

生理学的並に組織解剖学的にみたる大脳皮質 運動領の範囲の差異に関する研究

第 2 編

猿脳皮質運動領における研究

岡山大学医学部第一（陣内）外科教室（指導：陣内教授）

医学士 道 中 智 勝

〔昭和 31 年 4 月 3 日受稿〕

内 容 目 次

第 1 章 緒言並に文献	第 1 節 電気刺戟閾値について
第 2 章 実験方法	第 2 節 電気刺戟的にみた運動領の範囲 と Betz 氏細胞分布域との比較
第 1 節 麻酔並に開頭術式	第 3 節 電気刺戟閾値と錐体路起始細胞 の密度との関連について
第 2 節 電気刺戟方法	第 4 章 総括並に考按
第 3 節 標本作製並に鏡検方法	第 5 章 結 論
(附) Betz 氏細胞決定のための予備実 験	
第 3 章 実験成績	

第 1 章 緒言並に文献

生理学的並に組織解剖学的にみたる大脳皮質運動領の範囲が一致するか否かについては、Holmes and May (1909)¹²⁾が猿における実験で、電気刺戟的にみた運動領の範囲が錐体路切断により逆行性変性を来した Betz 氏細胞の分布域に一致することを確かめて以来、一般に一致するものごとく信じられていたが、Woolsey (1933)¹⁷⁾は犬についての実験で、閾値刺戟における興奮野の範囲が Betz 氏細胞の分布域より僅かに広いことを認め、また教室の渡辺(繁)(1952)³⁴⁾は犬及び猫における実験で、電気刺戟的にみた興奮野の範囲と Betz 氏細胞の分布域とを比較し、両者の範囲はほぼ等しいと述べている。

私は前編において、癲癇患者の皮質運動領に電気刺戟的検査をなし、上肢領域の遙かに広いことを認め、さらにその興奮野、非興奮野の境をつけた剔除小脳片につき Betz 氏細

胞の有無を調べたところ、興奮野に必ずしも Betz 氏細胞を有せず、また Betz 氏細胞があつても非興奮性の部もあるなど、電気刺戟的にみた運動領の範囲が Betz 氏細胞の分布域と必ずしも一致しないという成績を得、運動中枢起始細胞の電気刺戟に應ずる鋭敏さはその大きさはあまり関係がなく、各中枢起始細胞の密度が関係し、密な部ほど反応を起し易いのではないかと考えたので、これを確かめるべく本実験を企図した次第である。

ひるがえつて、大脳皮質運動領に関する文献をひもとくに、Fritsch u. Hitzig (1870)¹⁾の劃期的電気刺戟実験により、大脳皮質に運動領の存在することが確認され、以後、生理学的並に細胞構築学的方面からの研究が相ついで行われ、運動中枢の局在について盛んに論ぜられるようになった。

すなわち、Hitzig (1873)³⁹⁾は中心構の前方にある皮質部のみが弱電流に対して電氣的興奮性を有することから、前中心回のみを

運動領としたが, Ferrier (1873)⁷⁾, Exner (1881)⁸⁾, Beevor and Horsley (1888)⁹⁾, Munk (1890)¹³⁾等は前中心回のみならず後中心回もともに電氣的興奮性を有するから, Rolando氏領の全部を運動領とすべきであると主張した。その後, 猿及び類人猿における Sherrington u. Grünbaum (1901~1903)¹⁰⁾, 人における Krause (1911)⁴⁰⁾等の研究, Brodmann (1909)²²⁾の精密なる細胞構築学的研究などにより, 再び運動領は前中心回にあると信じられるようになった。その後 Vogt 夫妻(1919)¹⁴⁾は猿脳について多数の精密なる電気刺戟実験を行い, 後中心回は前中心回よりも刺戟閾値は遙かに高いが確かに運動を起し得ることを証明し, さらに Foerster (1926)¹⁶⁾も人脳における研究からこれを認めている。

これらの研究により判明したことは, 大脳皮質の電気刺戟に際して運動作用を最も容易に現わす部分及びこれと密接な関係を有する部分は前中心回であり, 細胞構築学的に Area gigantopyramidalis (Brodmann の分野 4) と Area agranularis (分野 6) とに分れるが, その中でも Betz 氏細胞の存在する分野 4 が最も刺戟興奮性が大きく, 分野 6 ではより強い刺戟を加えないと筋運動が起らぬので, Fulton (1935)³⁾は前者を運動領 (motor area), 後者を前運動領 (premotor area) と命名した。この運動領すなわち, 分野 4 は Vogt 夫妻のいわゆる強縮性対単運動に対する一次野に相当し, 弱い電気刺戟により最も容易にそれぞれ刺戟部位に相当した身体末梢の個々の筋または同一協同筋群のみに単運動を起し, その興奮は自家遠心性線維によつて伝えられるが, これに対して前運動領すなわち, 分野 6 は Vogt 夫妻のいわゆる強縮性対単運動に対する二次野及び三次野に相当し, 刺戟によつて起る運動は近側の大関節の運動または一つの四肢全体を含む協同的な運動で, 皮質内短綜合線維によつて一次野を介して興奮が伝達されるものと解されている。

なお Vogt 夫妻は猿において分野 4 をさら

に 4a, 4b, 4c の 3 垂分野に分ち, 分野 4 の上方部 (4a) は主として反対側の下肢, 中央部 (4b) は反対側の胴及び上肢, 下方部 (4c) は主として反対側の顔面の運動を起すといっている。

しかして電気刺戟によつてみられるこの単運動が Betz 氏細胞に基因するということについては, Dusser de Barenne and McCulloch (1934)²⁴⁾, Rothmann (1902~1907)²⁵⁾, Marshall (1933~1936)²⁶⁾等の研究から間接的に証明せられ, 錐体路の起始は分野 4 における Betz 氏細胞であると一般に信じられていたが, さらに最近諸家の研究により, 錐体路線維は Betz 氏細胞のみに限らず, 他の多くの錐体細胞からも出ていることが明らかとなつた。

すなわち, Schröder (1914)⁴¹⁾, Minkowski (1923)⁴²⁾, Levin u. Bardford (1938)⁴³⁾等は錐体路切離により分野 4 以外の分野 2, 5, 6 などの錐体細胞中にも変性を起すものがあることより, これらの領野にも錐体路起始細胞があると唱え, とくに Levin はこれらの変性を起した細胞は異所的 Betz 氏細胞に他ならぬと述べている。実際, 陣内教授³⁸⁾, 大塚³⁷⁾はそれぞれ人脳の分野 6 において孤立状に或は島嶼状に異所的 Betz 氏細胞を発見している。また平沢教授及びその門下³⁶⁾も猿及び猫についての実験的研究で, 横紋筋の随意運動は決して単に錐体路のみによつて行われるものではなく, 常に錐体外路の共同支配を受けていると唱え, 錐体路は従来運動領すなわち分野 4 及び分野 6 のみから出るのではなく, 他の皮質分野 1, 2, 5, 7, 8, 9 などからも出ていることを確認し, 高等動物及び人などでは錐体路線維が分野 4 及び分野 6 に集中しているに過ぎないと述べている。また Lassek (1942) は猿について Betz 氏細胞が前中心回中に 18000 個あることを数え, これに対して錐体路線維の数は 584000 であつて錐体路起始細胞が Betz 氏細胞のみでないことを推論している。

次に Betz 氏細胞の密度に関しては, Campbell (1905)²⁾は Betz 氏細胞は集団をなして

現われ、人脳においては7ヶ所あり、それぞれ一定の部位の運動の中樞をなしているとい、それらの部位を彼の脳図に記入している。また Economo u. Koskinas (1925)²³⁾ は Betz 氏細胞について旁中心小葉及び前中心回でも套角に近い部においては密度が大であり、弁蓋部に向つては次第に疎となると述べている。また教室の大塚も先に Betz 氏細胞について極めて詳細なる研究を発表し、Betz 氏細胞の密度についてはそれを3群に分けて図示し、Betz 氏細胞は運動領中においても密度の大なる部においては形が大きく、周辺部とくに前方及び弁蓋部に近い密度の疎なる部においては形も小さいと述べ、また前方の分野6に向つては Betz 氏細胞が徐々に減少しているのでその境界の設定は甚だ困難であるとしている。

このように Betz 氏細胞の分布及び密度に関する報告はみられるが、さらに電気刺戟閾値との関連についての報告は未だ全くみられない。

第2章 実験方法

実験動物としては、電気刺戟によりみられる単運動を詳細に検査せんがために、手、足の習熟した繊細なる運動を行う猿 (*macaca mulatta*) を選び、数日間乃至数ヶ月間飼育した後実験を行つた。

第1節 麻酔並に開頭術式

麻酔には脳幹麻酔剤とされている10% Dial 溶液 (Allobarbital) を用いた。

一般に Dial 麻酔は麻酔深度の変化が極めて緩慢であり、注射後15~30分にして適当な麻酔期に入り、かつ長時間に亘つて麻酔状態を維持し得る利点がある。また Fulton (1930)¹⁵⁾ 等によれば、Dial を用いると他の麻酔剤に比して皮質興奮性を低下せしめることが少く、電気刺戟に際して皮質内の multi-neuronal の関連を抑制するので、Betz 氏細胞に対しては比較的容易にかつ選択的に働くといつている。

手術当日は絶食させ、10% Dial 溶液 pro

kg 0.35~0.38cc を臀筋内に注射した。約30~60分後酩酊朦朧状態となり、全身の筋緊張が弛緩するのを待つて動物を実験台に腹位に固定し、四肢は台より下垂せしめて自由に動き得るようにした。

まず、頭部毛髪を鋏でつみ、さらに剃毛せる後、頭頂部皮膚に正中切開を加え、頭部の諸筋を下方に骨膜とともに剝離し側頭筋の一部は切除した。次いで前頭骨にドリルで孔を開け、骨鉗子をもつて前頭骨の一部、頭頂骨、側頭骨及び後頭骨の一部を切除し、次に硬脳膜を切開して皮質運動領たる前中心回及び後中心回の一部を露出せしめた。反対側大脳半球も同様に手術をして露出せしめたる後、上矢状静脈洞及びこれに入る比較的太い静脈は電気凝固器をもつて焼灼止血し、または結紮して両半球内側面における電気刺戟も脳箆を使用すればできうようにした。

露出せる両半球の脳表面には温生理的食塩水にて湿したる綿花を当てて寒冷及び乾燥などから防ぎ、約1時間の休息を与えて手術による影響をなるべく避けた。

第2節 電気刺戟方法

電気刺戟装置としては森、沼本³⁶⁾の改良せる Thyratron 衝撃波発振装置を用い、刺戟間隔は1秒1回とし、刺戟電極には単極を選んだ。直径0.15mmの歯科用探針をなるべく尖鋭になるように研磨せる後、塩化ビニールにて絶縁し、刺戟に際してはその先端を磨り硝子にて2~3回磨擦して使用した。他方、不活性電極には真鍮棒を用い、直腸内に挿入固定した。

刺戟順序はすべて運動領でないと思われる部分より刺戟を始め、漸次運動領に移行して行くこととし、また刺戟の強さも最初は閾下の刺戟から始め、一通り運動領全体を刺戟し終れば少しずつ電圧を上げて刺戟を繰返すこととしたが、新しく電圧を上げるとに5~10分間の休止期をおいた。また一点における刺戟時間は約3~5秒で、他側の四肢に単運動が起るか否かを確かめた後他の点の刺戟に移つたが、その間に約10秒間の間隔をおき、

またできるだけ二度と同一点を刺戟しないよう努めた。これは疎通現象、交感現象などの起るのを防ぐためである。

しかして刺戟による反応を確かめるとその都度あらかじめ模写せる脳図にその反応を書き込み、各中枢の領域を決定した。

私は前編において、同一中枢であつてもその部位により刺戟閾値の異なることを認めたが、本実験においては、最も弱度の電気刺戟で反対側四肢の単運動をみた場合の閾値を最低刺戟値とした。すなわち、最低刺戟値では中枢が孤立状或は島嶼状に現われるが、刺戟の強さが増すとともに中枢の範囲も拡大して行き、いわゆる中枢の領域を形成するのである。従つて、生理学的にみた運動領の範囲を決定せんがためには最低刺戟値で刺戟するだけでは範囲の決定は不充分であり、さらに刺戟を強める必要がある。しかして各中枢の範囲が接するか、或はさらに拡大して混合興奮野として現われた後、もはやこれ以上の刺戟では純粹の単運動はみられず、近側の大関節或は全身の強縮攣縮を起すという場合、その刺戟の強さを有効刺戟値とし、このときの中枢の範囲をもつて電気刺戟的にみた運動領の範囲、すなわち生理学的運動領の範囲とした。

