

白筋及び赤筋線維とこれを支配する α 前柱 大, 小細胞に関する組織学的研究

(本論文の要旨は第11回及び第12回日
本筋電図学会総会において発表した)

岡山大学医学部第1 (陣内) 外科教室 (指導: 陣内伝之助教授)

副手 岡 島 邦 雄

〔昭和34年6月2日受稿〕

目 次

第1章 緒言並びに文献	第3節 検査方法
第2章 予備実験	第4章 実験成績
前柱細胞, 末梢神経線維, 筋線維の相 互関係に関する末梢神経内薬液注入実 験	第1節 各筋における白筋線維数と赤筋線維 数の比
第1節 実験目的	第2節 各筋支配の前柱大, 小細胞数の比
第2節 実験動物	第3節 各筋における神経支配比
第3節 手術方法	第4節 白筋線維, 赤筋線維の神経支配比
第4節 検査方法	第5節 各筋を支配する前柱細胞の水平断面 における分布
第5節 実験成績	第6節 各筋を支配する前柱細胞の脊髄節に おける分布
第6節 小括並びに考按	第5章 総括並びに考按
第3章 実験方法	第6章 結 論
第1節 実験動物	
第2節 手術方法	

第1章 緒言並びに文献

姿勢の保持や身体の運動をつかさどる骨格筋は特殊な病的状態以外には筋それ自身で収縮を行うことはできず, 収縮には必ず運動神経を介して筋に至るインパルスが必要である。すなわち随意収縮を行う場合には

大脳皮質運動領の興奮 $\begin{matrix} \nearrow \text{錐体路} \\ \searrow \text{錐体外路} \end{matrix}$ 脊髄前柱細胞
→末梢運動神経線維→神経筋接合部→筋線維収縮の過程をへて骨格筋の運動がおこるのである。不随意収縮や反射性収縮においてもこの最終共通路である脊髄前柱細胞を介して効果の発現がみられる。そこで筋に収縮をおこさせるインパルスを伝導する中枢及び末梢神経系と筋とを総称して神経筋系 Neuro-muscular System (NMS) とよばれている。時実¹⁾はこの NMS は前柱細胞を境として中枢性神経筋

系と末梢性神経筋系とに区別して考えており, 末梢性神経筋系は神経筋単位 Neuromuscular Unit (NMU) によつて構成され, これは Sherrington²⁾のいう運動単位 motor unit に相当している。彼は運動単位とは1本の神経線維とそれが支配する筋線維群とをいつており, この定義は1本の運動神経線維が末梢で多数に分岐していることを予想したわけであるが, その後 Cooper³⁾ 及び Denny-Brown⁴⁾等の研究でこのことが明らかにされた。

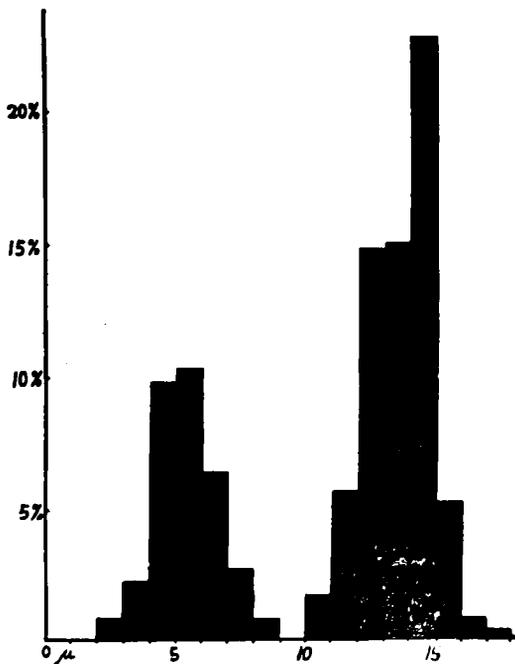
運動単位はまた神経支配比 innervation ratio にも通じている。すなわちこれは1個の前柱細胞が支配する筋線維の数をいうのであるが, この神経支配比に関しては Clark⁵⁾による猫のヒラメ筋と長指伸筋についての研究があり, ヒラメ筋では1:120, 長指伸筋では1:165となつており, Bors⁶⁾は眼筋について求め, 大体1:5前後の値を出している。

骨格筋について Ranvier⁷⁾ や Grützner⁹⁾ は同じ動物の赤筋と白筋を支配する運動神経に単一刺激を加えて攣縮をおこさせると赤筋の収縮期間は白筋のそれよりも長いことをみており、田崎¹⁰⁾、吉岡¹¹⁾、Kuffler and Gerard¹²⁾ は単一神経筋標本を用いて実験した結果、筋収縮の持続期間はその神経線維の太さにより異つていることをのべている。

Denny-Brown¹³⁾ は人間や動物の筋について赤筋線維の分布をしらべたが、どんな筋でも赤筋性の線維と白筋性の線維の両方からなつており、ただその混合の割合が異つているだけであり、従つて純粋な意味の赤筋、白筋というものはないとのべている。

末梢運動神経線維について Eccles and Sherrington¹⁴⁾ は脊髄後根切断後一定期間をへて、脊髄から種々の距離で神経幹を切断し、断面にある神経線維数をしらべた。それによると腓腹筋脛側頭支配運動神経線維は、起始部が662本、末梢で筋に入る9mm手前では815本となつており末梢に行くにつれて分岐していることを認めた。さらに彼等はこの運動神経の直径を計測し、第1図のごとく直径4

第1図 腓腹筋脛側頭支配運動神経線維直径分布



~6μの太さの多くの線維と直径14~15μの線維群の2群があることをみている。神経線維の直径に太、細の2群があることは上野¹⁵⁾、中島¹⁶⁾、高橋¹⁶⁾等も認めている。田崎¹⁰⁾、吉岡¹¹⁾等は雄鰻の単一神経線維筋標本を用いた実験で速運動線維の直径は10μ前後であり、遅運動線維の直径は4~8μで

あそとのべている。Kuffler and Gerard¹²⁾は細い神経線維についてしらべ、その直径は5μ位であり、その神経を刺激して筋収縮の状態を筋電図学的に検索している。近年に至り、Granit¹⁹⁾²⁰⁾は脊髄前柱細胞より出る末梢運動神経線維、さらにこれにつらなる筋線維について研究し、phasic及びtonicな筋の収縮はそれぞれ特有な径路をへて伝達され、前柱大細胞は大なるaxonを出すであろうと推論し、前柱細胞をtonic (small) alpha ventral horn cell及びphasic (large) alpha ventral horn cellなる表現を用いてあらわし、筋線維の収縮活動を機能的に前柱細胞とむすびつけて考えている。時実¹⁾は筋電図の立場からみると、筋収縮について2種の波形があり、これを骨格筋の解剖及び機能と結びつけて考えてみると、白筋の主な構成要素であつてphasic movementの機能的主体をなすと考えられるNMUをkinetic NMUと称し、赤筋の主な構成要素であつてpostural adjustmentをつかさどると考えられるNMUをtonic NMUと称し、形態的には前者の前柱細胞は後者のそれに比して大きく、神経線維についても前者の方が後者のものに比して太いと

のべている。教室の沼本²²⁾、山谷²³⁾、更井²⁴⁾、横江²⁵⁾は一連の筋電図学的研究により種々なる方法を用いてkinetic NMUとtonic NMUとを区別することに成功し、前者は錐体路、後者は錐体外路によつて支配されていることを明らかにした。

