

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第14卷 第6号

Vol. 14 No. 6

昭和27年9月1日発行

September 1952

原 著

小 田 満：皮質性継運動とその神経々路に就いて	315
林 謙・小田 満・長田良平：錐体切断犬の大脳皮質刺激電流の強さによる継運動の波及について	523
山 岡 誠 一：体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究 (第1報) 全身運動時に於けるエネルギー需要量の個人差	327
神 山 貞 二：神経の3刺激要素に関する研究 (第1編) "Semi-in-vivo" 状態における各要素の測定	338
神 山 貞 二：神経の3刺激要素に関する研究 (第2編) 神経上膜除去による各要素の変化	345
小 田 中 貞：嚥下呼吸の発生機序	352
小 田 中 貞：三叉神経—呼吸反射	355
八 田 博 英：心臓除去後の血流の流動と肝臓との関係について	358

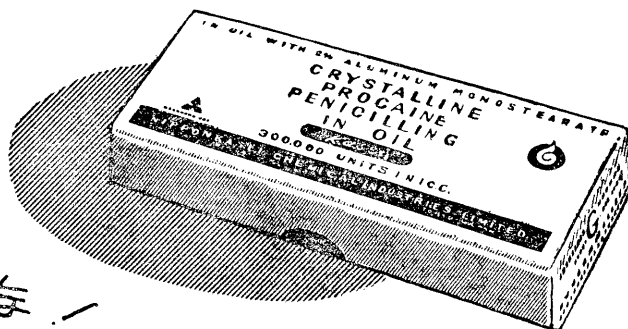
地 方 小 学 會 報

第77回生理学東京談話会	363
第3回日本生理学会北海道地方会	366
第78回生理学東京談話会	370
第79回生理学東京談話会	370

附：正 誤 表	372
---------	-----

日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan



良心的な

三菱化成のPenicillin

(日本化成は旧社名に戻りました)

- ★油性プロカインG 300・30万単位
- ★水性プロカインG 300・30万単位
- ★結晶G 20・10万単位
- ★無定形 20・10万単位

ペニシリン

本社 東京都中央区銀座西6の6

Comp. Rutin

-KOWA-

本剤の特長

黄芩・黄連・大黄含有

- 1 血管脆弱の恢復作用が大
- 2 血圧降下作用や自覚症の改善が著明
- 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)

高血圧・脳溢血・予防治療剤



—包装の価格—
 末 25g 880円
 100g 1200円
 錠 20錠 120円
 100錠 850円

複合ルチン

コーワ

製造元 興服産業株式会社

販賣元

株式会社

中村瀧商店

東京・日本橋本町三

皮質性継運動とその神経々路に就いて 612.828

On the Cortical Sustained Movement and its Nervous Pathways.

小 田 満 (Oda-Mitsuru) *

I. 緒 論

1870年に Fritsch 及び Hitzig²⁾ により、大脳皮質に電氣的刺激を与えることによつて、骨格筋が収縮し運動の生ずることが発見せられ、犬又は猿について最も弱電流によつて運動の生ずる皮質部位が運動領野(運動中枢)と名付けられるに至つた。その後、Sherrington¹²⁾ 及び其の他の諸家によつて、猿及び類人猿に於ては Gyrus centralis anterior、犬に於ては Gyrus sigmoideus が運動領野であることが確定せられ、種々なる研究が挙げられて來た。この領野より下る神経々路の内、最も著明なものが錐体路系であつて、從來の諸家は運動領野の刺激によつて筋運動が起るのは錐体路系によるものと考えて、総ての実験成績を解釈していたのであつた。このことは運動領野を剔除することによつて、猿及び犬に於ても運動麻痺が生ずることから、人間に於ける臨床的諸観察と結合して、錐体路系の生理学が発展して來たのである。

然るに尾崎⁹⁾、石塚³⁾、須田¹³⁾、其の他の諸家によつて、この運動領野には錐体路系細胞のみでなく、錐体外路系細胞も共に存することが見出され、電氣的刺激によつては、先づ強縮性痙攣が生じ、続いて間代性痙攣が生じて來るがこの間代性痙攣が錐体外路運動系現象であること、この生理的機制に関しては殆んど餘す所なく明らかになつたと言つてよい。然らば強縮性痙攣は錐体路系の運動現象であろうか。この問題については猶研究すべき重大なる事項が数多く残されている。その中、最も緊要なるものは強縮性痙攣が果して單運動(isolated movement)の重加によつて生ずる運動現象であるか、或は又、継運動(sustained movement)の重加によつ

