

# 日本生理學雜誌

第 13 卷 第 12 號

昭和 26 年 12 月 25 日 發行

編 集 幹 事

浦本政三郎・久保盛徳・坂本嶋嶺・鈴木正夫

戸塚武彦・林 勲・福田邦三

## 原 著

谷 道也・名和 精・伊藤秀三郎：中脳短縦新による去脳硬直.....	533
工藤達之・佐藤佐与：去脳硬直に於ける陽性硬直核.....	538
工藤達之・佐藤佐与：赤核の化学的刺戟によつて起る運動現象とその神経経路.....	542
眞 島 英 信：蟻の神経傳導速度に関する研究（第1報）部位による傳導速度の変化及波 形分離.....	547
眞 島 英 信：蟻の神経傳導速度に関する研究（第2報）脊髓後索に於ける傳導速度.....	552
岡 本 彰 祐：中枢神経系の化学的発物質としての glutamin 酸 Na に対する蛋白質及 び組織乳劑の抑制現象及脱制止現象について.....	555
藤 本 克 己：筋及神経の電流性分極並にオーム抵抗に関する研究.....	563

## 日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌 Nihon Seiri. Z. J. Physiol. Soc. Jap.
--

# ★ 萬有の医薬品 ★

肺炎・梅毒・淋病・化膿性疾患

**ペニシリン**

油性・水性・軟膏・錠劑  
結晶G・ミックス・膿坐藥

驅 梅 劑

**ネオエーラミゾール**

靜脈注射劑

驅 梅 劑

**ミオエーラミゾール**

筋肉注射液

驅 梅 劑

**オスワルザン**

内服606號



*Banyu*

結核化學療法劑

**ジュンパス**

(P A S)

肝臓障害・解毒劑

**バンチオニン**

メチオニン

神経痛・ロイマチス

**ギトーザン**

キノフェン注射液

局所麻酔劑

**バンカイン**

鹽酸プロカイン

東京・大阪 萬有製藥株式會社 岡崎・札幌

*Comp. Rutin*  
— KOWA —

本劑の特長

黄芩・黄连・大黃含有

- 1 血管脆弱の恢復作用が大
- 2 血壓降下作用や自覺症の改善が著明
- 3 高純度結晶を使用し、連用しても副作用は殆んど無い
- 4 量産化成功により価格は低廉 (文献贈呈)

高血壓・腦溢血・予防治療劑



— 包装の價格 —

末	25g	830円
	100g	1200円
錠	30錠	120円
	100錠	350円

**複合ルチン** コーワ

製造元 興服産業株式會社 販賣元 株式会社 中村瀧商店 東京・日本橋本町三

## 中脳短縦断による去脳硬直 612.826.5

On the Decerebrate Rigidity by Partial Section of Midbrain.

谷 道也・名和 精・伊藤秀三郎

(Tani-Michiya・Nawa-Sei・Ito-Syuzaburo)\*

### I. 緒 言

去脳硬直に関しては、すでに Sherrington (1898) (9) によつて詳細に報告せられ、爾來神経生理学殊に骨骼筋の緊張に関する問題に対して、極めて興味ある示唆を提供するに至つた。

Sherrington はすでにこの現象は上位脳よりの抑制がとれた解放現象 (release phenomenon) であると考えたが、後 Magnus (5), Rademaker (7) は更に分析を進め、赤核が除去せられることが去脳硬直発現に必要であるとなした。しかるに Ingram 及び Ranson (2, 3), Keller 及び Hare (4) はともにこの考えを否定し、赤核もそれよりの投射系も去脳硬直に関係のないことを証明した。一方 Fulton, Liddell 及び Rioch (1) は Deiter 氏核の上位脳よりの解放が去脳硬直の本態であると考えた。然るに我が教室の中邑 (6) は、さきに皮質性癲癇痙攣に関する錐体外路系の研究中、中脳を正中線で縦切する際に、屢々去脳硬直の起ることを観察した。著者等はこの点に関して研究を進めんとして次の如き実験を企てた。

### II. 実験方法

実験には犬を用い、固定及び開頭は当教室の方法 (8) に拠つた。被蓋中脳縦断術式としては充分に廣く開頭して後頭葉を拳上する。この際矢状静脈洞と大脳皮質との間に静脈の交通があり、これを破損するために多少の出血を見るので、中脳を圧迫せぬ様にタンポナーデを施し、暫く止血するのをまつ。かくしてこのタンポナーデを除去すると、被蓋中脳の上丘はよく観察

されるが、下丘の一部は天幕に覆われているのが認められる。そこで縦断せんとする場所を見究め、中脳腹側に向つて垂直に切断刀を刺入し、全縦断の場合は刀尖を頭蓋骨底に達せしめ、脳底血管を損傷しない様に注意し乍ら、刀を前方に押し進める。切断は出来る限り横幅を狭くする目的の下に、Gräfe 氏尖刀を用い、何れの部位が切断せられたかは、実験終了後、其部のフォルマリン固定標本により肉眼的に確めた。

### III. 実験成績

#### A. 被蓋中脳を深く縦切すれば完全な去脳硬直が起る

其の成績を第1例、第2例に示す。

第1例・被蓋中脳正中線縦切 No.731, ♀9kg, 18.7.28

時分	秒	
2	30	手術開始
3	17	両側開頭
5	10	被蓋中脳正中線を縦切
"	"	50 右前後肢、左前後肢同時に完全去脳硬直を起す
5	18	去脳硬直尙持続する

第2例・被蓋中脳正中線縦切 No.795, ♂10kg, 18.10.80

時分	秒	
0	30	手術開始
1	30	左側開頭
2	1	被蓋中脳正中線を縦切
"	"	5 右後肢に硬直出現
	17	左後肢 "
	21	右前肢 "
	48	左前肢 "
9		去脳硬直尙持続する

以上の第1、第2例は被蓋中脳縦切のみによつて完全な去脳硬直を起すことを示す例である。

#### B. 被蓋中脳短縦断によつて去脳硬直が起る

扱てそれならば、被蓋中脳の短縦断即ち極め

\* 慶応義塾大学医学部生理学教室

て短い縦経を浅く後方より切断することによるのみで、去脳硬直を起すことは出来ぬものであろうか。若し出来るとすればそれは如何なる場所であるか。これ等の点に関して以下の如き実験を行つた。

第3例. 被蓋中脳上丘正中線を深く短縦断 No. 801, ♀ 6kg, 18.10.19

時分秒	
2 40	手術開始
3 20	両側開頭
4 25	中脳を露出
5 17	被蓋中脳上丘正中線を深く短縦断
42	右前肢に硬直出現
18 25	左前肢 "
40	左後肢 "
19 45	右後肢 "
5 38	去脳硬直尚持続する

第4例. 被蓋中脳下丘正中線を深く短縦断 No. 769, ♂ 7kg, 18.9.10

時分秒	
11 30	手術開始
1 20	両側開頭
4 54	被蓋中脳下丘正中線を深く短縦断
55 10	左後肢に硬直出現
13	右後肢 "
50	左前肢 "
57 55	右前肢 "
5 10	去脳硬直尚持続する

以上第3, 第4例の実験から去脳硬直を起す場所は、被蓋中脳の略々正中線に於いて縦切すれば勿論のこと、單に余り深くない穿刺の程度でも、起ることを知ることが出来た。然もこの穿刺は正中線に関する限り上丘の高さでも、下丘の高さでも何れの部に於いても起る。

更に穿刺を浅くした場合にはどうか。この点に関しては次の実験例を示す。

第5例. 被蓋中脳上丘正中線を浅く短縦断 No. 800, ♂ 11kg, 18.10.18

時分秒	
2 25	手術開始
3 20	両側開頭
5 13	被蓋中脳正中線を浅く短縦断
50	右前肢に硬直出現
14 20	両後肢 "
15 35	左前肢 "
5 20	去脳硬直尚持続する

我々はこの第5例の実験例より去脳硬直は被

蓋中脳の正中線上に於いては、浅い穿刺 (5mm 前後の深さ) によつても起ることを確認しえた。

C. 不完全な去脳硬直を起した実験例

被蓋中脳正中線の縦切乃至は短縦断に於いても、去脳硬直は時に不完全に出現して典型的に四肢に揃わぬことがある。これ等の実験例を次に例示する。

第6例. 被蓋中脳上丘正中線を縦切 No. 767, ♂ 10kg, 18.9.7

時分秒	
2 0	手術開始
40	両側開頭
3 40	被蓋中脳上丘正中線を縦切
24	左前肢に硬直出現
41 55	左後肢 "
44	左後肢の硬直著明
4 0	遂に右後肢に硬直出現せず

第7例. 被蓋中脳上下丘の境界にて正中線を深く穿刺 No. 764, ♀ 6kg, 18.9.6

時分秒	
2 40	手術開始
3 25	両側開頭
4 03	被蓋中脳上下丘の境界を深く穿刺(短縦断)
10	左後肢に硬直出現
13	左前肢 "
4 25	遂に右前後肢に硬直出現せず

第8例. 被蓋中脳上丘正中線を縦切 No. 794, ♀ 6.5kg, 18.10.7

時分秒	
1 50	手術開始
2 30	両側開頭
4 28	被蓋中脳上丘正中線を縦切
6	右前肢に硬直出現
34 42	右後肢 "
4 40	遂に左前後肢に硬直出現せず

第9例. 被蓋中脳上丘正中線を深く穿刺 No. 805, ♂ 8kg, 18.10.22

時分秒	
2 10	手術開始
2 55	両側開頭
4 48	被蓋中脳上丘正中線を深く穿刺(短縦断)
6	右前後肢に同時に強い硬直出現
5	遂に左前後肢に硬直出現せず

第10例. 被蓋中脳上丘正中線を縦切 No. 798, ♂ 8kg, 18.10.14

時分秒	
10	手術開始
11 30	両側開頭

- 2 5 被蓋中脳上丘正中線を縦切
- 2 右後肢に硬直出現する
- 5 左後肢に "
- 10 左前肢に "
- 2 10 遂に右前肢に硬直出現せず

第11例. 被蓋中脳上丘正中線を穿刺 No. 796, ♂11 kg, 18.10.12

- 時分秒 手術開始
- 4 1 被蓋中脳左右上丘間を穿刺
- 19 左後肢に硬直出現する
- 10 左前肢, 右前後肢には硬直出現せず

第6~11例は何れも被蓋中脳正中線を深く縦切乃至は短縦断したるに拘らず, 不完全なる去脳硬直を起した例である。即ち第6, 7例は左側前後肢のみに硬直起り, 右側に起らなかつた例, 第8, 9例は右側にのみ起き左側に起らなかつた例, 第10例は左側前後肢, 右側後肢に起き, 右側前肢には起らなかつた例, 第11例は左側後肢のみに起き左側前肢, 右側前後肢には起らなかつた例である。

**D. 全く去脳硬直を起さぬ実験例**

以上第1~11例は何れも中脳正中線を深く縦切乃至は短縦断により, 完全或は不完全硬直を起した例であるが, 正中線をはづれた場合はどうか。この点に関して次の実験例を例示する。

第12例. 被蓋中脳上丘, 下丘夫々の中央部を深く短縦断, No. 856, ♂10kg, 18.12.16

- 時分秒 手術開始
- 2 35 両側開頭
- 3 53 右上丘の略々中央を深く短縦断, 四肢硬直せず.....①
- 3 59 左上丘中央を浅く短縦断, 四肢硬直せず.....②
- 4 10 ①の内側を深く短縦断, 四肢硬直せず.....③
- 4 15 右下丘を深く短縦断, 四肢硬直せず.....④
- 4 20 上丘正中線を浅く短縦断 (6mm).....⑤
- 8 去脳硬直殆んど同時に強く四肢に起る

第13例. 被蓋中脳上丘, 下丘夫々の中央部を短縦断 No. 859, ♀7kg, 18.12.17

- 時分秒 手術開始
- 11 15 両側開頭
- 20 中脳露出
- 34 左上丘に浅い短縦断を加える, 四肢硬直せず.....①
- 41 左上丘を深く短縦断, 四肢硬直せず.....②

- 57 左下丘を深く短縦断, 四肢硬直せず.....③
- 59 35 左上肢にのみ軽度の緊張発現

以上第12~13例に於いて, 正中線より隔つた場所に切断を加えた場合には, 去脳硬直は全く起らぬことを知ることが出来た。即ち被蓋中脳の正中線附近が重要な意義を有するものゝ如く思われる。

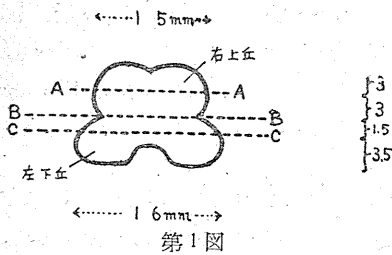
扱て, これ等13例の実験結果と固定標本に於ける切断線との関係を一括して表示すれば第1表の如くである。A-A面, B-B面, C-C面は夫

切断方法	硬直発現	A-A面	B-B面	C-C面
例1 731 正中線 全長全縦断	四肢			
例2 795 正中線 全長全縦断	四肢			
例3 801 上丘正中線 短縦断	四肢			
例4 769 下丘正中線 短縦断	四肢			
例5 800 上丘正中線 浅く短縦断	四肢			
例6 767 上丘正中線 全縦断	左前肢 左後肢			
例7 764 上丘下丘の境界にて 正中線 短縦断	左前肢 左後肢			
例8 794 上丘正中線 全縦断	右前肢 右後肢			
例9 805 上丘正中線 短縦断	右前肢 右後肢			
例10 798 上丘正中線 全縦断	左前肢 左後肢 右後肢			
例11 796 上丘正中線 短縦断	左後肢			
例12 856 上丘下丘 及び上丘 正中線 短縦断	①②③ ④起らざる ⑤にて四肢に起る			
例13 859 上丘及び下丘 短縦断	①②起らざる ③にて左上肢に軽度			

々横断面で, これら相互の関係位置は第1, 2図より詳らかである。

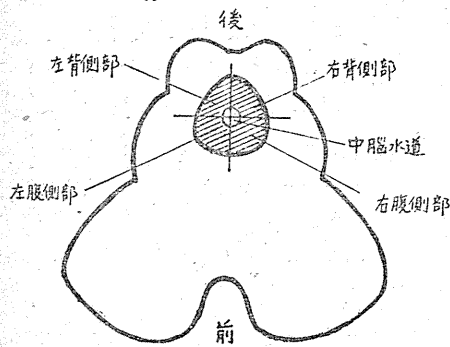
第1表より考索するに, 切断線と横断面との

中脳被蓋模型図



第1図

中心灰白質区分



第2図

関係は、被蓋中脳全体を正中線上にて縦断した第1, 2例では、切断線はA-A面, B-B面, C-C面何れにも存在して、しかも略々中央を貫き、中心灰白質中央を前後に通過して背側より腹側に達している [完全硬直] (第1表及第2図)。

第3, 4, 5例は被蓋中脳の上丘或は下丘の一部を短縦断したもので、切断線は第3例はA-A面、第4例はC-C面、第5例はB-B面のみに存在しすべて略々中央を中心灰白質を貫いている。殊に第5例は中心灰白質にのみ止まり之を越えていない [完全硬直]。

第6, 7例は正中線上を縦切或は短縦断することにより、左側前後肢のみに不完全な硬直を見た例であるが、切断線は第6例に於いてはA-A面、B-B面にあり、少々左に偏して中心灰白質左背、左腹側部を通り、背側より腹側に向つて貫く。第7例はB-B面のみにあり、中心灰白質の左背側部の左端に接触する程度である [不完全硬直] (第2図)。

第8, 9例は正中線上を縦切或は短縦断することにより、右側前後肢のみに不完全な硬直を起した例であるが、切断線は両者共A-A面、B-B面に在り殊に第8例は中心灰白質を少々斜めに横切つて左背側部、右腹側部を通過して背側より腹側に達する [不完全硬直]。

第10例は上丘正中線を縦切して、左側前後肢と右側後肢に不完全硬直を起した例、切断線はA-A面に於いては、僅かに中心灰白質の一部に接触するのであつて、B-B面に於いて始めて中心灰白質を左に偏して左背側部、左腹側部を貫き、特に灰白質を出んとする頃より正中線を走る。C-C面には全く横断線を見ない [不完全硬直]。

第11例は短横断によつて左後肢のみに不完全硬直を起した例、切断線はA-A面に於いては僅かに中心灰白質左背部の一角に接触するのみである。B-B面に於いては中心灰白質の左腹側部より起り、斜めに下降して消失する。C-C面には全く横断線をみない [不完全硬直]。

第12例は上丘及び下丘に種々の短縦断を加えたが、何れも無効で最後に加えた⑤の切断線により始めて四肢に完全硬直を起した。この場合の①, ②, ③, ④各線は全く中心灰白質に触れないのに、⑤のみ中心灰白質の左背側部より入り、左腹側部の大部分を通り正中線に接せんとする頃、灰白質を出る [硬直なし]。

第13例も同様①, ②線は何れも無効であるが③線のみ下丘の中心灰白質に接触する程度であり、左上肢にのみ軽い硬直を起した [硬直なし]。

#### IV. 考察及び結論

Sherrington の去脳硬直は、視丘、中脳、橋にかけて中枢神経系統の全横断面を作ることによつて生ずる現象であるが、著者等の上記の実験によると、全く同じ硬直現象が、中脳の正中線を極く短い縦経によつて縦断すること丈で起ることが証明せられた。この際起る硬直は全横断面を作つた場合の硬直とは現象としては全く区別することが出来ないので、著者等の方法によ

る硬直も、去脳硬直と同一の機制によつて起る現象とみてよいと考える。斯くして著者等は去脳硬直が、硬直抑制核を除く解放現象であるならば、單に中脳被蓋の正中線上に短縦断を加ふることによつても、硬直抑制核を除去することが出来ると云わねばならぬ。茲に短縦断と称するは、中脳水道を廻る中心灰白質の縦断だけで足りることを意味することは既に述べた如くである。又完全或は不完全硬直を起したものと悉くが、切断線は必ず中心灰白質の一部を通過することが確認され(第1~11例)、又反対に去脳硬直を起さない例に於いては、切断線は中心灰白質と全く無関係であることを知ることが出来た(第12, 13例)。殊に第5例の如く、短縦断により中脳上丘正中線に加えた切断線は、中心灰白質を越えないにも拘らず、完全去脳硬直を起している如きは、明らかに中心灰白質の重要な役割を示している。然も、苟も中心灰白質に関する限り、上丘の高さであろうと、下丘の高さであろうと、果又、上丘と下丘の境界であろうと敢えて差支えないことは、著者等の実験例の示す通りである。