私は以上のことから

α前柱大細胞→太い末梢運動神経線維→白筋線維

α前柱小細胞→細い末梢運動神経線維→赤筋線維

のつながりを組織学的に証明しようと企て、同時に各筋の神経支配比、各筋の白筋線維数と赤筋線維数の比率およびこれを支配する前柱大細胞数と小細胞数との比率、各筋支配前柱細胞の前柱内分布等を求めるために本研究を行つた。

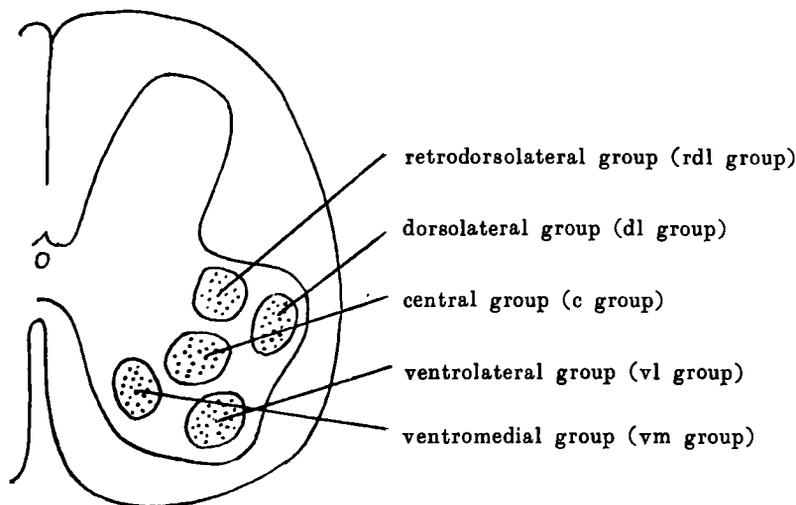
このため前柱細胞の形態並びに大きさによる分類が必要である。Strong²⁶⁾は人間で最大形の細胞は縦径が100μ以上、横径が30~60μであるとのべており、岩田²⁷⁾、小松²⁸⁾、小野²⁹⁾³⁰⁾、天野³¹⁾、鶴山³²⁾等の一連の研究者は次の如き結論を出している。前柱細胞を形態的に方多角形、長多角形、伸長多角形、紡錘形の4群に分ち、末梢神経切断による逆行性変性のみられるのは前2者でありといい、また大きさによる分類は50μ以上、50~30μ、30μ以下とに分けて、大型、中型、小型としており、逆

行性変性のみられるのは筋枝では主として大型細胞であるが、神経によりその割合は異つているといつてゐる。楊³³⁾は猫の前柱細胞は立体的には一般に脊髄長軸の方向に長いが、脊髄横軸の方向に切片を作ると、頸髄、腰仙髄とも前柱縁辺部の細胞は縦に細長い傾向を示し、背外側部は一般に肥満型であり、いずれも多くは縦径50~60 μ で、横径は前柱の部位によつて異つているといつてゐる。これはGranit²⁰⁾のいうalpha ventral horn cellのうちの大細胞に相当しているが、この他に縦径、横径ともこのlarge cellの $2/3 \sim 1/2$ 大の前柱細胞がある。この小型のものがGranitのいうalpha small ventral horn cellと思われる。

私は以上の先人の結果とさらに後述のごとく私が末梢神経内へ薬物を注入し、撰択的に太、或は細神経線維を破壊させ、そのために起る前柱細胞の逆行性変性を観察した結果より、縦径が50~70 μ を大細胞、25~50 μ を小細胞とみなした。横径は前柱の部位によりそれぞれ異なるが大体30~60 μ を大細胞、20~40 μ を小細胞とした。以上の計測はすべて核の存在する部位の横断面である。

脊髄前柱内における細胞群の分類は古くは矢ヶ崎³⁴⁾が白鼠の頸髄につき行い、猫については小野²⁹⁾が頸髄を、また小松²⁸⁾が腰仙髄につきこまかく分類した。しかしかくの如く詳細に分類するのは私の目的と異なるので私は、Romanes³⁵⁾³⁶⁾の腰仙髄における分類を用い、頸髄にもこの分類を適用することにした(第2図)。

第2図 脊髄前柱内細胞群分類



第2章 予備実験

前柱細胞、末梢神経線維、筋線維の相互関係に関する末梢神経内薬液注入実験

第1節 実験目的

平田³⁷⁾によると1.5万倍昇汞水溶液の末梢神経線維に対する破壊率は、10 μ 以上のもものでは27.1%、細い5~3 μ のものでは83.1%、3 μ 以下のもものでは94.1%である。80%アルコールはその破壊率が10 μ 以上のもものでは96.1%、5~3 μ のものでは82.9%、3 μ 以下のもものでは83.4%となつてゐる。一方末梢神経線維の太さについて、Eccles and Sherrington¹⁴⁾は猫の腓腹筋脛側頭に入る神経線維は4~5 μ の細い線維群と14~15 μ の太い線維群の2群があることを認め(第1図)、上野、中島、高橋^{15)~17)}も、猫等と同様なことを認めてゐる。Eccles等はこの2つの群の神経によつて起される筋運動やその脊髄反射における役目を区別して観察する方法を持たなかつたので、それらの線維を全部同じような性質をもつた運動線維として取扱つた。その後郭¹⁸⁾、田崎¹⁰⁾、吉岡¹¹⁾は単一神経線維筋標本より、太(速)運動線維は筋に急激な強い収縮を起し、細(遅)運動線維は緩徐な弱い収縮を起すとのべてゐる。Kuffler and Gerard¹²⁾は電気刺激や神経幹圧迫法で太い運動線維系は、phasic movementをつかさどり、細い運動線維系は持続的な姿勢をつかさどると結論したが、この場合彼は同じ筋線維が、あるときは持続的な緊張性収縮 tonic contraction を行い、あるときは all or none に従う phasic contraction を行い、2重支配をうけてゐるとのべてゐる。

私は、平田のいう薬液注入法を用いてこの2種の太、細神経線維を撰択的に破壊することによつて前柱大、小細胞及びこれらの支配する白、赤筋線維にいかなる変化がおこるか、また変化があればこれらの相互間にいかなる関係があるかを組織学的に求めるために本実験を行つた。

第2節 実験動物

体重2.5~4.0 kgの成

熟猫を用いた。神経再生現象の強い幼弱猫は使用しなかつた。

第3節 手術方法

手術はすべて無菌的に行つた。thiopental sodium の静脈内麻酔のもとに下肢膝窩部より坐骨神経を求め、脛骨神経と総腓骨神経の分岐部に1.5万倍昇汞水溶液、または80%アルコールを約0.3cc 神経束内に注入し十分浸潤させた。また別の群では脛骨神経の腓腹筋脛側頭への筋枝内に上記薬液をそれぞれ0.1~0.2cc 注入した。

術後10~21日目に猫を thiopental sodium 麻酔のもとに屠殺し、坐骨神経より腓腹筋脛側頭への筋枝まで神経を摘出した。また腰仙髄と腓腹筋脛側頭も同時にとり出した。

第4節 検査方法

摘出した末梢神経は10%ホルマリン液に固定した後ヘマトキシリン・エオジン染色及びチエロイジン・パラフィン包埋による巢鴨法髓鞘染色を行つた。脊髄はチエロイジン包埋による Nissl 染色を、腓腹筋脛側頭は Sudan-Black-B 染色⁴⁷⁾を行つた。なお摘出した脊髄は速かに純アルコール中に垂下し、第1日目は3~4時間おきにアルコールを変えた。