最後に有効刺戟値で刺戟した際の各中枢の範囲を脳図に記入するとともに、脳表面にも興奮野の境界に眼科用尖刀をもつて薄く皮切して印をつけた。

反対側皮質にも同様の刺戟実験を行い、運動領の境界に印をつけ終れば、直ちに脳片を広汎に切出し、80%酒精溶液中に投入した。

なお刺戟の都度或は数回の刺戟ごとに乾燥脱脂綿をもつて脳表面を軟かく清拭し、またときどき温生理的食塩水をもつて湿潤せしめた。

第3節 標本作製並に鏡検方法

80%酒精溶液中に投入された脳片は翌日一旦取り出して先に印した境界線に墨を入れ、さらに矢状断に各々厚さ約5mm宛の小片となし、順次番号を記入して再び80%酒精溶液

中に投入、漸次酒精濃度を高めて脱水固定して行き、ツエロイヂン包埋後、それぞれ台木に固定し、マイクロームにより連続切片を作り、ニッスル染色を行つた。

切片の方向は套角縁に平行なる矢状断とし、20 μ の厚さの連続切片を作製した。

先づ弱拡大(10 \times 10)にて1mmごとの切片につき順次鏡検し、電気刺戟による生理学的運動領の境界線と Betz 氏細胞の分布域境界とを比較し、あらかじめ描いた切片の略図中に Betz 氏細胞の分布を記入した。なお、個々の脳につき別に用意した脳表面図中に、かくして決定した組織解剖学的運動領の境界図をも作製した。

次に強拡大(10 \times 40)で、各部位における Betz 氏細胞の大きさを実測したが、それにはマイクロオクロメーターを使用した。

〔附〕 Betz 氏細胞決定のための予備実験

Betz 氏細胞の大きさに関しては諸家により区々であつて、明瞭な区別を設けることがむづかしい。私はこれを決定するために、先に教室の大塚³⁷⁾が成人脳につき行つた方法を応用した。すなわち、大塚は皮質運動領第5層に存する多数の神経細胞の大きさを測定してその度数分布曲線を描いたところ、5~15 μ のところ存する急峻な第1の山と、30~50 μ の部に存するなだらかな第2の山との間、すなわち25~30 μ の部に谷があることを認め、このように一つの谷によつて二つの山に区切られることは各山を形成する細胞群は機能的に異なつた種類のものと考えられるとし、25 μ 以上を Betz 氏細胞と決定することが合理的なることを提唱した。

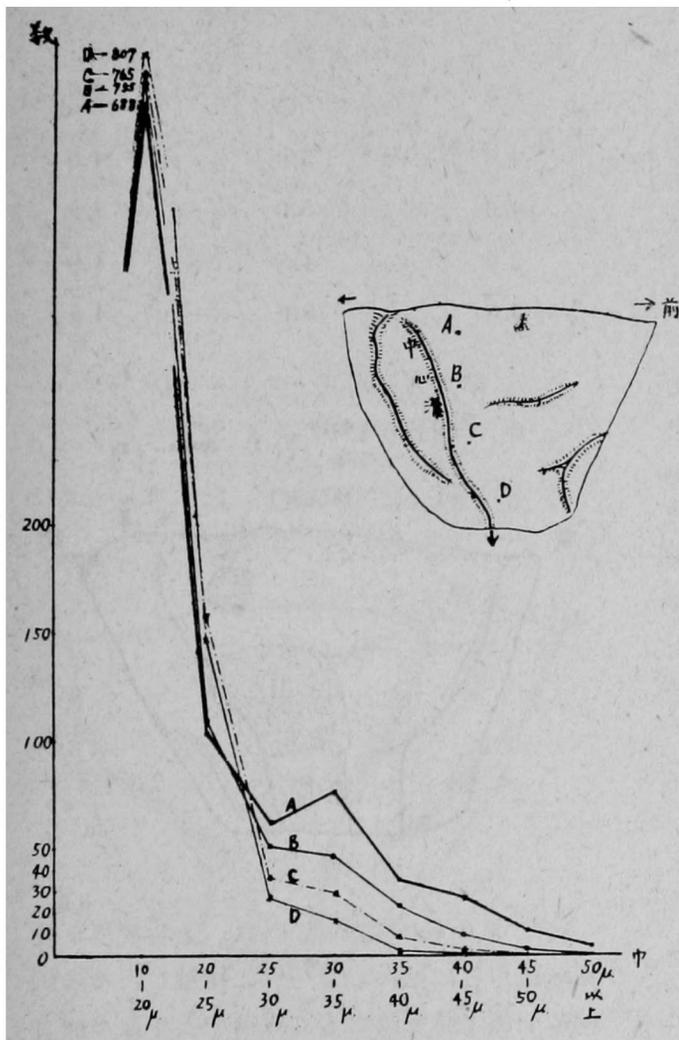
私もこれに倣い、猿脳の皮質運動領第5層にみられる神経細胞1000個について大きさを測定し、度数分布曲線を描いてみたところ、第1表、第1図の如くである。

猿においては人脳の場合に比して谷の形成は明瞭ではなく、第1図のAに認めたのみで、他の場合ではこの2つの山が重なつた形を呈し、とくに25~30 μ を境として急になだらかな曲線を形成している。

第1表 猿脳皮質第5層神経細胞巾による度数分布

部位	巾	10~20 μ	20~25 μ	25~30 μ	30~35 μ	35~40 μ	40~45 μ	45~50 μ	50 μ 以上
A		688	104	62	77	36	17	12	4
B		755	110	51	47	24	10	3	0
C		765	157	36	30	9	3	0	0
D		807	146	27	17	2	1	0	0

第 1 図



以上により猿においても25 μ 以上の大きさを有するものを Betz 氏細胞とみなすべきであると思う。

× × × ×

Betz 氏細胞の分布は、中心溝に接した前方の皮質第5層中に密に並んでおり、分野6に近づくに従い疎となつて境界の殆んど決め難いものもあつたが、本実験においては Betz 氏細胞の連続が断絶するまでの範囲をもつて組織解剖学的にみた運動領の範囲となし、1

~2個の Betz 氏細胞が異所的に存在することはあつても、それは範囲外とした。

第3章 実験成績

第1節 電気刺戟閾値について

猿4匹における実験成績は第2表の如くである。

実験中の麻酔状態は成績に大いに関係し、第1例及び第2例では麻酔量の過剰による失敗例である。すなわち、10% Dial 溶液 pro kg 0.38cc を注射し、30分後なお暴れて実験遂行に困難を来したため、さらに0.3cc, 0.2cc をそれぞれ追加注射したが、実験中に深麻酔に陥り、皮質興奮性が低下したためか刺戟を相当強めねば反対側四肢の単運動が起らず、第1例においては12.0 volt, 第2例においては7.0~8.5 volt にして漸く反対側上肢の興奮をみたが、下肢の単運動は遂に得られず、刺戟をさらに強めると両側大関節或は全身の強縮性運動が現われて実験は不満足な結果となつた。

第3例及び第4例では、麻酔量を減じ10% Dial 溶液 pro kg 0.35cc 弱を使用し、注射後約1時間待つて開頭手術をしたが、なお暴れる時には1.0%塩酸プロカイン溶液の局所麻酔を併用したところ、実験中の麻酔状態は極めて良好で、弱度の電気刺戟で反対側四肢の単運動が容易に認められた。

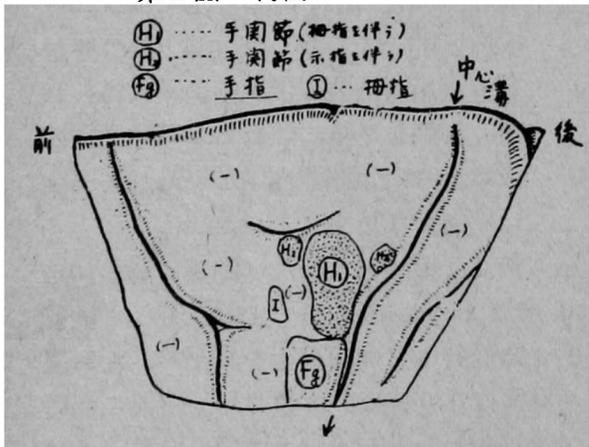
いま、その刺戟経過の比較的判然とみられた第3例左半球の実験について詳述すると、まず3.0 volt では何処の皮質部を刺戟して

第 2 表

	性 別	体 重 (kg)	10% チアール 注射液 (cc)	麻 醉 状 態	刺 戟 側	刺戟の強さ (volt)	刺 戟 興 奮 野					
							上 肢		混 合		下 肢	
							反 応	閾 値	反 応	閾 値	反 応	閾 値
1	♀	6.3	2.7	不良 (深麻醉)	左	4.0~12.0	(+)	12.0	(-)	/	(-)	/
					右	4.0~13.0	(+)	12.0	(-)	/	(-)	/
2	♀	3.4	1.5	不良 (深麻醉)	左	4.0~8.0	(+)	7.0	(-)	/	(-)	/
					右	4.5~9.0	(+)	8.5	(-)	/	(+)	9.0
3	♂	4.0	1.4	良	左	3.0~6.0	(+)	4.0	(+)	5.0	(+)	4.5
					右	4.0~6.0	(+)	4.0	(+)	5.0	(+)	4.5
4	♂	3.5	1.2	良	左	3.0~4.8	(+)	3.0	(+)	4.5	(+)	4.0
					右	3.5~5.5	(+)	3.5	(+)	5.0	(+)	4.5

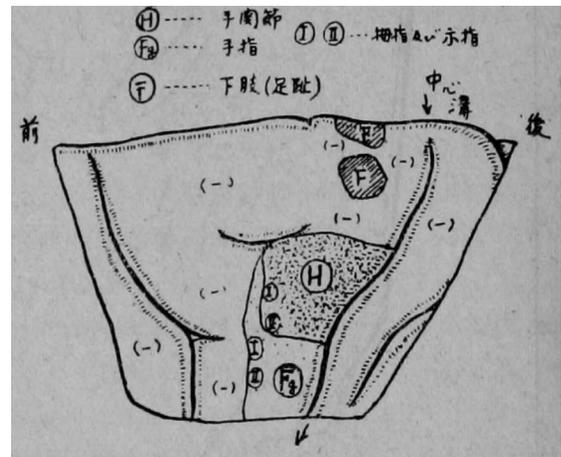
も反応が認められなかつたが、刺戟の強さを 4.0 volt にすると Vogt 夫妻の 4b 野の中央に初めて拇指及び示指を伴う手関節の単運動が認められ、またその少々前方にところどころ島嶼状に拇指及び示指の運動を伴う手関節の単運動を起す部が認められ、さらにその下方に全手指の屈曲運動を起す部が認められた。しかしてその他の部位には反応を認めなかつた (第 2 図)。

第 2 図 刺戟……4.0 volt.



次に 4.5 volt の刺戟では、拇指、示指及び手関節の領域が拡大し、また Vogt 夫妻の 4a 野に足趾の単運動を起す部が一部認められたが、上肢及び下肢領域の中間部はなお非興奮性であつた (第 3 図)。

第 3 図 刺戟……4.5 volt.