次に完全硬直と不完全硬直との相異は如何なる点に存するかと言へば、前者は切断線が悉く略々中心灰白質の中央正中線上を通過しているに反し(第1~5例)、後者に於いては右側或は左側に偏して通過し、右側に偏したものは右前後肢に、左側に偏したものは左前後肢に硬直が起り、略々同側性である(第6~11例)と言う点である。尙第1表の第11例を見ても理解される様に、同じ中心灰白質の中でも一層重要な意味のあるのは、中脳水道より腹側に向つた部位(左腹側部、右腹側部)であるらしく思われる。

以上を要約すれば、中脳に於ける去脳硬直の解剖学的意義は暫く措き、生理学的機制のみに關しては、抑制中枢は中心灰白質に存在し、且つ略々同側支配であつて、殊に中脳水道より腹側に在る中心灰白質が、主要な役目を果しているものと如くである。かくして著者等の短縦断は、硬直抑制核そのものと破壊であるか、それよりの投射系の切断であるかの問題をのこしながら、去脳硬直発現機制の分析に向つて更に一步を進めることが出来たと信ずる。

擧げするに臨み、加藤教授の御鞭撻と林助教授の御指導御校閲に対して、深甚なる謝意を表す。

#### 文 献

- 1) Fulton, J. F., E. G. T. Liddell, and D. McK. Bloch, (1930) The influence of unilateral destruction of the vestibular nuclei upon posture and the knee-jerk. *Brain*, 53, 327-343
- 2) Ingram, W. R. and S. W. Ranson (1932) Effects of lesions in the red nuclei in cats. *Arch. Neurol. Psychiat.*, Chicago, 28, 433-512
- 3) Ingram, W. R. and S. W. Ranson (1932) The place of the red nucleus in the postural complex. *Am. J. Physiol.* 102, 466-475
- 4) Keller, A. D., and W. K. Hare (1934) The rubrospinal tracts in the monkey. Effects of experimental section. *Arch. Neurol. Psychiat.*, Chicago, 32, 1253-1272
- 5) Mugnus, R. (1914) Welche Teile des Zentralnervensystems müssen für das Zustandekommen der tonischen Hals- und Labyrinthreflexe auf die Körpermuskulatur vorhanden sein?. *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* 159, 224-250
- 6) 中邑 勇 (1943) 皮質性癲癇痙攣に関する錐体外路系に就いて 條件反射 6, 127-146
- 7) Rademaker, G. G. J. (1926) Die Bedeutung der roten Kerne und des übrigen Mittelhirns für Muskeltonus, Körperstellung und Labyrinthreflexe. Berlin.
- 8) 齊藤脩二・須田 勇 (1942) 犬の大脳皮質運動領の刺戟によつて起る癲癇痙攣に対する刺戟部位剔除の実験 條件反射 3 22-29
- 9) Sherrington, C. S. (1898) Decerebrate rigidity, and reflex coordination of movements. *J. Physiol.* 22, 319-332

#### Summary

The decerebrate rigidity in the sense of Sherrington could be induced by longitudinal partial section of midbrain at the level of superior and inferior colliculi.

1) The inhibitory centre for the extensor rigidity lies in the central grey matter at the level of superior and inferior colliculi.

2) The inhibitory centre has a homolateral innervation for the skeletal muscles.

(Department of Physiology, Keio-gijuku University School of Medicine, Tokyo)

## 去脳硬直に於ける陽性硬直核 612.823

The Centre of Rigidity in the Decerebration.

工藤達之・佐藤佐與 (Kudo-Tatsuyuki・Sato-Sayo)\*

### I. 緒 論

Sherrington (1898) (8) が脳幹横断によつて去脳硬直の生ずることを発見して以來、種々なる報告が発表せられたが、何れも去脳硬直を生ぜしめる爲に脳幹の完全横断をなした実験のみである。然るに谷、名和、伊藤(10)は四丘体上下丘の高さに於いて正中線で縦断することによつて全く同じ硬直現象の生ずることを発見し、次で著者等は(3)四丘体上下丘の間に於いて正中線上幅約2.5mmの短横断を加えることにより同側性に硬直現象の現われることを発見し、これも Sherrington の去脳硬直と全く区別のないことを確認した。

既に Sherrington によつて示唆せられている様に、この去脳硬直発現機制は脳幹横断部位より上に硬直を抑制する神経核が存在し、これが除去せられることによつて解放現象 (release phenomenon) として硬直が現われてくるとの考えは、其の後の諸家によつても略々承認せられているところである。

上述の著者等の研究は(3)その抑制神経核即ち著者等の陰性硬直核が中脳四丘体上下丘の高さで中心灰白質の一定部位に極めて限局せられて存在することを示したものである。然らばこの陰性硬直核が除去せられて、下位にある陽性硬直核が解放せられるとすれば、その陽性核の位置するところは如何。

去脳硬直の機制については、Magnus (1924) (5)、Rademaker (1926) (6) 等が赤核及び赤核脊髄路の除去せられることを必要と考えたが、Ranson 等 (1932) (7) は赤核を破壊しても伸筋硬直の起らぬことを認め、この考えを否定した。別に Fulton, Liddell, Rioch (1930) (1) は前庭

神経核ことに Deiter氏核が上位脳よりの抑制から解放せられることを本態であると推論した。

果して陽性硬直核が Deiter氏核そのものであるか、若し然りとすれば陰性硬直核より陽性硬直核は脊髄前角に於いて抑制神経支配をもつか、これらの問題を研究せんとして本実験を試みた。

### II. 実験方法

実験には20頭の6~15kgの成犬を用い雌雄は選ばなかつた。手術々は著者等(3)の開頭法を行い、脳幹、延髄部を廣く露出せしめて随意の部分に自由に必要の操作を加え得る様にした。手術切断部位は実験後、ホルマリン固定標本で肉眼的に確めてある。

去脳硬直は専ら中脳短横断法(3)によつて起さしめ、時に中脳完全横断法で結果を更に確かめると言う方法をとつたが、之等両者の硬直には何等の相違のないこと前述の通りである。

陽性硬直核の剔除は腹面から橋の下端に近く、成る可く外側に近く血管のない部位を選んで軟膜に1~2mmの小切開を加え、極めて小型の眼科用鋭匙を用いて外背方前庭神経核に相当する部分を剔除した。この操作は注意深く行えば殆んど出血なく組織のみを剔除することが出来る。従つて副損傷による出血の爲の成績の混乱はない。

化学物質の注射は石塚(2)の方法に従つて剔除の際と同じ部位に(橋延髄の境界で正中線の側方2~3mmの部分から外背方に矢状面と45°の方向に約12mmの部位) Nicotization (10% Nicotine 0.01cc) を行つた。

### III. 実験成績

#### 1. 短横断硬直は前庭神経核の剔除によつて同側性

\* 慶応義塾大学医学部生理学教室

に消失する

四肢に去脳硬直が明瞭に起つているときに、一側の硬直を丁寧に剔除すると、同側の前後肢の硬直状態は弛緩して消失し、最早や如何に他動的に刺戟を加えて検しても硬直は発現しない。

実験番号 71. 8kg, ♂, 19.2.25.16

分	秒	観察事項
0	0	中脳短横断
0	10	四肢伸筋硬直(R)陽性
8	0	左前庭神経核剔除開始
8	12	四肢共R増強
10	10	剔除部位拡張す。左両肢R弛緩し始む。
10	15	左前後肢R消失。右側はR依然
12	30	横断部拡大し完全去脳。左前後肢は弛緩。右側は依然たり

実験番号 68. 11kg, ♂, 19.2.24.15

分	秒	観察事項
0	0	中脳短横断
0	15	四肢にR著明に陽性
5	0	左側前庭神経核剔除開始
7	20	左側前庭神経核を廣範に剔除。右側前後肢R著明。左前後肢も弱いR存在し消失せず
9	0	猶剔除範囲下方に拡大。R状態依然たり
12	0	短横断拡張完全去脳とす。四肢のR増加す。左側前後肢のRもやや判然たる程度となる

以上の実験によつて著者等の陽性硬直核と称するものは、略々前庭神経核に存在することが確かである。然し硬直の完全な消失の爲には單に前庭神経核の中、Deiter氏核の所在と考えられる部分の剔除のみでは不十分であつて、これより延髄中央部に至る一定の部位を剔除する必要がある。前庭神経核が縦長の範囲に互つてゐることを考慮すれば(4)著者等の去脳硬直に関する陽性核をDeiter氏核と限定せず、前庭神経核の範囲とすることが至当と考えられる。

2. 前庭神経核を豫め一側剔除しておいて、中脳短横断或は去脳を行うと対側のみに去脳硬直が発現する

逆に一側の硬直核を先に丁寧に剔除しておいて、次に中脳部切断を加えると去脳硬直は同側には発現せぬか、発現しても極めて微弱である。この僅かながら現われた実験例は結局剔除が完全に行われなかつたものと考えられる。何となればこの際の硬直は前後肢の一枝のみに限られたり、両肢に出現しても極めて弱く弛緩し易か

つたものが多く、硬直核の剔除を拡大すると完全に消失せしめ得るからである。

実験番号 555. 13.5kg, ♂, 18.12.20.16

分	秒	観察事項
0	0	右側前庭神経核の剔除開始。右側両肢に硬直状態発現す
2	0	剔除を終了。右前後肢共R殆んど消失。右後肢のみ極めて弱くR残る。
6	0	右側は完全に弛緩し他動的運動に対してもRの発現なし。左側両肢は尋常
10	0	中脳短横断
45		左後肢にR出現
12	15	左前後肢共R著明となる。右前後肢R発現せず弛緩す
26	0	横断部位を拡大す
15		左側両肢共R著明となる。右側に変化なし
30	0	完全去脳を行う。同上の状態続く
40	0	遂に右側にR発現せず

実験番号 242. 8kg, ♀, 19.5.11

分	秒	観察事項
0	0	左前庭神経核を剔除し始む。同時に左前後肢にR出現
1	50	剔除を拡大す
2	10	左側前後肢R消失。右側肢は尋常
10	0	中脳短横断
10	15	右前後肢にR著明陽性
10	25	左前後肢にも軽度のR出現
12	0	完全中脳短横断。右前後肢のR悉々増強す。左前後肢のRも稍々強まる

3. 前庭神経核に Nicotization を行うと同側性に著明な伸筋硬直を起す

以上の二方法によつて去脳硬直に於ける陽性核の位置を決定することが出来た。然らばこの陽性硬直核に直接刺戟を与えることによつて、去脳せずして硬直を発現せしめることが出来るか。著者等は刺戟として電気刺戟を用うことは電流滑走の範囲が不明瞭であることのために、之をとらない。出来れば少量の化学物質によつて硬直核を刺戟するものはないであろうか。既に谷(9)は中枢神経全域に互つて機械的刺戟、特に注射針によつて刺戟性が存在するか否かを研究し、少くとも前庭神経核の所在及其の附近に於いて穿刺刺戟に対して応刺激性のある部分のない事を確めている。よつて著者等は注射針によつて直接陽性硬直核に Nicotization を行い、この目的を達することが出来た。Nicotization によつて発現した硬直の状態は

全く去脳によるものと同様であるが、Nicotini-  
zation によるものは去脳によるものよりも一般  
に強靱で弛緩の傾向が少い。一側硬直の Nicoti-  
nization で同側に著しい硬直状態が現われると  
共に、対側の両肢にも弱い硬直状態の発現を見  
た例がある。硬直核の Nicotini-  
zation で癲癇痙  
攣の現われた実験例は 1 例もなかつた。

実験番号 580. 9kg, ♀, 19.3.4

分	秒	
0	0	右側硬直核に Nicotini- zation
0	15	呼吸速く深くなる
0	50	右後肢 R 発現
1	6	右前肢 R 発現。対側両肢にも極めて軽度の R 出現
2	22	対側両肢 R 消失。右側 R 陽性
15	0	右側の R 依然たり

4. 去脳及び硬直核 Nicotini-  
zation によつて発現  
した硬直状態は延髄の中央の高さでその外側 1/2 を  
横切すると消失する

去脳硬直核の Nicotini-  
zation によつて明瞭な  
硬直状態にある動物の延髄の中央の高さで外側  
1/2 を横切すれば、今迄存在した硬直状態は忽  
ち消失して同側前後肢は直ちに弛緩状態とな  
る。両側性に硬直状態であるならば他側はその  
まゝ残つている。

実験番号 847. 10kg, ♀, 18.12.9.16.5

分	秒	
0	0	橋上縁に沿つて中脳短横断
0	17	両後肢に R 発現
0	35	両前肢に R 発現
15	30	左側延髄中央部で外側 1/2 を横切。同時に 左側両肢の硬直状態忽ち消失弛緩す
30	0	弛緩状態続く

実験番号 828. 10kg, ♂, 18.11.30.15.28

分	秒	
0	0	左硬直核に Nicotini- zation
0	10	呼吸速く深くなる
0	12	左前後肢共 R 著明
15	0	延髄中央の左側 1/2 を横切
15	10	左側前後肢共弛緩し、他動的運動に対して R 発現せず
50	0	依然弛緩状態続く

#### IV. 考察と結論

上記の実験によつて著者等の確定したことは  
次の如くである。

1) 犬を用いて著者等の所謂短横断硬直を  
発生せしめておき、前庭神経核を剔除すること  
によつて、同側性に全く硬直状態がなくなるこ  
とを確認した。

2) 前庭神経核の剔除によつて完全に硬直を  
消失せしめるためには、Deiter 氏核を含む延髄  
中央部に至る迄の縦長の部位を剔除すること  
を要する。

3) これらの部位に Nicotini-  
zation を与える  
と去脳なくして全く同じ硬直を同側性に発現せ  
しめることが出来る。かくして発現した硬直は  
延髄中央部より下を外側 1/2 横切することによ  
つて全く消失する。

4) 橋延髄に互つて Nicotini-  
zation によつて  
硬直を起さしめうる部位は上記の部位より他に  
ない。

さてこれらの結果を著者等の前報告と併せて  
考察すると、去脳硬直は四丘体上下丘の高さで  
中心灰白質の極めて限局した部位に陰性硬直核  
をおき、これが除去せられることによつて解放  
現象として生ずるが、その陽性硬直核は前庭神  
経核及びその附近に確実に存在し、これより恐  
らくは脊髓前角に向つて硬直支配を有すると考  
えねばならぬ。然らば陰性硬直核より抑制支配  
が来る場所は如何。第一は直接陽性硬直核に抑  
制支配を有する可能性であり、第二は脊髓前角  
細胞に向つて抑制支配を有し、こゝで陽性硬直  
支配と拮抗する可能性である。この問題につい  
ては筆を改めて論ずることとする。

拙筆に臨んで、私達は恩師茂木・加藤両教授の絶え  
ざる御鞭撻と、林助教授の懇篤なる御指導御校閲に  
対して深謝する。

#### 文 献

- 1) Fulton, J. F., E. G. T. Liddell, and D. McK.  
Rioch, (1930) The influence of unilateral destruc-  
tion of the vestibular nuclei upon posture and  
the knee-jerk. Brain 53, 327-343
- 2) 石塚 保 (1942) 運動現象を標示とする大脳灰白  
質微小刺戟法 条件反射 4, 83-99
- 3) 工藤達之・名和 精・佐藤佐与 中脳短横断による  
去脳硬直(脳と神経に掲載予定)
- 4) 例えば, Kuntz, A. (1936) Neuro-Anatomy, Phi-  
ladelphia を見よ

- 5) Magnus, R. (1924) Körperstellung. Berlin.
- 6) Rademaker, G. G. J. (1926) Die Bedeutung der roten Kerne und des übrigen Mittelhirns für Muskeltonus, Körperstellung und Labyrinthreflexe. Berlin.
- 7) Ranson, S. W., and W. R. Ingram (1932) The place of the red nucleus in the postural complex. Am. J. Physiol. 102, 466-475
- 8) Sherrington, C. S. (1898) Decerebrate rigidity, and reflex coordination of movements. J. Physiol. 22, 319-332
- 9) 谷 道也 (1948) 中枢神経運動系に対する機械的刺戟に就いて 条件反射 13, 9-16
- 10) 谷 道也・名和 精・伊藤秀三郎 (1951) 中脳短縦断による去脳硬直 日本生理誌 13, 533

### Summary

- 1) The decerebrate rigidity preliminary evoked disappeared by the homolateral enucleation of vestibular nuclei.
- 2) After vestibular nuclei were enucleated, we could not evoke the rigidity by decerebration.
- 3) The rigidity could be evoked under the homolateral nicotization of vestibular nuclei.

Through these experiment we arrived to the conclusion that the vestibular nuclei were the positive nuclei for rigidity and the release of inhibition towards this nucleus induced the decerebrate rigidity in the sense of Sherrington.

(Department of Physiology, Keio-jijuku University School of Medicine, Tokyo)

## 赤核の化学的刺戟によつて起る運動現象とその神経経路 612.826.5

On the Postural Changes and Movements Induced by Chemical Stimulation of Red Nucleus.

