

中樞神経系の筋運動司配に関する筋電圖的研究

第 1 編

皮質運動領電気刺戟に対する筋電圖の放電頻度に関する研究

(本研究は文部省科学研究費の補助による)

岡山大学医学部第一(陣内)外科教室(指導 陣内教授)

助手 沼本 満 夫

[昭和27年7月10日受稿]

第1章 緒言並に文献

嘗て Dusser de Barenne¹⁾は脊髓の刺戟に際しておこる筋働作電位の研究に於て「中枢神経系の支配下にある筋肉の活動電位は、運動神経を通つて筋肉に到る神経インパルスの真の映像である」と説いて居る。即ち骨格筋は収縮活動と言ふ立場から機能的に見れば、神経筋系(Neuromuscular System, 以下 NMS と略す)の effector である。この NMS は、中枢 NMS と末梢 NMS とに分けられる。末梢 NMS は所謂 Liddel and Sherrington²⁾による motor unit であつて、時実³⁾はこれを末梢神経筋単位と称して居る。中枢 NMS は錐体路系と錐体外路系とに區別され、これらは延髄及び脊髓に於て末梢 NMS と機能的に接合して居て、末梢 NMS の活動状況は中枢 NMS の活動によつて規定されて居るのである。

扱て、人体に於ける筋活動電位の研究は、Piper⁴⁾、ついで殆んど時を同じくして Buchanan⁵⁾に始まり、Adrian and Bronk⁶⁾によつて所謂同心円状針電極が發明されるに及び、単一の motor unit から活動電位をとり出すことが出来るようになって以来、急速の進歩を遂げ、これが臨床への応用も最近著しく盛んになつてきた。

さて、すべて活動電位を問題とする場合、常にその解釈の手がかりとなるのはその周期即ち振動数と、振幅即ち電圧とである。既に Piper は最大随意収縮時には比較的規則正し

い波形を呈する50サイクル程度の活動電位が現われることを記載して居る(所謂 Piper-Rhythm)が、その後この振動数に関しては種々の説があつて、Wachholder⁷⁾は最高180と言ひ、Hoefler and Putnam⁸⁾は最高300に達すると言つて居る。これらは何れも表面電極或ひは単純な針電極2本を用ひて筋全体から誘導した活動電位に就いての研究であるが、同心円状針電極を用ひた motor unit activity の研究に於ては、そのスパイク頻度について、Rijlant⁹⁾は2種類のを挙げて居る。即ち収縮に対応する大きいスパイクは毎秒約40回であり、緊張に対応する小さいスパイクは毎秒15回であり、前者は軽い睡眠による筋力の減退によつて消失し、後者は深い睡眠により筋の緊張がとれると消失することを述べて居る。これに対して Smith¹⁰⁾は毎秒5~7回のもものと19~20回のもものを挙げて居る。又 Hoefler and Putnam⁸⁾は6~60回の範囲にあることを述べて居る。更に最近、時実³⁾は多くの実験結果より、人体の随意収縮時の筋電圖には、最高固有放電頻度に二通りのものが區別されることを述べ、毎秒50回のもものと20回のもものを挙げて居る。そして更にこれを骨格筋の解剖及び機能と結びつけて、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へられる神経筋単位(以下 NMU と称す)を Kinetic (Phasic) NMU と称し、赤筋の主な構成要素であつて postural adjustment の機能的主体をなすと考へら

れる NMU を Tonic NMU と称している。前者は大なる運動神経細胞により支配され、神経繊維は太く、構成する筋繊維数も多く、振幅が大で、最高放電頻度が毎秒50、後者は小なる運動神経細胞により支配され、神経繊維は細く、これを構成する筋繊維数は少く、振幅は小で、最高放電頻度は毎秒20であると述べている。そして色々な臨床実験より中枢 NMS の内、錐体路は主として Kinetic NMU と密接に関連し、その他の遠心性伝導路を包含した錐体外路は主として tonic NMU と密接関連していると述べて居る。更に田崎¹¹⁾は、鼯の末梢運動神経繊維には伝導速度を異にする、速と遅との二繊維があることを発見し、また上野¹²⁾は哺乳動物に於いて同様の研究をなし、更に岡本¹³⁾は、その中枢よりの支配関係について研究している。

以上の如き事実より考えて私は、此の末梢に於ける二種の NMU と中枢 NMS との間には、必ずや生理学的に密接な支配関係の存在することを確信し、種々の頻度で錐体路及び錐体外路の両系を含むとされている皮質運動領を電氣的に刺戟して、末梢の随意筋より活動電位を誘導し、刺戟頻度とスパイク放電の頻度との関係を追求することにより、この中枢 NMS と末梢 NMU との間に一定の支配関係がありはしないか、即ち、これを知ることにより錐体路、錐体外路による活動電位を分離区別することが出来はしないかと考えて本研究を企てた次第である。

従来、皮質運動領を電気刺戟して、これに反応する筋より活動電位を誘導記録した報告は殆んど見られない。これは主として技術上の難点に基くものであつて、刺戟電流が活動電位に混入するのを避けられなかつたためであらう。唯僅かに末梢運動神経又は知覚神経¹⁴⁾を電気刺戟して筋活動電位を記録した研究は見られるが、大体規則的な活動電位が認められるのは毎秒300回位迄の刺戟である。