第5節 実験成績

薬液注入により神経幹全般にわたつて神経線維の破壊がみられるのではなく、1~数個の神経束内に

破壊がみられ他の神経束は全く健全である。これは薬液浸潤の不手際と思ひ種々注入方法を変えてみたが、全般にわたる破壊をおこすことはできなかつた。

1.5万倍昇汞水溶液注入例では写真1のごとく脊髄前柱細胞は主として小細胞に chromatolyse がみられ、末梢神経線維は写真2のごとく小径線維に主として軸索の変形、萎縮、消失があり、髄鞘の染色性は低下あるいは消失している。残存した神経線維の髄鞘は鮮明な軸索をかこみ染色性も強く主として大径線維である。これに支配される腓腹筋脛側頭は写真3のごとく赤筋線維は著明に膨大しており、正常筋の場合は白筋線維より細いものが、この場合は白筋線維よりはるかに太くなつて明らかな変化を示している。また中間の染色性を示す中間型線維と思われる線維にも膨化しているのを認めたのでこれも赤筋線維として数えることとした。

80%アルコール注入例では、脊髄前柱細胞は写真4のごとく主として大細胞に chromatolyse がみられ、末梢神経では写真5のごとく大径線維はほとんど萎縮、消失しており、残つているものは主として小径線維であつて、その支配する腓腹筋脛側頭をみると写真6のごとく白筋線維は著明に膨大しているのをみとめた。

以上の薬液注入実験における腓腹筋脛側頭の重量を健康側の同筋の重量と比べてみると、第1表のご

第1表 末梢神経内薬液注入による筋重量の変化

	1.5万倍昇汞水溶液注入例						80%アルコール注入例						
	No.	猫体重	実験側筋重量	健康側筋重量	減少重量	減少率	No.	猫体重	実験側筋重量	健康側筋重量	減少重量	減少率	
1.5万倍昇汞水溶液注入例	1	2.3kg	3.9g	5.3g	1.4g	26.4%	80%アルコール注入例	3	3.2kg	4.5g	7.0g	3.5g	50.0%
	2	2.5"	4.0"	5.5"	1.5"	27.3"		4	3.3"	5.0"	8.0"	3.0"	37.5"
	5	2.4"	3.8"	5.5"	1.7"	30.9"		11	3.5"	7.1"	8.8"	1.7"	19.3"
	6	2.9"	4.0"	5.8"	1.8"	31.0"		12	2.5"	2.2"	4.0"	1.8"	45.0"
	7	3.2"	5.2"	6.5"	1.3"	20.0"		14	3.2"	3.1"	5.6"	2.5"	44.6"
	8	2.8"	4.1"	5.6"	1.5"	26.8"		15	3.5"	2.8"	6.5"	3.7"	56.9"
	9	2.5"	4.8"	5.7"	0.9"	15.8"		17	3.0"	2.4"	5.0"	2.6"	52.0"
	10	4.0"	11.2"	13.0"	1.8"	13.8"		19	2.8"	3.5"	5.0"	1.5"	30.0"
								20	3.4"	5.0"	8.7"	3.7"	42.5"
								21	3.2"	6.5"	8.0"	1.5"	18.8"

とくである。これによると昇汞水溶液注入例の重量の減少率は比較的少く、最大が31.0%、最小が13.8%である。80%アルコール注入例では最大が56.9%、最小が18.8%で80%アルコール注入例の方の減少率が大きい。

次に白筋線維数と赤筋線維数の割合に対するα前柱大、小細胞の割合をみると

A 白筋線維と前柱大細胞の割合

$$= \frac{\text{変性白筋線維数}}{\text{変性前柱大細胞数}}$$

B 赤筋線維と前柱小細胞の割合

$$= \frac{\text{変性赤筋線維数}}{\text{変性前柱小細胞数}}$$

80%アルコール注入例

$$A = \frac{16580}{93} = 178.2 \quad B = \frac{5820}{27} = 215.5$$

1.5万倍昇汞水溶液注入例

$$A = \frac{3475}{19} = 182.9 \quad B = \frac{6252}{28} = 223.3$$

この数値よりみてわかるように、80%アルコールの場合でも1.5万倍昇汞水溶液の場合でも、白筋線維数と前柱大細胞数および赤筋線維数と前柱小細胞数の割合はいずれの場合でもそれぞれ大体同数値で各々個有の比率をもっていることを知った。

第6節 小括並びに小按

いま、平田の示した破壊率と Eccles and Sherrington の猫腓腹筋脛側頭支配運動神経線維の直径分布(第1図参照)とを組み合わせると、1.5万倍昇汞水溶液注入の場合、5~3 μ のものが83.1%、3 μ 以下のものが94.1%破壊され、小径線維の山が4~6 μ の所にあることよりみると、この小径線維はほとんど破壊されるとみてよい。また前述のごとく、注入した神経幹全般にわたって変性がみられるのでなく、1~数個の神経束に破壊がみられるのであるが、この破壊をうける神経束のなかで残っている神経線維はほとんど太い線維のみであつた(写真2)。これと同様に80%アルコール注入の場合には残る線維はほとんど細い線維のみであつた(写真5)。

実験成績にのべたごとく前柱細胞の変性、末梢神経線維の破壊、筋線維の変化を組み合わせると

前柱大細胞→太い神経線維→白筋線維

前柱小細胞→細い神経線維→赤筋線維

のつながりがえられた。いま Kuffler and Gerard がいうごとく筋線維が2重支配をうけているとすれば、たとえば1.5万倍昇汞水溶液注入の場合では、細い線維の破壊は勿論であるが、赤筋線維にも白筋線維にも同程度の割合で、否むしろ腓腹筋脛側頭は白筋性の筋で白筋線維が多いから、白筋線維に多く変化があらわれてよい筈である。しかるにほとんど赤筋線維に変化がみられることよりして、細い神経線維は赤筋線維のみを支配している、すなわち筋線維は単一支配をうけていると推論するのである。

つぎに筋重量の減少率よりみると、腓腹筋脛側頭は白筋性のもので白筋線維数が赤筋線維数よりも多く、このため数の少ない赤筋線維を変化させる1.5万倍昇汞水溶液注入による減少率が、数の多い白筋線維を変化させる80%アルコール注入の場合の減少率より少ないことは当然のことである。

80%アルコールの場合でも1.5万倍昇汞水溶液注

入の場合でも、白筋線維数と前柱大細胞数の割合(白筋線維の神経支配比と考えてよい)および赤筋線維数と前柱小細胞数の割合(赤筋線維の神経支配比と考えてよい)は、いずれの場合もそれぞれ大体同数値で、白筋線維と赤筋線維とは各々個有の支配比をもっていることからみても、この2種の筋線維は2種の異つた前柱細胞より別々に単一支配をうけていることが考えられる。

第3章 実験方法

第1節 実験動物

2.5~4.0 kgの神経再生の強くない成熟猫を用いた。

第2節 手術方法

Romanes³⁵⁾³⁶⁾は猫の下肢筋を支配する前柱細胞の分布状態を検索する際、末梢神経を1週間おきに2回挫滅した後、脊髓をとり出し、前柱細胞にあらわれた chromatolyse からその分布状態をしらべたが、私は数回の手術による副損傷を避けるために末梢神経を1回の手術で切断する方法をとることとした。すなわち、末梢神経を切断し前柱細胞に逆行性変性をおこさせるため、末梢神経を筋に入る前直部で切断し、その中心端を翻転し断端を包むごとく結紮した。創面は一期癒合せ、術後10~20日目に屠殺し、脊髓及び筋を摘出した。このため実験筋はできるだけ皮膚切開で簡単にその神経が出る所を求め、いたずらに他の神経を傷つけない部位をえらんだ。