工藤達之・佐藤佐與 (Kudo-Tatsuyuki・Sato-Sayo)\*

### I. 緒 論

石塚 (2) は大脳皮質運動領の灰白質に直接に化学物質を注射することによつて刺戟の目的を達することを発見し、極めて少量で有効であること、又神経線維に作用せしめても、運動反応は現われないことを明瞭にした。この方法の発見はその後、皮質性の運動現象の研究に著しい発展を齎し、間代運動を標示とする廣汎な成績が須田 (9) によつて発表せられるに至つた。一方渡辺 (10) によつては小脳性間代運動の研究、又黒木 (4) によつて中脳核に対する化学的刺戟による運動現象に関する業績が挙げられた。

著者等は中脳赤核部に化学的刺戟を与えて研究を行い、特有の運動現象の発現を観察し、この現象を標示として新しい神経々路を見出した。

### II. 実験方法

実験は雌雄無差別に成犬 (5~16kg) 35頭を使用して行つた。すべて急性実験である。実験後刺戟部位及範囲はフォルマリン固定標本で肉眼的に確めた。

1) 手術々式 著者等が既に発表した術式(3)によつて先づ下顎を脱臼せしめ、頭蓋底部を侵襲し、この部分の開鑿によつて延髄、橋及中脳部を露出せしめる。橋から上方は注意して海綿静脈洞の損傷を避けて中脳脚間窩の露出に努め、主としてこの部分から化学物質の注射を行つた。

2) 中脳、橋及延髄の縦断及び横断法・脳底動脈を結紮し幅約2mmの細い篋形刀を作製し、之で縦断及び横断を行つた。縦断は正中線上で行う。注意を払えば小脳には少しも損傷を与

ず目的を達する。刀を稍々鈍ならしめてあるので切断操作による出血は殆んどない。橋の横断はその略々中央の高さで少しく小脳実質迄損傷の加わる位充分に行つて切断の目的を確實ならしめた。横断には篋形刀の刀尖を僅かに内彎せしめたものを特に作製して使用した。

3) 小脳脚切断法 この目的には実験動物を腹位に固定し項部を伸展した状態に固定し、後頭結節から頸部背面に亙つて正中線上に皮切を加え、軟部組織を側方に排し、後頭骨の項面を露出する。この部分は極めて薄いので、此処を骨鑿鉗子で鑿去し大後頭孔と連絡せしめ、左右にも廓大して虫部を充分に露出することが出来たならば脳硬膜を切開する。すると小脳虫部及延髄の一部が見える。この両者間に張られた軟膜を破つて小脳延髄槽を開き、小脳を薄い篋で挙上すると中脳水道が明瞭に見られる。この部分に特別に作製した細い長刀形の尖端の内彎した鈍刀を挿入し外方に向つて骨に押しつける様にして小脳脚を切断する。この際刀尖が上方に行き過ぎぬ様にして四丘体部の損傷を避ける。

4) 化学的刺戟法 石塚等の方法に準じてツベルクリン用注射器を使用し注射針は1/5を用い尖端から約5mmの部分を僅かに屈曲せしめて脚間窩から赤核部に向つて斜外方に刺入し、薬物の注射を行つた。薬物使用量は0.01cc以下である。

化学物質としては、20%クエン酸Naと10%Nicotine溶液を使用し、墨汁を少量混じて刺戟部位の検査に便ならしめた。勿論注射針による機械的刺戟の無効なることは、豫め決定してある。

5) 運動現象の観察法 化学的刺戟を与えたならば速に緊縛を解いて床上に解放し自由な体位をとらしめ、その影響を観察した。猶時折背

\* 慶応義塾大学医学部生理学教室

部を把持して懸垂し、四肢と軀幹の様子をよく観察した。

### Ⅲ. 実験成績

1) 一側赤核の化学的刺戟によつて主として対側肢にAthetosis肢位(強迫肢位)及びAthetosis運動が起り、刺戟側を内にして頸及び軀幹の彎曲した姿勢をとる

刺戟後数分乃至十数分後には刺戟側の前後肢にもAthetosis肢位が出現し、Athetosis運動が起る。この運動はやがて四肢に波及して歩行運動を呈することが多い。こゝにAthetosis強迫肢位とは次の様な特有な骨格筋現象を指した。即ち肢は或る位置に強制位をとつた状態で、他動的にこれを動かすも抵抗は少しも認められない。即ち筋硬直は全然存在しない。たゞ他動的にこの肢の位置を変化せしめて離すと直ちに元の位置にかえる運動を生ずる。この時に特有なことは肢の各関節を曲げて宛も歩行の際と似た、否寧ろ歩行の際よりも誇張せられた肢の運動経路をとつて原位置にかえることである。或る状態ではこの強制位にかえつてから後、肘或は膝及び腕関節を僅かに屈伸する運動を繰返す。この現象は臨床上Athetosisと名付けられる運動を直ちに想起せしめるもので、この運動がやがて烈しくなると両肢を交互に、更に四肢を交互に動かす。即ち明らかな歩行運動になることもある。

実験番号 124. 7kg, ♂, 19.3.13.15.25

分	秒	観察事項
0	0	左赤核にクエン酸 Na 20%溶液注射。同時に暴れ放尿す
	50	右前肢 Athetosis 肢位
1	35	右後肢 Athetosis 肢位、続いて右両肢に Athetosis運動始まる。
2	35	Athetosis運動右側のみに続く
3	0	緊縛をといて見ると左側に頸及軀幹が凹を作つて“の”字形となり床上に横わる
3	35	懸垂して見ると右側前後肢のみにAthetosis運動続く
5	10	再び脊位に固定す。右前後肢にAthetosis運動猛烈に続く
23	0	今迄継続せる Athetosis 運動稍々弱まる
25	0	解放すると姿勢稍々常態に近づき歩こうと試みる

26 0 懸垂すると右前後肢に主として、Athetosis運動、時々左側もこれに応じてAthetosis運動起る

実験番号 167. 12.5kg, ♀, 19.4.10.15.40

分	秒	観察事項
0	0	左赤核に10% Nicotine溶液注射
0	23	呼吸早く深くなる
0	45	右前後肢にのみ歩行様Athetosis運動起る
2	33	Athetosis運動熄む。Athetosis肢位は依然として右側に存在す
4	30	依然右側のみにAthetosis肢位
14	0	依然右両側のみにAthetosis肢位

2) 橋、延髄の正中縦切によつてAthetosis肢位及びAthetosis運動に変化は起らない

1) の実験から赤核を中心とした細胞群から特有の運動現象が起ることが明瞭となつたが、この現象が赤核からの著明な下行路である赤核脊髄路による神経々路をとるものかどうかを追究しようとしてこの実験を行つた。

先づ中脳赤核部への化学的刺戟を与えて特有の運動現象を発現せしめておいて延髄から橋に向つて逐次正中線上で縦断を加えて行く。縦断が橋の上縁に達すると四肢に伸筋硬直が起つて来て短横断硬直を呈するが、この状態になる前には特有の上記の如き肢位及運動現象に何等変化を認めない。短横断硬直が発現したら、直ちに縦断をやめて観察すると伸筋硬直と既存の肢位及運動現象が並存することが明らかとなる。即ち他動的に硬直肢を動かして見ると硬直と共にAthetosis肢位が明瞭に存在することが分るし、時間的経過を追つて検すると歩行様運動が発揚して硬直が不明となる時期もあり、又或る時期には硬直とAthetosis運動が共存して硬直を伴う歩行様運動を呈することも認められる。

実験番号 135. 11kg, ♂, 19.3.18.15.20

分	秒	観察事項
0	0	右赤核へクエン酸 Na 注射。同様に暴れる
1	10	頭及頸部を右側に曲げて著しい右側を内にした彎曲位をとる
3	30	左前肢眞直に伸ばしてAthetosis肢位
6	20	左前後肢にAthetosis運動起る。右前肢にも起る
7	0	懸垂すると右を内にして彎曲位をとり右前肢のAthetosis運動止む
9	0	再び固定
10	0	延髄正中縦断を加ふ。左前後肢のAthetosis

		運動変化なし
14	0	縦断を拡大，橋上縁迄縦断を追加す
15	15	左前肢伸筋硬直出現，左後肢は依然 Athetosis 運動続く
16	30	右前肢にも硬直，左後肢にも弱い硬直，左前後肢 Athetosis 運動続く
25	0	左前肢の伸筋硬直強まる，右前肢も強まる

以上の実験から，この肢位及運動現象は中脳以上で既に交叉を終つた神経々路で支配せられ橋以下では交叉を営んでいないことが明らかとなつた。

### 3) 橋の中央全横断によつてこの Athetosis 現象に変化はない

2) 迄の実験でこの骨筋現象の神経々路が中脳以上で既に交叉していることが明瞭となつた。然らばこの経路は橋及延髄の如何なる部位を通過するかを知らんとして，先づ橋の中央で正中部に横断を加え外方に逐次拡大して行つた。数回実験を繰返した結果，橋の全横断によつてもこの現象が消失せぬ。然もその上，この現象に何等の変化を受けないことが分つた。

即ち下行路は橋を縦に通過していないことが明瞭となつた。

実験番号 179. 6kg, ♂, 19.4.13.16

分	秒	
0	0	左赤核部へクエン酸 Na を注射。同時にビクリとして頭を左に著しく曲げて左側に彎曲した姿勢となる
0	8	右前肢に軽く Athetosis 運動始まる。Athetosis 肢位明瞭
0	35	右前肢運動明瞭となる
1	5	右後肢にも同様の運動，右側揃つて前後肢 Athetosis 運動
1	50	Athetosis 運動熄む
2	10	右側後肢軽く伸筋硬直起る
	35	硬直消失し Athetosis 運動出現す
11	20	左前肢に軽く Athetosis 運動出現す
20	0	橋中央正中より右方へ 2.5mm 横断，同時に右前後肢 Athetosis 運動猛烈となる。姿勢に変化なし。
25	0	更に 2.5mm 右方に横断追加，Athetosis 現象に変化なく続く
28	0	運動やむ。右前肢は前方に伸ばし，左後肢は後方にのびし，左前肢及右後肢は屈曲した肢位をとる。即 Athetosis 肢位明瞭となる
35	0	更に 2.5mm 横断追加，Athetosis 運動右側に著明，左側にもあり
45	0	右半側を完全に横断す。歩行様 Athetosis 運

45	15	動熄む。姿勢及肢位に変化なし 右側に伸筋硬直著明に出現す。左側両肢に Athetosis 運動，右側肢も他動的に交代性運動を営ますと Athetosis 運動明らかとなる，右側肢軽度の Athetosis 運動始る
45	25	右前後肢硬直のまま Athetosis 運動
60	0	橋中央正中より左方に，前の切断線を延長して完全に橋の横断を行う
	5	左前後肢に伸筋硬直出現
	55	頭は眞直の位置に戻り，彎曲姿勢も消失す
61	10	左後肢，続いて右前後肢に Athetosis 運動起る
65	0	この状態続く

### 4) Athetosis 肢位及び運動現象は刺戟側の対側小脳脚切断によつて消失する

3) 迄の実験によつて赤核部刺戟による特有な骨筋現象に関する下行経路は中脳から眞直ぐ橋を下る道ではなくて，小脳を経て橋又は延髄に下降するものと考えられる。そこで赤核部化学的刺戟によつて特有の Athetosis 現象を発現せしめておいて，先づ対側の小脳脚の切断を行つた。果してこの骨筋現象は瞬間に消失して四肢は弛緩し，姿勢は強迫位を失つて眞直ぐとなつた。

実験番号 182. 10kg, ♂, 19.4.15.15.10

分	秒	
0	0	左赤核部へクエン酸 Na 注射。ビクリとする
	2	右前後肢 Athetosis 肢位，左側も軽く Athetosis 肢位を呈す。右前肢，左後肢は伸展位，左前肢及右後肢は屈曲位の Athetosis 肢位
5	45	右後肢に軽く Athetosis 運動始る
6	25	右前肢にも運動現れ，右半側は完全な Athetosis 運動
10	0	腹位に固定しなおす
20	0	猶，Athetosis 運動及姿勢の継続することを確めて，右側小脳脚を完全に切断
20	5	右側の Athetosis 肢位及び運動，右側彎曲姿勢消失。左側肢の Athetosis 肢位も消失し骨筋の緊張弛む

## IV. 考 察

赤核の機能に対しては臨床的にも，或は又実験生理学的にも従来極めて多数の学説が与えられた。Magnus (5), Rademaker (7) 等はこれが全身の骨筋の緊張，特に去脳硬直に対する重なる中枢と考え Ranson 等 (1) 及その他はこれ

を否定している。近時小川 (6) は動物に於ける赤核脊髓路は人間に於いては殆んど見られないと言う解剖学的の事実を挙げて、臨床的観察による種々なる現象に大なる疑義を提出している。著者等がこゝに論ずる問題は実験生理学的に直接に赤核の機能を起さしめる様な化学的刺戟を与えた場合の運動現象であつて、従來の諸研究と全くその趣を異にするものと言わねばならぬ。

赤核は機械的刺戟によつて運動現象を生じないし、或る種の化学物質によつては何等の反応をも生じないが、著者等の用いた Nicotine 及びクエン酸 Na とは選択的に赤核に与えると、骨格筋に運動現象を生ずる。この現象は実験成績に述べた如く、一種の強迫肢位及強迫運動である。著者等はこれを人間の臨床に見られる Athetosis に類似する実験生理学上の現象と見做し Athetosis 肢位及び Athetosis 運動と名付けた。

赤核より発動して此等の骨格筋現象が如何なる経路を下るかを求めるに、赤核より直ちに下行する経路をとらず、上脚より小脳に入り、再び脳幹に出て脊髓に下る特殊な経路をとることが明らかとなつた。即ち赤核より下る経路は解剖学上赤核脊髓路として記載せられているものゝ他に小脳を経由するものがあつて、骨格筋の積極的の現象に関する限り著者等の発見したこの新しい赤核小脳脊髓路を経由するものであることは確かである。この他に赤核より脊髓前角細胞を経て骨格筋に現われる消極的の現象もあると考えられるが、この問題については特に論じない。

扱て著者等の所謂 Athetosis 運動が四肢に波及したものとして当然一種の歩行様運動の形をとることがある。この場合の神経々路も赤核小脳脊髓路であるが、歩行様運動はすべてこの経路をとるものであろうかと云う点に至つては猶解決すべき幾つかの問題がある。之等の問題に関しては著者等の 1 人佐藤が別に詳しく論ずる豫定である。

然らば赤核小脳脊髓路は小脳を経て脳幹に再

歸する道は如何であるか。この問題に就ては、著者等が既に報告した前庭神経核の化学的刺戟 (8) によつて現出する諸現象を想起せざるを得ない。即ち赤核刺戟による Athetosis 肢位及び Athetosis 運動は前庭神経核刺戟の際に出現する状態と極めて似た点が多く、姿勢の変化の起る点を除くと殆んど区別すべき点がない様に思われる。

赤核、小脳、前庭神経核等の機能的結合に関して、以上の事実は大きい示唆を投ずるものとして注目の必要があると考えられる。

## V. 結 論

1) 赤核の化学的刺戟によつて特有の Athetosis 肢位、Athetosis 運動並に一種の歩行様運動を生ずる。頭、頸部及軀幹は刺戟側を内にした彎曲強迫姿勢となる。

2) この特有の骨格筋現象の神経々路は中脳で交叉し小脳に入り、橋延髓に入つて下行する。

摺筆に当り、恩師茂木・加藤両教授の絶えざる御鞭撻と林教授の御指導御校閲を深謝する。

## 文 献

- 1) Ingram, W. R. and S. W. Ranson, (1932) The place of the red nucleus in the postural complex. *Am. J. Physiol.* 102, 466-475
- 2) 石塚 保 (1942) 運動現象を標示とする大脳灰白質微小刺戟法. 条件反射 4, 83-99
- 3) 工藤達之・名和 精・佐藤佐与: 中脳短横断による去脳硬直 (脳と神経に掲載予定)
- 4) 黒木昌夫 (1943) 中脳に於ける間代性痙攣と交代性痙攣. 条件反射 9-10, 3-16
- 5) Magnus, R. (1924) *Körperstellung*. Berlin.
- 6) 小川鼎三 (1939) 脳幹に於ける錐体外運動経路の問題. 日本医事新報 871号; (1943) 赤核症候群に就て 病理学雑誌 2; (1943) 赤核に関する実験科学 13
- 7) Rademaker, G. G. S. (1926) *Die Bedeutung des roten Kerne*. Berlin.
- 8) 佐藤佐与・工藤達之: 陽性硬直核に対する諸種化学物質の作用に就て (慶応医学に掲載予定)
- 9) 須田 勇 (1942) 皮質性癲癇痙攣の皮質下連鎖. 条件反射 4, 100-115
- 10) 渡辺武之助 (1943) 小脳性癲癇痙攣とその経路. 条件反射 9-10, 49-72

### Summary

1) By the chemical stimulation (nicotine and sodium citrate) of red nucleus, the characteristic athetosis-like posture and athetosis-like movement of the contralateral limbs were induced. This movement frequently developed to the locomotive movement. Besides these phenomena, a concurve posture of head and trunk to the stimulated side also resulted.

2) The nervous path for these characteristic postures and movements originates from red nucleus, after crossing at midbrain, enters into the cerebellum and then goes down to the medulla.

*(Department of Physiology, Keio-gijuku University School of Medicine, Tokyo)*

## 蟾の神経伝導速度に関する研究 (第1報) 612. 816. 5

### 部位による伝導速度の変化及波形分離

Studies on the Conduction Velocity of the Nerve of Toad. I  
The Regional Variation in Conduction Velocity and the Feature of the  
Action Potential.