て生ずる運動現象であるかと言う問題である。こゝに單運動と稱するのは極めて短かい電撃を運動領野に与える場合に対応肢に生ずる急速なる運動現象であつて、Sherrington¹²⁾ 及びその他が鋭意研究を試みたのは主としてかくの如き單運動を標示とした皮質生理学である。又こゝに継運動と謂うのは Campbell¹⁾、Vogt¹⁵⁾ によつて猿及び類人猿の第6a領野の電氣的刺激によつて起る遅い、單運動と明らかに區別することの出来る運動を言う。Schüller¹¹⁾、Marshall⁷⁾、Tower¹⁴⁾ 及び中呂⁸⁾ 等が猿及び犬について、錐体切断手術をなしたる後、皮質運動領野を刺激すると運動の生ずべき場合に継運動になることを示唆しているところを見ると、運動領野の刺激によつて生ずる單運動と継運動の關係が略々窺われるのであるが、單運動を錐体路系の運動となすとすれば、継運動は錐体路系運動の変形したものか、或は錐体外路系の運動に属するものか、若し後者に属するものとすれば、その神経々路は果して如何、等の問題が生じて來る。著者は犬を用いて錐体切断及び其の他の実験によつて充分この問題を研究出来るものと考え、本研究を試みたのである。

II. 実験方法

実験には総て雌雄を問はず成犬を使用し、急性実験であるから、麻酔、消毒は特に顧慮しない。

1. 固定及び開頭は当教室の方法によつた。
2. 延髄錐体切断には工藤・名和・佐藤⁶⁾ の口蓋-頭蓋底開鑿術により錐体を直視しつゝ、金属針の先を適當に曲げたるものを錐体の側方より入れ、之をひつかけるようにして切断する。以下かゝる手術犬を錐体切断犬と稱する。
3. 延髄上部で錐体のみを残し他を全部切断

* 慶応義塾大学医学部生理学教室

する。以下かゝる手術犬を錐体犬と称する。

4. 脳梁及び前交連切断には半球間裂に沿ひ、鉗にて大脳半球を側方に排し、出血は綿紗にて清拭しつゝ侵入すれば容易に白い脳梁を認めるから、鉗形刀を深く挿入して前後に之を移動することにより切断する。前交連切断は前方に於て、より深く実施し目的を達する。

5. 被殻、淡蒼部剔除は須田¹⁸⁾の方法によつた。

6. 視床剔除には一方の側、後頭葉を輪ピンセットにて剔除して側脳室を開けば、海馬足及び視床を認める。よつて之を剔除すれば他方の視床を側方より認めることが出来るから、豫め固定標本にて彎曲度を適当に定めた鉗形刀を以て内包を損傷せざる様に之を離断した後に、輪ピンセット及び鋭匙にて搔把剔除する。

7. 中間質切断には大脳半球の後頭葉を上方に排すれば、四丘体を認め、之の上丘の上部より自製の太い針金を扁平に叩圧したものをを用い豫め固定標本で練習せる如く殆んど水平に近く前、下方に挿入した後、上方に挙上し切断する。

8. 中脳及び橋縦切には、7の方法と同様にして、四丘体上丘より殆んど垂直に鉗形刀を入れ、前上方に挙上すれば中脳前半部を縦切することが出来る。又口蓋・頭蓋底より橋を露出し、盲孔より鉗形刀を垂直に入れ前上方に推進せしめれば完全に橋及び中脳を縦切することが出来る。

9. 延髄縦切には盲孔より前正中裂に沿つて、脳底動脈を排しつゝ、眼科用小刀を以て深く底部迄達せしめ、之を下方に鋸切狀に縦切する。

Ⅲ. 実験成績

1. 錐体切断犬に於ける皮質刺激

正常犬に於て皮質運動領野を電氣的に短かく刺激すると先づ對側に單運動が起る。この運動は言うまでもなく皮質の上部に対応して後肢に、皮質の下部に対応して前肢に起る對單運動である。然るに電流を強くすると対応する部位