第2章 実験装置

第1節 刺 戟

第1項 刺戟装置

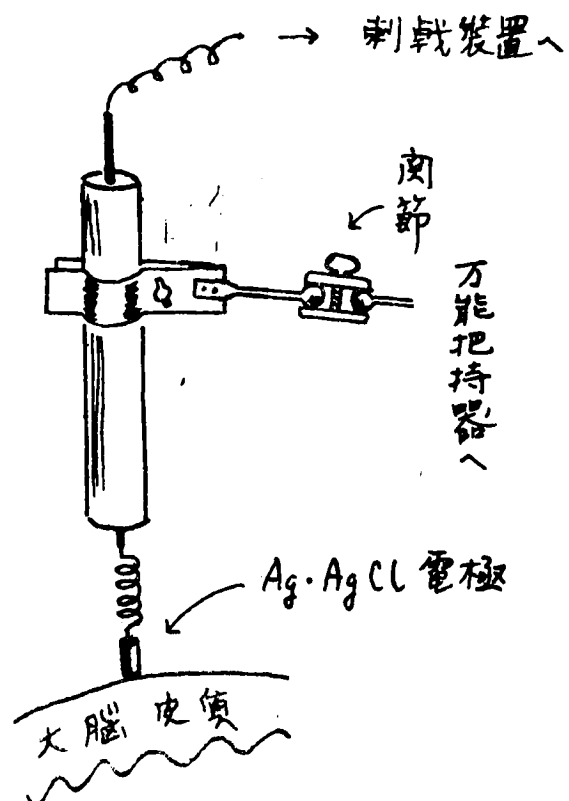
大脳生理学に最近好んで用ひられる刺戟装置はサイラトロン¹⁵⁾の発振による衝撃波発振器である。これは波形の正確なこと、頻度及び電圧を任意、且容易に調節出来、しかも分極現象を起し難いと言う利点があるためである。私は教室の森¹⁵⁾と共同で Rahm and Scarff¹⁶⁾の考案による装置を改良したサイラトロン衝撃波発振装置を用ひた。尚交流の誘導を避けるために電源はすべて蓄電池より供給し、更に刺戟電圧を遮蔽するために、刺戟装置、刺戟開閉器、電源電池等を接地した遮蔽箱内に絶縁して入れた。

刺戟の頻度は、毎秒1回より最高110回であり、刺戟電圧は、刺戟の都度陰極線オシログラフに入れて尖頭値を実測した。

第2項 刺戟電極

刺戟電極は直径約2mmのAg-AgCl電極で、これを弱い弾性をもつゼンマイの先端に附着せしめ、更にこれに硝子の柄をつけたものを万能支持器によつて把持し、軽く皮質にあてた。(第1図)

第 1 図



第2節 筋電図の記録

第1項 誘導電極

同心円状針電極を用いたが、私の研究ではその目的上唯一つの motor unit の電位のみを目標とするのではなく、kinetic NMU と tonic NMU の二種の活動電位を同時に誘導せしめることが必要であるので、或程度大なる電極を必要とする。従つて $\frac{1}{8}$ 皮下針内に封入した中心の電極は直径約 100μ のエナメル銅線を用ひ、その製法は時実³⁾の醋酸アミルセルロイドによる絶縁方法に依つた。尙刺戟電流の混入を除去するために用ひる後述のアンテナ電極には普通の $\frac{1}{8}$ 皮下針をその儘用ひた。

電極の刺入部位は、皮質刺戟に対して反応する四肢の骨骼筋であるが、実際収縮して居ると思はれる個処でも、電極を挿入して見ると往々にして放電を証明しえない場合があるので、かゝる場合には皮膚を切開し、筋を露出してこれに刺入し、確実に皮質刺戟に対する反応を表わす部位を選定した。

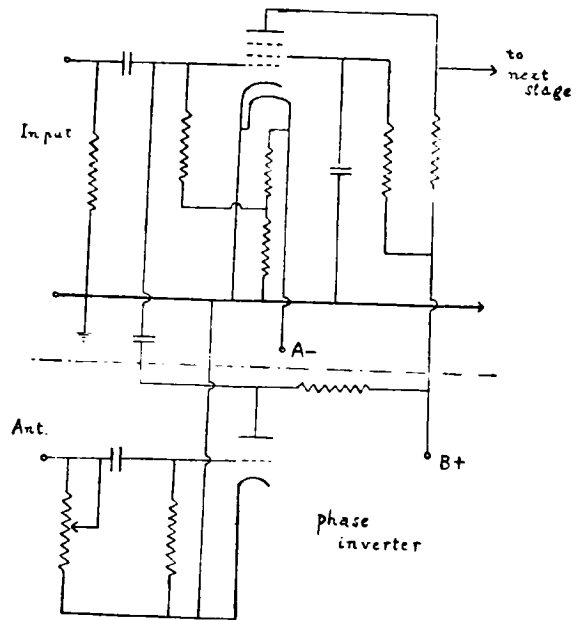
第2項 増幅器

すべて電気刺戟に対する反応としての活動電位を誘導する場合、常に問題となるのは、刺戟電流の混入であるが、これには径路として二つのものがあり、一つは滑走であり他は誘導（静電的並に電磁的）である。本実験に於ては、大脳皮質と四肢の筋との間では、相当距離があるので滑走は問題とならないが、逆に誘導による刺戟電圧の混入が非常に影響して来る。これを避けるためには Adrian and Olmsted¹⁴⁾ がのべたように、感應コイルを空芯にすれば電磁的の誘導は避けられるが、このようなコイルは末梢神経の刺戟には十分であるが、皮質運動領を刺戟して四肢の運動を起さしめるためには不十分である。従つて出力変圧器として鉄芯入でしかも、出力回路の関係上一次側のインピーダンスの相当高いものを用ひねばならぬので、電磁的並に静電的誘導をおこすことは必至である。故に何等かの方法でこれを除去しなければならない。

私は此のために、特に増幅器の初段に位相

反転の回路を別に附加し、アンテナ電極から入つた誘導をこの回路を通じて逆位相に印加することによつて誘導を打消すことが出来た。(第2図)。尙増幅器の時定数は0.02秒で、利得は約90dbであつた。

