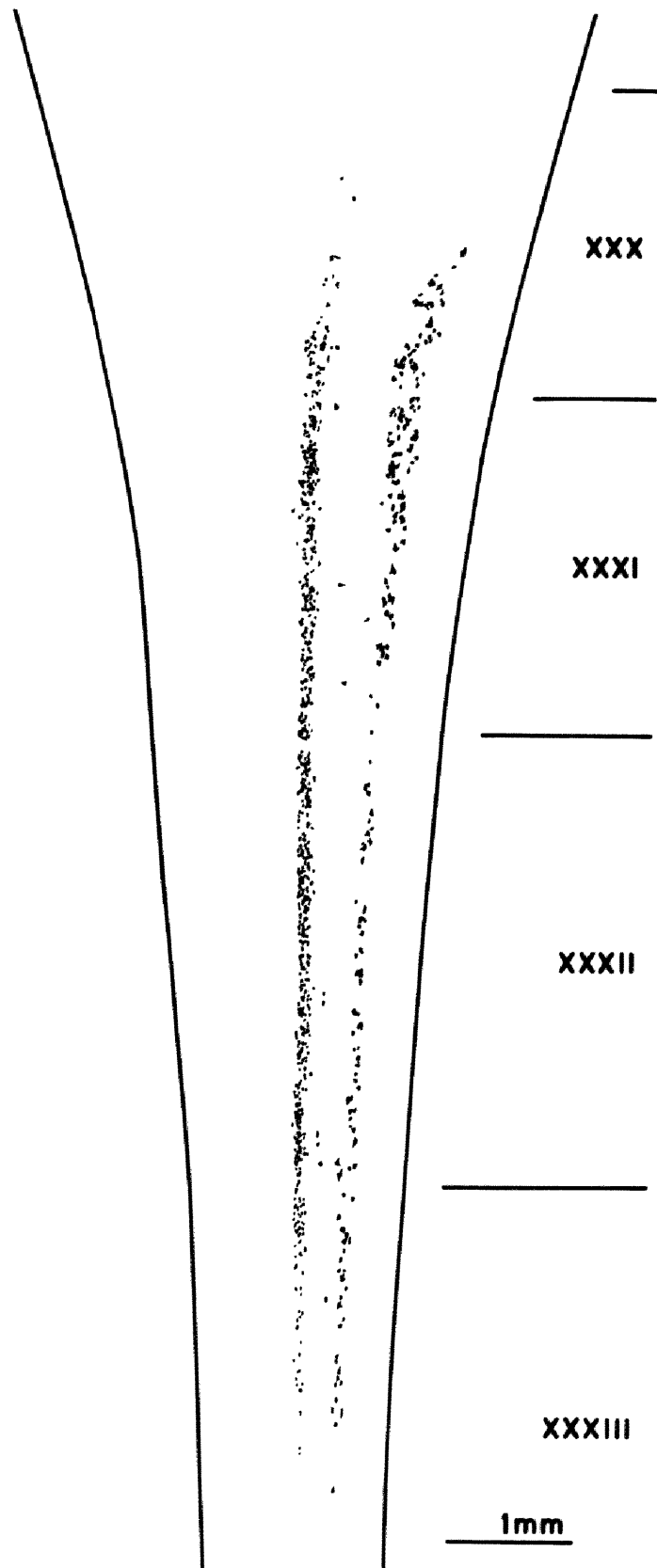


图 94

図95 a-c 左側の陰部神経にHRPを用いたときの横断切片における標識細胞

a : 第XXXI脊髄節を通る横断切片の顕微鏡写真

標識細胞は中心管(CC)の背外側域にのみ見いだされた。 X 116。

b : 同一切片で *lamina 9* を拡大した顕微鏡写真

腹角の腹外側端に位置する体運動神経細胞は全く標識されなかった。

X 231。

c : 同一切片で中心管の背側域を拡大した顕微鏡写真

中心管(CC)の背外側域に位置する仙髄副交感神経節前細胞だけが標識された。 X 231。

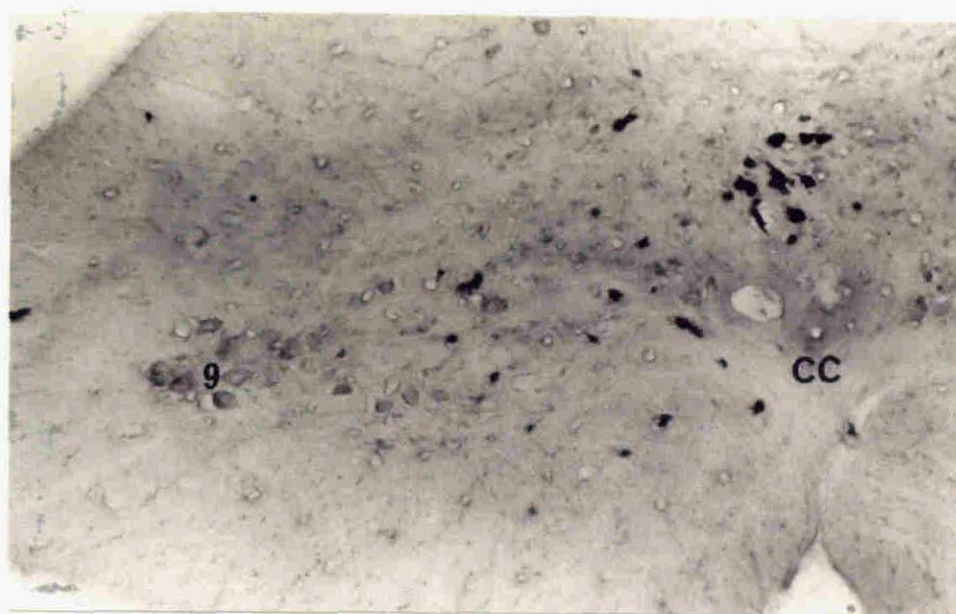


图 95a

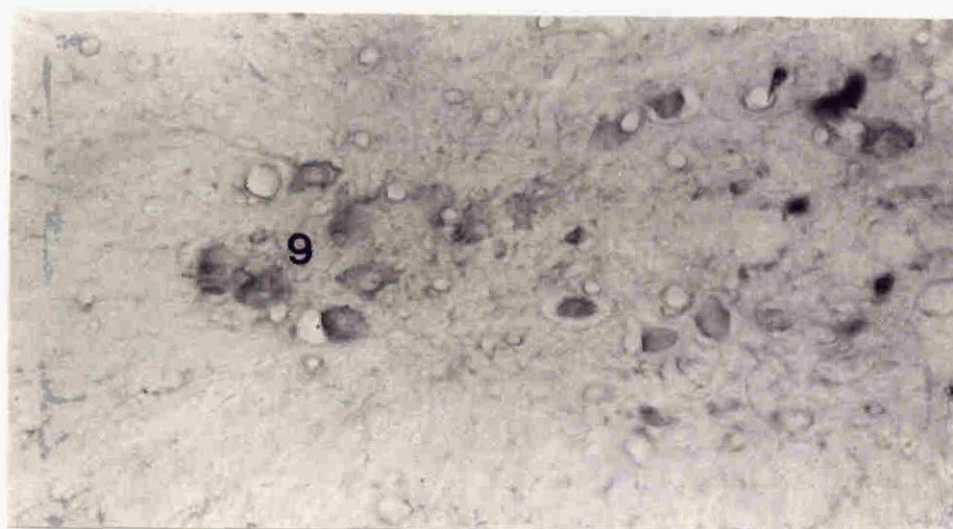


图 95b

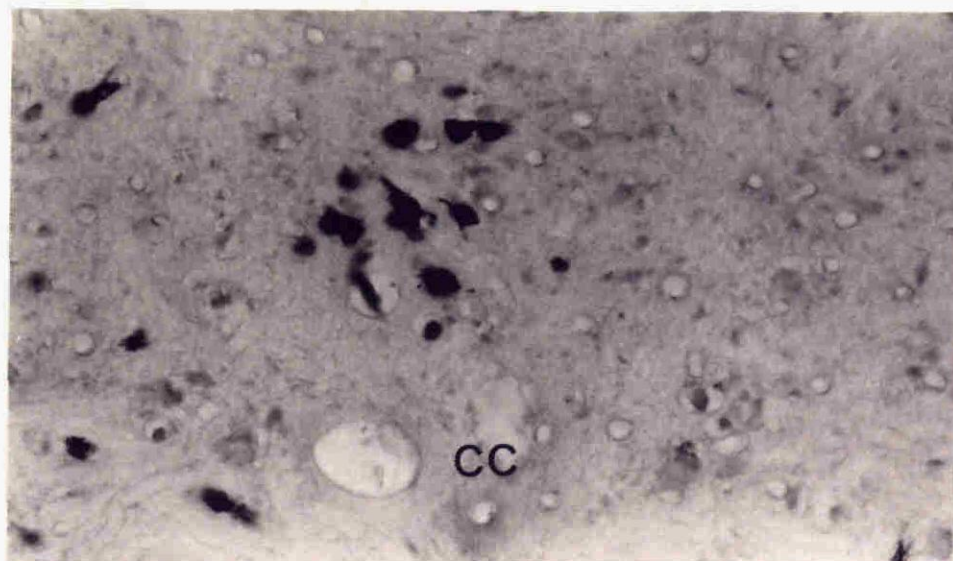