実験筋として、前肢は上腕二頭筋、長掌筋、後肢は大腿薄筋と腓腹筋脛側頭をえらんだ。なお末梢神経切断による前柱細胞の chromatolyse は中心側よりも末梢側で切るほど変化の度合いが弱くなるが(鶴山³²⁾)、私は同一筋については常に一定の部位すなわち、筋侵入直前部で切断して chromatolyse の度合いをなるべく一定であるようにした。

また、摘出した脊髓は直ちに純アルコール中に垂下させ、第1日目は3~4時間おきにアルコールを変えた。

第3節 検査方法

脊髓を純アルコール固定したのち、チエロイジン包埋を行い、10~15 μ で1枚残らず連続切片をとり、Nissl染色を行い脊髓前柱の変性細胞数を数えた。この場合、変性細胞数の重複をさけるため、また大きさの分類をするため、変性細胞中の核小体を目標としてこれの存在する細胞を1つ1つ数えた。筋は、上腕二頭筋は羽状筋、腓腹筋脛側頭と長掌

筋は半羽状筋，大腿薄筋は平行筋であるが，それぞれの筋について筋線維の走行に垂直に切断し，その筋の全筋線維を含むように標本を作り，ゼラチン包埋，Sudan-Black-B 染色⁴⁷⁾を行うと，赤筋線維は濃染し，白筋線維は淡染するので，全筋線維につき白筋及び赤筋線維をそれぞれ数え分けた。検査筋は非手術側の筋とした。この場合，左右の同一筋について総筋線維数の差は多数値を示すものの 1/370~1/400 であつてほとんど大差ないことを知つた。

変性前柱細胞の目標としては，Geist³⁸⁾，Barr and Hamilton³⁹⁾，Achson and Schwarzacher⁴⁰⁾，Spielmyer⁴¹⁾等の研究によるごとく，細胞体及び軸索の膨化，Nissl 小体の胞体中心部の消失，或は dust like の Nissl 小体，核の周辺部移動等を目標とした(写真7)。

前柱細胞の逆行性変性は個体差が強く，各例で異つている。同種の猫であつても幼老，雌雄，短尾，長尾で異つているように思われた。また同じ術後日数で摘出した標本でも変性の程度は異つていることがある。私はこの相異の原因を少くするために，脊髄を摘出したのち直ちに純アルコールの中に垂下させ，このときの温度は常に一定に 4°C に保ち，第 1 日目は 3~4 時間おきに純アルコールをかえ，その後は 1 日おきにかえて 1 週間固定した。私は変性が明らかでしかも同程度に揃つた変性細胞の出ている症例のみをとつて検査対象とした。そのために検査対象となつたものは全実験例数の約 1/8 であつた。前柱細胞の変性は非実験側にも 1/15~1/30 にあらわれるがほとんど小細胞のみである。この変性の意義が不明なため，数値の中に入れなかつた。

第4章 実験成績

手術方法として皮膚切開により神経の筋えの侵入部が簡単に出る部位をえらんだため，期せずしていずれも白筋性の筋となつた。表在性の筋は多くは白筋性であるからである。

筋ではその筋の総白筋線維数，総赤筋線維数を算定したが，この際，中間の染色性を示すものはすべて赤筋線維として算入した。なぜならば，1.5万倍昇汞水溶液の神経内注入によつて赤筋線維とともにこの中間型線維も同様に变化するのを認めたらである。また脊髄では，末梢神経切断による chromatolyse をおこした前柱大細胞数と小細胞数とを数えたのであるが，小細胞数のうちには 7 細胞も含まれているわけである。

このようにして，以下のごとき項目について比率をとつてみた。

- 1) 白筋線維数：赤筋線維数
- 2) 変性前柱大細胞数：変性前柱小細胞数
- 3) 神経支配比

$$\frac{\text{総筋線維数} = (\text{白筋線維数} + \text{赤筋線維数})}{\text{総変性前柱細胞数} = (\text{変性大細胞数} + \text{変性小細胞数})}$$

- 4) 白筋線維の神経支配比 = 白筋線維数：変性前柱大細胞数
- 5) 赤筋線維の神経支配比 = 赤筋線維数：変性前柱小細胞数

前肢及び後肢における各筋についてしらべた上記の各数値は第 2 表，第 3 表のごとくである。

第 2 表 前 肢

No.	実験筋	白筋線維数	赤筋線維数	白筋線維数：赤筋線維数	変性前柱大細胞数	変性前柱小細胞数	変性前柱大細胞数：小細胞数	神経支配比	白筋線維数：変性前柱大細胞数	赤筋線維数：変性前柱小細胞数
44	上腕二頭筋	35450	26440	1.34 : 1	209	127	1.65 : 1	1 : 184.2	169.6 : 1	208.2 : 1
46	上腕二頭筋	42111	33006	1.28 : 1	222	138	1.61 : 1	1 : 208.7	189.7 : 1	239.2 : 1
49	上腕二頭筋	38602	24419	1.58 : 1	204	122	1.67 : 1	1 : 193.3	189.2 : 1	200.2 : 1
53	上腕二頭筋	42447	29374	1.45 : 1	229	135	1.70 : 1	1 : 197.3	185.4 : 1	217.6 : 1
平均				1.41 : 1			1.66 : 1	1 : 195.9	183.5 : 1	216.3 : 1
55	長 掌 筋	18551	12360	1.50 : 1	195	103	1.89 : 1	1 : 103.7	95.1 : 1	120.0 : 1
59	長 掌 筋	13196	8438	1.56 : 1	138	74	1.86 : 1	1 : 102.0	95.6 : 1	114.0 : 1
60	長 掌 筋	19086	12926	1.48 : 1	205	108	1.90 : 1	1 : 102.3	93.1 : 1	119.7 : 1
平均				1.51 : 1			1.88 : 1	1 : 102.7	94.6 : 1	117.9 : 1

第3表 後肢

No.	実験筋	白筋線維数	赤筋線維数	白筋線維数 : 赤筋線維数	変性前柱 大細胞数	変性前柱 小細胞数	変性前柱 大細胞数 : 小細胞数	神経支配 比	白筋線維数 : 変性前柱 大細胞数	赤筋線維数 : 変性前柱 小細胞数
26	大腿薄筋	26177	12979	2.02 : 1	171	106	1.61 : 1	1 : 141.4	153.1 : 1	122.4 : 1
33	大腿薄筋	25240	12875	1.96 : 1	142	92	1.54 : 1	1 : 162.9	177.7 : 1	140.0 : 1
37	大腿薄筋	29597	15883	1.86 : 1	175	110	1.59 : 1	1 : 159.6	169.1 : 1	144.4 : 1
39	大腿薄筋	27004	14112	1.91 : 1	163	103	1.58 : 1	1 : 154.6	165.7 : 1	137.0 : 1
平均				1.94 : 1			1.58 : 1	1 : 154.6	166.4 : 1	136.0 : 1
27	腓腹筋脛側頭	64794	41110	1.58 : 1	328	189	1.74 : 1	1 : 204.8	197.5 : 1	217.5 : 1
28	腓腹筋脛側頭	33592	20768	1.62 : 1	163	94	1.73 : 1	1 : 211.5	206.1 : 1	220.9 : 1
32	腓腹筋脛側頭	51554	36664	1.41 : 1	270	143	1.89 : 1	1 : 209.4	190.9 : 1	235.4 : 1
40	腓腹筋脛側頭	49987	32848	1.52 : 1	251	141	1.78 : 1	1 : 211.3	199.2 : 1	233.0 : 1
平均				1.53 : 1			1.79 : 1	1 : 209.3	198.4 : 1	226.7 : 1