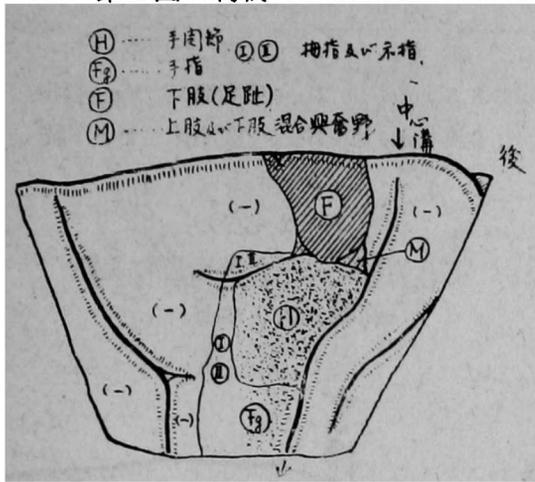


次に 5.0 volt の刺戟では、上肢及び下肢領域はさらに拡大して一点に接触し、その両側に一部上肢下肢ともに興奮する小なる混合興奮野④が認められるに至り、拇指、示指の領域は手関節領域の前方及び上方にまでびてきている (第 4 図)。

さらに刺戟を強めて 6.0 volt にすると、混合興奮野は主として下肢興奮野及びその前方に向つて拡大し、また拇指及び示指の単運動を起す部が混合興奮野の前方にまで認められるようになる。

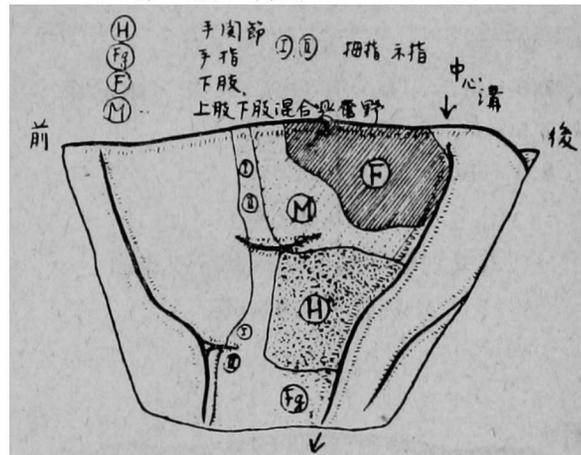
さらに刺戟を強めるともはや両側大関節(全身)の強縮性運動を起すようになり、単

第4図 刺戟……5.0 volt.



運動を起す範囲は拡大しない。従つてこの6.0 volt が有効刺戟値であり、このときの電気刺戟的興奮野の範囲を生理学的運動領としたわけである(第5図)。

第5図 刺戟……6.0 volt.



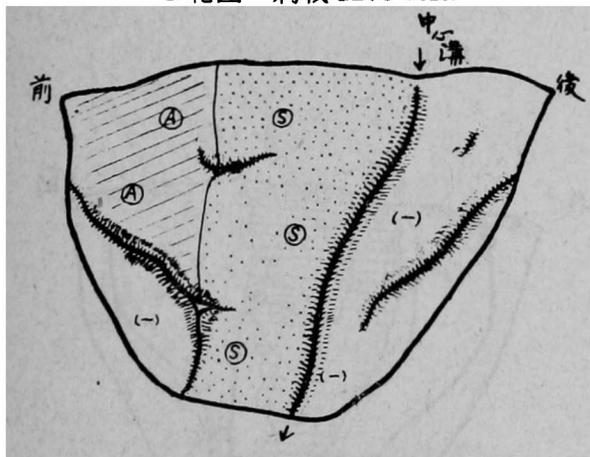
しかしこの例における上肢, 下肢, 混合興奮野の最低刺戟値はそれぞれ4.0 volt, 4.5 volt, 5.0 volt であつた。

このようにして決定した各例における生理学的運動領の範囲を図示すれば, 第6~13図上段の如くである。

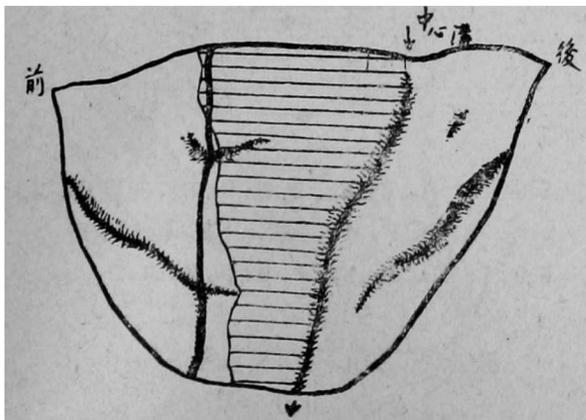
第6図
刺戟12.0 volt.

S……上肢, 殊に肩関節の反応をみる
A……全身の強縮性攣縮

No. 1 (左半球) 電気刺戟的にみた興奮野の範囲 刺戟12.0 volt.



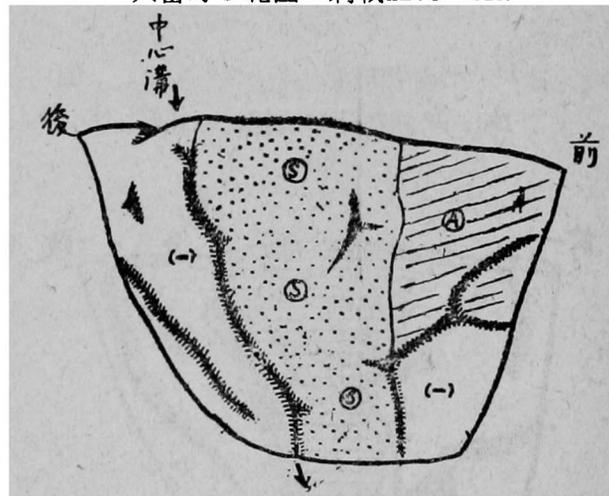
Betz 氏細胞分布域との比較



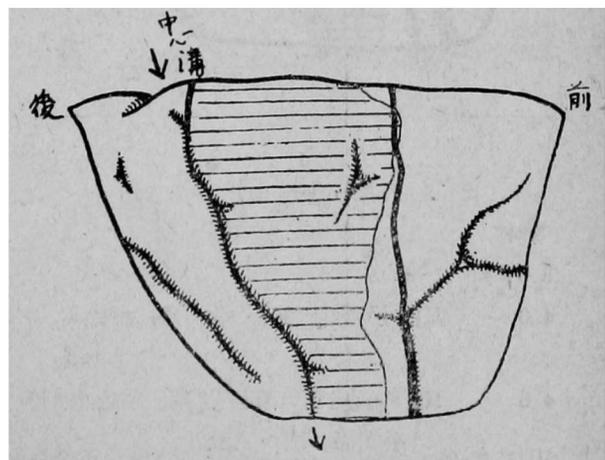
第7図 (刺戟12.0 volt.)

S……上肢, 殊に肩関節の反応をみる
A……全身の強縮性攣縮

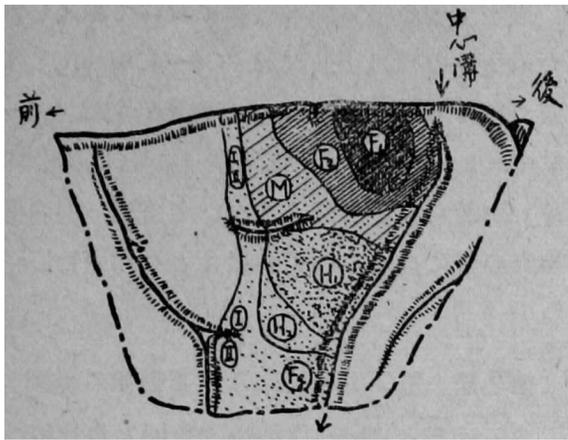
No. 1 (右半球) 電気刺戟的にみた興奮野の範囲 刺戟12.0 volt.



Betz 氏細胞分布域との比較

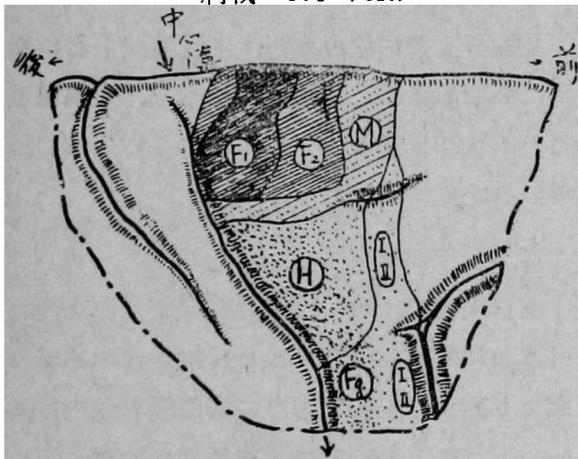


Betz 氏細胞分布域との比較

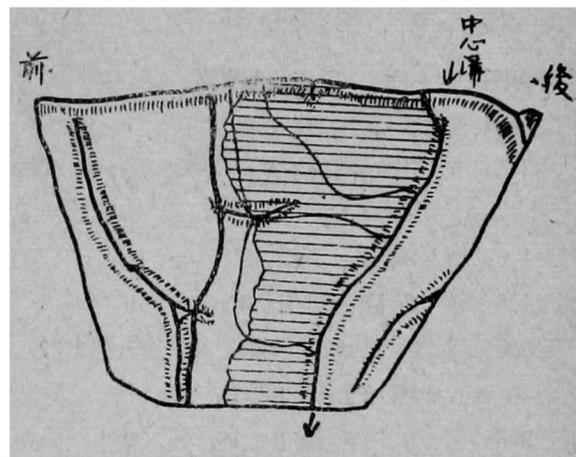
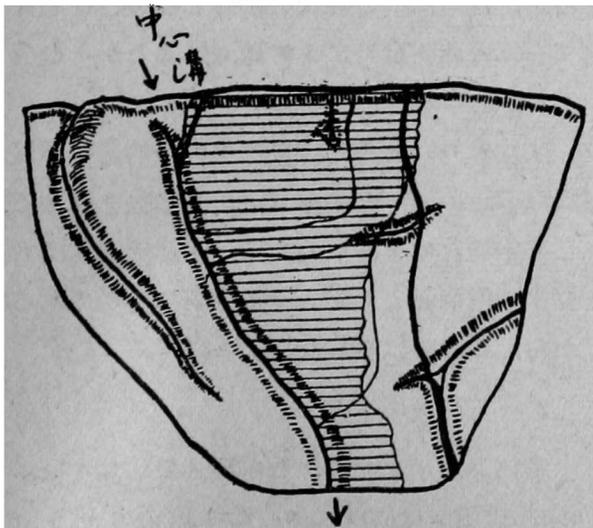


第 11 図

刺戟 3.8V 反応した中枢
 4.0 H…手関節, Fg…指, I, II…拇指, 示指,
 4.5 F1…足趾, H, Fg, I, II
 5.0 F2…足趾及び足関節, M…上肢, 下肢
 混合興奮野, H, Fg, I, II
 6.0 H, Fg, I, II, F1, F2, M
 No. 3 (右)
 電気刺戟的にみた興奮野の範囲
 刺戟 6.0 Volt.

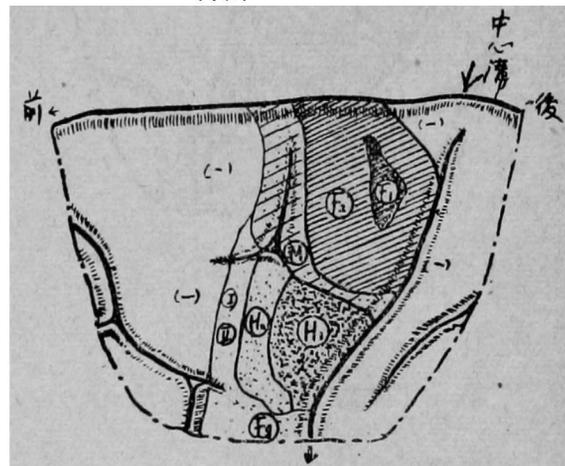


Betz 氏細胞分布域との比較

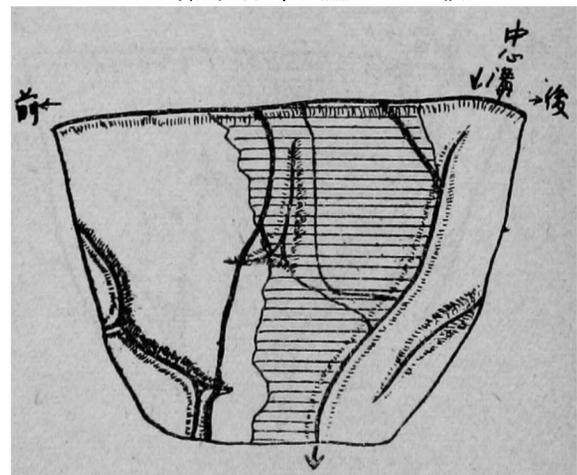


第 12 図

刺戟 3.0V 反応した中枢
 3.2V I…拇指
 3.5 H1 手関節, Fg…指, I II…拇指, 示指,
 H2…拇指示指を伴う手関節, H1, Fg, I II
 4.0 F1…足趾, H1, H2, Fg, I II
 4.5 F2…足趾及び足関節, H1, H2, Fg, I II
 M…混合興奮野
 4.8 H1, H2, Fg, I, II, F1, F2, M
 No. 4 (左)
 電気刺戟的にみた興奮野の範囲
 刺戟 4.8 volt.