图 95c

図96 a, b 左側の陰部神経にHRPを用いたときの水平断切片における標識細胞

a : 中心管の背側域を通る水平断切片の顕微鏡写真

中心管の背外側域に局在する仙髄副交感神経節前細胞は水平断切片では

正中線に沿って頭尾方向に連なる細胞柱を形成していた。 × 46。

b : 同一切片で標識細胞を拡大した顕微鏡写真

標識細胞は頭尾方向に細長く伸びた双極細胞か、または多極細胞であり、その

主要な樹状突起はしばしば頭尾方向に伸びていた。 × 231。



图 96a



图 96b

図97 a-f 中間質の介在部と外側部および背角外側縁に存在する標識細胞

中心管の背外側域に位置する神経細胞のほかに少数の標識細胞が中間質の介在部(

aとb)と外側部(cとd)、さらに背角外側縁(eとf)に点在して見いだされた。

これらの標識細胞も仙髄副交感神経節前細胞の一部であると思われる。

× 231。

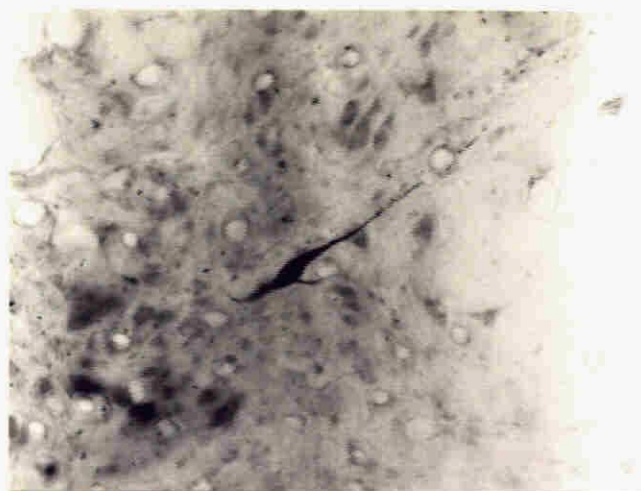


图 97a

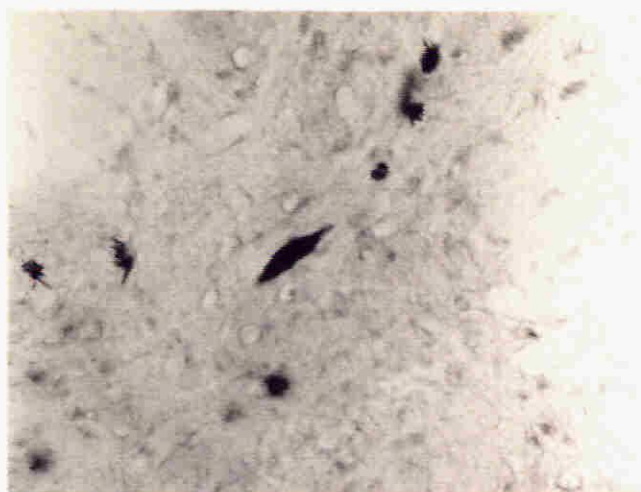


图 97b

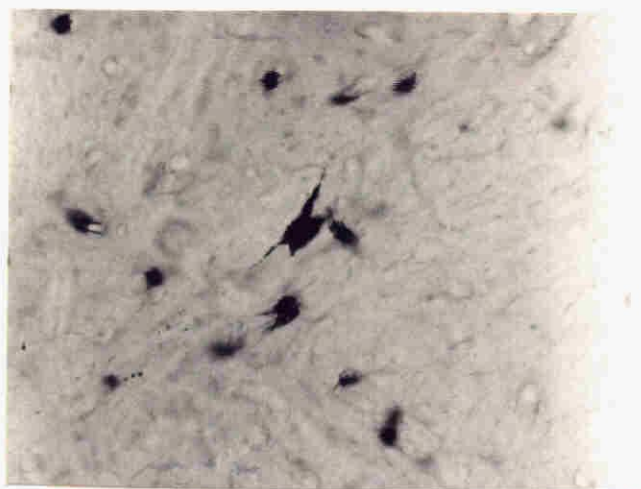


图 97c

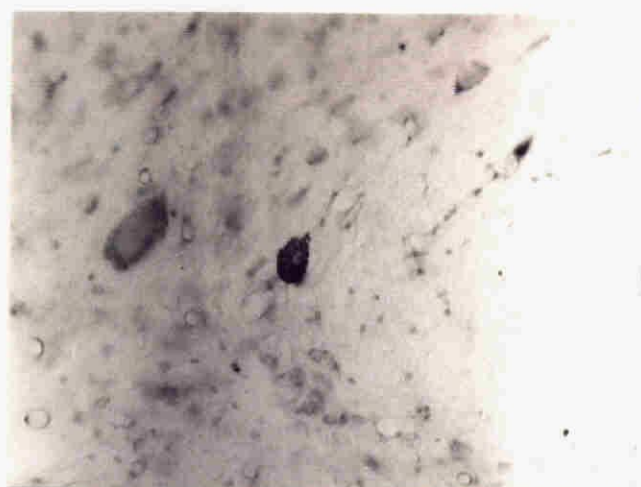


图 97d

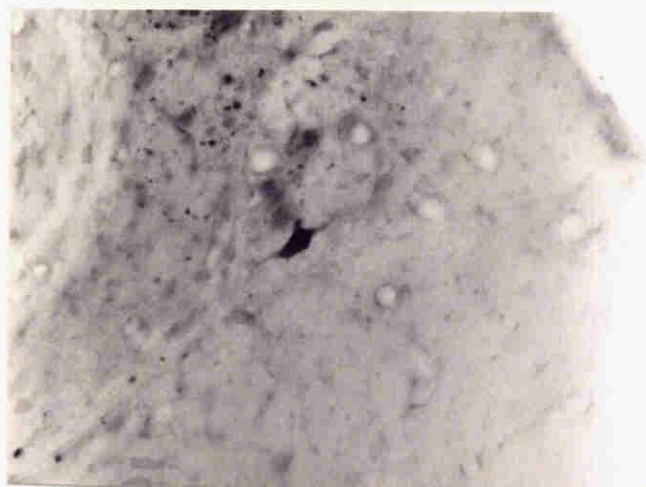


图 97e

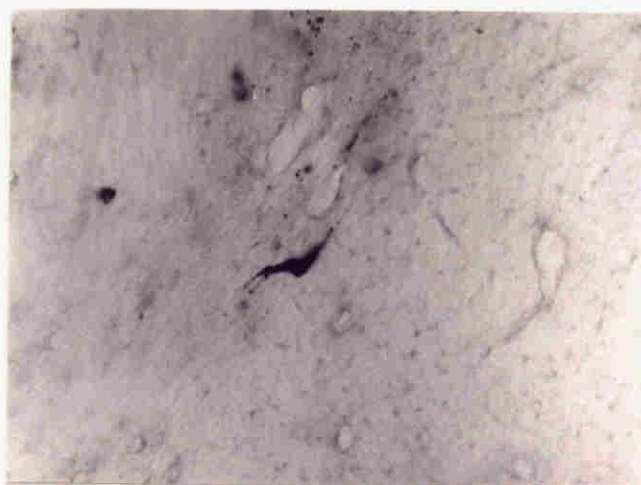


图 97f

図98 a-d 中心管の背外側域に存在する標識細胞の頭尾方向における分布

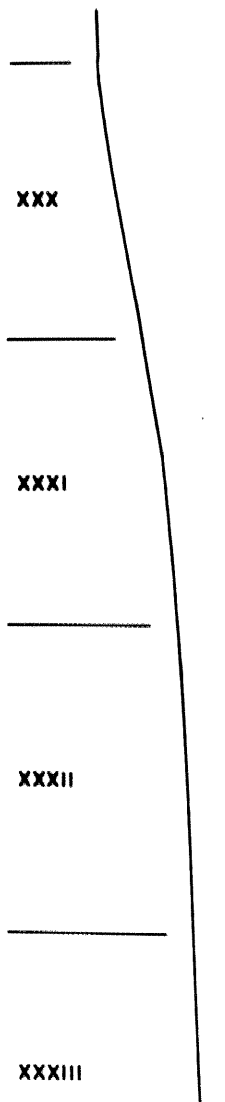
雌の左側(a)と右側(b)、雄の左側(c)と右側(d)で陰部神経にHRPを用いた

