

報告番号

※²
第 2972 号

主論文の要旨

題名

ニワトリの脊髄に関する研究

氏名 大森保成

主 論 文 の 要 旨

報告番号 ※ ²/_甲 第 号 氏 名 大 森 保 成

鳥類の脊髄にはさまざまな神経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。そこで本研究で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解明するためにまず（１）前肢と後肢の個々の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、次に（２）仙髄副交感神経節前細胞の数と分布域および仙髄副交感神経に伴う内臓知覚神経線維の終末域を明らかにしようとした。

（１）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。この逆行性変性法を利用して、切断した神経に軸索を送っている神経細胞が他の正常な神経細胞から区別されうる。

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、lamina 8と9が存在する。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lamina 8と9がともに運動神経細胞を含むとする考え方と、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する考え方がある。前肢筋と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すべて手術側のlamina 9に含まれていた。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。

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。また、これら神経叢の個々の腹枝を切断すると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。

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構成されている。おのおのの腹枝は2、3本が集まるか、あるいはそのまま神経叢幹になる。神経叢幹はそれぞれ背腹に分かれ、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する。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る。従って腕神経叢と腰仙骨神経叢では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ていた。前肢では28か所で、後肢では33か所で神経切断を行い、個々の筋を支配する運動神経細胞の分布領域を図示した。その結果、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とが明らかになった。このような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。

ニワトリの四肢の筋は発生学的にすべて背腹2つの筋原基に由来することが報告されている。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。従ってニワトリの前肢と後肢では lamina 9 の外側部の運動神経細胞—背側神経束—背側筋原基由来の筋、lamina 9 の内側部の運動神経細胞—腹側神経束—腹側筋原基由来の筋という図式が成り立つ。

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を支配するもの(p) と遠位の筋を支配するもの(d) に区分すると四肢の筋を支配する運動神経細胞は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 Vp、Vd、Dp、Dd の順に、腰仙膨大では Vd、Vp、Dd、Dp 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。鳥類では前肢は飛行を、後肢は二足歩行を行っている。従って運動神経細胞の配列の相違は前肢と後肢が異なった様式の移動運動を行っていることと関係があるかもしれない。

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、変性細胞は腹角には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立神経線維だけからなると思われる。

(2) 神経細胞の軸索内を物質が移動する現象を軸索内輸送という。神経の終末領域あるいは神経の断端に投与された horseradish peroxidase (HRP、西洋ワサビの過酸化酵素) は軸索によって取り込まれ、軸索内輸送によって細胞体にまで運ばれる。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ので、HRP を取り込んだ神経細胞を他の神経細胞から区別できる。これを HRP の軸索内輸送標識法という。

ニワトリで陰部神経叢の近位の断端に 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

だけに標識細胞が出現した。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位置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。これに反して哺乳類の仙髄副交感神経節前細胞は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。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。

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出された。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。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、鳥類では特に中間質内側部が発達したと考えられる。

中心管の背外側域に位置する仙髄副交感神経節前細胞の数は雄では左右で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1対ずつ現われるが、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。

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。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。これらの標識細胞は比較的小型のものが多く、神経節内に散在していた。大部分の細胞は紡錘形か長橢円形をして

おり、双極性と考えられる。

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、知覚神経線維の終末部をも標識した。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。内臓知覚神経線維は背灰白交連で両側の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。

以上のように本研究では逆行性変性法によりニワトリの前肢と後肢の個々の筋を支配する運動神経細胞の局在を明らかにし、四肢の筋の支配様式を考察した。また、HRPの軸索内輸送標識法によりニワトリの仙髄において体運動神経細胞の分布域、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、体知覚神経線維の終末域、内臓知覚神経線維の終末域を区別した。さらに雌では仙髄副交感神経節前細胞の数が右側よりも左側で有意に大きいことを明らかにした。