第2図



第3項 記録装置

横河製3要素電磁オッシュログラフを用ひ、振動子はA型を使用した。印画紙の送り速度は、毎秒10~20cmであつた。

第3章 正常時における皮質運動領電気刺戟に対する四肢筋の放電頻度に関する研究

第1節 実験方法

実験動物には体重8~12kgの成犬11頭を用ひた。麻酔には Fulton¹⁷⁾等によつて提唱され、最近運動領の刺戟実験に際して Ward¹⁸⁾等により推奨されて居る所の Dial (アロパルピタール) を用ひた。Fulton等は Dial は出血が少くて、脳浮腫や Diaschisis がおこり難く、しかも運動領及び運動関係の反射機能が犯されない等の利点を挙げ、Ward等は、Dialは皮質内の multineuronal の関連を抑制して Betz 氏細胞をして電気刺戟に対して反応し易くすると言つて居る。用法及び用量は、10%溶液にして、体重毎 0.45c.c. を、実験の約

30分前に腹腔内に注入して静かな暗い場所に
放置し深麻酔の状態に陥らしめた。

動物の固定は、四脚を有する実験台上に腹
位に固定し、頭部は上顎と下顎とを一緒に横
木に緊縛することによつて固定し、四肢は下
方に垂らして、紐で下方に向ひ牽引固定した。
手術方法としては、頭頂部皮膚に正中切開を

行ひ頭部諸筋を骨膜と共に下方に向つて剝離
し、次で前頭骨の後部 $\frac{2}{8}$ 、頭頂骨の一部、側
頭骨の一部及び楔状骨の一部を Luer 氏鉗子
を以て切除した。次で脳硬膜を切開し、皮質
運動領たる前、後S字状回を露出した。

第2節 実験成績

11頭の実験例を一括表示すれば第1表の如

第1表 各刺戟頻度に対する筋電図の放電頻度 (正常時)

実験例	刺戟頻度 実験年月日	刺戟頻度					
		2~7	11~15	20	40	60	100~110
No. 33	1951. 12. 11	同頻度		20	40	不規則	不規則(47)
No. 34	1951. 9. 10	同頻度	同頻度	20	40		不規則
No. 35	1951. 9. 19	同頻度	同頻度	20	40	不規則(60)	不規則(54)
No. 36	1951. 12. 4	同頻度		20	40	不規則(60)	不規則(36)
No. 37	1951. 12. 8	同頻度		20	40	不規則(60)	不規則(52)
No. 38	1951. 12. 20	同頻度	同頻度	20	40		不規則(25)
No. 39	1951. 12. 13	同頻度		20	40		不規則(32)
No. 40	1951. 12. 17	同頻度	同頻度	20	40	不規則(60)	不規則(28)
No. 41	1951. 12. 17	同頻度	同頻度	20	40	不規則	不規則(47)
No. 45	1952. 1. 10	同頻度	同頻度	20	40		不規則(30)
No. 49	1951. 1. 19	同頻度		20	40	不規則	不規則

(註) 括弧内はやゝ規則的と思はれる処より計測した値

第 3 図

くである。その中の2例のみについて記述す
ることとする。

第1例 No. 37, 10kg, 1951. 12. 11.

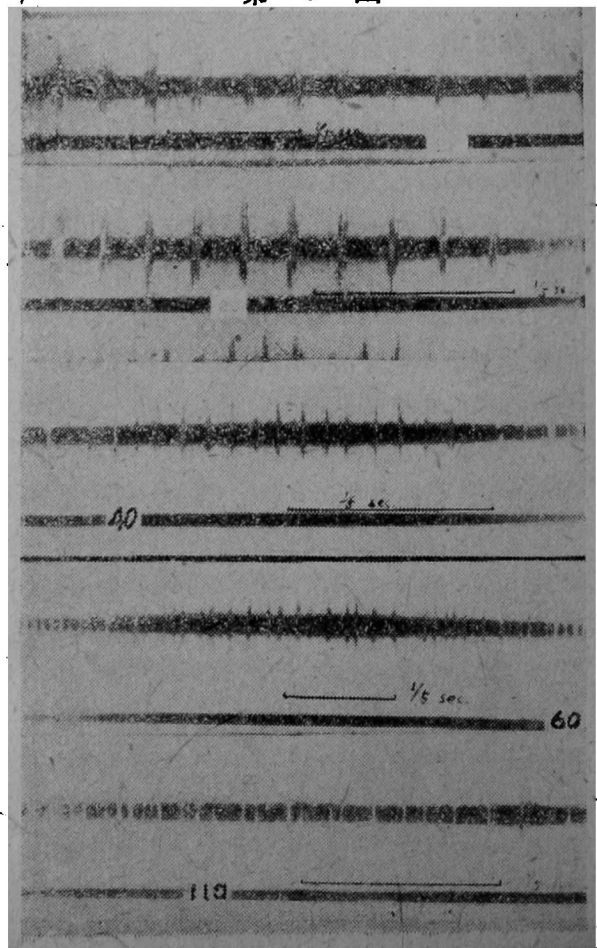
右側を開頭して皮質運動領を露出し、先づ
1秒1回の刺戟を加へるに、前肢の足根関節
に於ける背屈運動を最も著明に認めたので、
同心円状針電極を、M. extensor carpi radialis
に刺入した。刺戟電圧は10V、刺戟頻度は毎
秒5, 12, 20, 40, 60, 110回とした。

筋電図 (第3図)