ときの標識細胞を1枚のトレーシングペーパーに写し取った。 頭尾方向における標識

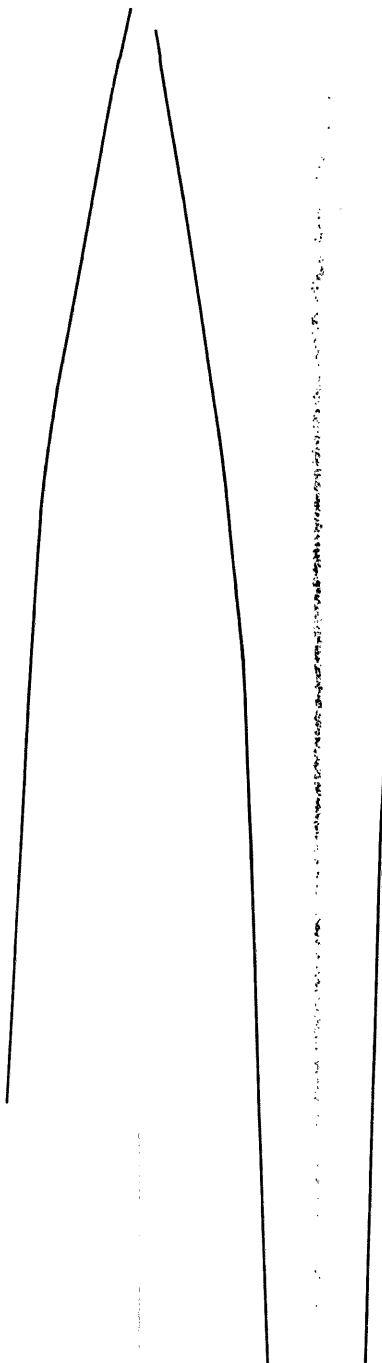
細胞の分布範囲に関して雌雄および左右の間に明らかな相違は存在しなかった。

しかし、雌の右側(b)は他の例(a、c、d)よりも特に頭側部で標識細胞の密度

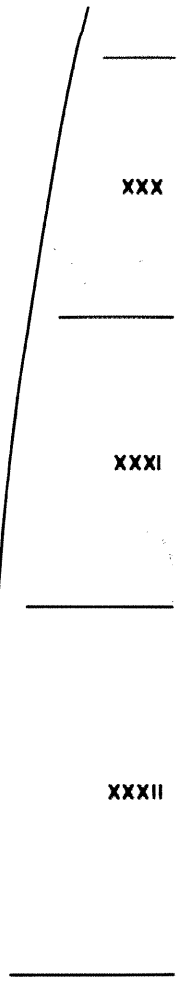
が低いように思われる。 ローマ数字は髄節の番号を表わす。



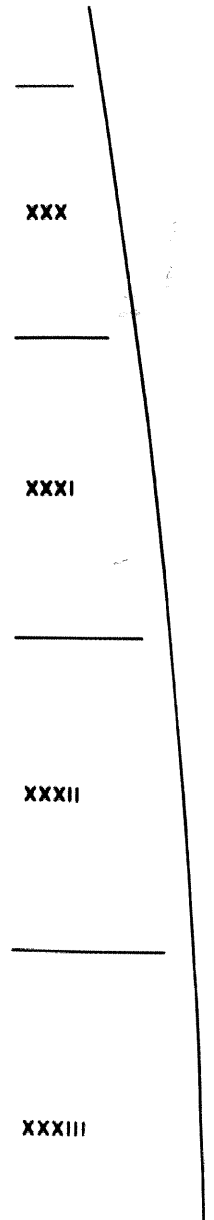
☒ 98a



☒ 98b



☒ 98c



☒ 98d

1mm

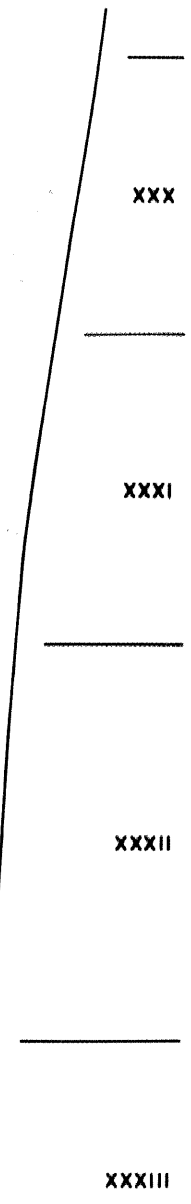


図99 a, b 体運動神経細胞の軸索

体運動神経細胞の細胞体と同時にその軸索(矢印)もまたHRPに標識された。

これらは *Lamina 9* の腹側部で灰白質から白質に入り、白質中を腹外側に走って腹根と

して脊髄を離れた。 × 116。

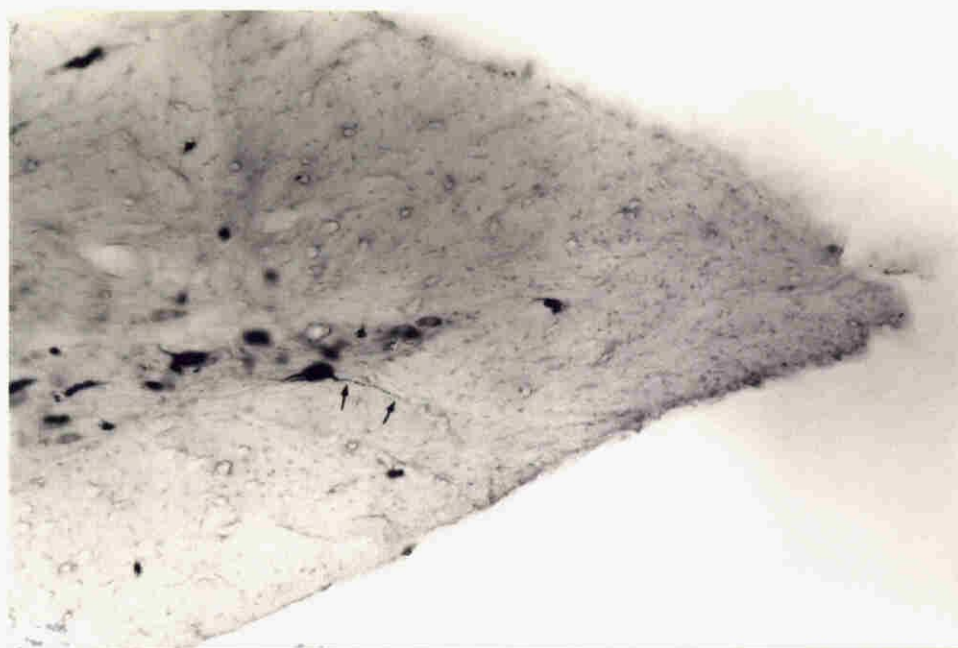


图 99a



图 99b

図100

仙髄副交感神経節前細胞の軸索

副交感神経節前細胞の軸索と思われる神経線維(矢印)が標識された。 この

線維は中心管の背外側域から腹角の腹外側部まで灰白質中を斜めに走り、体運動

神経細胞の軸索とともに白質を横切り、腹根に入った。 この写真は偏光フィルターを

用いて撮影した。 × 116。



图 100



図101 a, e 脊髄神経節で見いだされた標識細胞