眞 島 英 信 (Mashima-Hidenobu) \*

#### 緒 言

有髄神経繊維の興奮性を量的に示すにはその伝導速度が最も適当なものである (1) ことは衆知の事実である。而してこの伝導速度は (刺激部位の近傍を除けば) 刺激の強弱には関係なく常に一定の値を有する事実は有髄神経繊維の興奮性が悉く無法則に従う性質のものであることを示している。又他方に於いて伝導速度はその繊維の軸索の直径と比例関係にある (2) ことが知られているから、実際の標本では部位によって速度が変化することも考えられる。特に知覚神経繊維の如く伝導の途中に神経細胞の介在する場合は興味深いものがある。又繊維を分けず神経束のまま用いる時は各繊維の伝導速度の相異によって波形分離乃至相互作用等種々の現象が見られる。

#### 方 法

蟾の第Ⅴ後根 (Gaupp (3) によれば第10後根) 第Ⅴ脊髄神経・坐骨神経・更にその末梢を趾迄追求して出来るだけ長い標本を作つて用いた。大きな蟾では20cm以上のものが得られる。後根と前根とは同時に切り出して別々に刺激又は誘導出来る。

従來の伝導速度の測定は標本上の1点を刺激しその効果 (主として活動流) を他の2点から誘導して潜伏時間の差を求めるのであるが、2点のみの誘導ではその2点間の距離が短い場合には誤差が非常に大きくなり得るし、長い場合

にはその経過中の速度の変化を知ることが出来ない。著者はこの欠点を除くために1cm間隔で出来るだけ多くの誘導電極を並べて置きその上に標本を横たえて順次に1対づゝ増幅器に切替スイッチによって連結する方法をとつた。刺激は感応電撃でPorter型インダクトリウムの鉄心を除いたものを用いた。電極は凡て銀板で厚さ0.5mmの小板を立て、並べた。増幅器はRC結合四段で横河製電磁オシログラフのA型振動子を動作させた。この方法による潜伏時間 (又は伝導時間) の測定誤差はプロマイド紙の移動速度5m/sec 以上の時1msecが5mm以上になるから0.2mm刻みで測定すれば $\pm 0.04$ msecである。2点の差を求めた場合でも $\pm 0.08$ msec以下である。活動流の立上りの点を求める時におこる種々の誤差は立上りが緩徐な場合には相当大きいと考えられるがこの様な場合は標本中でも最も太い部分から誘導された2~3個の活動流だけに現われるもので他の部位では0.2mm刻みで充分測定出来る (第4図)。更にこの様な誤差の大きいと思われる値も前後の点に於ける値と照合して補正することが出来る。尚立上りの点に関する誤差はブラウン管による写真よりも電磁オシログラフによる写真の方が小さい。

#### 結 果

A) 伝導速度の直線性と前根後根の比較  
知覚神経又は運動神経の各々につき測定するために前根 (又は後根) を刺激して坐骨神経に至る間の数個の点から誘導した結果の1例は下の如くである (第1表)。

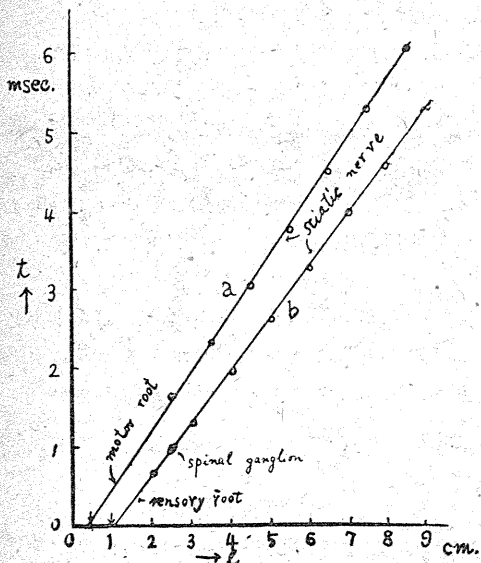
\* 東京大学医学部生理学教室 (坂本研究室)

第1表

(a) 前根刺激		(b) 後根刺激	
l (mm)	t (msec)	l (mm)	t (msec)
20	1.58	10	0.66
30	2.30	20	1.30
40	2.99	30	1.91
50	3.74	40	2.59
60	4.46	50	3.38
70	5.30	60	3.93
80	6.05	70	4.52
		80	5.26

l—刺激点誘導点間の距離 (傳導距離)  
t—潜伏時間 (傳導時間)

第1図はこの関係を図示したものであるが、一見して直線上に在ることが察せられる。今図上で目測によつてこの直線を描いてその傾斜 (l/t) 即ち傳導速度を求めてみると、前根刺激(a)では 13.5m/sec 後根刺激 (b) では 15.0m/sec である。第1表の値を最小自乗法で処理して得られる直線の方程式は夫々 a) から  $l=13.4t+0.28$  b) から  $l=15.2t+0.16$  であつて目測による傳導速度に1位の桁迄一致している。又この直線は殆んど刺激点を過つてゐることが解る。何れにしても蠶の第Ⅷ脊髄神経に於いては傳導速度最大の纖維は常に後根に属している (知覚神経纖維である)。第Ⅷ脊髄神経を用いた実験では後根



第1図 縦軸は傳導時間、横軸は傳導距離  
直線 a は前根刺激により坐骨神経から誘導した場合、直線 b は後根刺激による。横軸上の矢印は刺激点 (本文参照)

に於ける最大速度と前根に於けるそれと全く相等しい場合があることは注意を要する。

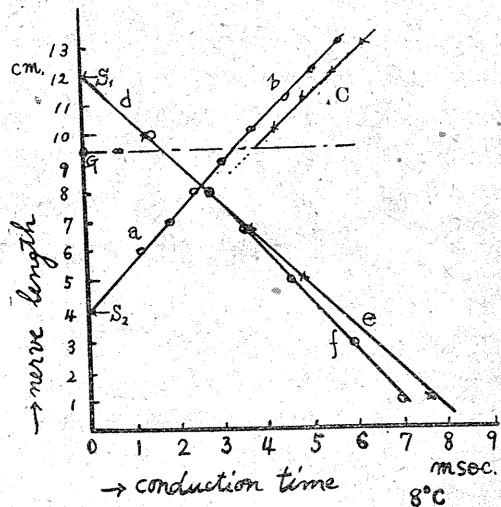
B) 脊髄神経節に於ける傳導

知覚神経の細胞は脊髄神経節に在つてその突起は樹枝状突起と軸索突起とが細胞体に入る部分で配合しT字型を呈している。この様な処を通過して傳導する場合そこで傳導時間の遅延があるか否かは、傳導に対し神経細胞が如何に関与するかの問題並びに軸索に分歧がある場合速度は変化するかという問題に関連して興味あるところである。

A)に於いて既に知り得た如く後根及脊髄神経を通じて傳導速度は一定であるから、このことから直ちに脊髄神経節に於ける傳導時間の遅延はないことが結論される。

実際の測定に當つては理由は未だ明らかではないが後根 (又は前根でも) の傳導速度が脊髄神経のそれより明らかに小さい場合がかなりある。低温或は環境不良等が原因として考えられるが確實ではない。

麻醉時にはこの傾向が著しく明瞭になる(4)。し



第2図 縦軸は標本の長さ、横軸は傳導時間  
S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>は刺激点、Gは脊髄神経節の位置を示す。即ちGより上は前根又は後根である。S<sub>2</sub>刺激により脊髄神経上の4点より誘導して a を得る。後根及前根上の4点より誘導して夫々 b 及 c を得る。a と b とは G の高さで交る。同様にして S<sub>1</sub> (前根) 刺激により d 及 e, S<sub>1</sub> (後根) 刺激により d 及 f を得る。ab と fd, c と de とは互に可逆的である (本文参照)。

かしこの様な標本についても後根部及脊髄神経節では各々伝導速度の直線性は保たれているのである。而してこの2つの直線は脊髄神経節の部位で相交る(第2図)。今脊髄神経節を中央に含む1cmの伝導時間を $t_2$ とし、この部を挿む前後の1cmの伝導時間を夫々 $t_1$ ,  $t_3$ とした場合の実測値は第2表に示してある通りである。脊髄神経節に於ける伝導時間の遅延は $t_2 - (t_1 + t_3)/2$ で与えられる(第2表)。この値は誤差の範囲内にあつて遅延のないことを示している。

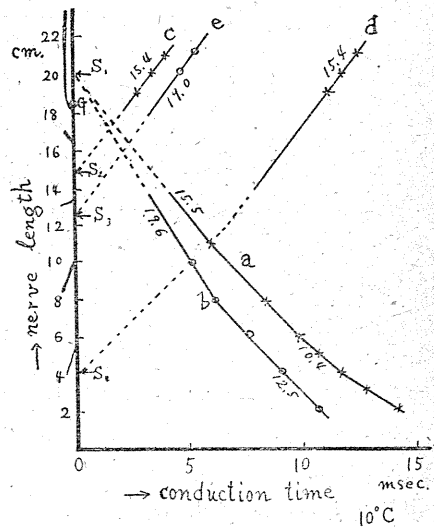
第2表

実験月日	室温(°C)	$t_1$ (msec)	$t_2$ (msec)	$t_3$ (msec)	遅延(msec)
VIII 11	29	0.32	0.39	0.39	0.03
X 29	23	0.29	0.25	0.25	-0.02
X 15	21	0.34	0.36	0.32	0.03
〃	21	0.29	0.34	0.34	0.02
〃	21	0.43	0.36	0.32	-0.02
26	19	0.32	0.32	0.34	-0.01
27	19	0.37	0.36	0.35	—
X 16	15	0.50	0.52	0.54	—
25	17	0.31	0.43	0.41	0.07
XII 1	13	0.54	0.58	0.57	0.02
7	12	0.66	0.67	0.82	-0.07
9	11	0.60	0.62	0.63	—
21	10	0.61	0.64	0.66	—
I 11	8	0.66	0.64	0.78	-0.08
19	8	0.50	0.67	0.61	0.03

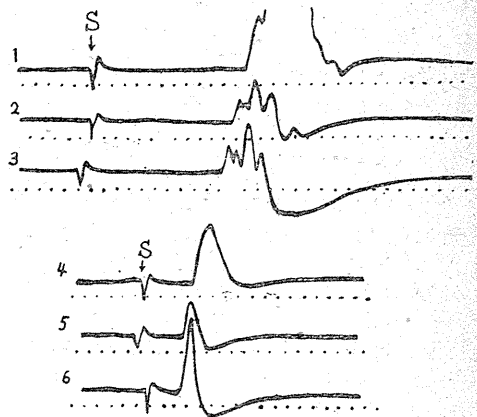
$$\text{遅延} = t_2 - \frac{t_1 + t_3}{2}$$

C) 末梢部に於ける伝導速度と波形分離

前根又は後根を刺激して伝導速度を脛骨神経及びそれより更に末梢部に至る標本の全長に恒つて追求してみると坐骨神経迄は保たれている直線性はその末梢に伝導するにつれて保たれなくなる事が解る(第3図 a, b)。この場合坐骨神経及び明らかに速度の小さくなつている脛骨神経部を刺激して逆向き伝導の場合の前根(又は後根)に於ける伝導速度を前根(又は後根)から誘導して測定してみると、根部に於ける速度は伝導方向に関係なく全く等しい値を示す(第3図 c, d 及第4図)。つまり伝導速度の減少は神経束に分歧がある爲大なる速度を有する繊維が末梢になるに従つて少くなるという原因によるものではなくて、同一の繊維について末梢部では何かの原因によつて速度が減少するのであると考えなければならない。



第3図 縦軸は標本の長さ、横軸は伝導時間  
 $S_1 S_2 S_3 S_4$  は刺激点、Gは脊髄神経節の位置を示す。  
 ×—×は後根刺激又は誘導である。  
 ○—○は前根刺激又は誘導である。  
 図上の数字は其の部に於ける伝導速度(m/sec)を示す(説明本文)。



第4図

1, 2, 3は第3図に於ける直線dを得た時の3個のオシログラム。4, 5, 6は同じく直線cを得た時の3個のオシログラムである。

刺激点の遠近(伝導距離の長短)に関係なく後根に於ける速度の等しい事を示す。特にdでは末梢部の速度は後根部より小さいので、伝導につれて速度が増大していることになる。

Sは刺激 artifact, 時尺は1/1000秒

伝導距離17cm以上の場合活動流の波形分離は著明に見られるが、その典型的のものは第5図の如きものである。前根刺激によつても後根

刺激によつても3つの山を区別し得るが両者は全く別個のもので互に対応する山を見出すことは困難である。

### 考 按

Erlanger 等 (5) は食用蛙の第Ⅷ脊髄神経を用いて末梢の坐骨神経を刺激し前根及後根から活動流を誘導した結果、後根から誘導された場合の方が潜伏時間にして平均 0.14msec 遅く、しかもこの値は伝導距離の大小に関係なく不変であるから脊髄神経節に於ける遅延であると述べた。しかし当時の不鮮明な写真では活動流の起点は定め難くこの程度の値は当然誤差の範囲内にあると考えられる。この問題に関してはこれより前 Lenniger (6) の実験があるがその結果は蛙について前根から誘導されたものも後根から誘導されたものも潜伏時間に有意の差を認め

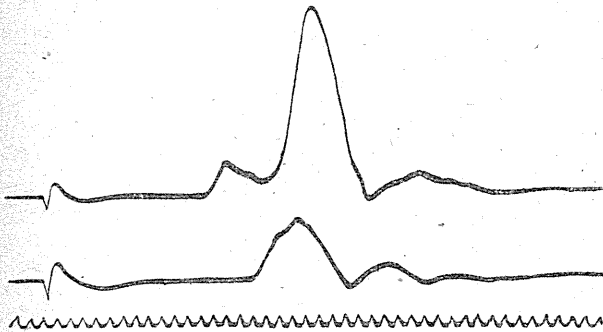
難いと言つている。その論文所載の写真では後根から誘導されたものゝ潜伏時間の方が明らかに小である。

著者は食用蛙で追試した結果蟻と同様であることを確かめた。前根及後根から得られる潜伏時間の差は主として速度の相異に基づくもので例えば伝導距離 4cm のとき後根誘導の方が前根誘導より 0.19msec 小さい例で 7cm のときには 0.44msec である。

脛骨神経に於ける速度の減少の原因としては軸索の直径の減少 (12) 絞輪間距離・織維間の相互作用 (interaction) 等の要因が考えられるが未だ証明がない。更に末梢部の著明な速度の減少は趾に至る織維には最も太直径のものが欠けているためのもと考えられる (7)。相互作用の可能性に関しては既に Marrazzi & Lorente de Nö (8) の報告があるが、著者は別に次の如き実験を行つた。

即ち刺激電極と誘導電極とを出来るだけ遠く離して伝導距離を充分長くして活動流を撮る (第5図)。次に標本及電極には手を触れず接続だけを変えて刺激電極と誘導電極とを交換して再び活動流を撮る (第6図)。相互作用がなければ両者は類似の波形を示すべきであるが事實は全く変つてしまうことが解る。一般に末梢側が刺激電極である場合には鋸歯状の切れ込みが数多く生ずる傾向がある。尤もこの原因は相互作用ばかりではないかもしれない。何れにしてもこの事實は Gasser の “reconstruction method” (2) に対する重大な批判になると考えられる。

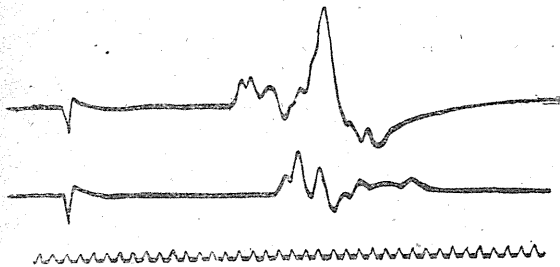
蟻では波形分離が起り難いとされていたが標本を充分長くすれば明瞭に起るものであることが報告されている (名取 (9), 李 (10))。著者は前根刺激の両者に夫々3つの山を認めた。後根に属する3つの山は皮膚神経から得られた活動流にもそのまま見られ Matthews (11) が蛙で見た結果に一致した。



第5図

上は蟻の第Ⅷ後根刺激、下は前根刺激により脛骨神経末梢部より誘導されたオシログラム。

伝導距離は17cm、各々3つの山に分れるが対応はしていない、最も速い織維は後根に属する。時尺は1/1000秒。



第6図

第5図と全く等しい電極を用い唯刺激電極と誘導電極とを交換して得られたオシログラム。

即ち末梢刺激により上は後根より下は前根より誘導された。第5図に比し著しく切れ込みの多い波形となる。時尺は1/1000秒。

## 結 論

蟾の脊髄根及末梢神経標本を用いて伝導速度を測定して次の結果を得た。

1) 前根又は後根から坐骨神経迄の間では伝導速度は一定であつて伝導距離～伝導時間曲線は直線となる。第Ⅸの根では後根の方が前根より大なる速度を有する。

2) 従つて脊髄神経節に於ける伝導時間の遅延は認められない。

何等かの条件又は環境不良の爲に後根の伝導速度が減少している場合でも矢張り遅延を認めることは出来ない。

3) 脛骨神経及びその末梢部では伝導速度が減少する。理由は明らかでないが速度大なる繊維の分岐による消失のためではない。

4) 伝導距離 17cm<sup>+</sup>以上の場合前根刺激によつても後根刺激によつても明瞭な波形分離を認め、山の数は両者共3個であるが対応はしていない。電極を交換して前根及後根から誘導する

と全く交つた切れ込みの多い波形が得られる。恐らく各繊維の相互作用の違いによると思われる。

終りに臨み坂本教授の御校閲を深謝する。

## 文 献

- 1) Erlanger, & Gasser (1937) Electrical Signs of Nervous Activity.
- 2) Gasser, & Grundfest (1939) Am. J. Physiol. 127, 393
- 3) Gaupp, E. (1896) Anatomie des Frosches.
- 4) 眞島英信 (1949) 脳と神経 1, 6号
- 5) Erlanger, Bishop & Gasser (1926) Am. J. Physiol. 78, 574
- 6) Lenninger, E. (1913) Zeitschr. f. Biol. 60, 75
- 7) Llogd, D. P. C. & H. T. Chang (1948) J. Neurophysiol. 11, 199
- 8) Marrazzi & Lorente de N6 (1944) J. Neurophysiol. 7, 83
- 9) 名取礼二 (1938) 日本生理誌 3, 327
- 10) 李長源 (1940) 日本生理誌 5, 102
- 11) Matthews, B. H. C. (1929) J. Physiol. 67, 169
- 12) 高木純五郎 (1948) 医学綜報 2, 312

## Summary

A nerve preparation consisting of the 9. ventral (or dorsal) root, the 9. th spinal nerve, the sciatic and the tibial nerve of toad was used. By measuring the conduction velocity in each part of the preparation, following results were obtained.

1) The conduction velocity is constant from the ventral (or dorsal) root to the sciatic nerve. The fiber which has the highest velocity is always involved in the dorsal root.

2) No delay is observed when  $\alpha$  or pre- $\alpha$  wave is propagated through the dorsal root ganglion.

3) The velocity is slower in the tibial nerve and in the more peripheral part. The reason is not clear, but it will be sure that the most rapidly conducting (largest) fiber does not branch off.

4) When the ventral or the dorsal root fibers are stimulated, three distinct elevations are formed after 17 cm. or more distance of centrifugal conduction; however, each elevation of the ventral root fibers does not correspond to that of the dorsal root fiber. In the cases of the centripetal conduction, if the action potentials are led off from both roots, quite different rugged forms of action potential are obtained. It is probable that the interaction between adjacent nerve fibers at any direction of conduction differs from that at the opposite direction of conduction.

(Department of Physiology, Med. Faculty, University of Tokyo)

蟾の神経伝導速度に関する研究 (第2報) 612.816.5

脊髄後索に於ける伝導速度

Studies on the Conduction Velocity of the Nerve of Toad. II  
The Conduction Velocity in the Dorsal Column of the Spinal Cord.