Betz 氏細胞分布域との比較



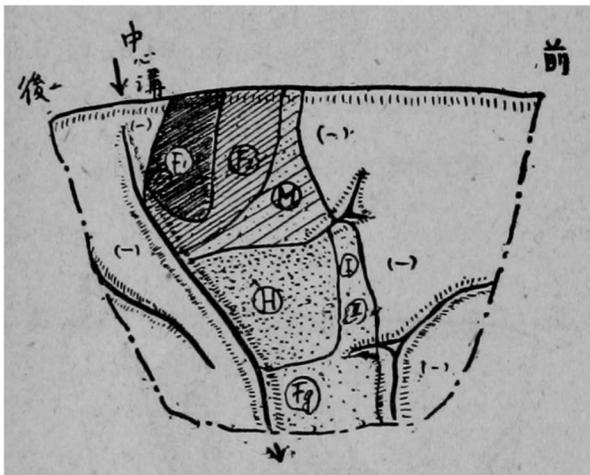
第 13 図

刺戟	反応した中枢
3.0V	(-)
3.5	H…手関節, Fg…手指, I 拇指, II 示指
4.0	H, Fg, I, II
4.5	F ₁ …足趾, H, Fg, I, II
5.0	F ₂ 足趾, 足関節, M…混合興奮野 H, Fg, I II, F ₁
5.5	H, Fg, I II, F ₁ , F ₂ , M

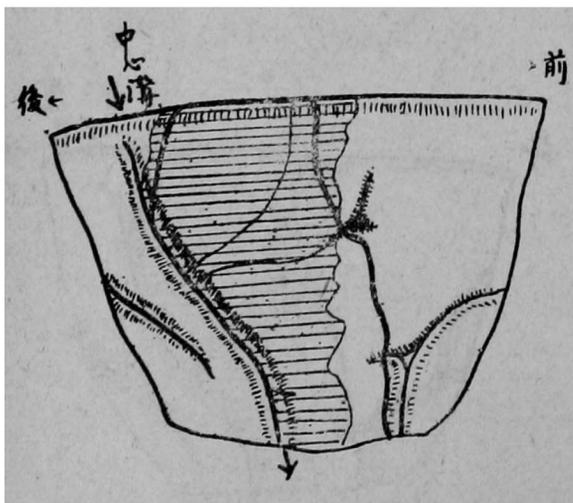
No. 4 (右)

電気刺戟的にみた興奮野の範囲

刺戟 5.5 volt.



Betz 氏細胞分布域との比較



以上 4 例の電気刺戟実験において認められた最低刺戟値は上肢では 3.0~4.0 volt, 下肢では 4.0~4.5 volt, 混合興奮野では 4.5~5.0 volt であり, 上肢領域 (ことに拇指中枢) が最も閾値が低く, 次いで下肢, 混合興奮野の順に高くなっていることを知った。

第 2 節 電気刺戟的にみた運動領の範囲
と Betz 氏細胞分布域との比較

実験方法の項でのべたようにして作製した矢状断連続切片につき Betz 氏細胞の分布域をしらべ, これと生理学的に決めた運動領の境界線とを比較した。

全例についてのべる煩雑をさけるために, 代表的な第 3 例右半球について Betz 氏細胞の分布状態を述べることにする。

多数の連続切片のうち, 下肢領域上部の套角に接近した部, 下肢領域の下部, 上肢領域の上部及び下部の 4 ケ所における切片についてのみ記載するにとどめる。

1) 下肢領域上部

第 14 図に示す如く, 下肢領域上部の套角に近き矢状断切片では, Betz 氏細胞は中心溝々底より始まり下肢興奮野の後部境界線内に達し, 下肢興奮野内では比較的密に分布しているが, さらに前方混合興奮野との境界を越えて一部は非興奮野にまで疎ではあるがその分布が認められる。

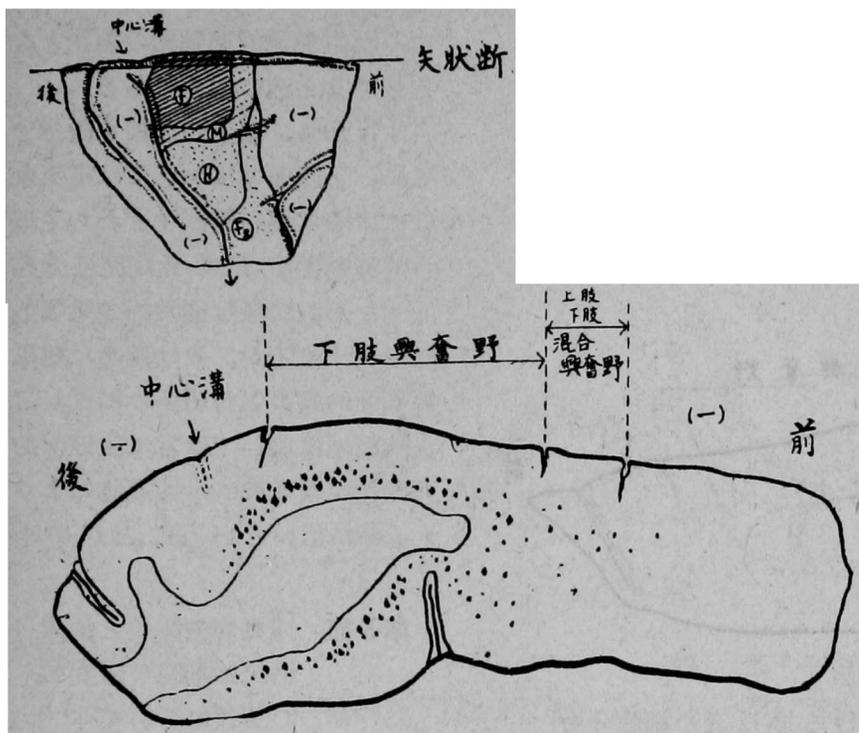
すなわち, この高さでは生理学的運動領境界の前後に僅かながら Betz 氏細胞を認める。なお本切片の下面にみえる Betz 氏細胞は大脳半球内側面より陥入せる皮質のものであるから, ここでは論じないことにする。

2) 下肢領域下部

第 15 図に示す如く, この高さの切片では, Betz 氏細胞は同様に中心溝々底より始まり

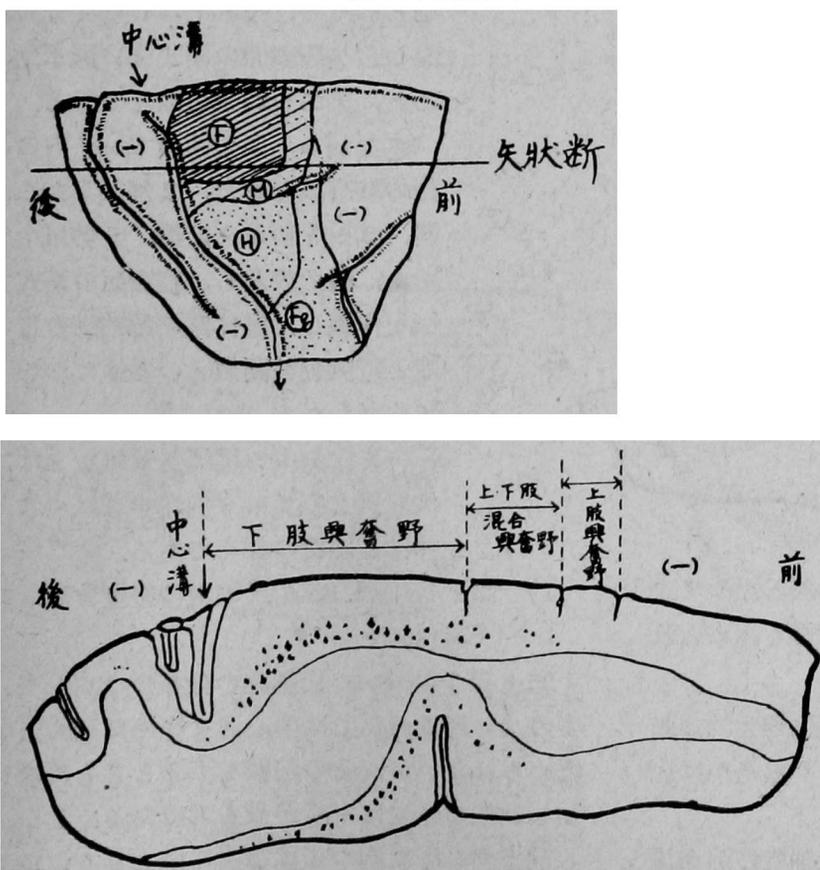
第14図 矢状断切片に於ける Betz 氏細胞の分布

(1) 下肢領域



第15図 矢状断切片に於ける Betz 氏細胞の分布

(2) 下肢領域



下肢興奮野後部境界線と一致する。下肢興奮野では Betz 氏細胞は密に分布しているが、混合興奮野では遙かに疎となり、上肢興奮野では1~2個を認めるのみとなる。

すなわち、この高さでは生理学的運動領と組織解剖学的運動領とは殆んど一致している。この高さにおける皮質運動領内 Betz 氏細胞の分布状態を写真をもつて示せば附図1~5に示す如くである。

3) 上肢領域上部

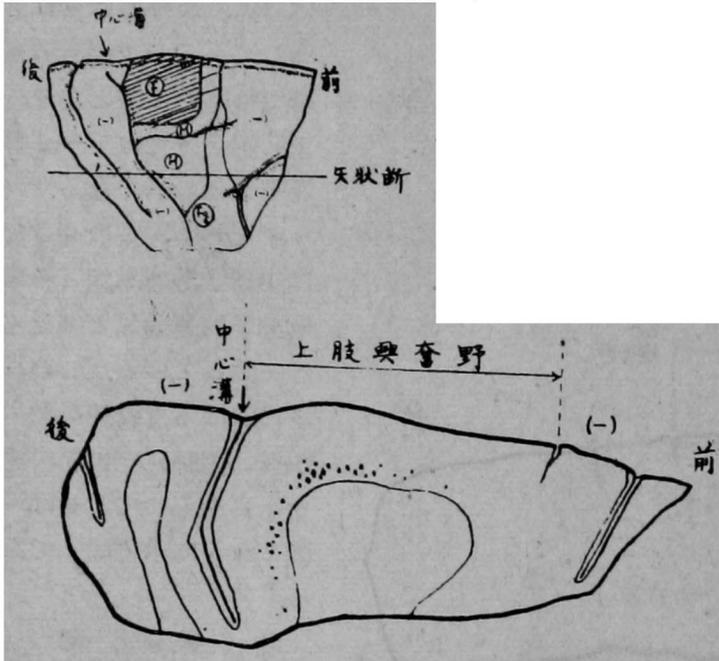
第16図の如き高さの上肢領域の矢状断切片においては、Betz 氏細胞は中心溝前壁より回転峰への移行部にかけて密なる分布を示し、急に疎となつて上肢興奮野の前部境界線附近では Betz 氏細胞は殆んど認められない。

すなわち、この高さでは生理学的運動領の後部境界線は中心溝に一致するため、組織解剖学的運動領と一致するが、生理学的運動領の前部境界線は組織解剖学的運動領の前部境界よりも前方にある。