陰部神経にHRPを用いると、陰部神経に含まれる知覚神経線維の起始細胞が脊髄

神経節において標識された。これらの標識細胞が内臓知覚神経細胞で

あると思われる。左側か近位、右側か遠位である。×46。

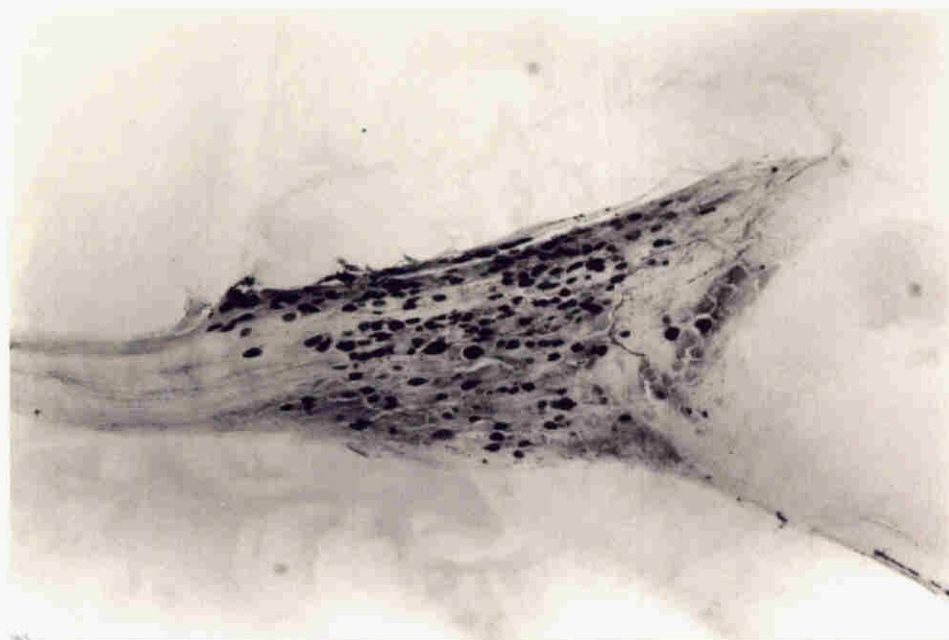


图 101 a

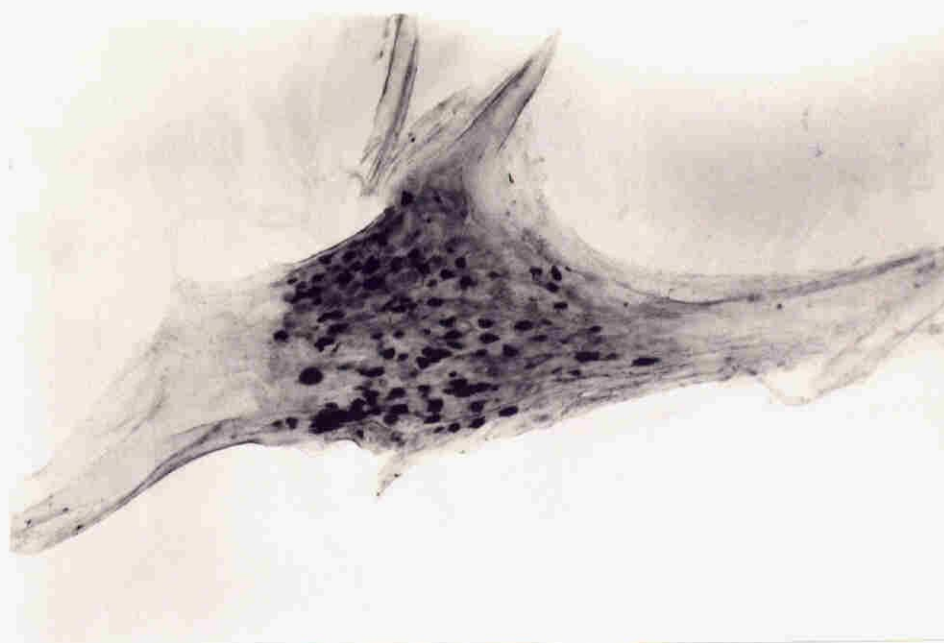


图 101 乙

図102 a-f 脊髄神経節における種々の標識細胞

大部分の内臓知覚神経細胞は近位遠位方向に伸びた紡錘形か長い円形をしており、

双極性の神経細胞と見なされる(a-c)。

一部の細胞は丸い形をしており、

偽単極性の神経細胞と考えられる(d-f)。

左側が近位、右側が遠位で

ある。

× 231。

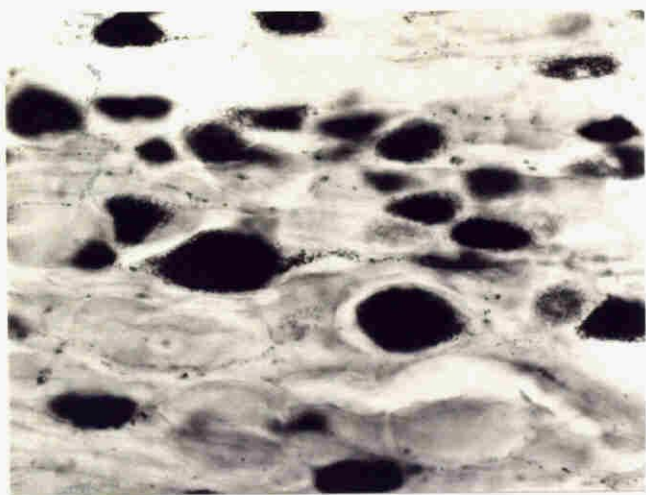


图 102 a

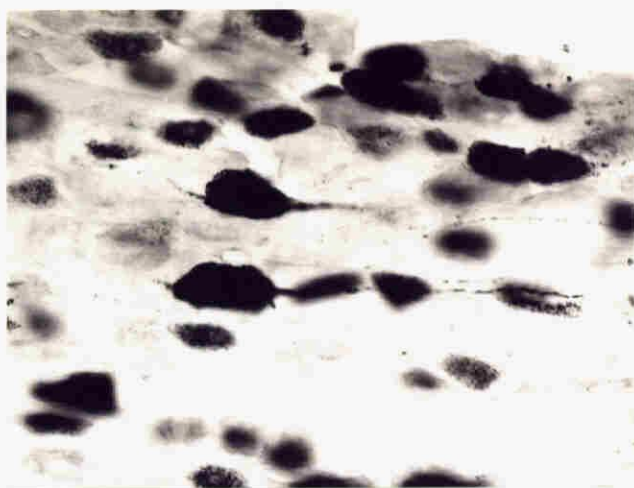


图 102 b



图 102 c

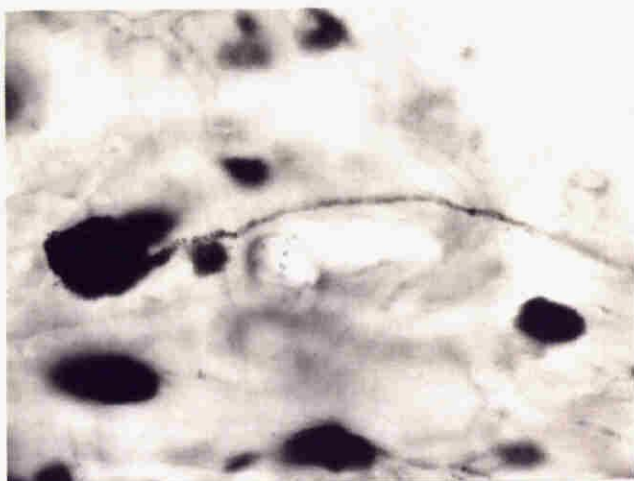


图 102 d



图 102 e

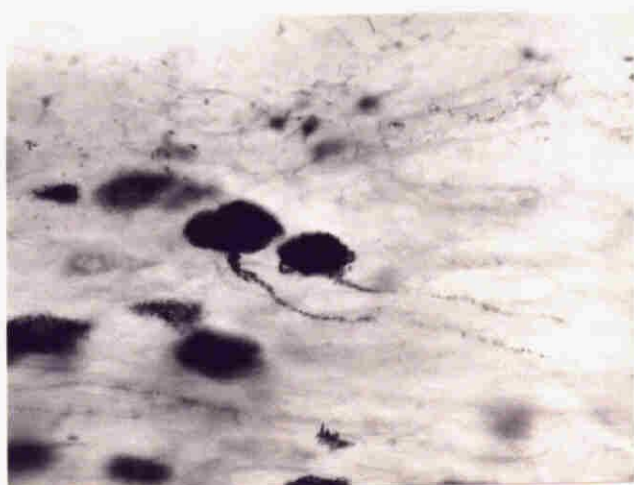


图 102 f

図103 a, b 右側の陰部神経叢にHRPを用いたときの知覚神経線維の終末域

陰部神経叢にHRPを用いると知覚神経線維の終末域は *lamina* 2 と 3 に、さらに背角外側縁から背角底、背灰白交連を通過して対側の背角外側縁にまで続く領域に存在した。