第1節 各筋における白筋線維数と赤筋線維数との比

全筋線維数についてみると、前肢では上腕二頭筋が長掌筋よりはるかに多く、後肢では腓腹筋脛側頭が大腿薄筋よりはるかに多い。

白筋線維数 : 赤筋線維数の比をみると、前肢では上腕二頭筋が平均1.41 : 1、長掌筋が平均1.51 : 1を示し、前者が後者に比し小となっている。また後肢では腓腹筋脛側頭が平均 1.53 : 1、大腿薄筋が平均 1.94 : 1 で前者が後者に比して小となっている。

第2節 各筋支配の前柱大、小細胞数の比

第2表, No. 46, No. 53, No. 60, 第3表 No. 27等のごとく、筋線維数の多い症例ではこれを支配する前柱細胞の数も多く、前柱細胞の数は大体筋線維数に比例して多くなっている。

つぎに前柱大細胞数 : 小細胞数の比をみると、上腕二頭筋では1.66 : 1、長掌筋1.88 : 1、大腿薄筋 1.58 : 1、腓腹筋脛側頭は1.79 : 1となっており、これを白、赤筋線維数の比と比較すると大腿薄筋を除いては白筋線維数 : 赤筋線維数の比の大小と一致する。

第3節 各筋における神経支配比

各筋の神経支配比をみると、前肢では上腕二頭筋の平均が1 : 195.9、長掌筋の平均は1 : 102.7となり、上腕二頭筋が大である。後肢では大腿薄筋の平均が 1 : 154.6、腓腹筋脛側頭の平均が1 : 209.3で腓腹筋脛側頭の値が大となっている。

第4節 白筋線維、赤筋線維別の神経支配比

白筋線維数 : 前柱大細胞数、赤筋線維数 : 前柱小

細胞数の比、すなわち前者は白筋線維の神経支配比、後者は赤筋線維の神経を支配比と考えられるものであるが、大体において前者の方が後者よりも小となっているが、ただし大腿薄筋はこの逆となっている。

腓腹筋脛側頭における白筋線維の神経支配比と赤筋線維の神経支配比につき、予備実験で行った末梢神経内え80%アルコール及び1.5万倍昇永水溶液を注入した場合のそれぞれの値と、本実験における末梢神経切断の場合の値とを比較してみると、80%アルコール注入による白筋線維の神経支配比をA、赤筋線維の神経支配比をB、1.5万倍昇永水溶液注入による白筋線維の神経支配比をA'、赤筋線維の神経支配比をB' とすると

$$A = 178.2 \quad B = 215.5$$

$$A' = 182.9 \quad B' = 223.3$$

であり、末梢神経切断実験による前者の値は平均198.4、後者の平均は226.7となっており、薬液注入による神経支配比も末梢神経切断実験による神経支配比も大体一致している。

第5節 各筋を支配する前柱細胞の水平断面における分布

つぎに、各筋別に前柱内における運動神経細胞の存在部位を示すと、第4, 5, 6, 7表のごとくである。

本節では変性した前柱細胞の前柱内分布をしらべた。

まず前肢についてみると、上腕二頭筋では、主として dl group に多く、変性大細胞が31.8, 33.1%、変性小細胞が18.8, 22.4%で、次に c group で変

第 4 表 上 腕 二 頭 筋

No.	前柱における位置	c		dl		rdl		vm		計		総計	%
	細胞の大小	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大		
	脊髄の高さ												
44	C ₆	3	1	7	23	6	8	1	2	17	34	51	15.2
	C ₆	19	31	29	47	13	25	3	5	64	108	172	51.2
	C ₇	8	17	27	37	10	13	1	0	46	67	113	33.6
	計	30	49	63	107	29	46	5	7	127	209	336	100.0
	%	8.9	14.5	18.8	31.8	8.6	13.7	1.5	2.1	37.8	62.2		
	計	23.4	50.6	22.3	3.6	100.0							
49	C ₆	5	8	5	15	2	4	0	1	12	28	40	12.3
	C ₆	12	20	29	46	10	19	2	3	53	88	141	43.3
	C ₇	11	26	39	47	6	13	1	2	57	88	145	44.4
	計	28	54	73	108	18	36	3	6	122	204	326	100.0
	%	8.6	16.6	22.4	33.1	5.5	11.0	0.9	1.8	37.4	62.6		
	計	25.2	55.5	16.5	2.7	100.0							

第 5 表 長 掌 筋

No.	前柱における位置	c		rdl		dl		計		総計	%
	細胞の大小	小	大	小	大	小	大	小	大		
	脊髄の高さ										
55	C ₆	19	32	11	33	6	16	36	81	117	39.3
	C ₇	27	34	29	60	11	20	67	114	181	60.7
	計	46	66	40	93	17	36	103	195	298	100.0
	%	15.4	22.1	13.4	31.2	5.7	12.1	34.6	65.4		
	計	37.5	44.6	17.8	100.0						
	60	C ₆	7	29	18	33	3	7	28	69	97
C ₇		17	40	48	53	10	21	75	114	189	60.4
C ₈		0	3	5	18	0	1	5	22	27	8.6
計		24	72	71	104	13	29	108	205	313	100.0
%		7.7	23.0	22.7	33.2	4.2	9.3	34.5	65.5		
計		30.7	55.9	13.5	100.0						

c : central group rdl : retrodorsolateral group dl : dorsolateral group vm : ventromedial group

性大細胞が14.5, 16.6%, 変性小細胞が8.6, 8.9%である。ついで rdl group で変性大細胞 11.0, 13.7%, 変性小細胞5.5, 8.6%, vm group がもつとも少く変性大細胞1.8, 2.1%, 小細胞0.9, 1.5%の順となつている。長掌筋では rdl group にもつとも多く, 変性大細胞は31.2, 33.2%, 小細胞が

13.4, 22.7%であり, 次で c group で, 変性大細胞22.1, 23.0%, 変性小細胞7.7, 15.4%となつており, ついで dl group で, 変性大細胞9.3, 12.1%, 変性小細胞4.2, 5.7%でもつとも少い。すなわち, これよりみると, 各筋を支配する神経の起始細胞は上腕二頭筋では dl group に多く, 長掌筋では

第6表 大腿薄筋

No.	前柱における位置	c		vl		vm		計		総計	%
	細胞の大小	小	大	小	大	小	大	小	大		
	脊髄の高さ										
26	L4	1	1	1	2	0	0	2	3	5	1.8
	L5	28	30	61	102	8	24	97	156	253	91.3
	L6	2	2	4	9	1	1	7	12	19	6.9
	計	31	33	66	113	9	25	106	171	277	100.0
	%	11.2	11.9	23.8	40.8	3.3	9.0	38.3	61.7		
	% 計	13.1		64.6		12.3		100.0			
33	L4	2	3	2	3	0	0	4	6	10	4.3
	L5	32	24	34	79	8	9	74	112	186	79.5
	L6	7	12	5	7	2	5	14	24	38	16.2
	計	41	39	41	89	10	14	92	142	234	100.0
	%	17.5	16.7	17.5	38.0	4.3	6.0	39.3	60.7		
	% 計	34.2		55.5		10.3		100.0			