真島英信 (Mashima-Hidenobu) \*

緒言

後根を經由して脊髄に入る知覚神経繊維のうち  
の大部分はその後角に終るが一部分はそのま  
ゝ脊髄を上行して後索を形成している。従つて  
後索内のこの繊維は末梢神経と同様に扱ふこと  
が出来ぬ。

方法

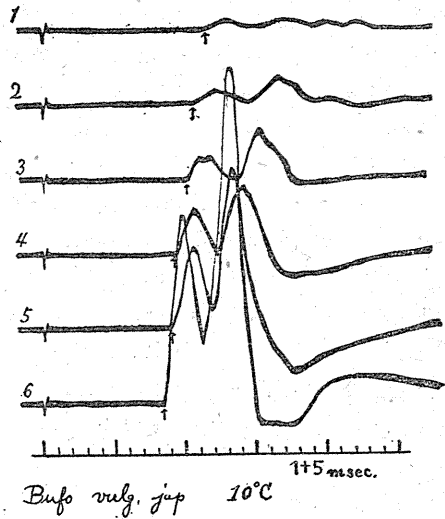
蟾の脊柱を背側から鋏で切り開いて脊髄を充  
分露出し第Ⅸ後根又は更にその末梢部を上げ  
ながら後索を鋭利な小鋏でそぎ取る。装置其の  
他は第1報と同様であるが後索は全長2cmに満  
たないから誘導電極は3mm 間隔に並べ他極は  
延髄側の切口に置いて単相性誘導を用いた。

結果

坐骨神経を刺激して後索から3mm 間隔で單  
相性誘導を行つた時の活動流は第1図の如きも  
のである。後根に於て既に2つの山に波形が分  
離しているのが認められるがこの両成分共後索  
を上り延髄に達している。活動流の高さは脊髄  
に入つたところから指数函数的に減少してい  
る。この減少の割合は両成分について同様であ  
る。脊髄の入口のところから誘導された場合殊  
に明瞭に見られる活動流の後部の緩徐な陰性変  
動は後根電位 (dorsal root potential) であつて、  
この部で終る繊維の数が非常に多いことを物語  
つている。

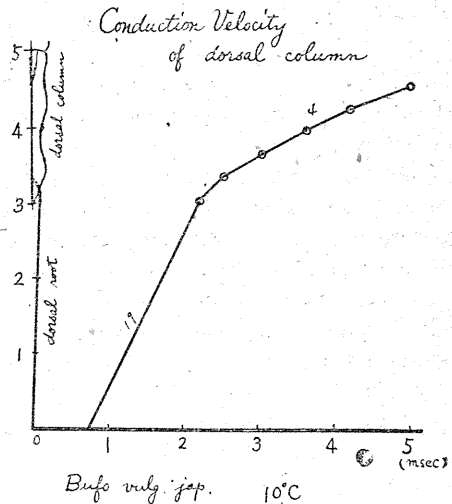
第2図は縦軸に傳導距離横軸に傳導時間をと  
つてあるから、この図上で傾斜が傳導速度を現

\* 東京大学医学部生理学教室 (坂本研究室)



第1図

1, 2, 3, 4, 5, 6は蟾の第Ⅸ後根が脊髄(後索)に入  
る処から夫々15mm, 12mm, 9mm, 6mm, 3mm, 0の  
点より誘導されたオシログラム

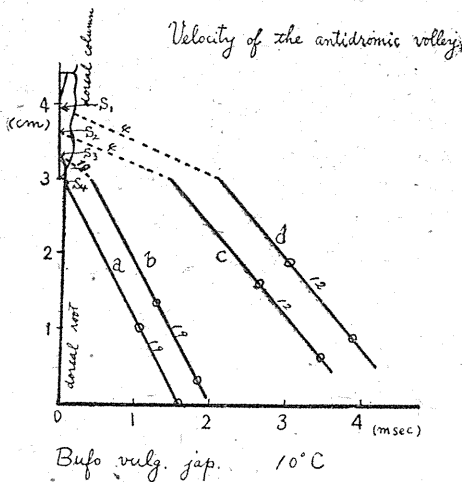


第2図 縦軸は標本の長さ、横軸は傳導時間  
第1図からの実測値を記入したもの。図上の数字は

其の部の傳導速度を示す。脊髓に入るや速度が急激に減少するのが解る。

わしている。図から後根に於ける速度は19m/secであるが後索では速度は次第に減少して平均4m/secである。多くの例で1/4~1/6に低下する。しかしながらこの場合の速度減少は脛骨神経末梢部に見られたものとは異なるであろうことは後根電位を伴う程この部で終る繊維の数が多きことから容易に察せられる。

そこで逆向き(antidromic)に後索を刺激して後索を上る繊維の後根に於ける傳導速度を測定してみると(第3図), 後根に近い点を刺激した場合には19m/secを得るが延髄に近い点を刺激した場合には12m/secという少々小さい値を得る。この値から後索中の速度を第3図点線に示す如く推定してみると19m/secのものは10m/secになり12m/secのものは4m/secに減少してい



第3図 縦軸は標本の長さ、横軸は傳導時間  
S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> は後根が脊髓に入る処から夫々9mm, 6mm, 3mm, 0の点である。各点を刺激して後根に於ける2点から誘導して直線 d, c, b, aを得る。

図上の数字は其の部の傳導速度を表す。点線の部は推定である(説明本文)。

ることが解る。結局後根から後索に傳導する際傳導速度は急激に1/2~1/3減少してしまうことになる。

考 按

この様な速度の急変が如何にして生起し得るかは興味あるところであるが, Cajal(1)によれ

ば猫の後索の纖維は2~3μの細いものが多い。最近細川(2)は犬の前根及後根が脊髓に入る部分の軸索染色を行つて軸索直径がこの部で急激に減少していることを認めた(第4図)。



第4図

犬の後根(上)及前根(下)が脊髓に入る部分の神経纖維軸索の太さの変化の様子がよく解る。  
Bielshowsky 軸索染色(細川原図)

Gasser & Graham(3)は猫の後索に於ける傳導速度が次第に減少してゆくことを指摘しているが、この理由に就いては脊髓の腰部膨大部では纖維の直径が大であるが上行するにつれて減少するので速度の方もそれに伴つて変化すると説明している。しかし腰部膨大部は灰白質の膨大であつて纖維の直径は後根から脊髓に入る部位で急激に減少し後は変らないから以上の説明は困難である。矢張り直径大で速度大なる纖維の大部分が比較的下部に於いて終り或は他側に移行するため延髄迄上る纖維は速度の少々小さいものであることに依る見掛け上の漸減であると考えなければならない。

眞島(4, 5)は反応時間測定により人の脊髓上行経路に於ける速度を推定したが末梢神経に比し1/2~1/3に減少する結果を得た。この際経路は後索ではないが纖維の直径の変化は同様であると考えられる。

藁に於ける纖維の直径の変化は円谷によつて観察されたが(6)その組織学的所見は哺乳類と

近似しているから恐らく同様と見て差支えないと思われる。尙脊髓に於ける繊維は末梢に比して可なり細く Ranvier 氏絞輪は認められなかつた (6)。

### 結 論

- 1) 蟻の脊髓後索の伝導速度は後根に於けるその  $1/2 \sim 1/3$  であつて、この速度の変化は後根が脊髓に入る部分に於いて急激に行われる。
- 2) この変化は繊維の直径の変化に一致して起ると考えられる。
- 3) 活動流の波形分離による第1, 第2両波とも後索を上行するが最も速い一群の繊維は後

索に加わらない。

終りに臨み、坂本教授の御懇切なる御指導に深謝する。

### 文 献

- 1) Cajal : 3) より引用
- 2) 細川 宏 (未発表)
- 3) Gasser & Graham (1933) Potentials produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots Am. J. of Physiol, 103, 303
- 4) 眞島英信 (1949) 反応時間による脊髓 (上行繊維) 伝導速度の測定 日本生理誌 11, 204
- 5) 眞島英信 (1950) 電気的皮膚刺激による反応時間の測定及び脊髓上行繊維の伝導速度の推定 生体の科学 2, 22
- 6) 円谷 豊 (1951) 冬眠中の蟻から作った後索—後根標本に於ける神経線維の活動電流及び伝導速度に関する研究 日本生理誌 13, 375

### Summary

- 1) When the action potential wave is propagated from the dorsal root into the dorsal column, the conduction velocity decreases abruptly in the dorsal column to  $1/2 \sim 1/3$  of that in the dorsal root in coincidence with the sudden decrease of the nerve fiber diameter at the dorsal column region of the entrance of the dorsal root.
- 2) The first two distinct elevations of action potential travel along the dorsal column and run up to the medulla oblongata; but among the fiber groups which correspond to the first elevation the most rapidly conducting group does not come into the dorsal column.

(Department of Physiology, Med. Faculty, University of Tokyo)

## 中枢神経系の化学的発物質としての glutamin 酸 Na に対する蛋白体及び

### 組織乳剤の抑制現象及び脱制止現象について 612.822.2

Epileptogenic Action of Glutamate Directly Applied into the Brain of Animals  
and Inhibitory Effect of Proteins and Tissue Emulsions on its Action.

岡 本 彰 祐 (Okamoto-Shosuke)\*

#### I. 序 論

サル又はイヌの大腦皮質運動領野に感応電撃を与えると、四肢の強縮性痙攣が起り、ついで電撃をやめてからも長く続く「間代性痙攣」が見られる。この「間代性痙攣」は他の運動現象と容易に区別出来る明確な現象であるので、之を標示として多数の研究が行われ、先づ間代性痙攣は皮質錐体外路系の運動現象であることが明らかにされた。一方皮質灰白質内に微量注射して (5) 電気刺激と同じように間代性痙攣を起す物質が探し求められ、nicotine, metrazol (4), strychnine, picrotoxin (6) 及び glutamin 酸 Na (8) 等が発見された。これらの物質の内では glutamin 酸 Na が皮質に実際に存在する唯一の物質であり、生化学的にも皮質機能との関連の豫想されるアミノ酸である。従つて末梢神経系の化学的傳導物質に対応する中枢神経系の化学的発物質、すなわち刺激によつて皮質内に発生し、運動現象を起し得る物質を追究しようとする著者等にとつて、glutamin 酸 Na は問題の鍵を握るものと見做されたのである。

しかし、特別の注意を払ふことなしにつくられた glutamin 酸 Na 水溶液又は純度の低い溶液はそのまゝ皮質に与えても無効であるが、試験管内でこの溶液に白金電極を介して交流又は直流 (100~4V) を数秒間流したのち皮質に注射すると、始めて間代性痙攣を起し得ることが報ぜられた (2, 7)。この現象は電撃によつて皮質内に化学的発物質が生成する機制に擬することが出来る点において特に注目された。しかし乍

ら著者等は化学的に純粹な glutamin 酸 Na は通電操作を行わずに皮質に与えても間代性痙攣を起し得ることを確認した (8)。更に著者は通電操作により、粗製 glutamin 酸 Na が活性化される現象の機制を明らかにするとともに、純粹な glutamin 酸 Na の中枢作用が蛋白質、組織乳剤、CO<sub>2</sub> 等により或いは抑制され、或いはその抑制から解放される現象を見出し、こゝに報告した。

#### II. 実験方法

イヌにおいて大腦皮質運動領野に注射するとき間代性痙攣を起し得る前記 5 種の物質はすべてテンヂクネヅミ及びダイコクネヅミの脳髓穿刺により脳髓性の痙攣を惹起する。著者は種々の条件の下における glutamin 酸 Na の中枢性作用をテンヂクネヅミ又はダイコクネヅミを用いて詳細に検討し、主要成績をイヌの大腦皮質について確認する方法を選んだ。

テンヂクネヅミ及びダイコクネヅミの脳髓穿刺は石橋 (3) の方法に従つた。この時の運動現象は、立直り反射を喪失した上に、強縮性痙攣間代性痙攣、又は歩行様運動の何れか 1 つ以上を確実に認め得る場合に脳髓性痙攣陽性と記した。イヌにおける実験方法は石塚 (5) の方法による。何れの場合においても、注射量は 0.05cc とし、glutamin 酸 Na としては、武田化学で精製した glutamin 酸に Bromthymolblue を指示薬として、炭酸曹達又は苛性曹達を加え、中性とし之を煮沸して CO<sub>2</sub> を排除した後、CO<sub>2</sub> 遮断瓶内に貯え、常に CO<sub>2</sub> の介在を可及的に排除しつゝ実験した。

\* 慶応義塾大学医学部生理学教室

## Ⅲ. 実験成績

## A) glutamin 酸 Na の閾値について

## 1) テンデクネツミにおける成績

脳髓穿刺による glutamin 酸 Na の痙攣発現閾値を43頭のテンデクネツミについて測定し、次の成績を得た。

[濃度] (mol)	[全例数]	[痙攣陽性] (例数)	[痙攣陰性] (例数)
0.50	14	11	3
0.375~0.30	4	4	0
0.25~0.20	14	7	7
0.125	8	0	8
0.06~0.02	3	0	3

即ち痙攣の発現率は濃度の減少と共に減少する。閾値上の安全な値は 0.50mol, 閾値下の安全な値は 0.125mol と解して差支えない。以後痙攣陽性を期待するためには、0.50mol の glutamin 酸 Na 液を使用した。

## 2) イヌにおける成績

イヌにおける glutamin 酸 Na の閾値については、著者等はすでに1部報告したが(8), ここには7頭のイヌについての著者の成績を一括して記載する。

[濃度] (mol)	[全例数]	[痙攣陽性] (例数)	[痙攣陰性] (例数)
1.20	3	3	0
1.00	9	4	5
0.75	1	0	1
0.50	9	3	6

すなわち、イヌにおける閾値上の安全な濃度は1.20mol と見做される。

## B) 蛋白体及び組織乳劑の glutamin 酸 Na に対する抑制効果

## 1) glutamin 酸 Na に対する卵白 albumin の抑制効果

一定量の卵白 albumin 粉末に 0.5mol の glutamin 酸 Na を注ぎ、十分に溶解せしめ、その中枢作用を検して、次の成績を得た。

[共存卵白 albumin 量] (%)	[全例数]	[痙攣陽性] (例数)
2	13	1

0.6	2	0
0.2	1	1
0	14	11
(但し以上テンデクネツミ)		
2	5	0
0	6	4
(但し以上ダイコクネツミ)		

即ちテンデクネツミに於て14例中11例まで脳髓性痙攣が陽性を示す処の 0.5mol glutamin 酸 Na に2%の割合に卵白 albumin を添加することにより13例中12例まで陰性を示すに至つた。

同様の成績がダイコクネツミについても得られている。此等の実験成績により glutamin 酸 Na のテンデクネツミ及びダイコクネツミに対する脳髓性痙攣作用が卵白 albumin の共存により抑制せられる事は疑う余地がない。

次にイヌに於て同様の実験を行つた。すべて注射量は 0.05cc, 注射箇所は皮質 Gyrus Post-cruciatuatus である。

[実験例] 昭和18年10月19日 ♀, 6kg

15.25 <sup>時分</sup>	0.75mol glutamin 酸 Na 注射.	運動反応なし
31	1.20mol glutamin 酸 Na 注射.	間代痙攣を認む
40	1.20mol glutamin 酸 Na に 0.5% の割合に卵白 albumin 添加後注射.	運動反応なし
45	1.20mol glutamin 酸 Na に 0.1% の割合に卵白 albumin 添加後注射.	間代痙攣を認む
16.10	1.20mol glutamin 酸 Na に 0.25% の割合に卵白 albumin 添加後注射.	微弱な間代痙攣を認む
15	同上注射.	運動反応なし
20	同上注射.	間代痙攣を認む

すなわちイヌの皮質に与えれば、1.20mol の glutamin 酸 Na は確実に間代痙攣を起すが、卵白 albumin を 0.5% 共存せしめることにより、痙攣は抑制される。

## 2) 蛋白体又は組織乳劑の制止効果

卵白 albumin 以外の蛋白及び組織乳劑は、

glutamin 酸 Na の作用に対して、制止効果を示すか否かを検討して、次の成績を得た。

〔共存物質名及濃度〕	〔痙攣陽性〕 (例数)	〔痙攣陰性〕 (例数)
1. haemoglobin (2%)	0	1
2. 馬血清偽globulin (2%)	0	2
3. 馬血清真正 globulin (2%)	0	2
4. 馬血清 albumin (2%)	1	1
5. 同 上 (2%)	1	0
6. 馬血清 (50%)	3	2
7. 犬筋肉乳劑 (18%)	0	2
8. 犬大脳皮質乳劑 (18%)	0	2
9. 同 上 (9%)	1	0

〔備考〕但し、上記 2, 3, 4 項はダイコクネツミ、他の全例はテンデクネツミを使用した。

上記の成績に基き、各種の蛋白質において、多かれ少なかれ、glutamin 酸 Na の中枢作用に対する制止効果がみられた。又筋及び大脳組織乳劑の制止効果が観察されたことは注目に値する。

3) 蛋白質以外の物質、とくに吸着剤又は膠質等の制止効果検討

前項に於いて、蛋白質及び組織乳劑の制止効果を見たが、蛋白質以外の物質、とくに吸着剤又は膠質等によつても、制止効果は見られるものであろうか。以下テンデクネツミについての実験成績を記載する。

〔共存物質名及び濃度〕	〔痙攣陽性〕 (例数)	〔痙攣陰性〕 (例数)
獸炭末 (10%)	2	0
アラビヤゴム (10%)	2	0
酸性白土 (10%)	1	1
水酸化アルミニウム (10%)	1	0
histidin (2.2%)	2	0
arginin (2.0%)	2	0

すなわち、獸炭末、アラビヤゴム、酸性白土水酸化アルミニウム等の吸着剤又は膠質には抑制効果は先づ存在しない。一方 glutamin 酸 Na が dicarbon 酸であることに注目して、diamino 酸である arginin 及び histidin に注目したが、制止効果はみられなかつた。従つて著者は数種の蛋白質及び組織乳劑にのみこの制止作用を証

明した。

4) glutamin 酸 Na と共存する卵白 albumin に対する血清学的検討

4 匹の家兎を用いて、glutamin 酸 Na 添加卵白 albumin を免疫抗原として耳静脈注射によつて抗血清を製し、i) 1% 卵白 albumin 及び ii) 2 mol glutamin 酸 Na と共存する 1% 卵白 albumin を夫々試験管内抗原として、組合せて沈降反応(重層法)を行い、夫々の抗原價及び抗体價を測定すると共に、この抗血清により 8 匹のテンデクネツミを受身感作し、anaphylaxis 試験を行つたが、何れの場合においても、抗原としての卵白 albumin と glutamin 酸 Na 添加卵白 albumin は如何なる差異をも示さなかつた。

### C. 蛋白質及び組織乳劑の抑制効果の除去について

#### 1) 酸性通電操作

化学的純粹の、且つ CO<sub>2</sub> を除外して注意深く保存された glutamin 酸 Na は後にのべるように、酸性通電操作によるも、閾値を変動しない。では共存蛋白質又は組織乳劑により中枢作用を抑制された glutamin 酸 Na 酸性通電操作を行えば、果してその作用を復活するであろうか。以下テンデクネツミの脳髓性痙攣を標示として実験した成績を要約する。

〔物質名及び操作〕 (痙攣)

A) 2% 卵白アルブミン添加		
0.5mol glutamin 酸 Na		—
同上液 5cc + 10% HCl 1 滴添加		—
同上液酸性液 + 100V 10 秒通電		+
B) 2% haemoglobin 添加		
0.5mol glutamin 酸 Na		—
同上液酸性通電		+
C) 18% 犬大脳皮質乳劑添加		
0.5mol glutamin 酸 Na		—
同上液酸性通電		+