(a) は通常の方法で、(b) は偏光フィルターを用いて撮影した。 X 100。



图 103 a

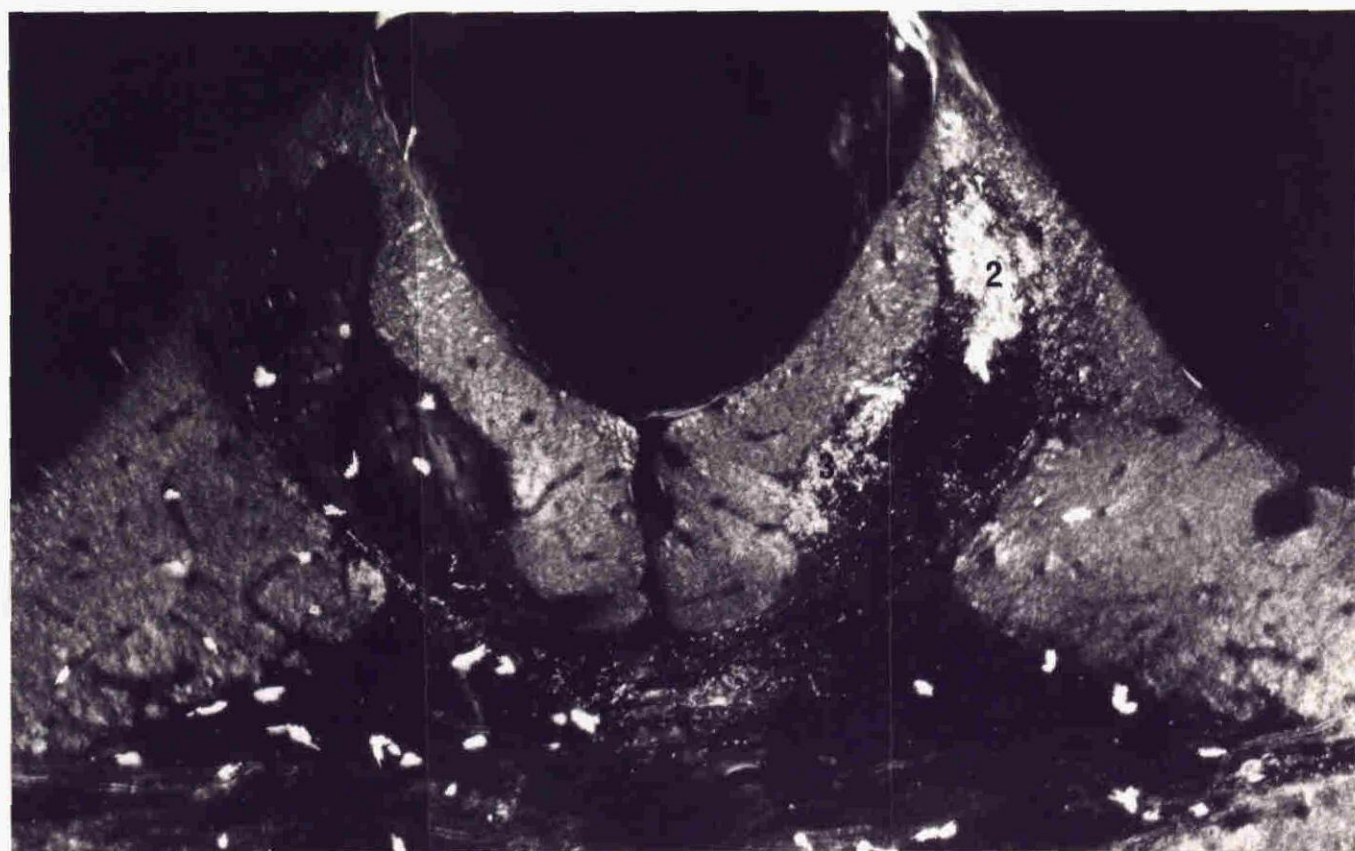


图 103 长

図104 a, b 右側の陰部神経にHRPを用いたときの知覚神経線維の終末域

陰部神経にHRPを用いると知覚神経線維の終末域は背角外側縁から背角底を横切って背反白交連に続き、両側の副交感神経節前細胞の位置に存在した。

さらに一部は対側の背角外側縁に見られた。 (a)は通常の方法で、

(b)は偏光フィルターを用いて撮影した。 × 100。



图 104 a

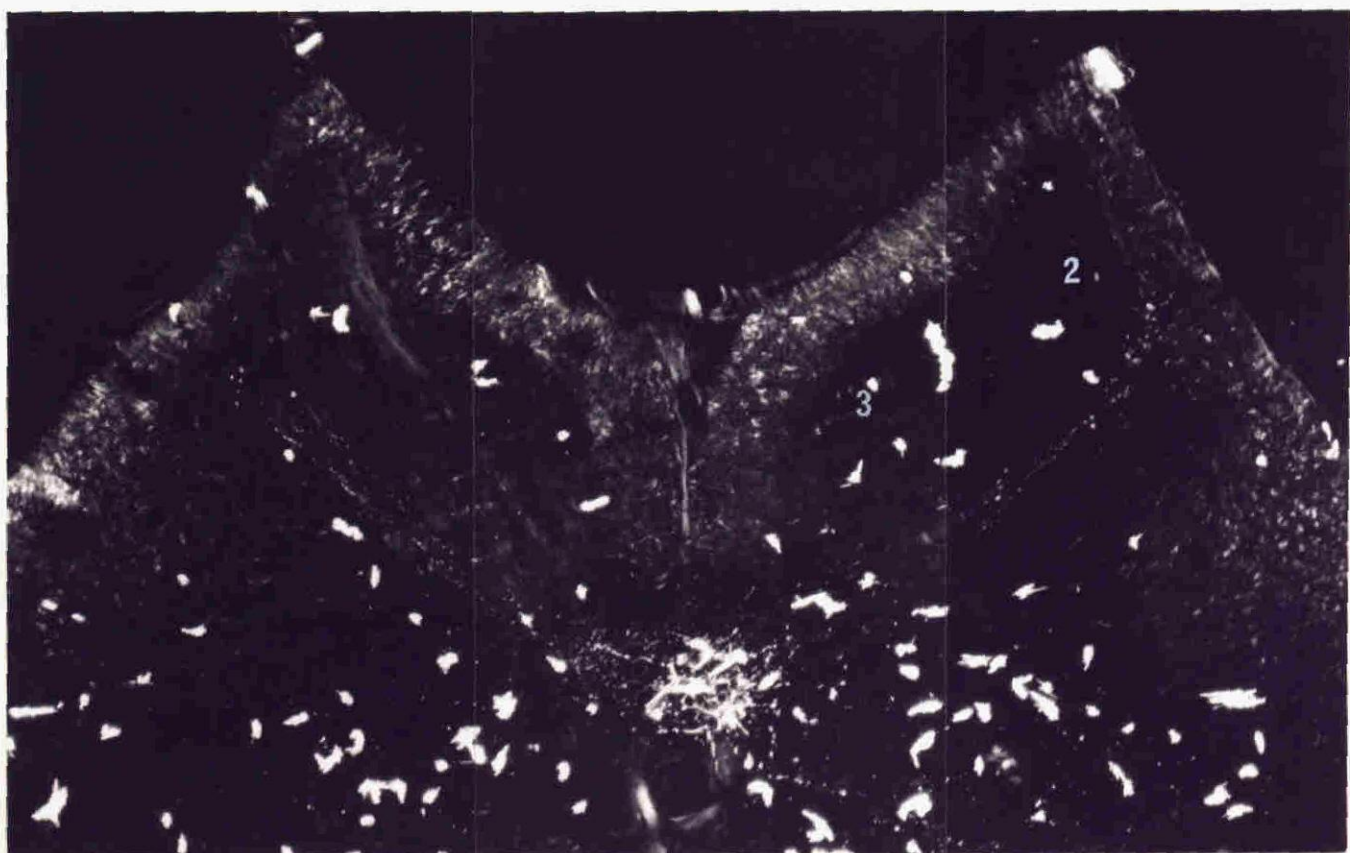


图 104 b

図105 ニワトリにおける四肢の筋の神経支配機構

前肢後肢ともに *lamina 9* で外側部に存在する運動神経細胞はその軸索を背側神経束に送り、背側筋原基に由来する筋を支配する。一方、*lamina 9* で内側部に位置する運動神経細胞はその軸索を腹側神経束に送り、腹側筋原基から起こる筋を支配する。