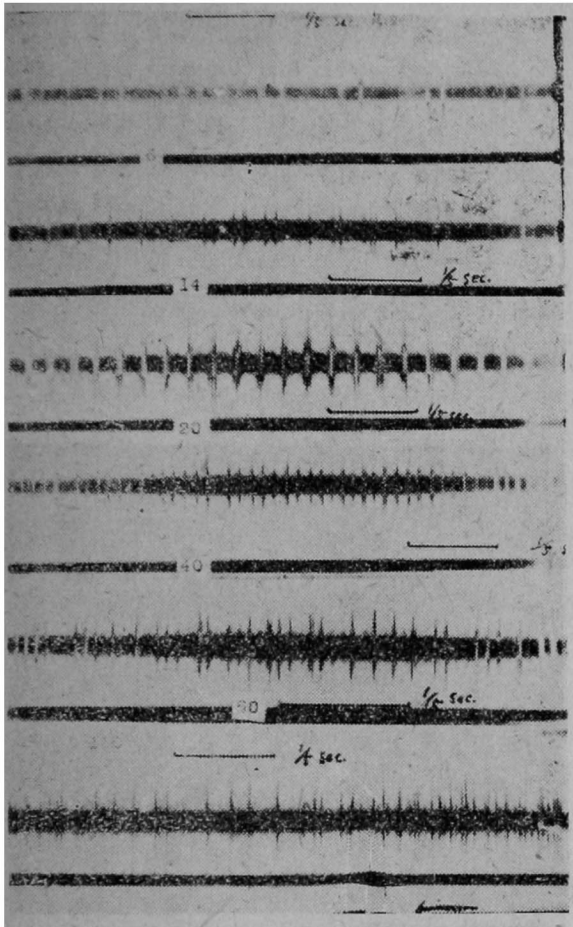
毎秒5, 12, 20, 40回の刺戟では、刺戟頻
度に対応した規則的なスパイク放電を認める
が、60, 110回の刺戟では反応の脱落が認め
られ且スパイク放電の間隔は不規則となる。

第2例 No. 40, 11kg, 1951. 12. 17.

右側を開頭、皮質運動領を露出して刺戟す
ると、後肢足関節の背屈運動が著明に認めら
れるので、電極は M. tibialis anterior に刺入
した。刺戟電圧は8~11V、刺戟頻度は毎秒
6, 14, 20, 40, 60, 110回とした。



第 4 図



筋電図 (第 4 図)

毎秒 6, 14, 20, 40 回の刺戟に対しては、スパイク放電は刺戟に対応して規則正しく出現するが、60, 110 回の刺戟では反応の脱落があり、放電間隔は不規則である。

附、人体に於ける成績

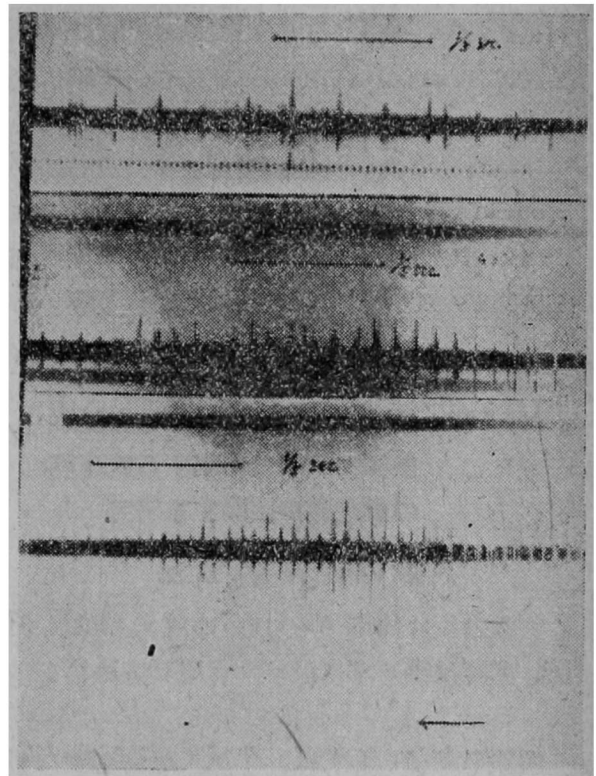
真性癲癇患者の開頭に際して皮質運動領分野 4 の拇指屈曲運動の中枢に刺戟電極を置き同様の方法で刺戟を行つて、長拇屈筋より働作電位を誘導記録した。

刺戟電圧は 7V. 刺戟頻度は毎秒 17, 40 及び 60 回である。その筋電図は第 5 図に示す如く 60 回の刺戟に於ても刺戟に対応した規則正しい放電を認めた。尙 60 回以上の頻度で刺戟してみたが、全身痙攣を惹起するので筋電図をとることが出来なかつた。

第 3 節 小括並に小按

1. 皮質運動領を略々閾値の電圧によつて、毎秒 2 乃至 110 回の頻度で刺戟し、之に反応する四肢骨節筋の運動の筋働作電位を誘導記

第 5 図



録した。刺戟の pulse に全く一致した規則的なスパイク放電を見るのは、犬に於ては毎秒 40 回の刺戟までであり、やゝ規則的と考へられるものを加へれば毎秒 60 回の刺戟までであり、人体に於ては毎秒 60 回までは規則的である。

2. 各刺戟頻度に於ける筋働作電位の振幅について精細に観察すると、犬に於ては最も規則正しく且振幅の大なのは、毎秒 20 回の刺戟の場合である。

本実験に於て見られた四肢の運動は、皮質運動領分野 4 を電氣的に刺戟することによつておこる Vogt¹⁹⁾ 夫妻の所謂強縮対単運動 Spezialbewegungen であることは疑ひもない。平沢²⁰⁾ は皮質の焼灼実験により分野 4 は錐体路のみでなく錐体外路をも出して居ることを証明しており、皮質運動領が錐体路及び錐体外路両系を出していることは今日誰もが信じている事実である。よつて皮質運動領分野 4 の電気刺戟に対する四肢の運動には錐体路及び錐体外路の両系が関與して居ると考へて良いであらう。