に強縮運動が起り、之を仮に對強縮運動と名付ける。更に電流を長く強くすると、強縮運動は同側にも現われる。かくの如く電流の強さを増して行くとやがて四肢に同時に現われて、所謂強縮性痙攣となる。強縮性痙攣の生じた後に、間代性痙攣が生じ來り、電氣的刺激を止めても尙継続することは既に緒論に於て述べた通りである。

かくの如く電流を長く且つ強くすることにより對單運動が四肢に波及する現象については稿を改めて之を論ずることとするが、錐体切断犬に於ては皮質運動領の電氣的刺激が如何なる運動を生じて來るかは次に実験1に示す。即ち延髄錐体を両側切断し皮質領を電氣的に刺激すると、單運動は現われず、運動様式は変化して充分單運動と區別することの出来る、或る潜時を有つたやゝ緩慢なる繼運動が起る。

実験例1. 錐体切断犬, ♂, 18kg, No.315, (19.6.28)

時 分 秒	注 記
15 30	両側延髄錐体切断
50	右 Gyr. postericius 電撃. 捲軸距離 (C.D) 80mm. 持続3秒
1.5	繼運動起る. 左前肢は肢で屈し腕で伸ばし後肢は屈する. 右前肢は肘で屈し腕で軽く伸ばし、後肢は屈する
7	左前後肢に間代性痙攣起る
12	繼運動止む
48	間代性痙攣止む
16 8	左 Gyr. postericius 電撃, C.D 80mm, 3秒
1	繼運動起る. 右前肢は伸ばし、後肢は屈する
8	右前後肢及左後肢に間代性痙攣起る
13	繼運動止む
43	間代性痙攣止む

單運動の際に電流を強めると四肢に波及するものであることは既に述べた処であるが、繼運動についても、皮質に与える電気刺激の強度を加減してこの運動の波及順序を観察した成績は別の報告に述べることにする。

この皮質性運動は正常犬、錐体犬に於ては皮質刺激によつては起らぬ。然るに錐体切断犬にして始めて單運動は起らずして、繼運動がはつきり現われて來ることからして、この繼運動に関しては延髄錐体を切断することに重大なる意

義が存するものであると言わねばならぬ。

單運動と繼運動との区別は之を目撃することによつて充分に区別することが出来るから、実験標示として誤まることはないが、錐体切断犬について皮質に与える電氣的刺激を繼運動の起る強さよりも更に強く、或は持続を長くする時は強縮性痙攣に移行して来る。かくなると正常犬の皮質刺激によつて起る強縮性痙攣と全く区別が出来なくなる。この点については後で充分考察を加えることとするが、單運動が對單運動として起ると同様に、繼運動も亦皮質刺激によつて對側肢に起ること、即ち謂わば對繼運動として起ることは特に注意を要する点である。今繼運動より強縮性痙攣に移行する問題を審別し、実験標示を單運動及び繼運動のみに限定するとすれば、單運動の神経々路が交叉していると同様に、繼運動の神経々路も亦交叉していることは確実である。問題は繼運動の神経々路が脳幹の如何なる部位に於て交叉しているか、同時に又交叉する前に、或は交叉した後にNeuronを交代することはないか、著者の最初の研究はこの事を決定することにあつた。

2. 脳梁及び前交連を切断しても對繼運動は起る

脳梁及び前交連は両半球間の交連線維から成り、少くとも癱瘓痙攣に関連する運動系傳導路は存在しないとされているが¹⁾、繼運動に関してはどうかであろうか。

実験例2. 錐体切断犬, 10kg, ♀, No.341, (19.7.31)

- | | | | |
|----|-----|---|--------------------------------------|
| 時 | 分 | 秒 | |
| 14 | 20 | | 両側延髄錐体切断 |
| 14 | 30 | | 右Gyr. posterociatus電撃, C.D 100mm, 3秒 |
| | 1.5 | | 繼運動起る (左前後肢) |
| | 5 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 12 | | 繼運動止む |
| | 40 | | 間代性痙攣止む |
| 32 | | | 右Gyr. posterociatus電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | 1.5 | | 四肢に繼運動起り、頭部と軀幹を右側に迴轉す |
| | 5 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 12 | | 繼運動止む |
| | 43 | | 間代性痙攣止む |
| 14 | 35 | | 左Gyr. posterociatus電撃, C.D 100mm, 3秒 |
| | 1 | | 右後肢に繼運動起る |
| | 7 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 11 | | 繼運動止む |