すなわち卵白 albumin の共存により作用を失つた glutamin 酸 Na に対して、酸性において白金電極を介し交流通電を行えば、その中枢作用は恢復する。略同様の成績が haemoglobin 及び犬大脳皮質乳劑の glutamin 酸 Na に対する抑制

現象においても見られた。

尚イヌの皮質運動領野についても上記成績は確認された。

(実験例) 昭和18年10月8日 ♂, 10kg  
13.30 1mol glutamin 酸 Na に10%の濃度に卵白 albumin を添加後注射。運動反応なし。

40 同上液を酸性にし、白金電極により100 V 5秒通電後注射。5秒後より20秒間にわたり間代痙攣を認む。

一方、次の実験に示される様に、蛋白体又は組織乳剤を共存しない化学的純粋の glutamin 酸 Na の溶液は、酸性にすることによつても、通電操作によつても、中枢作用の閾値を變動しない(実験動物はテンデクネツミ)。

(物質名及び操作)	(痙攣陽性) (例数)	(痙攣陰性) (例数)
A) 0.30mol glutamin 酸 Na	2	0
B) 0.25mol glutamin 酸 Na	1	4
同上液1cc+10% HCl 1滴	0	2
同上酸性液10秒通電	0	3
C) 0.125~0.100mol glutamin 酸 Na (酸性)	0	2
同上液10秒通電	0	7

即ち閾値下の、しかも閾値に近い glutamin 酸 Na を酸性にしても、又通電操作を行つても、中枢作用を発現することはない。即ち酸性又は酸性通電操作は單獨に存在する glutamin 酸 Na の閾値を下降せしめることはない。従つて蛋白体又は組織乳剤と共存し、中枢作用を失つた glutamin 酸 Na に酸性通電操作を行つると中枢作用が恢復する事の機制は、蛋白体等の glutamin 酸 Na に対する抑制作用が通電操作により除去された事に基くものと考えられる。

## 2) 除蛋白操作

酸性通電操作は蛋白体の抑制作用を攻撃するものであつた。従つて除蛋白操作も蛋白体と共存する glutamin 酸 Na の作用を恢復せしめることが豫想される。以下テンデクネツミを使用して行つた実験成績を要約する。

### A) sulfosalicyl 酸による除蛋白操作

i) 2%卵白 albumin 共存0.50mol glutamin 酸 Na は痙攣作用陰性。

ii) 4%卵白 albumin 共存 1.0mol glutamin 酸 Na を醋酸及び 10% sulfosalicyl 酸で2倍に稀釈後、遠心分離上清は痙攣作用陽性。

iii) 同上除蛋白剤は痙攣作用陰性。

### B) 加熱除蛋白

i) 2%卵白 albumin 共存0.50mol glutamin 酸 Na は痙攣作用陰性。

ii) 同上液加熱、蛋白凝固後の上清は痙攣作用陽性。

### C). 硫酸除蛋白上清も同じく痙攣陽性

すなわち蛋白体と共存する glutamin 酸 Na の中枢作用は、2, 3 の簡単な除蛋白操作により恢復する。

## 3) pH の移動

2% の卵白 albumin の共存により中枢作用を抑制された 0.50mol glutamin 酸 Na 溶液の pH をアルカリの側に移動せしめると、(苛性曹達使用) 痙攣作用恢復する。その実験成績を示すと(実験動物はテンデクネツミ)

(pH)	(全例数)	(痙攣陽性) (例数)	(痙攣陰性) (例数)
6.0	13	1	12
8.0	4	4	0

しかし乍ら pH 8.0 で glutamin 酸 Na の作用が恢復しても、蛋白体の可視的な変化も、見出されない。また pH 8.0 においては 0.50mol の glutamin 酸 Na 溶液に卵白 albumin を飽和せしめても、抑制作用はあらわれない、しかし乍稀塩酸の微量を滴下し、pH を再び 6.0 に減少せしめるときには、glutamin 酸 Na の中枢作用は可逆的に抑制される。この可逆性についての実験は同一の卵白 albumin 共存 glutamin 酸 Na 溶液の pH を数回くりかえして變動せしめて常に証明することが出来る。

一方 glutamin 酸 Na の脳髓性痙攣についての閾値は、pH の激しい變動によつてさえ、明瞭な上昇又は下降を示さない。従つて pH の變動は glutamin 酸 Na の單獨の閾値を変化せしめるものでなく、蛋白体の抑制作用を變動せしめる

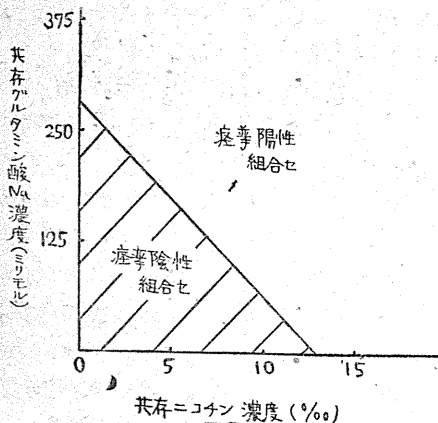
ものである。

4) nicotine による蛋白体の制止効果除去  
nicotine の如く単独に投与して脳髓性痙攣を起し得る物質を微量に介在させれば、蛋白体の共存により制止せられた glutamin 酸 Na の中枢作用はどう変化するであろうか。この点についてテンデクネヅミを使用して、下記の実験成績を得た。

[物質名及び操作]	痙攣陽性 (例数)	痙攣陰性 (例数)
A) 2% 卵白 albumin 共存 0.50mol glutamin 酸 Na	1	12
B) 同上液に 0.1% の割合に nicotine 添加 (nicotine の閾値 1/15)	2	1
C) 0.6% 卵白 albumin 共存 0.50mol glutamin 酸 Na	0	2
D) 同上液に 0.1% の割合に nicotine 添加	3	0

すなわち閾値の 1/15 の nicotine の添加により卵白 albumin の glutamin 酸 Na に対する抑制は除去される。しかるに上記の濃度の nicotine 添加により、溶液は既に弱塩基性を示している。故に nicotine は pH の増大を中継として glutamin 酸 Na の作用を恢復せしめるものと一応理解される。

一方共存 NaOH は glutamin 酸 Na の閾値に対して殆んど無関係であるが、共存 nicotine は glutamin 酸 Na の閾値を著明に減少せしめ得る。この関係に関する実験成績を要約して第 1 図に



第 1 図  
グルタミン酸 Na とニコチンの混合液の痙攣作用

示した。すなわち glutamin 酸 Na と nicotine の各種濃度の混合液のうち、図表の斜線部の組合せはすべて中枢作用を有せず、斜線外の組合せはすべて有効である (実験動物はテンデクネヅミ)。すなわち nicotine と glutamin 酸 Na の混合液の中枢作用は夫々の作用の簡単な加算である。

従つて nicotine による蛋白体抑制効果の除去は i) pH の増大, ii) nicotine と glutamin 酸 Na の共同作用の 2 つの原因に基くものと結論される。

#### D) CO<sub>2</sub> の関与と通電操作機序

##### 1) glutamin 酸 Na の閾値の安定化

初期の研究に用いられた純度の低い glutamin 酸 Na 溶液は白金電極による通電操作を俟つて始めて中枢作用を示し得た (所謂通電活性化)。その後著者等は化学的純粋な glutamin 酸 Na は通電操作を経ずして有効であることを報告したが、これらの化学的に純粋な glutamin 酸 Na 溶液も 1~2 週間の放置により中枢作用を失い、通電により再びその作用を恢復するこのような不可解な現象は長い間研究の大きな障碍であつた。

著者は放置による glutamin 酸 Na の閾値の上昇が寒冷時に顕著な事実注目し、寒冷時に空气中の CO<sub>2</sub> の溶液に対する溶解度が上昇することとの関連を豫想して、glutamin 酸 Na 溶液と CO<sub>2</sub> ガスとの接触を除外した処、閾値が著しく低下し、且つ安定化されることを見た。すでに実験方法の項で述べた様に、本報告においては明記なき限りすべて試験管内における CO<sub>2</sub> の影響を除外した glutamin 酸 Na を用いて実験が行われたものであつた。

##### 2) 通電操作と CO<sub>2</sub>

又この様に CO<sub>2</sub> の影響を除外すれば、閾値が安定するのみならず、通電操作による閾値の下降もほとんど証明され得ない。このことは初期に使用された純度の低い glutamin 酸 Na においても、化学的に純粋な glutamin 酸 Na においても、全く同様である。この点について、テンデクネヅミを用いた実験成績をここに記載する。

[濃度]	[化学物質及操作]	[痙攣 陽性 (例数)]	[陰性 (例数)]
0.30mol	glutamin酸Na(化学純)液	2	0
0.25mol	同上液	1	4
0.25mol	同上酸性液	0	2
0.25mol	同上酸性通電	0	3
0.125mol	glutamin酸Na(化学純)液	0	8
0.125mol	同上酸性通電	0	3
9%	粗製glutamin酸Na液	1	3
4%	同上液	0	5
4%	同上酸性	0	2
4%	同上酸性通電	0	3
0.8%	粗製glutamin酸Na液	0	1
0.8%	同上酸性通電	0	4

すなわち、CO<sub>2</sub>の介在なしには、閾値下の化学的純又は粗製 glutamin酸 Na が通電操作により、中枢作用を示す様になる（活性化）ことはない。

### 3) glutamin 酸 Na に対する CO<sub>2</sub> の影響

そこで著者は化学的純粋の glutamin酸 Na の水溶液を冷却しつゝ CO<sub>2</sub> ガスを通じ、その中枢作用をテンデクネヅミで検討し、次の成績を得た。

[化学物質及操作]	[痙攣 陽性 (例数)]	[陰性 (例数)]
A) 0.5mol glutamin酸Na(中性)	11	3
B) 同上液を冷却しつゝ CO <sub>2</sub> を通ずる (90分)	0	8
C) (B)液を酸性通電	4	2
D) (B)液を塩基性にする	3	2
E) (B)液を蒸発乾固後調製した0.50mol溶液	2	0

従つて CO<sub>2</sub> の介在により glutamin酸 Na は中枢作用を失うことは明らかである。この機制として考えられる1つの可能性は、CO<sub>2</sub> により glutamin 酸 Na が何等かの不活性の物質に轉化することであろう。実体的には glutamin 酸 Na のアミノ基に CO<sub>2</sub> が添加された carboxyl-glutamate が許される1つの豫想である。この反応は可逆反応であり、すでに生体内の CO<sub>2</sub> の運搬系として存在することが知られて居り、従つて

皮質の glutamin酸 Na が不活性の物質に轉化する過程に擬する事が出来ることは興味あることである。然し乍ら glutamin 酸塩に対する CO<sub>2</sub> の作用については、今後尙検討すべき問題を残して居るものである。私共は CO<sub>2</sub> と glutamin酸 の関係について之れ以上論議することを差控えたい。

しかし何れにせよ、少くとも次の事実は明瞭である。通電活性化現象は単独の glutamin 酸 Na においては観察することは不可能であり、多くの場合には CO<sub>2</sub>、特殊の場合には蛋白体の介在によつて不活性化された glutamin酸 Na のみに通電活性化現象は存在するものである。

## IV. 考 察

### A) glutamin酸Na の中枢作用に対する蛋白体の抑制効果の機制について

著者は glutamin酸 Na の中枢の作用が共存する卵白 albumin その他若干の蛋白質により可逆的に抑制される事実を報告した。この場合に蛋白質の代りに 2, 3 の吸着能を有する物質又は膠質で置き換えることは出来ない。又 arginin, histidin の如き diamino 酸も、glutamin酸の作用を抑制することは出来ない。従つて蛋白質の抑制効果は膠質に普遍的な現象ではなく、且つ又アミノ酸のアミノ基に一般的な反応とも異なる由來を持つものであろう。更に CO<sub>2</sub> を可及的に除外した系を用いても蛋白体の抑制効果は成立するが故に、この現象を蛋白体を媒介とする CO<sub>2</sub> の作用と理解することも困難である。

一方 glutamin酸 Na に対する蛋白体の抑制効果を両者の mol 比から検討してみると、興味ある結論が導かれる。すなわち 2% の共存蛋白質によりテンデクネヅミの脳髓性痙攣に対する glutamin 酸 Na の有効量に 0.30mol 前後の変動が生ずるのであつて、この関係は 1 分子の卵白 albumin が 10<sup>2</sup> 乃至 10<sup>3</sup> の glutamin酸 Na の分子の作用を抑制することを意味する。しかしかかる量的関係は蛋白質分子量の巨大な数値から導かれるものであるので、その両者の重量比は 1 対 3 にすぎないものではあるが、それにしても

蛋白質と glutamin 酸 Na の相互作用の形式は可成り特殊なものであると考えざるを得ない。

その上蛋白体の抑制効果は pH の変動, 除蛋白操作, 乃至通電操作により極めて容易に除去される。このことは蛋白体と glutamin 酸 Na の相互関係乃至結合様式が極めて不安定な可逆性を有する形式のものであることを物語っている。かゝる両者の相互作用は溶液粘度に影響を与えず, 且つ血清学的に証明困難な性質のものであることも, この相互作用の特質を示唆するものである。

一方すでに Bennhold (1) は血漿蛋白体が血液中において各種の低分子化合物と可逆的な弱い結合をなしていることを見出して以来, 蛋白質と低分子化合物の結合の生理的意義が研究されている。又 Svedberg (9) は蛋白体の分子が pH の変動, 稀釈, 他の化学物質の存在等によつて, 或いは解離し, 或いは重合する現象を見出した。これらの現象と著者の報告した現象との間には, i) 相互作用の物理的な不安定さ, ii) とくに pH の変動に対する敏感な反応, iii) 強固な化学的主價結合の考えられないこと等の点において, 注目すべき類似性が存在している。故に著者は蛋白体の glutamin 酸 Na に対する抑制効果は蛋白体と glutamin 酸 Na の間に特殊なゆるい結合が発生するためであろうと一応理解するものである。

尙この問題についてのより分析的な研究はその後著者及び著者の協同研究者により続行されていることを附記する。

### B) 中枢神経系における glutamin 酸 Na と蛋白体の相互関係の意義

中枢神経系における遊離 glutamin 酸塩の濃度は実に 100mg% を超す高い濃度に達し, この点においてさえ, このアミノ酸の中枢神経系における特殊な意義はすでに明らかに示されている。その上この組織には glutamin 酸塩の酸化酵素系が発達し, 更にそのアミノ轉移酵素も高い活性度を所有している。従つて中枢神経系における glutamin 酸塩はそれ自身が激しく代謝されるばかりでなく, 又この組織の全代謝過程

の中心的な環を形成しているのである。すなわち  $\alpha$ -ketoglutarate を介して Krebs の回路に関与し, 糖代謝を調節し, 従つて蛋白代謝と糖代謝の相互作用を媒介する。更に脱アミノ反応によつて,  $\text{NH}_4$  イオンを生成し, 神経機能と関連してはげしく変動するこの組織の  $\text{NH}_4$  イオンの代謝に関与している。故にこの組織の glutamin 酸塩は細胞の“維持代謝”に関与するのみならず, この組織の“機能代謝”に主役を演ずるものと豫想される。一方 glutamin 酸塩は中枢神経系に直接与えて間代痙攣を惹起し得る。更に glutamin 酸の代謝過程における近縁物質である  $\alpha$ -ketoglutarate, asparagin 酸, 枸橼酸等が何れも中枢神経系に与えて, 夫々別種の運動現象を起し得る。従つて著者等は中枢神経系の興奮過程の実体像として, glutamin 酸塩を中心とする化学的発働過程を想定するものである。

しかし乍ら急速に生起し, 急速に消失する中枢神経系の興奮過程を実体的に説明するためには, 興奮の化学的発働過程が如何にして始動し如何にして終えんとするかを明らかにしなければならない。拙著者の実験によつて, glutamin 酸塩の中枢作用が共存蛋白質又は組織乳劑により一定の条件で抑制され, 他の条件でその抑制から解放されることが示された。この事實は glutamin 酸塩を中心とする化学的発働過程の始動と終止に対して 1 つの仮説を提出するものである。すなわち上述の実験事実を細胞内に投影するならば, 大脳皮質内の高濃度の glutamin 酸塩の大部分は平常の条件では組織蛋白体と結合して反応系から除かれ, 生理的には作用を発現しないが刺激と関連した特殊な条件を与えられると, glutamin 酸塩は蛋白体の抑制から解放されて, あたかも直接注射された glutamin 酸塩の如く中枢興奮を惹起するものであろう。この関係を図示するならば,

glutamin 酸塩蛋白質結合体

$\rightleftharpoons$  glutamin 酸塩 + 蛋白質

の如き可逆式が成立する。この式の左辺は非興奮状態における蛋白体と glutamin 酸塩の結合を示している。この可逆反応の右方への進行, す

なわち遊離 glutamin 酸塩の生成は、試験管内のそれが通電操作、nicotine 添加、pH の増大等で行われるように、皮質内においても生理学的刺激要因で行われるものであろう。

一方 glutamin 酸塩は CO<sub>2</sub> と反応して無作用物質に轉化する。この現象は遊離した glutamin 酸塩により皮質興奮が起り、糖代謝が亢進したのちに、発生した CO<sub>2</sub> により glutamin 酸塩が無作用の物質に轉化するという皮質過程を豫想させるものである。

以上 glutamin 酸塩の中枢作用と蛋白体又は組織乳劑の可逆的抑制効果、CO<sub>2</sub> との関係、乃至中枢神経系の化学的発効物質についての glutamin 酸塩を中心とする適当なモデルが提挙された。このことは glutamin 酸塩を中心とする化学的発効物質の研究は、いまや明日の問題ではなく、すでに今日の課題であることを明示するものである。

#### IV. 要 約

1) glutamin 酸 Na の溶液をイヌ及びテナゲクネヅミの皮質乃至脳内に直接に注射すれば、動物に運動現象を起す。この作用は glutamin 酸 Na の溶液に卵白 albumin, その他数種の蛋白質又は皮質乳劑, 筋乳劑を添加すれば明らかに抑制される。

2) glutamin 酸 Na の溶液に、獸炭末, 酸性白土, 水酸化アルミニウム, アラビヤゴム等を加えても、その中枢作用は抑制されない。

3) 蛋白体又は組織乳劑による glutamin 酸 Na の中枢作用の抑制は次の要因で除去される。a) 通電操作, b) 除蛋白操作, c) pH の増大,

d) nicotine の添加。

4) CO<sub>2</sub> の介在を除外すれば一般に glutamin 酸の閾値は安定する。CO<sub>2</sub> を添加すれば glutamin 酸塩の中枢作用は阻止される。この現象と蛋白体の抑制現象とは別種の機制によるものと理解される。

5) 上述の要因を除去した glutamin 酸塩においては、通電操作による閾値の変動は存在しない。

6) 中枢神経系に存在する glutamin 酸塩には結合型と遊離型があるものと見做される。

終りに臨み、加藤元一教授並びに林謙教授に深謝を捧げる。尙本研究は1944年に行われ、報文は雑誌條件反射に提出されていたものであつたが、同誌休刊のため、改めて本誌に提出されたものである。

#### 文 献

- 1) Bennhold, H. (1938) Die Vehikelfunktion der Bluteiwei ßkörper ; Die Eiwei ßkörper des Blutplasmas, 220-306, (Dresden u. Leipzig.)
- 2) 原田 一 (1943) 皮質錐体外路系物質としての活性グルタミン酸について 條件反射 8 47-54
- 3) 石橋俊正 (1943) 大黒鼠に対する脳髓性痙攣物質の簡易検定法 條件反射 6, 18
- 4) 石塚 保 (1942) 皮質性痙攣物質について 條件反射 4, 70-82
- 5) 石塚 保 (1942) 運動現象を標示とする大脳灰白質微小刺激法 條件反射 4, 82-99
- 6) 伊藤国男・石塚 保・渡辺武之助 (1942) 大脳皮質運動領に対する Picrotoxinization 並に strychnization について 條件反射 3, 76-92
- 7) 黒木昌夫・淵脇義臣・平山雅康・中邑 勇・岡本彰祐 (1943) 通電によるグルタミン酸塩の活性化と触媒の関係 條件反射 9: 10, 29-34
- 8) 須田 勇・岡本彰祐・松丸 忍・名和 精 (1944) 中枢神経系の化学的発効物質としての Glutamin 酸 Na に就て 條件反射 11: 12, 43-48
- 9) Svedberg, T. (1939) A discussion on the protein-molecule, Proc. Roy. Soc., A, 170, 40-56

#### Summary

1) The solution of sodium glutamate, which is injected directly into the cortex of the dog or the brain of the guinea pig, can cause epileptiform convulsion of animals.