さて筋電図に於て刺戟頻度 20 回の刺戟で

最も振幅が大きく表れることは、synchronizationの結果と考へられ、中枢に於ては錐体路と錐体外路の両系が同時に反応し、末梢に於ても亦、二つの motor unit が同時に働いて居るためと考へれば説明がつく。そして40回の刺戟では却つて振幅が小さくなることは、既に一方の motor unit がかゝる高頻度の刺戟に反応しなくなつたと考へれば理解し易いと思ふ。

第4章 錐体路切断時に於ける皮質運動領電気刺戟に対する四肢筋の放電頻度に関する研究

第1節 実験方法

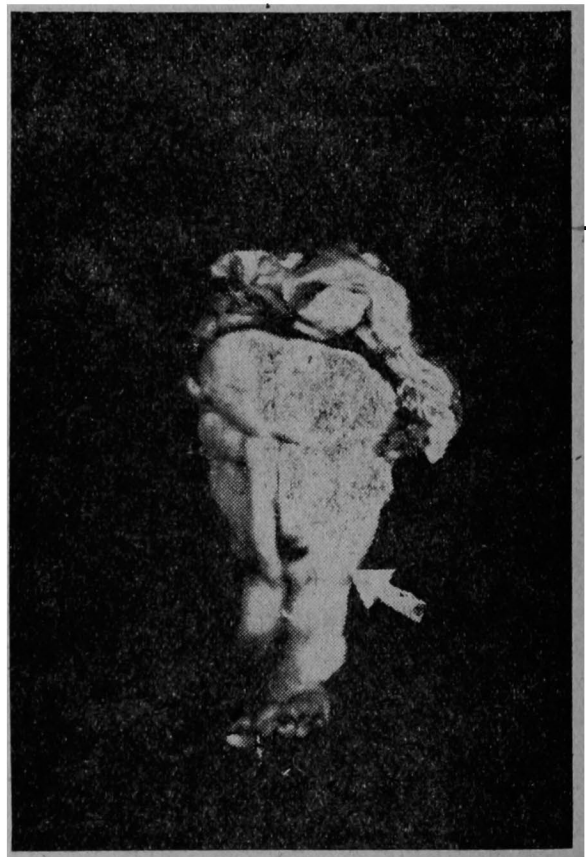
実験動物は体重 6~11kg の成犬 12 頭を用ひ、麻酔は第3章に述べたと同じ方法によつた。

実験の順序としては、すべて急性実験なので、時間の浪費をさけ、動物の安全を保つために、先づ腹位で頭蓋を開き、硬膜は開かずその儘一時、創を簡単に鉗子で閉ぢ、直ちに背位に固定し、後述の方法によつて錐体を切断した後、再び腹位に戻して硬膜を開き、第3章の実験と同様に運動領を刺戟して、筋動作電位を誘導記録した。

錐体切断の方法¹⁾は、項部に枕を入れて、頸部を十分伸展した姿勢にし、前頸部に於て、披裂軟骨を中心として正中線上に約 10cm の縦切開を加へ、喉頭を右側に、食道を左側に排し、要すれば気管切開を行つた後、深部に向つて剝離を進め、両側の *M. longus capitis* の間に入り、後頭骨の *Foramen occipitalis magnum* に達する。これは指頭で探れば、容易に頂点を上方に向けた二等辺三角形として触れうるのでこれを目標にする。これより後頭骨の骨膜を上方に向ひ約 1.5cm に亘り剝離し *Foramen occipitalis magnum* の辺縁より約 5mm 上方で直径 7mm のドリルを用ひて穿孔し硬膜に達する。この時が最も重要であつてあまり下方で辺縁に近い所を穿つと硬膜洞より出血する危険がある。硬膜は非常に薄くて脳底の血管が透見し得られることが多い

ので、これを避けつゝ小さなメスを用ひて切開するがこの時血管を損傷すると、止血は殆ど不可能である。かくして延髄の腹側面が露出されると錐体が表れるのでこれを幅 2.5mm の小さなメスで深さ約 3mm に切断すれば、Rothmann²⁾ の実験結果により、大体錐体路は全部離断されることになる。尙実験終了後はすべて延髄を剔出して切断部位を確めた。(第6図)

第 6 図



第2節 実験成績

12頭の実験例を一括表示すれば第2表の如くである。即ち全例をその成績に従ひ、第1型、第2型、第3型の三群に分つことが出来る。

第1型：毎秒 20 回迄の刺戟頻度では各個の刺戟に対応した規則的な反応を示し、毎秒 40 回の刺戟では、その半数の毎秒 20 回のやゝ規則的な放電を認めるもの。

第2型：毎秒 20 回迄の刺戟頻度では各個の刺戟に対応した規則的な反応を示すが、それ以上では反応が不規則となるもの、

第2表 各刺戟頻度に対する筋電図の放電頻度 (錐体切断時)

実験例	刺戟頻度		12~17	20	40	80	100~110	分類
	実験年月日							
No. 42	1951. 12. 26		同頻度	20	不規則(20)	不規則	不規則	I
No. 43	1951. 12. 28		同頻度	20	不規則	不規則	不規則	I
No. 44	1952. 1. 8		同頻度	20	不規則	不規則(27)	不規則	I
No. 46	1952. 1. 12		なし	なし	なし	なし	なし	
No. 47	1952. 1. 12		なし	なし	なし	なし	なし	
No. 48	1952. 1. 17		12対4.5	10	10	10	10	II
No. 49	1952. 1. 19		同頻度	20	不規則(20)	不規則	不規則	I
No. 50	1952. 1. 25		同頻度	20	不規則	不規則(34)	不規則	I
No. 51	1952. 2. 2		なし	なし	なし	なし	なし	
No. 62	1952. 8. 27		同頻度	20	不規則(20)	不規則	不規則	I
No. 63	1952. 3. 31		同頻度	20	不規則(20)	不規則	不規則	I
No. 64	1952. 3. 31		12対4	8.5	8.5	8.5	8.5	II