第7表 腓腹筋脛側頭

No.	前柱における位置	c		vl		vm		計		総計	%
	細胞の大小	小	大	小	大	小	大	小	大		
	脊髄の高さ										
27	L6	5	20	3	0	0	0	8	20	28	5.4
	L7	80	131	73	141	18	9	171	281	452	87.4
	S1	4	15	6	12	0	0	10	27	37	7.2
	計	89	166	82	153	18	9	189	328	517	100.0
	%	17.2	32.1	15.9	29.6	3.5	1.7	36.6	63.4		
	% 計	49.3		45.5		5.2		100.0			
32	L6	8	7	6	8	0	0	14	15	29	7.0
	L7	58	103	40	101	7	8	105	212	317	76.8
	S1	19	23	4	20	1	0	24	43	67	16.2
	計	85	133	50	129	8	8	143	270	413	100.0
	%	20.6	32.2	12.1	31.2	1.9	1.9	34.6	65.4		
	% 計	52.8		43.3		3.8		100.0			

c : central group vl : ventrolateral group vm : ventromedial group

rdl group に多い。また vm group は長掌筋では全くみられない。

後肢では腓腹筋脛側頭を支配する前柱細胞は c group に多く、この部の変性大細胞が32.1, 32.2%, 変性小細胞が17.2, 20.6%であり、次は vl group

で、変性大細胞は29.6, 31.2%, 変性小細胞は12.1, 15.9%で、vm group は少く変性大細胞は1.7, 1.9%, 変性小細胞は1.9, 3.5%にすぎなかった。大腿薄筋では趣を異にし、vl group にもつとも多く、変性大細胞が38.0, 40.8%, 変性小細胞は17.5,

23.8%であり、ついで c group で変性大細胞が 11.9, 16.7%, 変性小細胞が 11.2, 17.5%である。もつとも少いのが vm group で変性大細胞は 6.0, 9.0%, 変性小細胞は 3.3, 4.3%である。これよりみると各筋を支配する神経の起始細胞は腓腹筋脛側頭は c group に多く、大腿薄筋では vl group に多い。また一般に vm group に属する前柱細胞は少いけれども、大腿薄筋には他の筋にくらべてかなり多くみられる。

第6節 各筋を支配する前柱細胞の脊髄節における分布

各筋を支配する前柱細胞の各脊髄節における上下の拡がりを見ると第 4, 5, 6, 7 表に示すごとくである。すなわち上腕二頭筋は C 6 が 43.3, 51.2%, C 7 が 33.6, 44.4%, C 5 が 12.3, 15.2% で、C 6, C 7 はほぼ同程度に分布するが、C 5 は少い。長掌筋では C 7 が 60.4, 60.7% てもつとも多く、C 6 は 31.0, 39.3% であり、C 8 は 1 例のみにみられ 8.6% であつた。大腿薄筋では L 5 が圧倒的に多く、79.5, 91.3%, L 6 が 6.9, 16.2%, L 4 は 1.8, 4.3% である。腓腹筋脛側頭では L 7 がもつとも多く 76.8, 87.4%, 次で S 1 の 7.2, 16.2%, L 6 の 5.4, 7.0% である。

以上の成績をまとめてみると、上腕二頭筋は C 6, C 7 を、長掌筋は C 7 を、大腿薄筋は L 5 を、腓腹筋脛側頭は L 7 を中心として分布していることがわかる。

第5章 総括並びに考按

末梢神経を切断し、脊髄前柱細胞に逆行性変性をおこさせ、変性前柱細胞数とその支配筋の筋線維数とより神経支配比を求めたが、この方法で神経支配比を求めたものは他にない。これは前述のごとく前柱細胞の chromatolyse は非常に個体差が強くそのため確実な変性細胞を全般にわたつて見出すことが困難であるからだと思う。私はこのため数多くの例数のうち同様な変性度をもつ前柱細胞のある症例のみをとりあげて実験成績を出した。そのため全実験例の約 1/8 の症例から成績を出した。この方法以外に Clark は末梢神経線維数を数え、猫のヒラメ筋と長指伸筋の筋線維数から神経支配比を求め、前者は 1:120, 後者は 1:165 であるとした。Bors も同様な方法で眼筋の神経支配比を求めた。私の実験では手術に際して他の神経を傷つけない部位をえらんだため、すべて表在性の白筋性の筋が実験対象となつたが、全筋線維数の神経支配比についてみると、前肢の

上腕二頭筋は 1:195.9, 長掌筋は 1:102.7, 後肢では大腿薄筋が 1:154.6, 腓腹筋脛側頭は 1:209.3 となつており、長掌筋は他の筋に比してこまかい運動をする筋であり、微細な運動をする筋の神経支配比は小さいであろうとの Fulton⁴²⁾ の説のごとく、やはり小さい値となつている。これらの数値のうち大腿薄筋の値が、腓腹筋脛側頭や上腕二頭筋などの強力な働きをする筋の値に比し比較的小さいのはこの大腿薄筋の働きが大腿筋のうちで案外こまかい働きをするものと思われ、このことはこの筋が駆幹に近い部位にあるにかかわらず白筋線維に富む事実からもよく首肯されるところである。

Eccles and Sherrington の運動単位に関する研究では腓腹筋脛側頭の運動単位数は 430 となつているが、私の変性前柱細胞数算定法による運動単位数は、No. 27, 28 の変動の強い例を除いてみると、No. 32, 40 では 413, 392 となつており、いずれも Eccles and Sherrington の値より小である。このことは彼等の運動単位数の算定方法が前根運動神経線維数によるものであるに較べ、私の前柱細胞の算定によるものであり、この値の相異は、前柱細胞の axon は前根に至るまでにすでに分岐して前根を通つているために数多くあらわれたものと思われる。そのため、神経支配比を求めるために同じ筋線維数を除す場合、私の神経支配比の値が大となることは当然である。No. 27 は他の腓腹筋脛側頭の例に比して筋線維数が多く、これに比例して前柱細胞数も多くなつており、No. 28 は筋線維数が少く、これに比例して前柱細胞数も少くなつていたことは、これを逆に考えてみると神経支配比は筋線維数の多少にかかわらず、その動物のその筋については大体一定であることを証明している。

筋線維で白筋線維数と赤筋線維数との比をみると、手術方法の制約のため実験筋はすべて表在性の白筋性の筋となり白筋線維数が多くなつてはいるけれども、上腕二頭筋では 1.41:1, 長掌筋が 1.51:1, 後肢の大腿薄筋は 1.91:1, 腓腹筋脛側頭が 1.53:1 となつている。この値よりみると前肢では上腕二頭筋が、後肢では腓腹筋脛側頭がいずれも他の筋に比して小さい値となつてはいることは、これらの筋が急速な運動とともに他の筋に比して持続的な収縮をなす必要のある筋であることから考えると当然であろう。