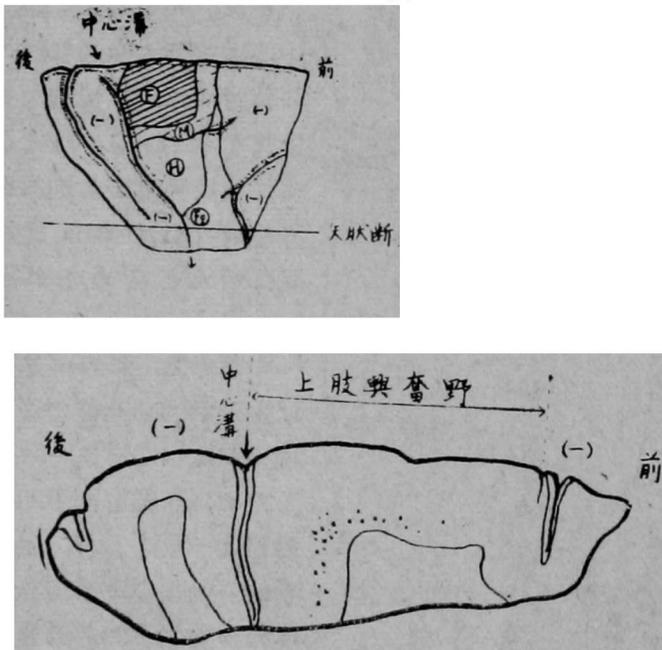
4) 上肢領域下部

第17図に示す如き高さの上肢領域下部の矢状断切片においても同様に、Betz 氏細胞の分布は中心溝前壁においては密であ

第16図 矢状断切片に於ける Betz 氏細胞の分布
(3) 上肢領域



第17図 矢状断切片に於ける Betz 氏の細胞分布
(4) 上肢領域



るが、前方に行くに従いさらに疎となつて上肢興奮野の前部境界線附近では全く認められない。

すなわち、上肢領域下部では生理学的運動領の方が組織解剖学的運動領よりも遙かに広がっている。

かくして決定された Betz 氏細胞の分布域を全例について各々その脳表面の模式図にし

て示せば、第6～13図の下段の如き範囲となり、これと電気刺戟的にみた生理学的運動領の範囲とを比較すると次の如くである。

すなわち、以上の成績を総括するに、下肢領域においては電気刺戟による中枢の範囲すなわち生理学的運動領が Betz 氏細胞の分布域すなわち組織解剖学的運動領とはほぼ一致するか、或は僅かに組織解剖学的運動領が広いのに反し、上肢領域においては常に生理学的運動領が組織解剖学的運動領よりも遙かに広いといふことができる。

第3節 電気刺戟閾値と錐体路起始細胞の密度との関連について

前節における各矢状断連続切片につき、それぞれ 35μ 以上、 $25\sim 35\mu$ 、 $20\sim 25\mu$ の大きさの錐体細胞とに分ち、それぞれの密度分布をしらべ脳表面の模式図に図示すると、第21～23図の如くである。

すなわち、単位面積 1mm^2 内の錐体細胞数を数え、2個以下を△、□、2～5個を△、■、5個以上を▲、■で表わし、脳表面の模式図を作製し、錐体路起始細胞の密度と電気刺戟閾値との関連について検討した。

いま、全例を掲げる煩雑をさけ、代表例として第3例左半球につき述べると次の如くである。

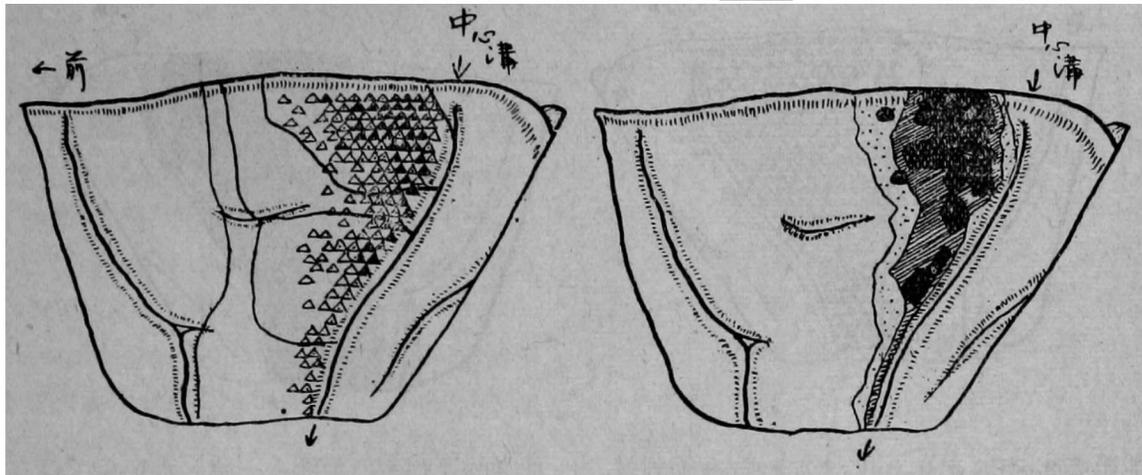
1) 35μ 以上の Betz 氏細胞の密度分布 (第18図)

35μ 以上の Betz 氏細胞の分布は Vogt 夫妻の 4a 野においては中心溝々底では殆んど認められないが、その前壁を上るとともに増加し回転の峰では密度が最も大である。しかし前方 6a 野に向つては徐々に疎となり、前中心溝々底より前方には殆んど認められなく

第18図 35 μ 以上の大きさを有する Betz 氏細胞の密度分布

- \triangle 2個以下
- \triangle 2~5個
- \blacktriangle 5個以上

-  疎なる部
-  少々密なる部
-  稠密なる部



なる。

また上方套角近くでは密に分布し、下方弁蓋部に向つては疎となつてゐるが、4b野の一部にも密なる部があり、また下方になるほど中心溝前壁に集中している。

しかして4a野における35 μ 以上のBetz氏

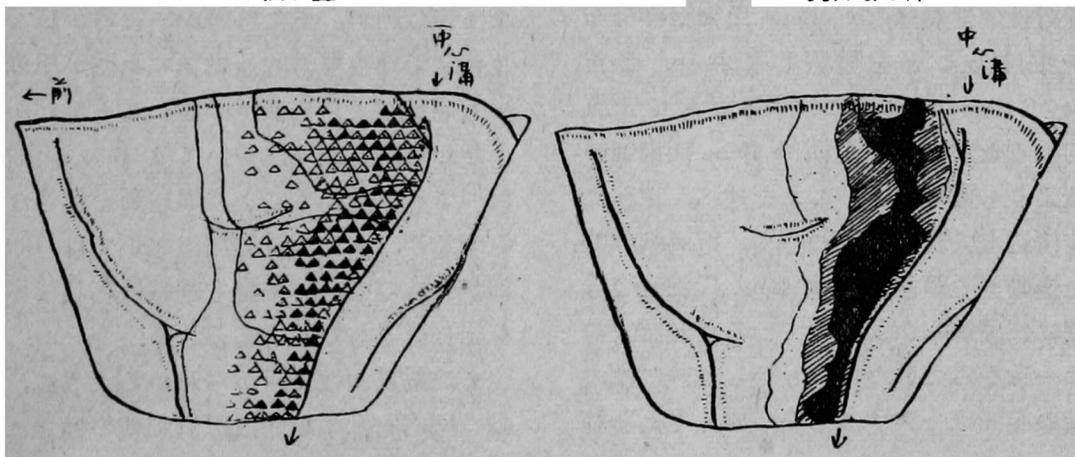
細胞の最も稠密なる部は第1節第6図における同一猿脳半球において、下肢の最低刺激値4.5 voltではじめて興奮した下肢の部分にはほぼ一致している。

2) 25~35 μ のBetz氏細胞の密度分布 (第19図)

第19図 25~35 μ の大きさを有する Betz 氏細胞の密度分布

- \triangle 2個以下
- \triangle 2~5個
- \blacktriangle 5個以上

-  疎なる部
-  少々密なる部
-  稠密なる部

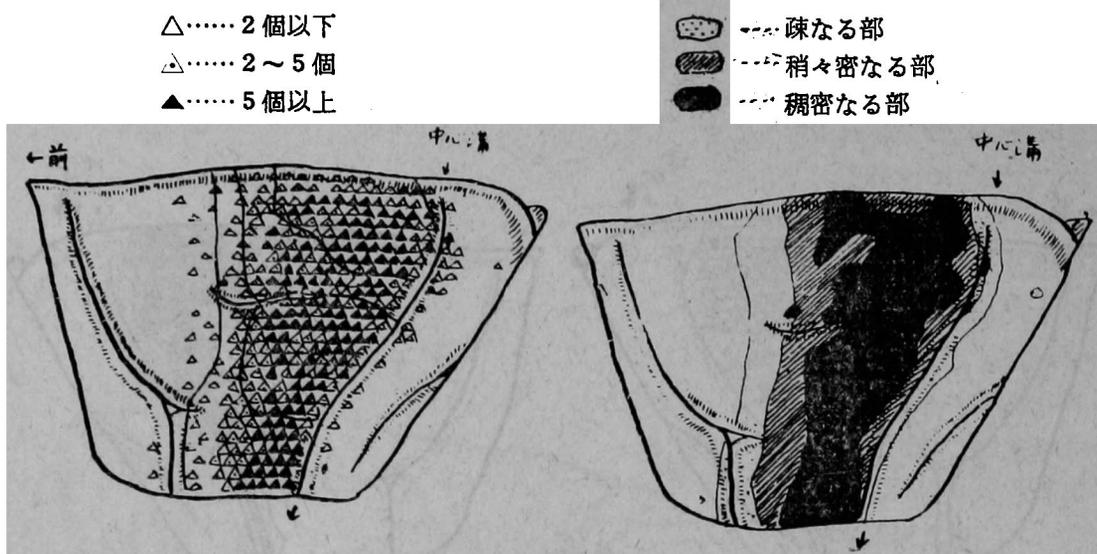


25~35 μ の大きさを有するBetz氏細胞の分布はVogt夫妻の4a野、4b野にはほぼ一致して認められるが、最も稠密なる部は4a野よりも4b野においてその範囲が広く、この部は第1節第5図における同一猿脳半球において、拇指及び手関節の最低刺激値4.0 volt

で興奮した上肢の部分とはほぼ一致している。

3) 20~25 μ の大錐体細胞の密度分布 (第20図)

20~25 μ の大きさの大錐体細胞の分布は分野4及び分野6に互つてさらに広範囲に分布しているが、その少々密なる部の範囲(■)は

第 20 図 20~25 μ の大錐体細胞の密度分布

第1節第9図の 6.0 volt すなわち有効刺激値にて刺激せる生理学的運動領の範囲とほぼ一致している。

第4章 総括並に考按

運動領の範囲に関して、電気刺激的にみた生理学的運動領の範囲が果して運動中枢細胞といわれる Betz 氏細胞の分布域と一致するものか否かについては、Holmes and May (1909)¹²⁾ の猿による実験があり、彼等は電気刺激的にみた運動領の範囲が錐体路遮断により逆行性変性を来した Betz 氏細胞の分布域と一致することを発表しており、また Woolsey (1933)¹⁷⁾ は犬における実験で電気刺激的にみた運動領の範囲が Betz 氏細胞の分布域よりも僅かに広いことを述べ、さらに教室の渡辺も犬及び猫について、電気刺激的にみた運動領の範囲は大体 Betz 氏細胞の分布範囲にほぼ等しいと述べているなど諸家の報告は一致をみていない。しかし一般には大体両者の範囲は一致するものの如く考えられていた。

しかし私は前編の癲癇患者皮質運動領の電気刺激検査及びその組織解剖学的検査により、上肢領域が遙かに広く、上肢の興奮野に必ずしも Betz 氏細胞を有しない部のあることが判つて、電気刺激的にみた生理学的運動領の範囲が Betz 氏細胞の分布域すなわち組織解

剖学的運動領の範囲と一致しないのではないかという疑問をもつに至つた。

よつて私は本編において人類に最も近い猿を選び、10% Dial 溶液 pro kg 0.35~0.4cc の麻醉の下に、Thyratron 衝撃波発振装置で皮質運動領を電気刺激して生理学的運動領を決定し、これを組織解剖学的にみたる Betz 氏細胞の分布域と比較したところ以上の如き成績を得た。

すなわち、猿脳においては下肢領域では生理学的運動領の範囲は組織解剖学的運動領とほぼ等しいか、または僅かに後者が広く、上肢領域では生理学的運動領の範囲が組織解剖学的運動領よりも遙かに広いことがわかつた。すなわち下肢領域においては Betz 氏細胞であつても電気刺激により単運動を起さないものがあり、また上肢領域においては Betz 氏細胞以外の大錐体細胞も刺激に応じて単運動を起し得るものと考えられる。