(註) 括弧内はやゝ規則的と思はれる所より計測した値

第3型 : 如何なる頻度の刺戟にても每秒10回以内の規則的な放電を示すもの。以上の各型の代表的なものを一つ宛示せば次の如くである。

第1型 No.63, 10.5kg, 1952.3.31.

左側を開頭し直ちに背位にして左側錐体切断後、腹位に戻し、左側皮質運動領を露出して刺戟を行ひ、右側後肢の M. vastus externus より筋電図を誘導した。刺戟頻度は每秒 12, 20, 40, 80, 100 回、刺戟電圧は 7~11V とした。

筋電図 (第7図)

每秒 12, 20 回の刺戟では、刺戟に一致した規則正しい放電を認める。40回の刺戟では筋電図の放電頻度は1刺戟おき、又は所によつては2乃至3刺戟おきであつて、大体每秒20回の頻度である。100回の刺戟では全く不規則である。

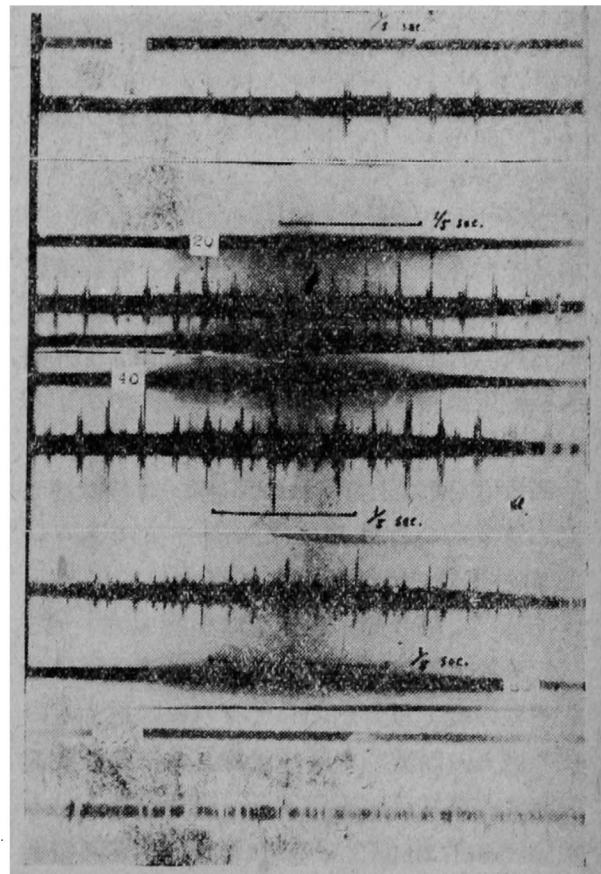
第2型 No.50, 9.5kg, 1952.1.25.

左側を開頭し、次で左側錐体切断後、左側皮質運動領を露出し電気刺戟を行ひ、右側後肢の M. vastus externus より筋電図を誘導した。刺戟頻度は每秒 17, 20, 40, 80, 110 回、刺戟電圧は 8~12.5V とした。

筋電図 (第8図)

每秒 17, 20 回の刺戟では筋電図の放電頻度もそれに一致して規則的であるが、40回の

第7図

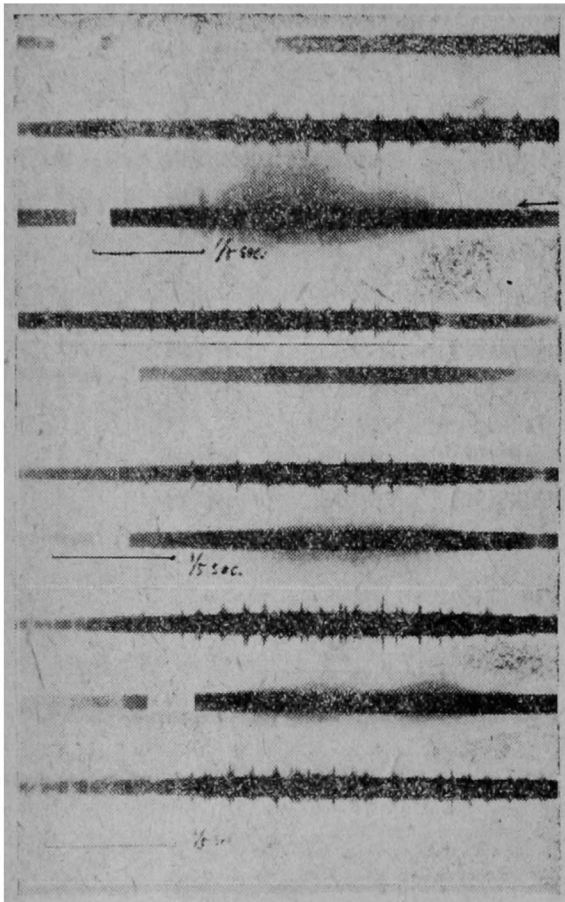


刺戟では不規則になり、最も放電間隔の短い所でも約 1/80 秒である。80 回、110 回の刺戟では非常に不規則になり比較的規則的と見られる処をとつて見ても最低 1/34 秒である。

第3型 No.48, 11kg, 1952.1.17.