35 間代性痙攣止む

- | | | | |
|----|-----|--|--------------------------------------|
| 38 | | | 左Gyr. posterociatus電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | 1 | | 四肢に繼運動起る |
| | 6 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 12 | | 繼運動止む |
| | 37 | | 間代性痙攣止む |
| | 50 | | 脳梁及び前交連切断 |
| 52 | | | 左Gyr. posterociatus電撃, C.D 100mm, 3秒 |
| | 2 | | 右後肢に繼運動起る |
| | 7 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 11 | | 繼運動止む |
| | 35 | | 間代性痙攣止む |
| 14 | 55 | | 左Gyr. posterociatus電撃, C.D 60mm, 3秒 |
| | 1.5 | | 四肢に繼運動起る。軀幹を左側に迴轉す |
| | 8 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 13 | | 繼運動止む |
| | 42 | | 間代性痙攣止む |
| 57 | | | 右Gyr. posterociatus電撃, C.D 100mm, 3秒 |
| | 1 | | 左前後肢に繼運動起る |
| | 9 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 12 | | 繼運動止む |
| | 39 | | 間代性痙攣止む |
| 59 | | | 右Gyr. posterociatus電撃, C.D 60mm, 3秒 |
| | 1 | | 四肢に繼運動起る |
| | 8 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 12 | | 繼運動止む |
| | 41 | | 間代性痙攣止む |

以上の実験により、脳梁及び前交連は繼運動には関係がないことが判る。

3. 被殻、淡蒼部を離断しても對繼運動は起る

須田¹³⁾は皮質性癱瘓痙攣の傳導経路として、運動領野より投射する皮質-淡蒼部性の錐体外路系を生理学的に初めて確認した。從來淡蒼部は色々の点から見て、運動に関する低位の中樞であると考えられているが、繼運動に関してはどうかであろうか。

実験例3. 錐体切断犬, 7kg, ♀, No.335, (19.7.22)

- | | | | |
|----|-----|---|--------------------------------------|
| 時 | 分 | 秒 | |
| 13 | 25 | | 両側延髄錐体切断 |
| | 40 | | 右Gyr. posterociatus電撃, C.D 110mm, 3秒 |
| | 1.5 | | 左前後肢に繼運動起る |
| | 7 | | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 14 | | 繼運動止む |
| | 41 | | 間代性痙攣止む |
| 13 | 43 | | 右Gyr. posterociatus電撃, C.D 90mm, 5秒 |
| | 1.5 | | 四肢に繼運動起る。持続14秒 |
| | 8 | | 四肢に間代性痙攣起る。持続35秒 |
| 13 | 46 | | 左Gyr. posterociatus電撃, C.D 120mm, 3秒 |
| | 1 | | 右後肢に繼運動起る |
| | 9 | | 四肢に間代性痙攣起る。右側著明 |

- 12 繼運動止む
39 間代性痙攣止む
- 14 00 右被殻、淡蒼部離断
3 右Gyr. posterucius電撃, C.D 110mm, 3秒
1 左前後肢に繼運動起る。後肢に著しい
6 左前後肢に間代性痙攣起る
10 繼運動止む
40 間代性痙攣止む
5 右Gyr. posterucius電撃, C.D 90mm, 3秒
1 四肢に繼運動起る
7 四肢に間代性痙攣起る
12 繼運動止む
43 間代性痙攣止む
- 14 7 左Gyr. posterucius電撃, C.D 120mm, 3秒
1.5 右後肢に繼運動起る
9 四肢に間代性痙攣起る
10 繼運動止む
26 間代性痙攣止む
9 左Gyr. posterucius電撃, C.D 100mm, 3秒
1 四肢に繼運動起る
7 四肢に間代性痙攣起る
9 繼運動止む
39 間代性痙攣止む
- 14 12 左被殻、淡蒼部離断
20 右Gyr. posterucius電撃, C.D 100mm, 3秒
1 左前後肢に繼運動起る
10 繼運動止む。間代性痙攣起らず
22 右Gyr. posterucius電撃, C.D 80mm, 3秒
1 四肢に繼運動起る
9 繼運動止む。間代性痙攣起らず
25 左Gyr. posterucius電撃, C.D 100mm, 3秒
1 右後肢に繼運動起る
8 繼運動止む。間代性痙攣起らず
- 14 28 左Gyr. posterucius電撃, C.D 80mm, 3秒
1 四肢に繼運動起る
10 繼運動止む。間代性痙攣起らず