2) The solution of glutamate, mixed with ovo-albumin, some proteins, or tissue emulsions (brain cortex or muscle), can not exhibit the epileptogenic action any more; but some adsorbents or gum arabic have no inhibitory effect on the action of glutamate.

3) The inhibitory effect of proteins and tissue emulsions on the action of glutamate is easily removed in vitro by the faradization of the electrical current, the increase of pH, addition of nicotine or the precipitation of protein.

4) The physiological significances of my observations are discussed and inactive form of glutamate inhibited by protein of the brain is postulated.

(Department of Physiology, Keio-gijyuku University School of Medicine, Tokyo)

筋および神経の電流性分極並びにオーム抵抗に関する研究 612.014.424.4

Studies on the Galvanic Polarization and Ohmic Resistance of Muscle and Nerve.

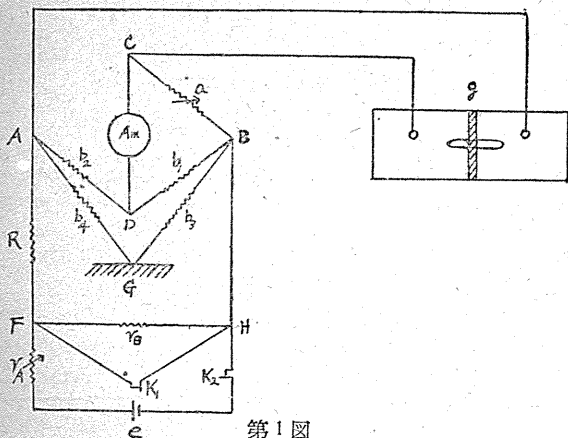
藤本克己 (Fujimoto-Katsumi)\*

I. 緒言

電流を通ずる際の筋、神経の分極に関しては古來多くの研究があり、又それらの電気抵抗変化に関しては高周波の交流を用いてインピーダンスの測定が行われているが、著者は通電時の或る時点に於ける分極起電力およびオーム抵抗を完全に分離してオツシログラフ的に測定する新しい方法を用いて筋、神経、Ringer液で濡らした絹糸等に等圧を加えて通電し、それらに起る分極起電力およびオーム抵抗変化を測定した。

II. 実験方法及材料

材料としては蛙の縫工筋及び蛙、ガマの坐骨神経を用いた。通電方法は概ね“杉の隔絶箱”(第1図)法により、筋については“坂本の細孔



第1図

$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = 1000\Omega$ .  $R = 5000\Omega$ .  $r_B = 500\Omega$ .  $r_A$ ; 500~10000 $\Omega$ .  $A_m$ ; 直結増幅器(電磁オシロH型).  $a$ ; 5000~50000 $\Omega$ .  $g$ ; 不分極性電極及組織.  $K_1$ 及 $K_2$ ; 電鍵.  $e$ ; 10~20V.  $G$ ; 接地

電極”(直径約46 $\mu$ )をも使用した。隔絶箱ではしきりの両側とも無傷のもの(筋のみ)、片側に切口のあるもの、及びしきりの途中で切断した

もの、について行つた。又対照として、ガラス毛管、糸類、筋膜、神経外膜(Perineurium)等についても試みた。筋はいづれの場合にも両端を針で固定して骨盤端に近い部分で行い、細孔電極を用いる時は筋膜が弱くなつている裏側の部分に注意して軽く押し付けた。

回路(第1図)はホイーストウン橋で、努めて絶縁抵抗に注意し、外からのcapacity作用をさけるためワグナー・アースを用いた。然し組織部の抵抗が100k $\Omega$ に近づくとき、電流が大なる場合にはcapacity作用の影響が2~3mVに及ぶので、50k $\Omega$ を越える実験例は参考にするに止めた。

先づ弱い電流でaを加減してBalanceをとつてから所用の電圧に上げて再びBalanceを検する(第2図のような場合をとつた)。次いでレオトームを用いて、電鍵 $K_1$ 及 $K_2$ を切り一定時間通電する。その間C-D間の電位差の変化を直結増幅器に導き、電磁オシロ(横河・H型振動子)で撮影した。得られた写真(第2図)について電流解放直前の電位差 $v_1$ と、直後の電位差 $v_2$ とを測値用曲線(第3図)から算出し、起電力と抵抗は後述の式によつて計算した。

増幅器は第4図の如き直結増幅器で、グリッド・カレントは $\mu$ -アンメーターで検し殆んど流れないことを確かめた。

不分極性電極は $Zn-ZnSO_4$ -Gelatine Ringerで実験の前後に使用電圧の範囲では不分極性と見做し得ることを確かめた(細孔電極を用いる時はそれをも含めて検べた)。

III. 計算

増幅器のグリッド・リークの抵抗を除いてあ

\* 東京大学医学部生理学教室

るので、C-D 間には殆んど電流が流れないので見做し、Kirchhoff の法則を適用して次式を得た (第1図参照)。

電流開放直前に ACB 及び ADB を流れる電流を夫々  $i_1$  及び  $i_2$  とすれば、 $-v_1 = i_1 a - i_2 b_1$

而して

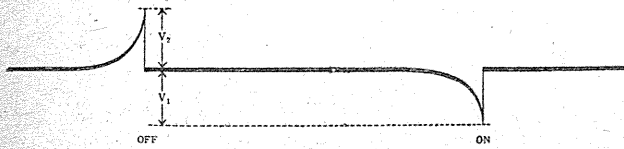
$$i_1 = \frac{r_2 E}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} - \frac{p}{r_1 + r_3}$$

$$i_2 = \frac{r_1 r_2 E \times \frac{1}{b_1 + b_2}}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} + \frac{r_3 p}{r_1 + r_3} \times \frac{1}{b_1 + b_2}$$

但し  $r_1$ : a+g の抵抗,  $r_2$ : ADB と AGB の合成抵抗,  $r_3$ : ADB, AGB, AFHB, AF<sub>e</sub>HB の合成抵抗, p: g の起電力, E: FH にかかる電圧, 故に

$$-v_1 = \frac{ar_2 E - \frac{r_2}{2} E r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} - p \times \frac{a + \frac{r_3}{2}}{r_1 + r_3} \dots I$$

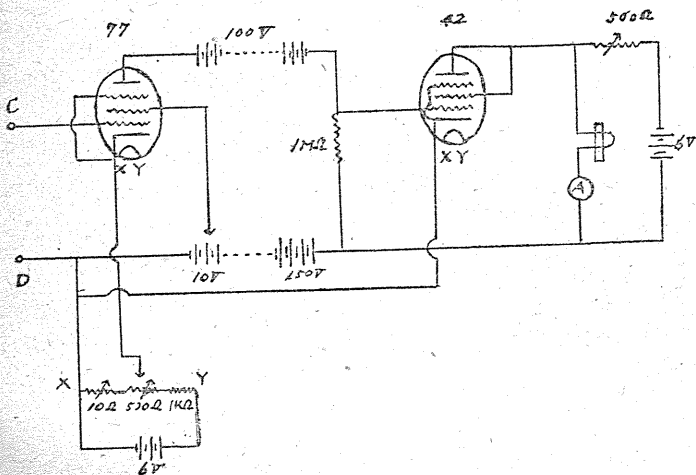
電流解放直後には



第2図 時間: 1/50秒

第3図 測値用曲線

1mV, 時間: 1秒



第4図 直結増幅器

$$v_2 = p \times \frac{a + \frac{r_4}{2}}{r_1 + r_4} \dots II$$

但し  $r_4$ : ADB, AGB, AFHB の合成抵抗 又 E は, FH, FABH の合成抵抗を  $r_c$  とすれば

$$E = \frac{er_c}{r_A + r_c} \dots III$$

さて実験に用いた範囲では a の値は 5~50kΩ の間であるからブリッジ (ワグナーアースの辺を含む) の合成抵抗は 1000~909Ω の間になり、従つて  $r_c$  は常に略 461Ω となる。

又  $r_A$  は 10kΩ~500Ω であるが,  $r_B$  が 500Ω であるから,  $r_3$  は 840~845Ω の間になる。  $r_4$  はこれに対し約 846Ω である。 故に

$$\frac{a + \frac{r_3}{2}}{a + \frac{r_4}{2}} \times \frac{r_1 + r_4}{r_1 + r_3} = 1$$

よつて II を I に代入すれば

$$-v_1 = \frac{aEr_2 - \frac{r_2}{2} Er_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} - v_2 \dots IV$$

III と IV から  $r_1$  を求めればこの時の組織の抵抗は  $(r_1 - a)$  であるから、オーム抵抗の変化がわかる。 又  $r_1$  の値を II に代入すれば p が得られる。

即  $v_2 = v_1$  ならば  $r_1 = 2a$  で抵抗の変化なく、  $v_2 > v_1$  ならば抵抗減少、  $v_2 < v_1$  ならば抵抗増加を示すことになる。

#### IV. 実験成績

外からの capacity 作用を無視し得る範囲では、  $v_1$  及び  $v_2$  の値は 10mV 以下であつた。 勿論電圧を高め通電時間を長くすれば大きくなるが、電圧は  $e = 20V$ ,  $r_A = 500\Omega$  以下(これ以上では抵抗の小さい場合でも capacity 作用が影響する。この値は閾値の約 10~20 倍)、通電時間は大体 0.5sec 以内である。この  $v_1$  及び  $v_2$  の値に対して E の値は最低 440mV

( $e=10V, r_A=10k\Omega$ ) であつたから、( $v_2-v_1$ ) の影響は極めて小さいこと、従つて  $p=2v_2$  と見做し得ることが豫想される。

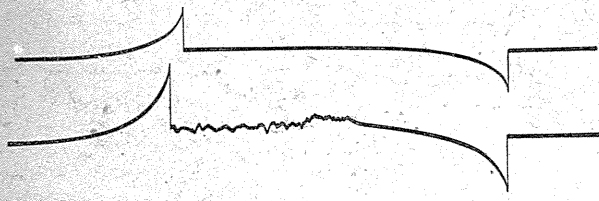
a) 筋

1) 隔絶箱のしきりの両側無傷のもの (第1表)

第1表

15°C	Balance 抵抗	組織にかゝつた電圧	P	Pのかゝつた電圧に対する割合%	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合%
A	16340	32.4 (流基以下)	11.7	36.3	0.22	- 7.2
〃	〃	36.2 (J度流基下)	14.4	39.7	0.24	- 9.7
〃	〃	47.2 (流基の1.3倍)	18.7	39.5	0.24	- 7.8
B	9500	22.5 (流基以下)	5.0	22.2	0.5	0
〃	〃	27.5 (略々流基)	6.2	22.0	0.5	+ 0
Aの14時間後 (閾値約倍)	17080	31.0 (流基以下)	8.9	28.6	0.24	- 1.9
〃	〃	41.4 ( 〃 )	10.8	26.0	0.21	- 2.1
〃	〃	47.7 ( 〃 )	13.8	28.8	0.22	- 4.4
同 38時間後 (閾値約3倍)	14200	32.3 ( 〃 )	4.8	14.8	0.27	- 1.2
〃	〃	43.3 ( 〃 )	6.5	15.2	0.27	- 0.5
〃	〃	61.0 ( 〃 )	9.6	15.8	0.21	- 0.9
同 50時間後 (閾値約10倍)	12405	51.0 ( 〃 )	2.4	4.7	0.26	- 0.8
〃	〃	81.0 ( 〃 )	3.0	3.7	0.27	- 0.4
〃	〃	113.5 ( 〃 )	4.4	3.9	0.27	0
同 62時間後	14305	185.0 ( 〃 )	0.6	0.3	0.50	0

見掛抵抗は通電中大体指数函数的に上昇するが、流基以上では偽作電位が乗つて来て曲線が乱れる (第5図)。流基附近では大体0.2~0.5secで略々一定値になるが電圧が高い時は漸増する。pの組織にかゝつた電圧に対する割合は流基を超えても同一標本では大体同じで、20~50



第5図 筋(無傷) 上:流基下, 下:流基×1.3, 時間:1/50秒

%の間である。オーム抵抗の変化は減少の傾向で、7~8%に達する標本もあるが、多くは2~3%で1%に達しない場合も可成りあつた。偽作電位ののつているものでも測定できる範囲では、オーム抵抗変化は流基下の場合と大体同じであつた。

同一標本を長時間観察した例では、pの組織にかゝつた電圧に対する割合は閾値の上昇と共に減少し、全く興奮しないと思われるものでは0.3% (糸の次序) に下つた。又同時にオーム抵抗変化の割合も小さくなつた。

2) 骨盤端側に傷をつけたもの (第2表)

pについてもオーム抵抗の変化についても無傷のときと比べて顕著な差異は認め難いが、オーム抵抗変化は表に掲げたものでは多少大きくなつた様に見える。しかし殆んど変らない例もあつて明らかでない。この時閾値は無傷の場合よりも可成下つている。以後の時

第2表

18°C	Balance 抵抗	組織にかゝつた電圧	無 傷 側 (-)			無 傷 側 (+)				
			P	Pのかゝつた電圧に対する割合%	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合%	P	Pのかゝつた電圧に対する割合%	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合%
無傷	12800	26.1 (流基下)	11.5	44	0.5	- 2.2	10.4	40	0.5	+ 2.3
傷	〃	〃 (流基以上)	10.6	43	〃	0	10.6	40	〃	+ 2.3
無傷	〃	42.2 ( 〃 )	19.0	45	〃	- 2.1	17.4	41	〃	- 2.8
傷	〃	〃 ( 〃 )	21.0	50	〃	- 6.6	15.6	37	〃	+ 8.0

間的経過は無傷の場合と同様であつた。

合は正常の場合の1/4位であつた。

3) しきりの途中で切断したもの (第3表)

第3表

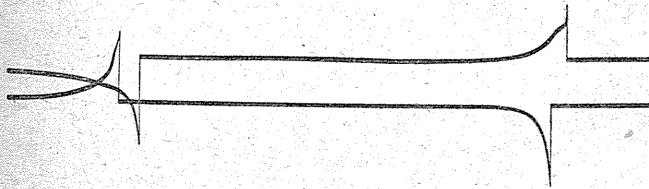
17°C	Balance 抵抗	組織にかゝつた 電圧	筋側 (-)				筋側 (+)			
			P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %	P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %
	19086	72	6.6	9.2	0.4	0				
	//	93					8.2	8.8	0.5	0
	//	128(J度流基下)	11.4	8.9	//	- 0.3				
	//	212(流基以上)	14.4	6.9	//	+ 0.9	17.6	8.6	0.4	- 2.4
	//	330( // )	18.0	5.5	//	+ 1.2	18.6	5.7	0.4	- 2.5

閾値は高くなるが1~2時間後にはあまり変わらなくなるので、そうなたものについて実験した。

通電方向によつて見掛抵抗の時間経過に違があり、電流の強い場合殊に通電時間が長いときは差違が著しい。即ち見掛抵抗は筋側 (-) で漸増し、筋側 (+) では始め増加して後漸減する (第6図)。

4) 細孔電極を用いたもの (第4表)

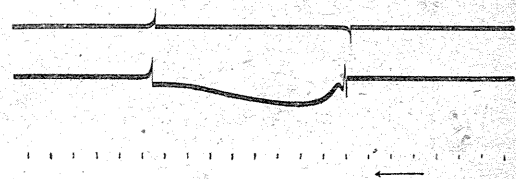
電極の当り方で閾値が変わり、pのかゝつた電圧に対する割合にも違いがある。閾値の低いもので数%, 高いもので10%位であつた。一度興奮が起れば、電極の当り方が変わる (Balanceの違でわかる)。又偽作電位の現われた後では、恐らく筋の動きのためと思われるが、隔絶箱の場合と著しく異つた経過を示す (第7図)。



第6図 筋 (しきりの途中切断)  
330mV (流基の約2.5倍), 上:筋側(+), 下:筋側(-), 時間:1/50秒

オーム抵抗も筋側(-)で増し、(+ )で減る傾向が見えたが、通電時間0.4sec以内では、2%程度で明瞭ではない。pには負傷面の電位が含まれるので、正常のものと比較し難いが、電流の方向を変えても大差なく、かゝつた電圧に対する割

表に掲げたのは全部流基以下の場合である。見掛抵抗が略々一定値に達する時間は可成り早く、箱の場合の1/10 (0.05sec)程度である。オーム抵抗の変化は、電流の方向に拘らず少々減少の傾向があるが、僅に増しているのもあつた。注意すべきは偽作電位の現わ



第7図 筋 (細孔電極)  
上:流基下, 下:流基×1.25, 時間:1/50秒

第4表

18°C	Balance 抵抗	組織にかゝつた 電圧	電極側 (-)				電極側 (+)			
			P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %	P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %
閾値の低い例	40055	44.4(流基以下)	2.6	5.9	0.1	- 2.5				
閾値の高い例	41700	44.4( // )	5.4	12.2	0.2	- 3.1				
//	38600	62.5( // )	7.4	11.8	0.15	- 1.0	7.8	12.5	0.15	- 1.8
//	39200	80.5( // )	9.8	12.1	//	- 1.5	9.6	11.9	//	+ 0.2
//	36400	43.2( // )	4.2	9.8	//	- 1.4				

れ方で、箱の場合と著しく異り、数 msec の早い時間にスパイク電位が現われていて、後述の神経のものに似ている。

b) 神経 (隔絶箱法のみ)

1) しきりの両側にまたがるもの (一端に切口がある) (第5表).