つぎに、時実は神経支配比からみても当然白筋と赤筋とで相異のあることは予想されるが、一般に白筋の神経支配比の方が赤筋のそれよりも小さいと考

えており、これを私の成績の白筋線維数：前柱大細胞数、赤筋線維数：前柱小細胞数の値にあてはめて考えてみると、上腕二頭筋、長掌筋、腓腹筋脛側頭についてはいずれも白筋の神経支配比の値が赤筋の値より小さくなっている。このことは、時実の発表と同じであるが、ここに大腿薄筋だけはこの数値が逆になつてゐる。これは大腿薄筋の白筋線維数：赤筋線維数の値が他の筋よりはるかに多く、すなわち白筋性の性質が他の筋に比して非常に強いかかわらず、前柱大細胞数：小細胞数の値が他の筋に比してずっと小さいためである。なぜ大腿薄筋を支配する小細胞数が多いかということは、大腿薄筋は大腿の上部で軀幹のすぐ近くにあり、支配する前柱細胞の分布範囲は腓腹筋に比して vm group に存する割合が多いからであつて、この vm group は元來、小細胞が多い所であるからであらう。またこの vm group は主として軀幹筋を支配する前柱細胞のある所で、この点、大腿薄筋は他の実験筋に比して白筋線維に富むにかかわらず軀幹に近い筋であるという特殊の理由によるものと思われる。

腓腹筋脛側頭を支配する神経に80%アルコール及び1.5万倍昇汞水溶液を注入することによつて、前柱細胞、末梢神経線維、筋線維の相互関係をしらべてみると、1.5万倍昇汞水溶液注入例では、前柱は小細胞が、末梢神経線維では細い線維が、筋では赤筋線維が主として変性をおこし、80%アルコール注入例は、前柱大細胞、太い神経線維、白筋線維に主として変性のおこることよりみて

前柱大細胞→太い神経線維→白筋線維

前柱小細胞→細い神経線維→赤筋線維

の連絡が考えられ、しかも薬液注入例と末梢神経切断例との、白筋線維の神経支配比、赤筋線維の神経支配比をみると、ほぼ同数値を示していることは、筋線維が2重支配をうけているのではなく、それぞれ別々に単一支配を受けていることを推察しうる根拠となるであらう。

このことは Eccles and Sherrington の運動単位の研究以来、Kuffler and Gerard、田崎、郭、吉岡等が神経線維の太さの相異と筋収縮の状態の相異とを研究して、太い線維は phasic な運動をつかさどり、細い線維は持続的な強縮性収縮をつかさどることが認められてから、最近 Granit は small alpha neuron は tonic な筋を支配し、これは phasic なものより小さいとのべており、Eccles もこれを支持している。Eccles は有髄前柱に微小電極を刺入して spike を

導出してみると、前柱小細胞からは duration の長い spike があらわれる、すなわち tonic type を示すという実験をしたというが、私はこれを組織学的に幾分でも裏付けしえたと思う。

前柱細胞の分布は、内側部では小細胞が多く、外側部では主として大細胞が多いが、しかし両者ともその割合が異なるだけで互に混在しており、小細胞のみ、あるいは大細胞のみということはない。

各筋を支配する前柱細胞の前柱内分布については Romanes が猫について詳細に研究しており、また Bok は模型図を以て2原則を示している。すなわち (1)「伸筋は前柱周縁部の細胞により、屈筋は前柱中心部の細胞により支配される」、(2)「四肢末端に近づくほど前柱縁にそい内側より背外側に廻る」と。また本邦では小野、小松、鶴山、天野、矢ヶ崎の研究があるが、私の成績をみると、腓腹筋脛側頭は主として c group に変性細胞が多く、ついで vl group で、vm group はもつとも少い。大腿薄筋は vl group に絶対多く、ついで c group、vm group の順である。前肢の上腕二頭筋は dl group に多く、c group、rdl group の順で、dl group ではもつとも少いが存在する。長掌筋は rdl group、c group、dl group の順で、vm group にはない。

この結果について彼等の研究と比較してみると、前肢の上腕二頭筋と長掌筋については、末梢側にある長掌筋が最外側後部の rdl group に多く、中枢側の上腕二頭筋が rdl group より腹側の dl group に多く、その上 vm group の支配も受けていることは彼等の研究と一致する。後肢の大腿薄筋と腓腹筋脛側頭を支配する前柱内起始細胞を比較しても、大腿上部の大腿薄筋に vl group、vm group の細胞が多く、末梢側の腓腹筋脛側頭では主在位置が後方に偏し、しかも屈筋であるので、lateral group より内方の c group に多いことも彼等の研究と一致する。

天野、小野は前柱支配神経の上下の拡がりを検索しているが、私の成績をみると、上腕二頭筋は C6、C7、C5 の順で起始細胞の主在脊髄節は C6、C7 にあり、長掌筋支配の起始細胞は C7 にもつとも多く、ついで C6、C8 の順となつてゐる。後肢の腓腹筋脛側頭を支配する起始細胞の主在位置は L7 で絶対多く、ついで S1、L6 の順となつており、大腿薄筋では、L5、L6、L4 の順になつてゐる。また小野、天野の正中神経、脛骨神経起始細胞の髄節的分布は、私の長掌筋、腓腹筋脛側頭についての

結果と一致している。

第6章 結 論

1. 1.5万倍昇汞水溶液が主に細い神経線維を破壊し、80%アルコールが主に太い神経線維を破壊する特性を利用し、これら薬液を猫の坐骨神経分岐部及び脛骨神経の腓腹筋脛側頭支配枝に注入し、脊髄前柱細胞と末梢神経線維と筋線維の変化より

前柱大細胞→太い神経線維→白筋線維

前柱小細胞→細い神経線維→赤筋線維

のつながりがあることを組織学的に証明し、白筋及び赤筋線維は別個の支配をうけているものと考える。

2. 猫の上腕二頭筋、長掌筋、大腿薄筋、腓腹筋脛側頭につき、これを支配する末梢神経筋枝を切断し、前柱細胞に chromatolyse をおこさせ、その変性前柱細胞数と筋線維数より神経支配比を求めたところ、それぞれ、1:195.9, 1:102.7, 1:154.6, 1:209.3で、長掌筋がもつとも小であつた。これはこの筋が他の筋に比し繊細な運動をなすためであろうと思われる。

3. 白筋線維の神経支配比すなわち、白筋線維数:前柱大細胞数および、赤筋線維の神経支配比すなわち、赤筋線維数:前柱小細胞数をみると、大腿薄筋を除いていずれも白筋線維の神経支配比が

小である。

4. 変性した前柱大細胞数:小細胞数の比をみると、上腕二頭筋では1.66:1, 長掌筋では1.88:1, 大腿薄筋では1.58:1, 腓腹筋脛側頭では1.79:1であつた。

5. 白筋線維数:赤筋線維数をみると、上腕二頭筋は1.41:1, 長掌筋は1.51:1, 大腿薄筋は1.94:1, 腓腹筋脛側頭は1.53:1となり、前肢では上腕二頭筋が、後肢では腓腹筋脛側頭が他の筋に比して小さい値を示す。これは急速な運動とともに、他の筋よりも持続的な収縮をも営むからであろうと思われる。

6. 各筋を支配する前柱細胞の前柱内における存在部位は上腕二頭筋は dl group に、長掌筋は rdl group に、大腿薄筋は vl group に、腓腹筋脛側頭は c group に多く存在するが、他の部位にも存在している。これら起始細胞の位置的相異は Bok の 2原則と一致する。