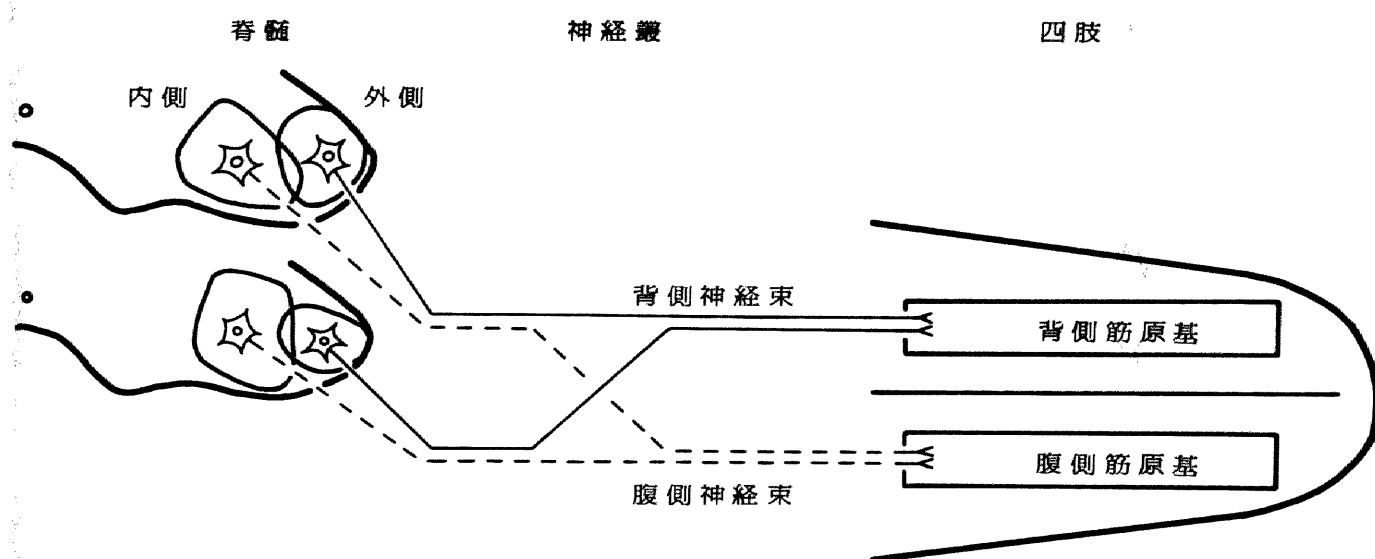


圖 105

図106 a-f 四肢の筋の神経支配機構における系統発生的進化

Aには体幹の筋を支配する運動神経細胞が、Dには軸索を背側神経束に送り、

背側筋原基に由来する筋を支配するものが、Vには軸索を腹側神経束に送り、腹側

筋原基から起こる筋を支配するものが位置する。 さらにD群とV群の運動神経

細胞はそれぞれ近位の筋を支配するもの(DpとVp)と遠位の筋を支配するもの(

DdとVd)に区分できる。

a: 軟骨魚類(アカエイ科の1種, *Dasyatis sabina*)の胸鰭

DrogeとLeonard(1983)の顕微鏡写真より描く。

b: 両生類(ウシガエル, *Rana catesbiana*)の後肢

Cruce(1974)から描き直す。

c: 爬虫類(キバラカメ, *Pseudemys scripta elegans*)の後肢

RuigrokとCrowe(1984)から一部変えて描く。

d: 哺乳類(ネコ, マウス, ラット)の後肢

Romanes(1951, ネコ), McManiswellとBiscoe(1981, マウス)および

Nicolopoulos-StournarasとIles(1983, ラット)の結果を総合して描く。

e: 鳥類(ニワトリ)の前肢

f: 鳥類(ニワトリ)の後肢

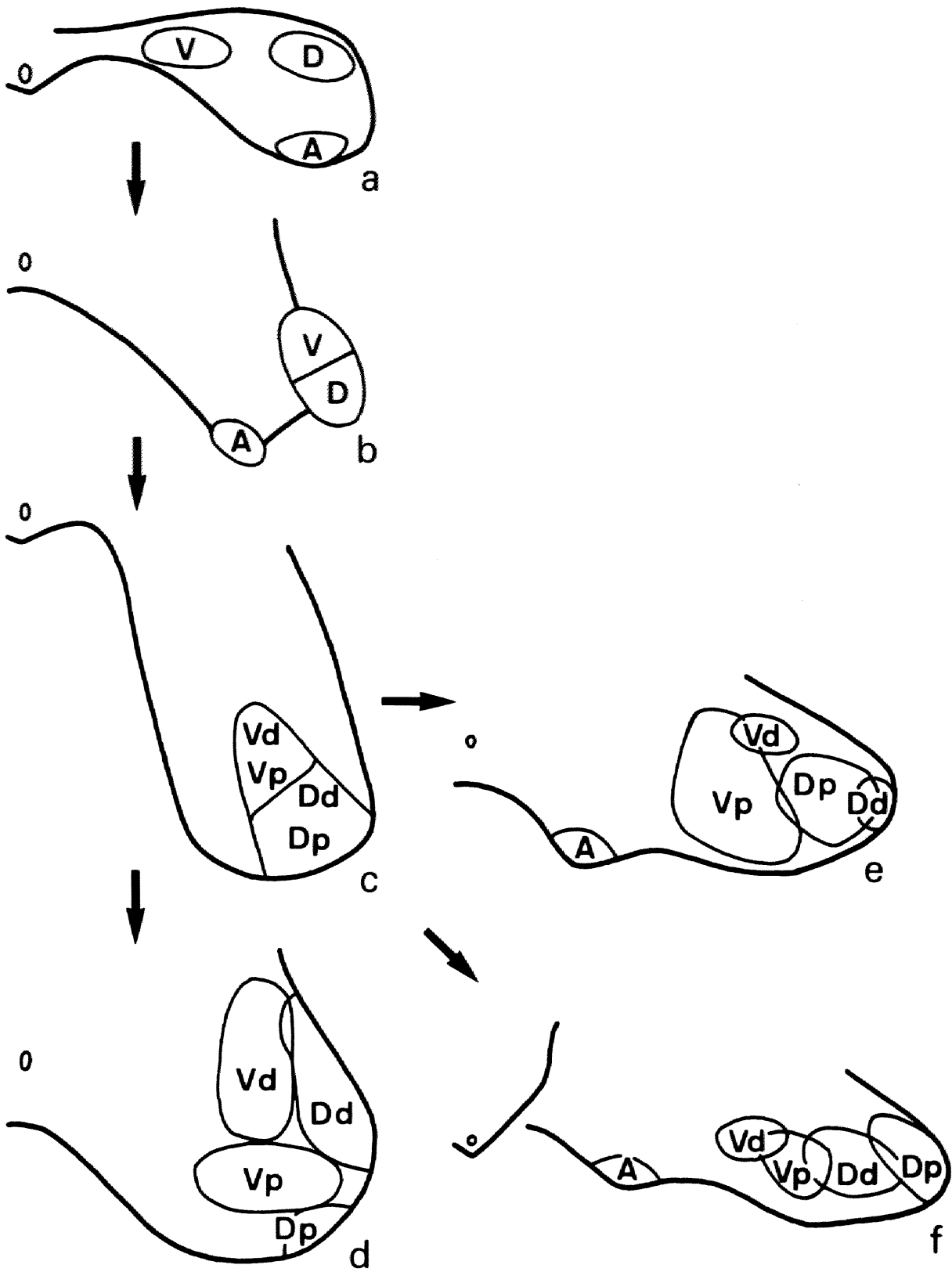


图 106

図107 ニワトリの脊髄における4つの基本部位

仙髄において末梢との関連によって機能的に異なった4つの基本部位を区別できた。

この4つの基本部位が脊髄の頭側から尾側まで連なり、中枢神経系の基本的な構成要素になっていると思われる。

縦線の領域 ;

骨格筋を支配する体運動神経細胞の分布域

横線の領域 :

仙髄副交感神経節前細胞、すなわち内臓運動神経細胞の分布域

格子の領域 :

体知覚神経線維の終末域

梨子地の領域:

内臓知覚神経線維の終末域