また電気刺激実験からわかるように、単運動の反応を示す範囲は電気刺激の強さにより異なるもので、従つて私は前記有効刺激値における単運動反応を示す最大の範囲をもつて生理学的運動領とした。

単運動を起し得る刺激閾値(最低刺激値)については、刺激装置、刺激時間、刺激間隔、また動物の種類及び個体差、或は麻醉状態などによりそれぞれ異なつた値が出るので、刺

刺戟電圧のみをもつてその閾値を決定することはできないが、同一動物にて同一条件の下に刺戟した場合の各中枢の閾値の差異、或は同一中枢範囲内における部位的閾値の差異については十分論じうることは肯定されねばならない。

実験中の麻酔状態について、第1例及び第2例では Dial の量が過剰であつたため深麻酔に陥り、刺戟閾値の上昇を来したが、第3例及び第4例においては Dial の量を少な目に用いて適当なる麻酔期に入らしめ、弱刺戟にても容易に単運動を認めることができた。

Dusser de Barenne and McCulloch(1936)⁴⁶⁾ は皮質興奮性はその pH に関係し、過呼吸によつてアルカリ性となれば、皮質興奮性も低下すると述べている。従つて深麻酔に陥るほどの Dial 量であれば、他の麻酔剤と同様に呼吸の抑制を来し CO₂ ガス量の増加のため pH は下降し皮質興奮性の低下を来すものと思われる。よつて電気刺戟を行う際の Dial 麻酔量は最低麻酔量を用いることが望ましい。

次に各中枢の閾値の差異に関して、Michailow(1910)⁴⁷⁾ は無麻酔下生誕直後の犬における刺戟実験で、前肢及び後肢中枢が同時に現われたといい、Weed and Langworthy(1926)⁴⁸⁾ は猫における刺戟実験で生後間もなく反対側の前肢中枢をみ、3週間後初めて顔面及び後肢の中枢をみたといつている。また教室の森³²⁾は犬における実験で各中枢の刺戟閾値が異なり、犬では前肢中枢が後肢中枢より閾値が高いと述べ、さらに人脳においても各中枢の刺戟閾値は異なるが、全身状態が良く、意識の明瞭なる場合は同一中枢に対する刺戟閾値はほぼ一定していると述べている。また渡辺³⁴⁾も犬及び猫の刺戟実験で前肢及び後肢の刺戟閾値は犬においては常に同一であるに反し、猫においては後肢の刺戟閾値が前肢のそれより高く、前後肢混合中枢の刺戟閾値は犬猫ともに前肢、後肢各中枢のそれと等しいかまたは高いと述べている。

第3章第1節における私の実験では、猿脳

皮質運動領における各中枢の刺戟閾値は異なり、上肢中枢において最も低く、次いで下肢、混合興奮野の順に高くなつている。また、同一中枢においても部位により刺戟閾値が異なり、中心部においてはその最低刺戟値でも反応を示すが、刺戟を強くすると中枢領域の拡大がみられ、周辺部になるほど刺戟閾値が高くなることを認めた。これを私の第3章第3節における細胞密度分布図と比較対照して考えると、同一中枢における部位的閾値の差異はその中枢起始細胞の密度が関係し、稠密なる中心部ほど刺戟閾値が低く、周辺の疎となる部ほど閾値が高くなるものと思われる。

各中枢の周辺部が刺戟閾値が高く、また混合興奮野における刺戟閾値が上肢及び下肢中枢の間に存在しながら何故それらより高いのであろうか。

これらの理由を考えてみるに、次の如く考えれば容易に説明がつくと思われる。

すなわち、電気刺戟を行う場合、単極、双極刺戟の如何に拘らず、刺戟点附近に或る広さの電場を生じる筈である。Ruch, Chang and Ward(1947)³¹⁾の実験によれば、Thyratron 衝撃波発振装置を用いて4~8 volt. で1秒1回刺戟し、その場合の電場が1mm³であるといい、このなかに10数個の Betz 氏細胞があると述べている。

私の実験でも、下肢領域において Betz 氏細胞が明らかに存在していても反応しない部分があることを認めており、1個の Betz 氏細胞が刺戟され興奮したのみでは単運動は起らず、その刺戟による電場内にいくつかの Betz 氏細胞が含まれてはじめて反応を起すものと思われる。かく考えれば一定の刺戟による電場内に含まれる Betz 氏細胞の数が多きほど、すなわち密な部分ほど刺戟閾値が低いといふことができる。すなわち、同一中枢内における刺戟閾値の差は中心部と周辺部における細胞密度の差によるものであると考えられる。

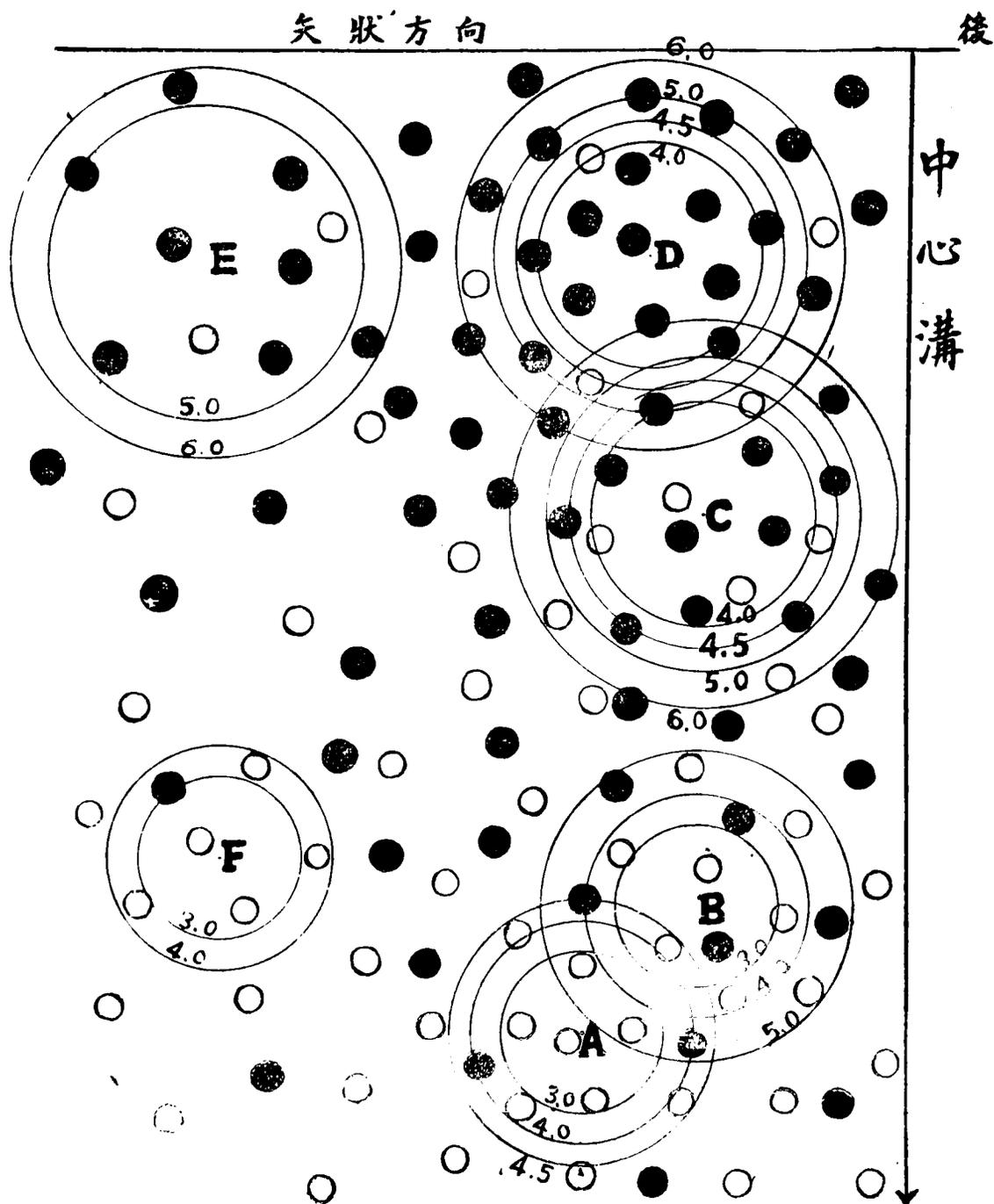
次に異なる中枢間の刺戟閾値の差が何に基因するかということについて考えてみよう。

いま、仮りにこの場合も同様に密度の差によるものと仮定すれば、最も密度の大なる下肢領域においては、より疎なる上肢領域におけるよりも刺戟閾値が低くしなければならぬ筈である。しかるに事實は全くこれと逆に、下

肢中枢の刺戟閾値は上肢のそれよりも高い。従つて異なる中枢における刺戟閾値の差には他の因子、すなわち各中枢の敏感度というものを考慮に入れなくてはならなくなる。この敏感度とは何かということを考えてみるに、

第 21 図

- --- 下肢中枢起始細胞 10ヶ 
- --- 上肢中枢起始細胞 5ヶ 

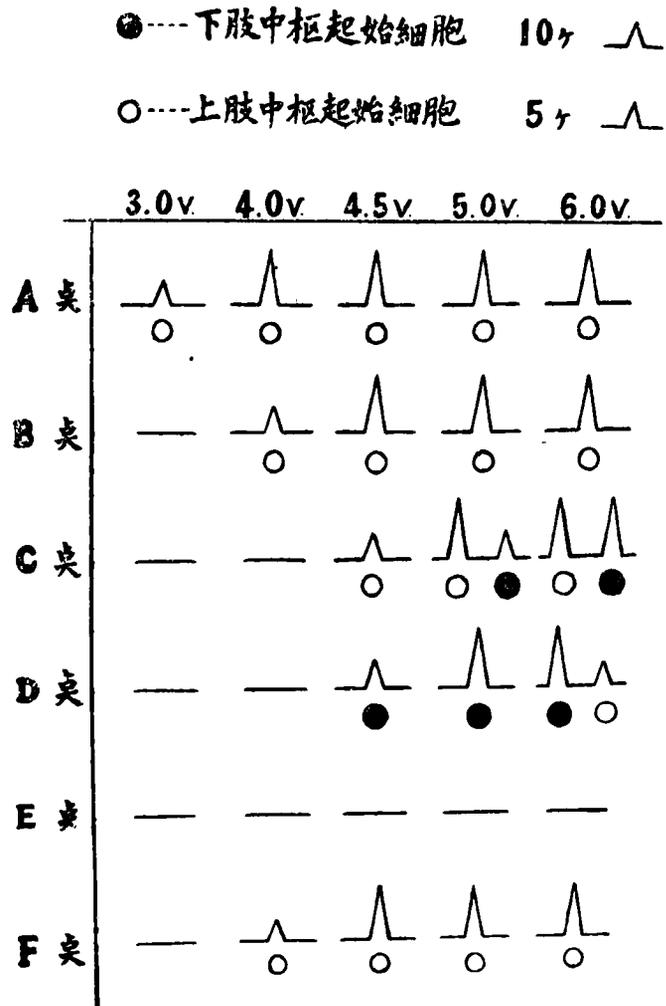


単運動を起すに必要な細胞の数が各中枢によつて異なるもので、たとえば閾値の低い中枢ではより高い中枢よりもより少数の細胞の興奮によつて単運動を起すものとする。

いまこれを説明するために、第21図、第22図の如き模式図を仮定してみよう。いま上肢中枢では電場内に5個の上肢起始細胞(○)が存在して初めて上肢の反応を示し、また下肢中枢では電場内に10個の下肢起始細胞(●)が存在して初めて下肢の反応が起るものとするれば、上肢中枢起始細胞の密度の大きいA点においては僅か3.0 voltの電場内にすでに5個存在するために単運動を起すが、まだ他の点においては単運動がみられない。この3.0 voltは上肢中枢の最低刺激値である。次に刺激を強くすると電場も拡大し、4.0 voltではA点は勿論、B点においても電場内に5個の Betz 氏細胞を有するので単運動がみられ、かくして次々に範囲が拡がって行くのである。次に4.5 voltではA点、B点においても○の Betz 氏細胞が5個以上存在するので上肢の単運動がみられるが、下肢中枢の中心部D点においては○の上肢起始細胞は5個に充たないが、●の下肢起始細胞は10個含まれるために漸く下肢の反応を示すに至る。また、C点においては、4.5 voltでは○は5個存するので上肢の反応は出るが、●は10個に充たないので下肢の反応はみられない。しかし、5.0 voltでは○●の何れもがそれぞれ5個、10個含まれるに至り、ともに反応し混合興奮野となつて現われるわけである。またさらにE点においては、6.0 voltでもその電場内に●の細胞を10個含まないので興奮しても反応がみられず、これに反してF点では4.0 voltにてもその電場内に○の細胞を5個含むので単運動を認めることができるのである。