左側を開頭し、次で左側錐体切断後、左側

第 8 図



運動領を露出して電気刺激を行ひ、右側前肢の *M. extensor carpi radialis* に電極を刺入した。刺激頻度は毎秒 12, 20, 40, 80, 110 回、刺激電圧は 5~6V とした。

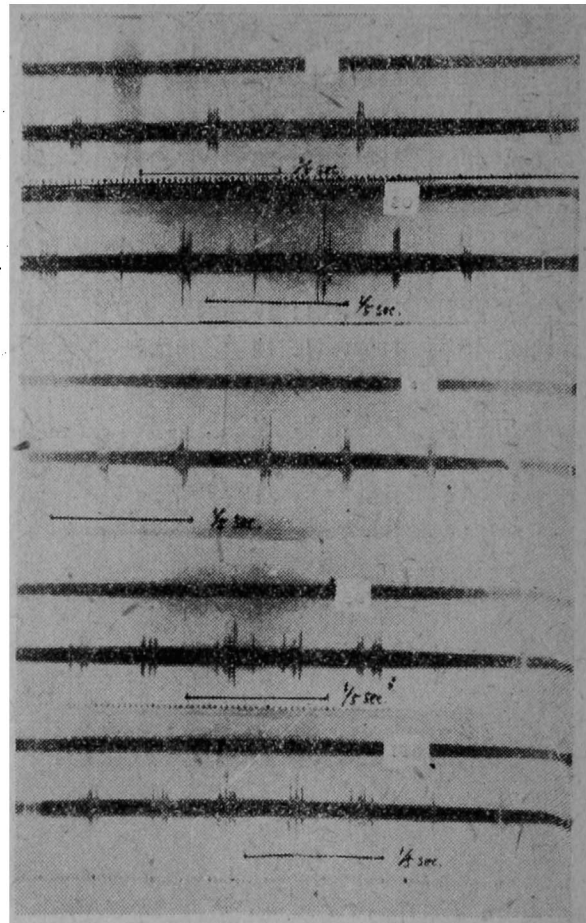
筋電図 (第 9 図)

毎秒 20 回以上の何れの頻度の刺激に於ても、筋電図の放電頻度は毎秒 10 回であり、12 回の刺激では毎秒約 4.5 回である。

第 3 節 小括並に小按

犬に於て錐体破壊後、皮質運動領分野 4 を各種の頻度で電気刺激してそれに反応する四肢の筋より筋電図を誘導記録した。その放電頻度について計測を行ふと、定型的なる第 1 型では毎秒 20 回までの刺激では筋電図の放電頻度もそれに対応して 20 回までであるが、毎秒 40 回の刺激では大体一つおきに放電が欠落して、ほぼ 20 回の放電頻度を示し、規則的な放電としては 20 回以上になることはないことを認めた。次に多い第 2 型に於ては毎秒 20 回までの放電頻度では各個の刺激に対応した規則的な反応を示すが、それ以上

第 9 図



の刺激頻度となると反応が全く不規則となる。この場合不規則乍ら、その中でやゝ規則的に見える放電のみを拾つて計測して見ても、その放電頻度は毎秒最高 34 回に達するまでであることを認めた。第 3 型ほどく例外的なものであつて、之は刺激頻度の如何を問はず常に毎秒 10 回以内の規則的な放電を示したものである。

以上の実験成績から見て、規則的な放電がみられる点に於て第 1 型が最も典型的なものと考へられる。

錐体路の完全な切断²³⁾は、錐体の破壊によつて望み得ることは前にも述べたが、かくして錐体を破壊した後、皮質運動領を電気刺激した場合、反応としての四肢の運動が見られないと言ふ者 (Schiff) と、なお運動がみられると言ふ者 (Dupy, Starlinger) との二通の報告がある²³⁾。私の 12 例の錐体破壊実験に於ても、破壊後皮質運動領の電気刺激に反応しなかつたものが 3 例あり、これは Monakow の所謂、*Diaschisis* の現象によるものである

う。またこれは個体の差又は麻酔の方法によつても異なるものと考へられ、この点を考慮して Fulton 等の推奨した Dial を用ひたのである。

尙最近、林²⁴⁾は犬に於て錐体破壊後、皮質運動領を電気刺戟しておこる四肢の運動を、対単運動に似た所の対継運動であると言ひ、これは錐体外路系の運動であると述べている。

以上の事実を前章の正常時に於ける成績と比較考察してみるに正常時に於ては毎秒20回までの刺戟頻度に於て振幅も大であり且規則的であり、40回以上となるとなお規則的ではあるが振幅が小となり60回までの刺戟頻度にはどうか対応する放電を認めるが、錐体路を切断すると毎秒40回の刺戟頻度でも規則的な放電は毎秒20回までとなる興味ある成績を得た。この事実から考へるに毎秒20回迄放電頻度は錐体外路のものであり、それ以上の放電頻度は錐体路のものであるといつて良いのではないかと思はれる。

第5章 總括並に考按

犬に於て皮質運動領を各種の頻度で電気刺戟して、それに対応する四肢の随意筋より同心円状針電極を以て、数個の motor unit より筋電図を誘導記録した。この種の実験は従来の文献上に見られなかつたもので、それは刺戟電流の誘導が増幅器を介して筋電図に混入するために困難視されたため行はれなかつたのであると思はれるが、私は増幅器の初段に位相反転回路を附加することによりこれを除去することに成功した。