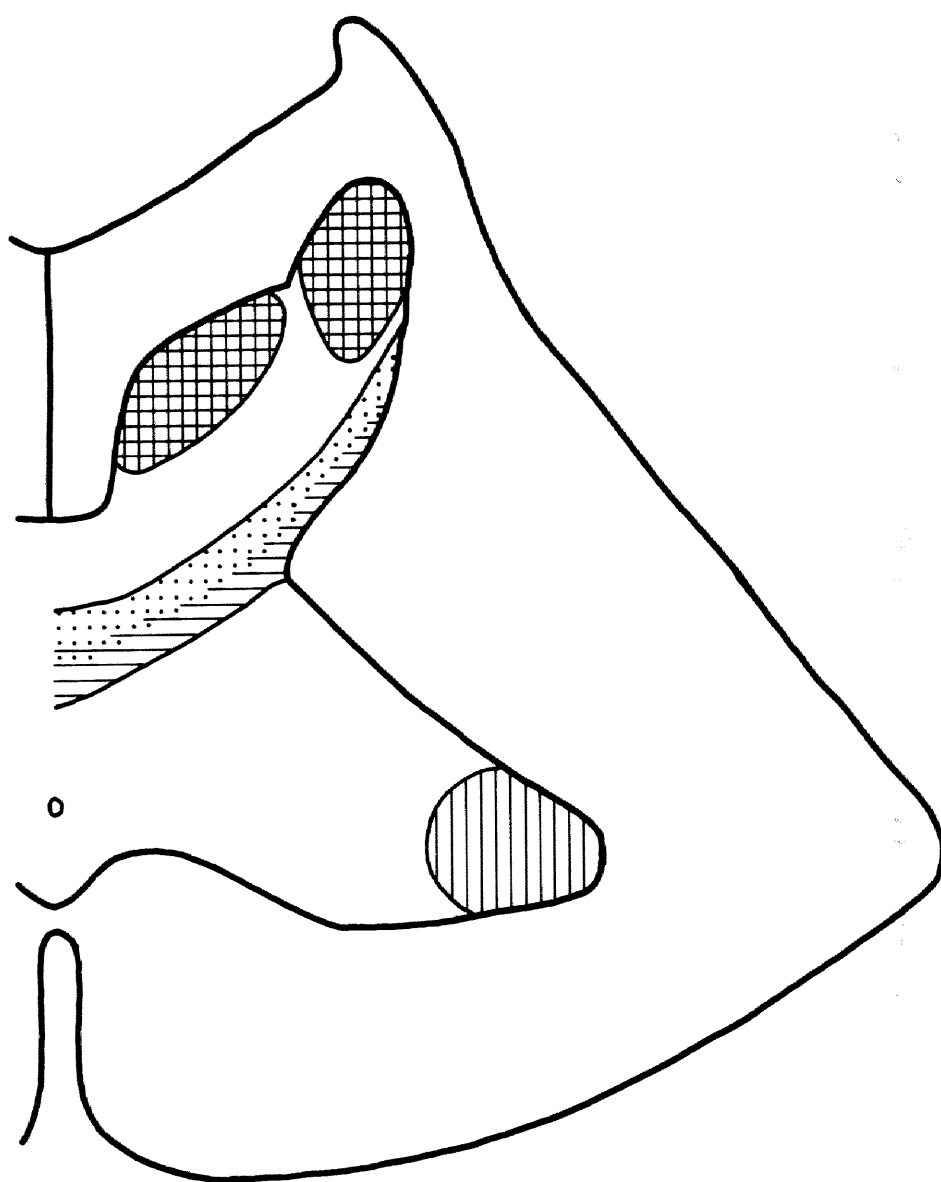


图 107

報 文 目 録

- 1) Ohmori, Y., T. Watanabe and T. Fujioka (1982)
Localization of the motoneurons innervating the forelimb muscles in the spinal cord of the domestic fowl.
Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol., 11, 124-137.
- 2) Ohmori, Y., T. Watanabe and T. Fujioka (1984a)
Localization of the motoneurons innervating the hindlimb muscles in the spinal cord of the domestic fowl.
Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol., 13, 141-155.
- 3) Ohmori, Y., T. Watanabe and T. Fujioka (1984b)
Location of parasympathetic preganglionic neurons in the sacral spinal cord of the domestic fowl.
Jpn. J. Zootech. Sci., 55, 792-794.
- 4) Ohmori, Y., T. Watanabe and T. Fujioka (1985)
Asymmetry in the number of parasympathetic preganglionic neurons in the sacral spinal cord of the domestic fowl.
Jpn. J. Zootech. Sci., 56, 364-366.