以上の模式図でよくわかるように、同じ作

第 22 図



用をもつ中枢においてはその作用をもつ Betz 氏細胞の最も密な中心部が最も閾値が低く、疎なる周辺部は刺激閾値が高くなるものと考えられ、また混合興奮野は最初から一定の範囲に互つて存在するというものではなく、刺激閾値ではそれぞれ島嶼状に現われたものが刺激を強めるとともに拡大して遂に重なりあつてできたもので、上肢の中枢及び下肢の中枢の周辺部が重なりあい、それぞれ疎となりながら混在したものであるから、その刺激閾値が上肢、下肢のそれよりも高くなるのも当然であることがわかる。

このことは教室の森³²⁾、渡辺³⁴⁾等の皮質運動領刺激実験や、柳川³³⁾の皮質運動中枢交錯性配列の組織解剖学的研究からも容易に首肯されるところであり、また陣内教授⁴⁹⁾、森³²⁾により提唱された交感現象も混合興奮野があ

つてこそ初めて現われる現象といい得る。

また私の実験において、刺戟を強めて行くに従い混合興奮野が下肢領域及びその前方に向つて拡大して行き、上肢領域の方にはあまり広がらなかつたことに気付いた。この理由については2つの考え方がある。

第1には、混合興奮野における上肢中枢と下肢中枢の混合の割合に差があり、下肢領域内に上肢中枢細胞の混在率が多く、上肢領域内には下肢中枢細胞の混在率が少いことが考えられるが、第2には、下肢中枢よりも上肢中枢の方が敏感で、少数の細胞の興奮で反応を現わすということが関係していると思われる。

次に、生理学的運動領の範囲と組織解剖学的 Betz 氏細胞の分布域とを比較してみるに、下肢領域では電気刺戟的にみた生理学的運動領の範囲よりも Betz 氏細胞の分布域が少々広くなつている。これはたとえ Betz 氏細胞であつても刺戟閾値の高い下肢中枢では、その密度がよほど密でないとは反応せず、下肢の反応を得るにはまだ疎であるために電気刺戟に応じないものであろう。

また、上肢領域においては電気刺戟的にみた生理学的運動領の範囲が広く、Betz 氏細胞の分布域がこれよりも遙かに狭くなつているが、これは Betz 氏細胞のない部でも、25 μ 以下の大錐体細胞がいくつか集まつて興奮して反応を現わしたものと考えられ、とくに刺戟閾値の低い上肢中枢では密度はかなり疎であつても反応を起しうるものと解される。この最も顕著な例として、私の第1編における癲癇患者での刺戟検査で異所的に上肢の反応を認めた部分に Betz 氏細胞を全く認めなかつた事実を挙げる事ができる。

Vogt 夫妻の研究によれば、2次野、3次野における単運動は1次野を介して行われ、皮質内短綜合線維的連絡によるもので、これを切離すると単運動が起らないといつているが、この Betz 氏細胞のない部で反応が起つたのは果して1次野を介しての単運動であらうか。

Betz 氏細胞と大錐体細胞との間には移行型があり、私は大塚の方法に倣い、猿脳について皮質運動領第5層の神経細胞につき度数分布曲線をつくり、その結果より25 μ 以上の錐体細胞を Betz 氏細胞としたが、25 μ 以下の錐体細胞でも運動の起始に関与してよい筈であり、分野4、6以外からも錐体路線維が出ていることが平沢³⁵⁾、Schröder⁴¹⁾、Minkowski⁴²⁾、Levin and Bardford⁴³⁾等により認められており、また Lassek の計算もあげられているのであるから、Betz 氏細胞のない部でもこの大錐体細胞を錐体路起始細胞と考えることができよう。従つて上肢領域において25 μ 以上の Betz 氏細胞が存在しなくても、大錐体細胞の密度が上肢の刺戟閾値に達するだけ大であれば、その興奮により単運動が起り得るものとする。

また第3章第3節における実験で Betz 氏細胞のそれぞれの大きさに対する密度をしらべたが、35 μ 以上の Betz 氏細胞の密度の稠密な部は下肢の最低刺戟値(4.5 volt)で刺戟せる場合の下肢興奮野とほぼ一致し、また25~35 μ の Betz 氏細胞の最も稠密なる部は上肢の最低刺戟値(4.0 volt)で刺戟せる場合の定型的上肢興奮野にほぼ一致し、20~25 μ の大錐体細胞の密なる分布範囲は大体において有効刺戟値(6.0 volt)で刺戟せる生理学的運動領の範囲に一致することから、下肢の Betz 氏細胞は大体35 μ 以上、上肢の Betz 氏細胞は25~35 μ の大きさと考えられるが、20~25 μ の大錐体細胞でも密であれば電気刺戟により単運動を起し得るものと考えられる。

とくに大塚³⁷⁾は Betz 氏細胞の密度に関する研究において、その稠密な部ほど大型であると述べているが、私の成績でも下肢領域において密度が大で、大型のものが多く、上肢領域より下方顔面領域に向うほど密度が疎となり、小型となつている。また諸家の報告により分野4以外からも錐体路線維の出ていることは確実であり、Betz 氏細胞以外の大錐体細胞も自家遠心性線維を出して運動に関与

するものと思われる。また常識的に考えて錐体路起始細胞の大きさはその軸索突起の長さに比例するものと考えられ、軸索突起の長い下肢中枢の起始細胞は上肢のそれよりも大きいことは容易に想像されることである。

前述の如く、従来、一般には Betz 氏細胞の分布域が生理学的に単運動を起す領野であり、皮質運動領に一致すると考えられており、また解剖学的に Betz 氏細胞が錐体路の起始細胞とされており、あたかも Betz 氏細胞を刺激すれば必ず単運動が得られる如く解されており、電気刺激で単運動を起すのは細胞の大きさに関係するものの如く考えられていたが、私の研究により、細胞の大きさには無関係で、むしろその密度と敏感度によるものであることがわかった。

以上の結果から、各皮質運動中枢というものは同一の単運動を支配する多数の同種の細胞群よりなり、中心部に密に、周辺部に疎に集合しており、相重なる中枢細胞群が互に交錯性に入り交つて配列されており、電気刺激によつて得られる反応は、いかなる大型の細胞でも1個の細胞の興奮のみでは起らず、その電場内にいくつかの同種の細胞の存することが必要であることがわかる。

しかして、同一中枢内における刺激閾値の差は細胞の密度によると解されるが、異なつた中枢の閾値の差は敏感度すなわち単運動を起すに必要な細胞数の差によるもので、閾値の低い中枢ではより閾値の高い中枢よりも少数の細胞の興奮によつて単運動を起しうるものと思われる。

かくの如く考えれば、従来不明の点が多かつた皮質運動中枢の配列と機構とを明快に説明することができ、これまで抱いていた多くの疑問を解決することができると思ふ。

第5章 結 論

1) 猿脳においては、生理学的並に組織解剖学的運動領の範囲は一致せず、下肢領域においては生理学的運動領の範囲が組織解剖学的運動領にほぼ一致するか、或は僅かに Betz

氏細胞の分布域が広いのに反し、上肢領域においては常に生理学的運動領の範囲が組織解剖学的運動領より遙かに広い。

2) 最低刺激値においては、上肢及び下肢の各中枢はまず島嶼状に現われ、刺激の強さを増すに従いその範囲が拡大し、上、下肢中枢の範囲が重なり合つて混合興奮野となる。さらに刺激の強さを増し、有効刺激値に達すれば単運動を起す範囲が最大となる。これを生理学的運動領とした。

3) この刺激増強による混合野の拡大は主として下肢中枢側に向つて進行し、上肢中枢側には少ししか拡ろがらない。

4) 各中枢における最低刺激値は上肢中枢が最も低く、ついで下肢中枢で、混合興奮野では最も高い。

5) 同一中枢においても部位により刺激閾値が異なり、Betz 氏細胞の密なる中心部では最も刺激閾値が低く、周辺の疎となる部分ほど閾値が高い。

6) 35 μ 以上の Betz 氏細胞の稠密なる部は最低刺激値で興奮した下肢中枢の部位にほぼ一致し、25~35 μ の大きさの Betz 氏細胞の稠密なる部は最低刺激値で興奮した上肢中枢の部位にほぼ一致している。また 20~25 μ の大錐体細胞の稠密なる部は有効刺激値で興奮する範囲、すなわち生理学的運動領とほぼ一致している。

7) 各皮質運動中枢は同一反応を起す多数の同種の細胞群よりなり、中心部に密に、周辺部に疎に集合しており、相重なる中枢細胞群が互に交錯性に入り交つて配列されており、電気刺激によつて反応を起すのは、細胞の大きさに関係するのではなく、その密度と敏感度の組合せによるものであると考えられる。

8) 電気刺激によつて得られる反応は1個の細胞の興奮のみでは起らず、その電場内にいくつかの同種の細胞の存することが必要であり、同一中枢内における刺激閾値の差は細胞の密度によるが、異なつた中枢の刺激閾値の差は敏感度(反応を起すに必要な細胞数)の差によるものと思われる。

9) 以上に基づいて、電気刺激により単運動を起す機構を示すセーマを考案し、多くの疑問を明快に解明することができた。

(稿を終るに臨み御懇切なる御指導と御校閲を賜った恩師陣内教授に深く感謝す)

参 考 文 献

- 1) Fritsch u. Hitzig Arch. Anat. Physiol. u. Wiss. Med. 300 (1870)
- 2) Campbell: Histological studies on the localization of the cerebral function, Cambridge. (1905)
- 3) Fulton Brain 56, 353, (1935)
- 4) Bailey . 脳と神経, 2巻, 3号 (1950)
- 5) Robert Boyle . cited from Fulton's physiol. of the nervous system. 369 (1943)
- 6) Jackson . Clinical lectures of the London Hospital. 1, 84, 162 (1864)
- 7) Ferrier : Proc. Roy. Soc. London. 22 (1874)
- 8) Exner: Untersuchungen über die Lokalisation der Funktionen in der Grosshirnrinde des Menschen. (1881)
- 9) Beevor and Horsley : Philosophical transact. 185 (1894)
- 10) Sherrington u. Grünbaum Tr. Path. soc. London. 53, 127 (1902)
- 11) Cushing Brain 32 (1902)
- 12) Holmes and May Brain 32, 1 (1909)
- 13) Munk : Über die Funktionen der Grosshirnrinde (1890)
- 14) Vogt C. u. O. : Journ. f. Psych. u. Neurol. 25, 273 (1919)
- 15) Vogt C. u. O. . Journ. f. Psych. u. Neurol. (1923)
- 16) Foerster Deutsche Zeits. f. Nervenheilk. 94 (1926)
- 17) Woolsey Brain 56, 353 (1933)
- 18) Berlin 平沢興著大脳の最高中枢より引用.
- 19) Meynert . Der Bau der Grosshirnrinde u. seine örtlichen Verschiedenheit, nebst einen pathologischen anatomischen Corolarium. Leipzig. (1868)
- 20) Betz : Centralbl. f. d. med. Wiss. 37/38 (1874)
- 21) Hammarberg Stud. über Klinik u. Path. d. Idiotie, nebst Untersuchungen über d. normal Anatomie. (1895)
- 22) Brodmann : Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig. J. A. Barth. (1909)
- 23) Economo u. Koskinas . Cytoarchitektonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen. J. Springer (1925)
- 24) Dusser de Barenne and McCulloch : Arch. neurol. psych. 31 (1934)
- 25) Rothmann : Zeitschr. f. Klin. med. 44, 183 (1902)
- 26) Marshall Proc. soc. exper. biol. and med. 31, 68 (1933)
- 27) Sherrington and Grünbaum Tr. path. soc. London 53, 127 (1902) Sherrington . The integrative action of the nervous system. London. (1906)
- 28) Scarf . Arch. of neurology 44, 243 (1940)
- 29) 渡辺(政) : 新潟医学会雑誌, 61巻, 2号 (1947)
- 30) Penfield and Boldrey : Brain, 60, 389 (1937)
- 31) Ruch, Chang and Ward : Epilepsie, Chap. V. Baltimore (1947)
- 32) 森 : 岡山医学会雑誌, 63年別巻, 3号 (1951)
- 33) 柳川 . 岡山医学会雑誌, 63年別巻, 3号 (1951)
- 34) 渡辺(繁) : 岡山医学会雑誌, 64巻, 8号 (1952)
- 35) 平沢 . 皮質運動系に就て, 医学綜報, 2巻 (1948)
大脳の最高中枢, 日本医書出版社 (1950)
平沢, 小池上 : 大脳皮質における中枢問題, 山雅房 (1943) 脳と脊髄, 永井書房 (1949)
- 36) 森, 沼本 : 医学と生物学, 16巻, 5号 (1950)
- 37) 大塚 : 岡山医学会雑誌, 63年別巻, 3号 (1951)
- 38) 陣内 . 日本外科学会雑誌, 47回, 3~7号, 80頁 (1946)
- 39) Hitzig Arch. f. Anat. Physiol. u. Wiss. Med. 397 (1873)
- 40) Krause : Berliner Klin. Wochenschr., (1910)
- 41) Schröder . Monatschr. f. Psych. u. Neurol. 35, 1 (1914)
- 42) Minkowski . Arch. f. Neurol. u. Psych. 12 (1923)
- 43) Levin u. Bardford . Zentr. f. d. ges. Neu-