稿を終るに臨み御指導、御校閲を賜つた恩師陣内教授に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 時実, 津山: 筋電図の臨床, 昭27, 協同医書出版.
- 2) Sherrington: Proc. roy. Soc., 97B, 519~545, 1925.
- 3) Cooper, Sybil: J. Physiol., 67, 1~13, 1929.
- 4) Creed, Denny-Brown, Eccles, Liddell, and Sherrington: Oxford, The Clarendon Press, vi, 184 pp. 1932. (Fulton: Physiology of the Nervous System より引用)
- 5) Clark: Amer. J. Physiol., 96, 296~304, 1931.
- 6) Bors: Anat. Anz. 60, 415~416, 1926.
- 7) Ranvier: Arch. Physiol. norm. path., 6, 1~15, 1874a.
- 8) Ranvier: Arch. Physiol. norm. path., 6, 446~450, 1874b. (7), 8) Fulton: Physiology of the Nervous System より引用)
- 9) Grützner: Pflüg. Arch. ges. Physiol., 41, 256~281, 1887.
- 10) 田崎: 条件反射, 5, 89~95, 1942.
- 11) 吉岡・東京女医会誌, 12, 359~394, 昭17.
- 12) Kuffler & Gerard: J. Neurophysiol. 10, 383~394, 1929.
- 13) Denny-Brown: Proc. roy. Soc. London, 104, 371~411, 1929.
- 14) Eccles & Sherrington: Proc. roy. Soc. London, 106, 326~357, 1930.
- 15) 上野: 日新医学, 25, 1303~1325, 昭11.
- 16) 中島, 高橋: 金沢医科大学十全会雑誌, 37, 2483~2508, 昭7.
- 17) 中島: 金沢医科大学十全会雑誌, 37, 1943~1946, 昭7.
- 18) 郭: 慶応医学, 17, 1373~1378, 昭12.
- 19) Granit: Physiol. scand. 37, 114~126, 1956.
- 20) Granit: Excerpta Medica, 8~10, 1957.
- 21) Eccles: Excerpta Medica, 10, 1957.
- 22) 沼本: 岡山医学会雑誌, 64, 1609~1624, 昭27.
- 23) 山谷・岡山医学会雑誌, 67, 429~437, 昭30.

- 24) 更井：岡山医学会雑誌，70，1649～1664，昭33。
 25) 横江：岡山医学会雑誌，掲載予定。
 26) Strong：Human Neuroanatomy，1953。
 27) Iwata：Jap. J. Med. Sciences，1 Anat.，3，263～293，1933。
 28) Komatsu：Jap. J. Med. Sciences，1 Anat.，4，439～472，473～532，1934。
 29) Ono：Jap. J. Med. Sciences，1 Anat.，3，143～206，1932。
 30) Ono：Jap. J. Med. Sciences，1 Anat.，4，319～364，1933。
 31) 天野：長崎医学会雑誌，16，2149～2180，昭13。
 32) 鶴山：長崎医学会雑誌，15，647～669，昭12。
 33) 楊：長崎医学会雑誌，22，920～925，昭19。
 34) 矢ヶ崎：北海道医学雑誌，5，520～536，昭2。
 35) Romanes：J. Comp. Neurol. 94，313～364，1951。
 36) Romanes：The Spinal Cord, A Ciba Foundation Symposium, London, 1953。
 37) 平田：大阪大学医学会誌，10，2311～2326，昭33。
 38) Geist：Arch. Neur. and Physiat., 29，88～103，1933。
 39) Barr & Hamilton：J. Comp. Neur., 89，93～122，1948。
 40) Achson & Schwarzacher：J. Comp. Neur., 104，247～266，1956。
 41) Spielmyer：Histopathologie des Nervensystem, 1922, Berlin。
 42) Fulton：Physiology of the Nervous System, 1949。
 43) Bok：Das Rückenmark. Handb. d. mikrosk. Anat. d. Menschen. Bd iv, 1928。
 44) Reighard & Jennings：Anatomy of the Cat, New York。
 45) 本間：第15回日本医学会総会，昭34。
 46) 武谷：脳の病理組織標本の作り方，昭27。日本医書出版株式会社。
 47) 岡本，上田，前田：顕微鏡的組織化学，医学書院。

写 真 説 明

1. 末梢神経内え1.5万倍昇汞水溶液注入による前柱小細胞の変性 (Nissl 染色)
 2. 末梢神経内え1.5万倍昇汞水溶液注入による細神経線維の破壊 (巢鴨法髓鞘染色)
 3. 末梢神経内え1.5万倍昇汞水溶液注入による赤筋線維の変化 (Sudan-Black-B 染色)
 4. 末梢神経内え80%アルコール注入による前柱大細胞の変性 (Nissl 染色)
 5. 末梢神経内え80%アルコール注入による太神経線維の破壊 (巢鴨法髓鞘染色)
 6. 末梢神経内え80%アルコール注入による白筋線維の変化 (Sudan-Black-B 染色)
 7. 末梢神経切断による前柱大・小細胞の変性 (Nissl 染色)
 8. 正常筋線維 (腓腹筋脛側頭 Sudan-Black-B 染色)
-

Histological Studies on the Correlation between the Large and Small Alpha Ventral Horn Cells and the White and Red Muscle Fibers Innervated by Them.

By

Kunio Okajima

Ist Department of Surgery Okayama University Medical School
(Director · Prof. D. Jinnai)

The correlation between the white and red fibers of the skeletal muscle and the large and small alpha ventral horn cells in peripheral neuromuscular system was studied in cats.

In order to damage selectively the small nerve fibers 0.0066% sublimate solution was injected into the cat peripheral nerve (after HIRATA). By this procedure, the degeneration of the small ventral horn cells and of the red muscle fibers was selectively caused, while the large ventral horn cells and white muscle fibers were slightly affected. To damage the large nerve fibers, 80% alcohol was used (after HIRATA). In this case, the large ventral horn cells and the white muscle fibers were selectively degenerated.

From the results, the following correlation may be reasonably inferred:

large ventral horn cell → large peripheral nerve fiber → white muscle fiber

small ventral horn cell → small peripheral nerve fiber → red muscle fiber

The peripheral nerve was lesioned at its entering point into the supplying muscle and their regeneration was strained, 10—25 days after the animals were sacrificed, then the spinal cord was examined with NISSL staining and the muscle with Sudan-Black-B. Each number of the degenerated large and small ventral horn cells and that of the red and white muscle fibers were counted.

The muscles used were the *M. biceps brachii*, *M. palmaris longus*, *M. gracilis* and median head of *M. gastrocnemius*, and the innervation ratio of these muscles were 1:195.9, 1:102.7, 1:154.6 and 1:209.3 respectively.

The ratio of the number of the large ventral horn cells to that of the white muscle fibers (the innervation ratio to the white muscle fiber) was smaller than that of the small ventral horn cells to the red muscle fibers (the innervation ratio to the red muscle fiber) except for the *M. gracilis*.

The ratio of the number of the degenerated large ventral horn cells to that of the small ventral horn cells was 1.66:1 in *M. biceps brachii*, 1.88:1 in *M. palmaris longus*, 1.58:1 in *M. gracilis*, 1.79:1 in the median head of *M. gastrocnemius*.

The ratio of the number of the white muscle fibers to that of the red muscle fibers was 1.41:1 in *M. biceps brachii*, 1.51:1 in *M. palmaris longus*, 1.94:1 in *M. gracilis* and 1.53:1 in median head of *M. gastrocnemius*, respectively. It may depend upon that these muscles participate not only phasic movement but also stronger tonic contraction than other muscles.

The arrangements of the cells groups in the ventral horn were as follows:

M. biceps brachii is mainly supplied by the dorsolateral group, *M. palmaris longus* by the retrodorsolateral group, *M. gracilis* by the ventrolateral group, the median head of *M. gastrocnemius* by the central group, respectively.

岡島論文附图