以上の成績の如く、皮質性癲癇痙攣には被殻淡蒼部が必要であるが、繼運動に関してはその離断後も同様に発現する。即ち繼運動に対しては被殻、淡蒼部はその皮質下連鎖には与らない。

4. 視牀剔除によつて繼運動は発現しなくなる

然らば視牀は繼運動の神経々路に関係があるであろうか。これが決定には錐体切断犬に於て視牀剔除によつて繼運動が起らなくなるかどうかを検すればよい。

実験例4. 錐体切断犬, 6kg, ♂, No.376 (19.9.13)

- 時 分 秒
15 25 両側延髄錐体切断
16 30 左Gyr. s posterucius電撃, C.D 120mm, 3秒

- 1.5 右前後肢に繼運動起る
6 四肢に間代性痙攣起る
8 繼運動止む
58 間代性痙攣止む
- 16 33 左Gyr. posterucius電撃, C.D 100mm, 5秒
1 四肢に繼運動起る
5 四肢に間代性痙攣起る
13 繼運動止む
34 6 間代性痙攣止む
16 45 左視牀搔剔剔除
17 20 左Gyr. posterucius電撃, C.D 100mm, 80mm, 50mm, 夫々5秒で何れも運動は起らぬ

以上の実験成績により視牀を剔除すれば、繼運動は対側性にも起らないことよりして、繼運動の神経々路は視牀を通ることが判る。では視牀で Neuron を交代しているであろうか。このことは錐体切断犬に於て視牀に与える化学的刺戟によつて、繼運動が起るかどうかを検すればよい。

5. 錐体切断犬に於て視牀に対する Asparaginization により繼運動は起る

視牀に対する化学的刺戟は間代性痙攣については Nicotine 及びその他種々の物質のあることが発見されているが^{10) 5)}, 著者は Asparagin 酸 Na を皮質運動領に与えることによつて繼運動が生ずると言う林等の研究 (未発表) を参照して, Asparagin 酸 Na の少量を視牀に化学的刺戟として用いる実験を行つた。

実験例5. 錐体切断犬, 8kg, ♂, No.382, (20.1.23)

- 時 分 秒
13 28 両側延髄錐体切断
45 左側視牀に 2M. Asparagin 酸 Na 0.05cc 注入
3 右後肢に繼運動起る。右後肢は膝にて屈しつつ伸びる
35 繼運動止み、硬直を來す
38 硬直のまま歩行様運動始まる
48 5 歩行様運動終る

即ち Asparagin 酸 Na を視牀に与えることによつて錐体切断犬にて明かに繼運動が生ずる。このことは繼運動の神経々路は單に視牀を通過するばかりでなく、視牀の一部に於て Neuron を換えていることを示している。

皮質性繼運動は皮質刺戟によつて先ず対側肢に起ること、謂わば對繼運動として起ることに

注意し、その神経々路は単運動の神経々路が交叉している如く亦交叉していることの確実なることは既に述べた所である。それでは対継運動の神経々路はどこで交叉しているのであろうか。これを決定せんとして次の実験を行つた。

6. 脳幹縦切によって 対継運動は 如何に変化するか

実験例 2 に示した様に脳梁及び前交連を切断するも継運動には関係がないことよりしてこゝでは交叉していないことが判り、それ以下にて交叉していることを知る。そのためには脳幹を縦切して対継運動の変化を検すればよい。

実験例 6, 錐体切断犬, 15kg, ♀, No. 338, (19.7.25)