- rol. 90 (1938)
- 44) Lassek . J. comp. Neurol. 74, 77 (1942)
- 45) Fulton · The Journal of pharmacol. and exp. Therap. 11, 423 (1930)
- 46) Dusser de Barenne and McCulloch Arch. Neurol. psychiatr. 34 (1937)
- 47) Michailow : Arch. of ges. physiol. 133(1910)
- 48) Weed and Langworthy : Contribution to embryology. 87 (1926)
- 49) 陣内 : 脳と神経, 1巻, 2号 (1949)
陣内, 森 医学と生物学, 14巻, 4号 (1949)
日本生理学会雑誌, 12巻, 2~3号 (1950)

Physiological and histological study on the different extension
of the motor cortex of the brain

Part II. On the motor cortex of the monkey brain

By

Tomokatsu MICHINAKA

The same method of investigation as stated in part I was used on 4 cases of the monkey brain (*Macaca muletta*).

1) The extent of the center for the hind limb responded to electric stimulation was almost as same as or a little narrower than the extent with the Betz cells, while the extent of the center for the fore limb was much wider than the extent with the Betz cells.

2) The extent with motor response first appeared like islands at the threshold voltage, became larger as the voltage increased and then the extents for the upper and lower limbs became doubled, thus making the mixed area.

3) This enlargement of the mixed area by increased stimulation had a tendency to move towards the center for the lower limb.

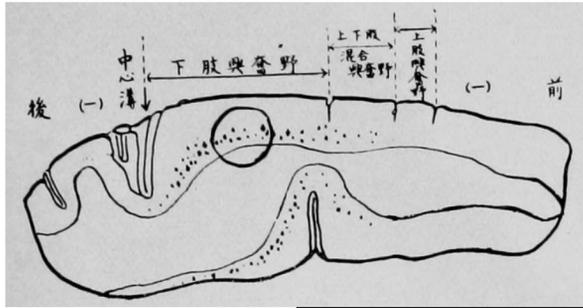
4) The threshold of stimulation was the lowest at the center for the upper limb, then at that for the lower limb, and the highest at the mixed area. And even in the same center, the threshold was lower at the central part with more Betz cells and higher at the peripheral part with less Betz cells.

* * * * *

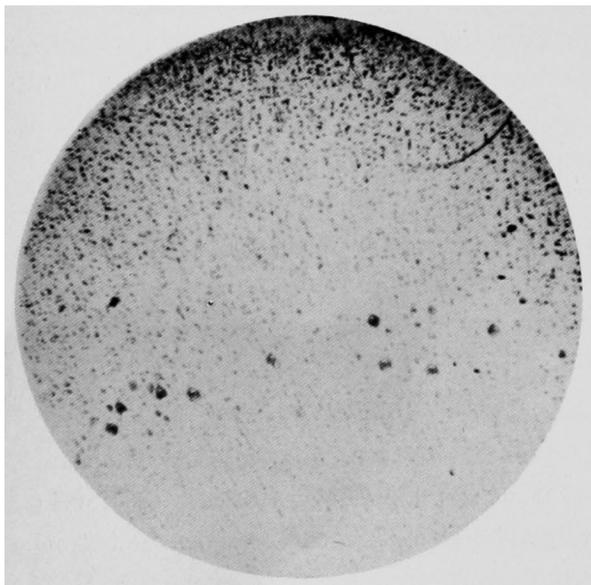
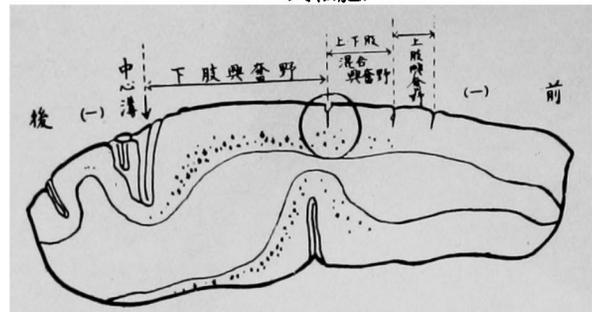
From these facts, it would appear that the extent of the motor cortex determined physiologically is not always the same as the extent of the distribution of the Betz cells, but is due to the density and sensitivity of the original nerve cells of the pyramidal tract, regardless of the size of the cells.

道 中 論 文 附 図

第1図 下肢領域における Betz 氏細胞.



第2図 下肢及び混合興奮野附近における Betz 氏細胞.

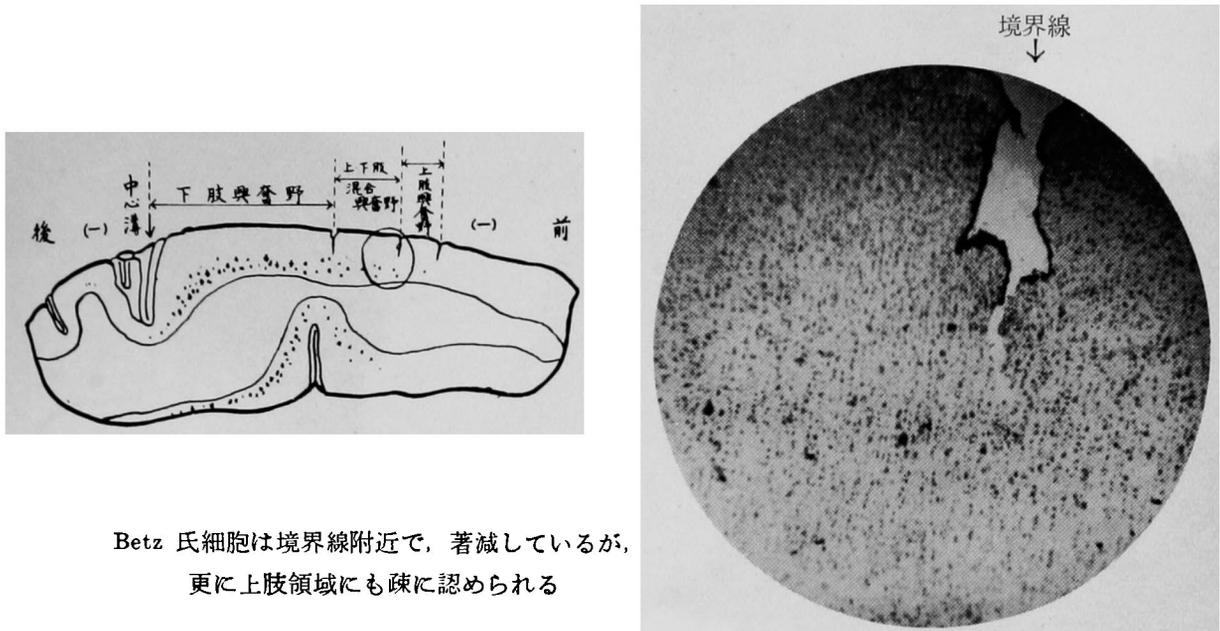


Betz 氏細胞は稠密に分布している.



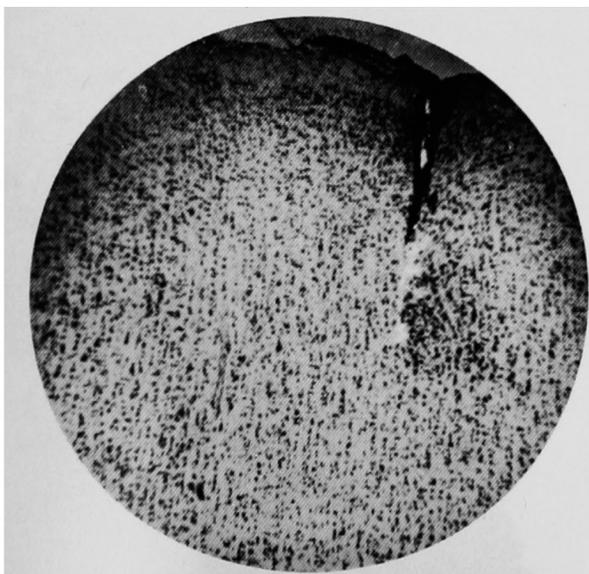
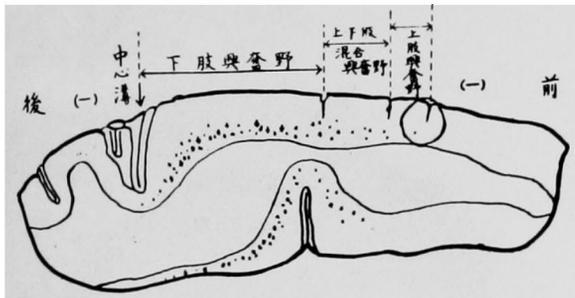
Betz 氏細胞はやゝ密に分布している.

第3図 混合興奮野及び上肢興奮野の境界附近における Betz 氏細胞.



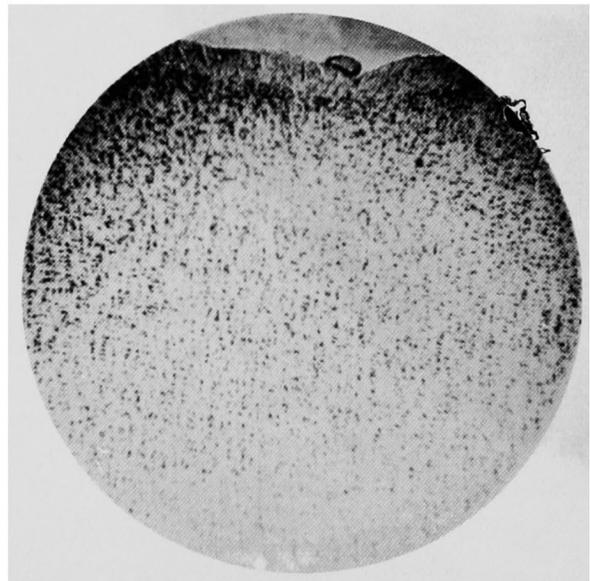
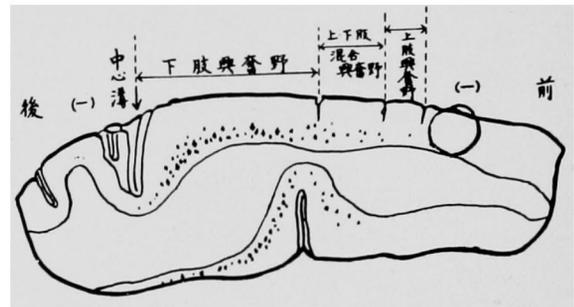
Betz 氏細胞は境界線附近で、著減しているが、更に上肢領域にも疎に認められる

第4図 上肢興奮野及び非興奮野の境界附近



Betz 氏細胞は小型となり、1個認めるのみ

第5図 非興奮野.



Betz 氏細胞は全くみられない.