錐体路、錐体外路ともに傷害のない正常動物に於ては、筋電図の放電頻度が規則的で、個々の刺戟に対応して反応しうるのは、毎秒40回の刺戟までであつて、これより高い頻度で刺戟を加へても、比較的規則的な放電の認められるのは、せいぜい最高60回までである。尙振幅の最も大きく且規則性の最も正しいのは毎秒20回の刺戟の時であつて、これは時実により提唱された二つの末梢 NMU 即ち tonic NMU と kinetic NMU とが同時

に同期的に働いて居るためと考へられる。

皮質運動領分野4は、従来錐体路の起始をなすことのみ強調されて居たが、最近平沢²⁰⁾により錐体外路の起始も同時に存することが証明せられ、又 Hering²⁵⁾及び Rothmann²⁶⁾の延髄錐体の切断実験でも明なように、皮質運動領の電気刺戟によつておこる対単運動には錐体路のみならず、錐体外路たる赤核脊髓路も関與して居ることより考へて中枢に於ける NMS たる錐体路と錐体外路が、電気刺戟に対して、同時に同期的に働いて居ることは明である。

次に錐体路を完全に切断する目的で、延髄の錐体を破壊した後、皮質運動領を刺戟して同様に末梢より筋電図を誘導記録すると、筋電図の放電は最早毎秒40回以上のものは見られなくなり、規則的な放電は、刺戟頻度が毎秒40回でも放電の方の頻度は毎秒20回であり、刺戟頻度がこれより高くなると放電の方は不規則になり、やゝ規則的な所をとつて見ても毎秒34回以上にならない。

これらのことから考へて Rijlant⁹⁾の記載した毎秒15回位の頻度を有する所謂 Ondes toniques 又最近、時実³⁾の言ふ所の毎秒最高20回の放電頻度を有する tonic NMU なるものは錐体外路の支配を受けるものであり、これに対して、Rijlant の、収縮に対応する毎秒40回位の頻度の波、或は時実の毎秒最高50回の放電頻度を有する kinetic NMU なるものは錐体路の支配を受けるものと言ふことが出来る。

従来既に、筋繊維には赤筋繊維と白筋繊維との二種があることが知られ且 Ranvier^{28,29)}等が示した如く、同じ動物でも赤筋は白筋に比して攣縮の経過が長いことが知られて居る。又田崎¹¹⁾により、蓋の脊髓神経の中にある10乃至15 μ の太い運動神経繊維と、4乃至5 μ の細い繊維とが分離して刺戟されるようになり、太いものは速い収縮をおこし、細いものは単一電気刺戟には、反応せず、毎秒10回以上の刺戟に反応して遅い収縮をおこすことが認められた。一方犬に於ても上野¹²⁾により、

二種の太さの運動神経繊維が明にされた。更に犬について林研究室¹³⁾に於てその各々の繊維より動作電流を記録した結果、太い神経繊維は錐体外路系の運動現象である皮質性癱瘓攣及び皮質性歩行様運動に際して動作電流を示すが、やはり錐体外路系の現象である去脳強直では少しも動作電流を示さなかつた、これに反して細い神経繊維は皮質性癱瘓攣にも皮質性歩行様運動にも持前の動作電流を示し、又去脳強直の場合にも細かい多数の動作電流を示した。これらの事実から細い神経繊維は錐体外路の支配を受け、太い神経繊維は、錐体路、錐体外路の両系より支配を受けるが、発生学的には、後になつて太い方の繊維に錐体路の支配が及ぶものであろうとの考を述べて居る。

又一方筋電図に於ては、時実³⁾は多数の臨床的筋電図の検討を行ひ、ことに不随意運動症及び筋強剛の筋電図の研究より、末梢 NMS である kinetic 及び tonic NMU と中枢 NMS である錐体路系と錐体外路系との関係について次のように述べて居る。即ち、中枢 NMS たる錐体路系は主として kinetic NMU と密接に関連し、その他の遠心性伝導路を包含した錐体外路系は主として tonic NMU と密接関連して居ると考へることによつて、従来混沌としていた随意運動、不随意運動の発現機構、或は、筋緊張の本態、或は各種神経疾患に伴ふ諸症状の機序等の臨床的に重要な問題の研究に対して有力な基盤を提供するとともに多くの示唆を与えるものと信ずると述べて居る。

以上の事柄と本研究の結果とを考へ合せるとき、kinetic NMU は主として錐体路系に

tonic NMU は主として錐体外路系に支配されて居ると言ふことが出来よう。

第6章 結 論

犬に於て大脳皮質運動領を種々な頻度で電気刺戟して、その際おこる四肢の運動の筋電図を誘導記録し、刺戟頻度に対する筋電図放電頻度の周波数特性とも言ふべきものを求め、併せて、その特性が錐体路の切断により如何に変化するかを観察し、これによつて所謂、kinetic NMU と tonic NMU が錐体路と錐体外路にどの様な関係を有するものであるかをしらべた。

1. 皮質運動領を種々な頻度で刺戟すると、筋電図に於て刺戟に対応した規則正しい放電を認めるのは毎秒 40 回の刺戟までであつて、これ以上の頻度で刺戟しても、比較的規則正しいと認められるのは、毎秒 60 回位の放電迄である。

2. 最も規則正しく且振幅の大きいのは、毎秒 20 回の刺戟の時である。

3. 錐体路を切断すると、規則正しい放電を認めるのは毎秒 20 回迄であり、毎秒 40 回の刺戟でも、筋電図の放電頻度は、毎秒 20 回にすぎず、やゝ規則的とみられる放電にしても毎秒 34 回までである。

4. 以上の実験結果より、筋電図に於て、毎秒 40 乃至 60 回の放電頻度を示すもの、即ち kinetic NMU と考へられるものは主として錐体路の支配を受けるものであり、毎秒 20 回の放電頻度を有する tonic NMU と考へられるものは主として錐体外路系により支配されるものと考へられる。