- | | | | |
|----|----|-----|-------------------------------------|
| 時 | 分 | 秒 | |
| 15 | 35 | | 両側延髄錐体切断 |
| 16 | 30 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 四肢に継運動起る。右側は軽度 |
| | | 7 | 継運動止む |
| | 33 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1.5 | 右前後肢に継運動起る |
| | | 8 | 継運動止む |
| | 35 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 50mm, 3秒 |
| | | 1 | 四肢に継運動起る |
| | | 6 | 継運動止む |
| | | 9 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 39 | | 間代性痙攣止む |
| | 55 | | 視牀中間質切断 |
| 17 | 10 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 2 | 左前後肢に継運動起る |
| | | 6 | 継運動止む |
| | 12 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 右前後肢に継運動起る |
| | | 7 | 継運動止む |
| | 14 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 50mm, 3秒 |
| | | 1 | 四肢に継運動起る |
| | | 5 | 継運動止む |
| | | 8 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 42 | | 間代性痙攣止む |
| | 20 | | 脳梁切断 |
| 17 | 30 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 100mm, 3秒 |
| | | 2 | 左後肢に継運動起る |
| | | 6 | 継運動止む |
| | 32 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 四肢に継運動起る |
| | | 4 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | | 6 | 継運動止む |
| | 45 | | 間代性痙攣止む |
| | 33 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 右前後肢に継運動起る |
| | | 6 | 継運動止む殆んど同時に四肢に間代性痙攣 |

- | | | | |
|----|----|-----|--|
| | | | 起る |
| | 39 | | 間代性痙攣止む |
| | 40 | | 中脳縦切 |
| | | 2 | 右前後肢に硬直起る |
| | 52 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 四肢に継運動起る。右側は軽度 |
| | | 6 | 継運動止む |
| | 54 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1.5 | 右前後肢に継運動起る |
| | | 5 | 継運動止む |
| | | 7 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 42 | | 間代性痙攣止む |
| 18 | 05 | | 橋中央部より上方に縦切を加う |
| | 15 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1.5 | 左前後肢に継運動起る。右側は硬直のため不明瞭 |
| | | 5 | 継運動止む |
| | | 7 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 46 | | 間代性痙攣止む |
| | 17 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 右前後肢は硬直のまま、ゆつくり伸ばす。左前後肢にも軽度に継運動起る |
| | | 6 | 継運動止む |
| | | 8 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 38 | | 間代性痙攣止む |
| 18 | 20 | | 橋の下部より上方に縦切を加う |
| | | 1 | 呼吸荒く、硬直著明となる |
| | 30 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 左前後肢に継運動起る |
| | | 5 | 継運動止む |
| | | 7 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 43 | | 間代性痙攣止む |
| | 33 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 |
| | | 1 | 右前後肢硬直のまま継運動起る |
| | | 6 | 継運動止む |
| | | 7 | 四肢に間代性痙攣起る |
| | 34 | | 間代性痙攣止む |
| | 45 | | 延髄縦切 |
| | 48 | | 右 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 運動不明瞭 |
| | 50 | | 左 Gyr. sigmoideus 電撃, C.D 80mm, 3秒 運動不明瞭 |

以上の成績が示す様に対継運動は視牀より橋までの間に於ては交叉していないことが判る。延髄縦切によって運動が不明瞭になることから略々延髄に於て交叉することが窺われるが、延髄に縦切を加える時は犬の一般状態が悪化するので延髄にて交叉しているとの確証を欠く憾がある。この点は次の如き一連の研究によつて明かにすることが出来る。

7. 延髄錐体のみを残した場合

実験例7. 錐体犬, 6kg, ♂, No.349, (19.11.10)

- 時 分 秒
 15 15 延髄錐体を残し延髄を切断. [手術模型1]
 30 右Gyr. posterucius電撃, C.D 70mm, 5秒
 7 右眼瞼, 口角の筋群に間代性痙攣起る
 27 間代性痙攣止む. 四肢に運動なし
 35 左Gyr. posterucius電撃, C.D 70mm, 5秒
 6 眼瞼, 口角の筋群に間代性痙攣起る
 33 間代性痙攣止む. 四肢に運動なし

この実験例は実に驚く可
 きものであつた. 即ち少く
 とも錐体路系のみによつて
 延髄上部とその下部との結
 合せるものでは四肢の運動
 は完全に起らぬことを意味
 するからである. 然らば錐
 体路系は運動の経路ではな
 いのであるか? この重大
 疑問は林等によつて次いで
 報告せられるが, こゝでは
 この疑問に触れず, 上記の
 実験で明かにせられた錐体
 外路系の継運動についての
 み実験を進めることにす
 る.