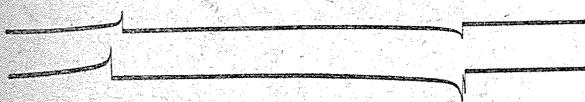
[ゴマ 15°C]

第5表

Balance	組織にかゝつた 抵抗 電圧	正 常 側 (-)				正 常 側 (+)			
		P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %	P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %
21782	43.5 (流基以下)	3.2	7.3	0.5	0	3.0	6.7	0.5	0
"	59.0 ( " )	4.2	7.1	"	0	4.4	7.5	"	0
"	94.0 (流基以上)	6.8	7.2	"	- 0.4 (A. Pのため?)	6.8	7.2	"	- 0.2 (A. Pのため?)
"	222.0 ( " )	17.0	7.6	"	(A. Pのため?)	15.0	6.8	"	+ 0 (A. Pのため?)

[蛙 15°C]

	Balance 抵抗	組織にかかつた 電圧	正 常 側 (-)			
			P	Pのかかつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の変化の始の抵抗に対する割合 %
2時間後	40340	33.8 (流 基)	4.9	13.8	0.27	- 2.4
"	"	41.6 (流基以上)	6.0	14.6	0.22	- 2.8
14時間後 (閾値の1.25倍)	40080	33.8 (流基以下)	4.8	14.2	"	- 2.4
"	"	41.6 ( " )	6.2	14.8	"	- 1.9
26時間後 (閾値の1.5倍)	39600	33.8 ( " )	4.2	12.8	0.27	- 0.6
"	"	41.6 ( " )	6.0	14.4	0.26	- 2.1
38時間後	36000	41.2 ( " )	5.4	13.1	0.23	- 0.5
50時間後 (閾値の1.7倍)	38255	41.4 ( " )	4.8	11.5	0.12	- 0.5
"	"	54.5 ( " )	6.6	12.1	"	- 1.1
60時間後	34050	92.0 ( " )	4.2	4.6	0.24	- 0.5



第8図 神経 (しきりの両側にまたがるもの)  
上: 流基×0.95, 下: 流基×1.4, 時間: 1/50秒

見掛抵抗は閾値附近では大体 0.2sec 位で一定値に達する。曲線が大体指数函数的に上昇するのも筋と同様である。但し流基以上の電流を用いる時は、スパイク状の偽作電位が非常に早く現われるために初期の尖りの測定が困難であつた (第8図)。計り得た範囲では p のかゝつた電圧に対する割合は 5~15% であつた。オーム抵抗は筋の場合と同様減少の傾向があるが筋よりも更に小さい変化である。

同一標本を長時間に亙つて観察したものでは閾値の変り方も 2 倍程度で少かつたが、p のかゝつた電圧に対する割合もあまり変らなかつた。しかし殆んど興奮しないと思われるものでは 1/3 位に減つている。試みに Perineurium をとつて、隔絶箱に装置してみたが 2% の起電力

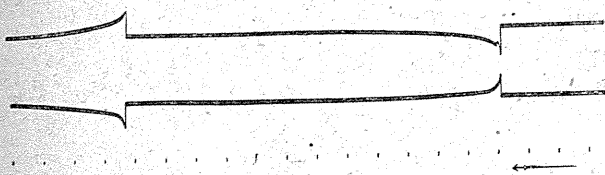
を示し、同じ神経全体のもの (5% 以下) に可成り近い値を得た。

2) しきりの途中で切断したもの (第6表).

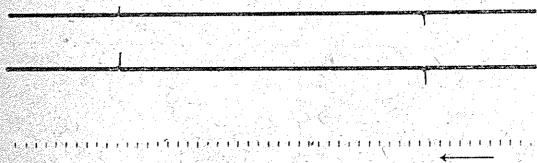
神経では切口の抑え方が難しく、p のかゝつた電圧に対する割合も 1) の場合と変わらない (筋では 1/4 位になつた) し、電流の方向による差異も筋程著しくならない。しかし強電流では、見掛抵抗が神経側 (-) で増加し、(+) で増加後減少する (筋と同じ) ものも得られた。多くは 1) の場合と同じようであつた (第9図)。従つて神経側 (-) の場合は偽作電位のために初期の尖りが測定困難なので、電流の方向によるオーム抵抗変化の差異は明らかでない。しかし長時間 (4sec) 通電したものでは、

第6表

14°C	Balance 抵抗	組織にかゝつた 電圧	神 經 側 (-)				神 經 側 (+)			
			P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の变化の始の抵抗に対する割合	P	Pのかゝつた電圧に対する割合 %	通電時間 sec	オーム抵抗の变化の始の抵抗に対する割合 %
	27182	32.1 (流基以下)	2.6	8.1	0.5	- 1.2	2.8	8.8	0.48	- 1.2
	27682	52.5 (流基以上)	4.0	7.7	0.48	A. Pのため?	3.8	7.3	0.44	- 0.4
	28282	232.0 ( // )	8.0	3.5	4.0	//	18.6	8.0	4.6	- 2.4
	41950	79.1 (流基以下)	4.4	5.6	0.22	- 0.5	3.2	4.0	0.24	- 0.5
	43000	242.0 (流基以上)	12.6	5.3	0.24	A. Pのため?	9.0	3.7	//	+ 0



第9図 神経(しきりの途中切断)  
J度流基上, 上: 神経側(-), 下: 神経側(+), 時間: 1/50秒



第10図 糸  
約500mV, 上: 絹糸, 下: 木綿糸, 時間: 1/50秒

神経側(-)でオーム抵抗が増し, (+)で減少する傾向がみえる. 何れにしてもその割合は極めて小さい.

c) 糸類

Pのかゝつた電圧に対する割合は0.2~1%で筋, 神経に比較すると遙かに小さい(興奮しなくなつた筋, 神経ではこれに近い値を示した). 見掛抵抗の変化を示す曲線は1~2msecの早い時期の変化が大きく, ゆつくりした変化は小さい(第10図). 従つて形は筋, 神経のものと少し違つて, 稍々 capacity作用に似ている. しきりの途中で切断しても電流の方向による差異は全く見られなかつた.

猶, ガラス毛管と筋膜については, 抵抗が夫々 600kΩ, 130kΩとなつたので, 同じ位のラヂオ抵抗を入れた場合と比較した. 大さ及び時間的経過の相違から見掛抵抗が変化する事が認められた.

V. 考 察

刺戟閾附近の強さの等圧を加えたときに現われる分極或は見掛抵抗の変化に関しては, 神経に就いてのEichler (4)の実験, および筋に就いての杉 (11, 12), 小溝(5)の実験では可成り大きい値が出ている. しかし筋及神経に細孔電極をあてた坂本(8), 佐竹(9)の実験ではmVの次序より小さいという. 本実験では筋を隔絶箱に装置した場合は, 大体杉, 小溝の結果に一致し, 細孔電極を用いた場合はそれより小さいが, 閾下刺戟の場合に数mV以上あつた. すなわち坂本, 佐竹等の値より可成り大きい. しかし坂本, 佐竹等の実験においては通電時間が短く, 大体偽作電位の現われるまでの処でみているから小さいのであろう. 著者の細孔電極の場合も偽作電位の現われる直前の見掛抵抗変化は小さく, 大抵の場合に1mV以下であつた. すなわち坂本等の結果に一致する. 本実験における閾下刺戟の場合には通電時間が長いから適応による不極起電力のために閾値の上昇が起つていると思われる. 神経については隔絶箱法のみによつたが, 閾下の場合に見掛抵抗は可成り大きく変化した. しかし偽作電位の現われる直前の見掛抵抗変化は, Eichler (4)の結果と違つて極めて小さい. すなわち神経に長時間通電する場合にも適応がおこると考えられる.

筋に就いて隔絶箱法と細孔電極法とで, 偽作電位の現われる直前の見掛抵抗の変化の大きさ, 並にそれが起る時間が著しく異なること(第5図及第7図参照)に関しては, 細孔電極刺戟の場合には極外および極間の分極が起らないと見做

すことができるが、隔絶箱法の場合には極外及び極間の分極、殊に陰極性電気緊張性電流の発展が刺戟作用に影響を及ぼすという刺戟法における根本的の相違を考えなければならない。

オーム抵抗の変化は筋では多少大きいものもあつたが、多くは2~3%で、神経では更に小さいものが多い。従來の高周波を用いた研究(1, 2, 3, 6, 其の他)は興奮中の抵抗を扱つたものが多いが、周波数の大きい時にはインピーダンスの変化は小さく、本実験の結果と大体一致している。

筋収縮時の抵抗変化は、等尺性の時は始め少し減つて後増加し(1, 3)、等尺性でない時は減少する(6, 3)という。隔絶箱法ではオーム抵抗は収縮の有無に関係なく、殆んど変らないとみてよいと思われる。

次に極的効果の差について(しきりの途中で切断したもの)は流基附近では明らかではないが、強流の場合は少くも筋では(神経にも数例ある)杉(12, 13)の述べているような、見掛抵抗の経過の電流の方向による差異が認められる。この際のオーム抵抗変化は、通電時間が短いので(0.5sec以下)はつきりしないが、(-)極側で増加し、(+)極側で減少する傾向がみられる。更に長時間(数分~数十分)通電すれば、杉の結果からみて、この傾向が一層明らかになることが想像される。神経では著しく不明瞭である。

前述の如く興奮の起らぬ範囲では、オーム抵抗変化が小さいから見掛抵抗の変化は大体に於いて、逆方向の起電力すなわち分極起電力に基づくと考えられる。麻酔を施した筋では分極の大きさには変化がない(5, 14)ことが知られているが、本実験では殆んど興奮しなくなった筋或は神経に於いては、分極の大きさが無生物(糸)の次序になつた。

## VI. 総 括

蛙筋、蛙及び蟄の神経、其の他に等圧を加えて通電した時、それにおこる分極起電力およびオーム抵抗変化をワグナーのブリツヂを用いて

オツシログラフ的に測定した。

1) 流基以下の等圧を加えて通電したとき、筋及び神経におこるオーム抵抗変化は極めて小さく、見掛抵抗の変化は殆んど分極起電力によると考えられる。

2) 筋を隔絶箱に装置する場合には、分極の大きさは流基下で約10mV位で大きく、しきりの途中で筋を切断した場合の極的効果の差違も杉等の結果に一致する傾向を見た。

3) 筋に坂本の細孔電極をあてた場合は、隔絶箱法の場合より分極が小さく、偽作電位の現われる直前の分極の大きさは多くは1mV以下で坂本等の結果に一致する。

4) 隔絶箱法で通電した場合には筋収縮時のオーム抵抗変化は流基以下のときと同様に殆んど認められない。

5) 神経では隔絶箱法を用いた場合に、流基下の電流で分極が可成り大となるが、偽作電位の現われる直前の分極は極めて小さい。しきりの途中で切断したものと極的効果の差異は筋と同傾向と思われるが明瞭でない。

6) 筋膜、神経外膜にも分極が認められた。

7) Ringer液に浸した糸、殆んど死んだと思われる筋及び神経についても、隔絶箱法を用いて加えた電圧の1%以下の起電力を認めた。

擧筆に際して、御指導を賜わつた坂本教授及び御協力下さつた高橋恵氏に深謝する。

## 文 献

- 1) Bozler, E. (1934) The variation of electrical resistance of muscle during contraction. *Am. J. Physiol.* 109, 14
- 2) Cole, K. et. H. Curtis, (1938) Transverse electric impedance of the squid giant axon. *J. of Gen. Physiol.* 21, 757
- 3) Dubuisson, M. (1937) Impedance changes in muscle during contraction, and their possible relation to chemical processes. *J. Physiol.* 89, 132
- 4) Eichler, W. (1939) Über die Entwicklung der Nervenregung am Reizorte. *Pflüger Arch.* 242, 468
- 5) Komizo, K. (1944) Die Polarization des Muskels und die Bedingung des schwelliger Reizung. *Jap. J. Med. Sci.* III. 10, 2
- 6) McClendon, J. F. (1936) Electric impedance and

- permeability of living cells. *Science* 84, 124
- 7) 坂本嶋嶺 (1951) 私の“細孔電極”(附, “絶縁抵抗”)について *日本生理誌* 12, 375
- 8) 坂本嶋嶺 (1951) 筋及び神経の分極について *日本生理誌* 12, 386
- 9) 佐竹結実 (1904) 等圧又は等流に依る骨筋の電氣的刺激 *日本生理誌* 3, 168
- 10) Schaefer, H. (1940) *Elektrophysiologie* Bd. I
- 11) Sugi, Y. (1936) On the Electric charge (or the Double-layer) of the uninjured Surface of Muscle. *Jap. J. Med. Sci.* III 6, 2
- 12) Sugi, Y. (1937) The effect of the constant current upon the potential and the excitability (polarisation and electrotonus) of muscle. *Jap. J. Med. Sci.* III 4, 4
- 13) Sugi, Y. (1938) On the so-called “unipolar excitation” and its polar effect of muscle. *Jap. J. Med. Sci.* III 5, 1
- 14) Wakabayashi, T. (1937) Über die Polarisation des Muskels bei der Schuelenreizung mit dem konstanten Strome. *Jap. J. Med. Sci.* III 6, 4
- 15) 高橋 恵 細孔電極(坂本)により単一筋繊維の興奮発部位から誘導した活動電極について (*日本生理誌*第14巻に掲載予定)

### Summary

On muscle (frog's sartorius), nerve (sciatic nerve of frog and toad) and some threads etc., the galvanic Polarization and Ohmic resistance during the rectangular current flow were measured with a method of oscillographic recording and appropriate calculations.

1) When the subrheobasic current was applied, the change of the Ohmic resistance was very small, so that, the change of the apparent resistance during the current flow caused mainly by the polarization.

2) If the separating method (Fig. 1, described by Sugi (11, 12, 13)) was used on muscle the e.m.f. of polarization was about 10 mV for subrheobasic current pulse and the difference between the cathodic and anodic polarization somewhat resembled the results obtained by Sugi etc. (5, 11, 12)

3) However, when the Sakamoto's pore-electrode ( $46\mu$ ) was used the e.m.f of polarization sufficient for excitation was smaller than 1 mV in almost all cases. The result coincides with that of Sakamoto (8, 9) etc.

4) In the cases of the separating method, the change of the Ohmic resistance during muscle contraction was hardly recognized.

Also in 5~7 the separating method was used.

5) The e.m.f of polarization of nerve for subrheobasic current was 5~15 per cent of the applied e.m.f but its value sufficient for excitation for short current pulses very small. The difference between the cathodic and anodic polarization was not clearly recognized.

6) In fascia and perineurium, the polarization was clearly recognized.

7) In some silken and cotton threads and in died muscle and nerve occurred also e.m.f of opposite direction smaller than 1 per cent of the applied e.m.f.

(Department of Physiology, Med. Faculty Univ. of Tokyo)

# 筋生理學

筋肉の收縮機轉に関する研究成果を綜覽的にまとめたもの。筋生理學の世界的權威である著者がその實證的研究に基き整理した斯學の現段階における集大成とも云うべき好著である。

慈惠医大教授 二禮取名 著

B5判 220頁 價 550円

医学者、医学生、臨床医、動物学研究者、高分子研究に携わる人々に推奨、とくに生理学、体力医学、運動医学関係者には必備の一本である。

セント・ギオルギーのノーベル賞受賞以來、急速な展開を示しつつある筋生理学の最近までの達成をとりまとめた書籍は從來刊行されてなかつた。本書はその空隙を埋め更に新しい進展のための跳躍台の役割を果たすであらう。

東京都日本橋江戸橋2の9 丸善出版 振替・東京第109981番

— 日本薬局方 —



パンクレアチン  
含糖ペプシン

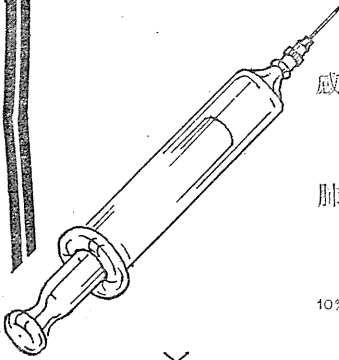
東京都中央区日本橋室町4の5

製造發賣元 ミクニ化學産業株式會社

Sulfa

# "第一"のダイアジン注射液

## テラジアジン注射液



感冒とは……気道内に潛在或は常在するウイルス或は細菌により組織器管が侵されるもので Infection が伴うものとされていますので、テラジアジンの投與こそ最も適切でありましょう。

肺炎の場合……肺炎菌性・ブドウ球菌性のはもとより氣管支性・フリードレンデル菌性・百日咳性・麻疹性肺炎等に對しても、すぐれた効果を發揮します。原因不明の發熱にメチロン（スルピリン）との混合注射をお奨めします。

10% 2cc X 10 170円 5cc X 10 330円 10cc X 5 360円  
2cc X 50 750円 5cc X 50 1600円

水 25瓦 830円 100瓦 3,000円 500瓦 14,000円 錠 10錠 20錠 100錠 500錠



第一製藥

本社 東京都中央区日本橋江戸橋三 支店 大阪市道修町・福岡市下紙園町（文・進呈）

# 中外製藥の良心的医薬品!

毛細血管強化劑  
腦溢血其ノ他

強力利尿劑

榮養・疲勞  
恢復・脚氣に

肺炎・淋疾・其ノ他  
一般化膿性疾患に

甲状腺機能亢進症  
並に狭心症に

新合成  
女性ホルモン

嫌・好氣性兩菌  
を併殺する

特に神經痛  
坐骨神經痛に

鎮痛・消炎・解熱に

ヒカルチン  
注・錠・末

テオハルン  
粉末

ビタミンIIプロカノン  
錠注

ネオIIチセプタール  
注・錠・末

メチオジール  
注・錠・末

ロバール  
注・錠

ホモスルフアミン  
注・錠・末

アロピラIIサルプロ  
錠注

サルソIIプロカノン  
錠注



製造元  
中外製藥株式會社