8. 錐体切断犬にて延髄一側
を切断せる場合

実験例8. 犬, 8kg, ♂, No.380, (20.1.15)

- 時 分 秒
 14 10 両側延髄錐体切断. [手術模型2]
 25 左延髄切断
 38 左Gyr. sigmoideus電撃, C.D 110mm, 3秒
 2 右前後肢に継運動起る
 5 継運動止む
 40 左Gyr. sigmoideus電撃, C.D 80mm, 3秒
 1.5 四肢に継運動起る
 6 継運動止む
 45 右Gyr. sigmoideus電撃, 110mm, 80mm,
 50mm, 夫々何れも3秒. 運動なし

実験例6に於て対継運動の神経々路は略々延
 髄にて交叉していることが推定出来るが, 実験
 例8に示せる如く錐体切断犬にて左側延髄の切
 断されている場合, 右側皮質刺激では運動は起
 らない. 然るに左側皮質刺激にて継運動の起る

のは右側延髄が生きている爲である. この事実
 よりして対運動の神経々路は視牀の下, 延髄迄
 の間にて対側性のものがある. 換言すれば延髄
 に下るまでに交叉す経路があることが判る.

9. 延髄錐体を延髄と共に一側のみ切断せる場合

実験例9. 犬, 12kg, ♀, No.381, (20.1.18)

- 時 分 秒
 13 40 錐体左半側切断.
 45 延髄左半側切断 [手術模型3]
 58 左Gyr. posterucius電撃, C.D 120mm, 3秒
 1 右前肢継運動起る
 5 継運動止む
 14 02 左Gyr. posterucius電撃, C.D 80mm, 3秒
 1 四肢に継運動起る
 8 継運動止む
 14 右前後肢に間代性痙攣起る
 48 間代性痙攣止む
 10 右Gyr. posterucius電撃, C.D 130mm, 3秒
 2 左前後肢に継運動起る
 9 継運動止む
 13 右Gyr. posterucius電撃, C.D 110mm, 3秒
 1 四肢に継運動起る
 8 右前肢に間代性痙攣起る
 10 継運動止む
 54 間代性痙攣止む
 15 右Gyr. posterucius電撃, C.D 80mm, 3秒
 電撃と同時に左前後肢に強縮性痙攣起る

実験例8, 9の成績を綜合して検討してみる
 に, 皮質性継運動には対側性及び同側性の2つ
 の神経々路があることが判る. 錐体切断犬にて
 一側の延髄を切断し, その側の皮質刺激では継
 運動が起り, 切断せざる側の皮質刺激では起ら
 ないことよりして, 対側性に起るものは之が單
 独にて発動し錐体は不要であるが, 同側性に起
 るものに関しては同側錐体が重要な役目を果
 している. 即ち実験例9の如く一側錐体を含め
 て延髄を切断し, その側の皮質刺激にて生ずる
 継運動は対側性のものが発動して起るものであ
 ることは理解できるが, 切断せざる側の皮質刺
 戟でも同じ様に継運動が起ることよりして同側
 性の継運動神経々路も存在して, 然も実験例8
 の如くその側の錐体が切断されてある場合には
 最早継運動は起らないことよりして, 同側性の
 ものに関しては錐体が必要欠くべからざるもの
 であることを示し, 且つ同側性の継運動発現の

爲には、同側皮質より下り同側錐体を通つて、この運動を発動せしめるに必要な補助の神経々路があるとしなくてはならぬ。

10. 一側錐体を切断し、他側は錐体を残して延髄を切断せる場合

実験例10. 犬, 10kg, ♂, No.384, (20.2.3)

時 分 秒	
15 00	左延髄錐体を残し左側延髄錐体を切断す
20	右延髄錐体切断。〔手術模型4〕
30	左Gyr. posterucius電撃, C.D 130mm, 3秒
1.5	左右後肢に継運動起る
7	継運動止む
35	左Gyr. posterucius電撃, C.D 100mm, 3秒
	電撃と同時に右後肢強縮性痙攣
1.5	左後肢に継運動起る
8	継運動止む
40	右Gyr. posterucius電撃, C.D 130mm, 100
	mm, 50mm, 夫々3秒. 運動なし
45	左Gyr. posterucius電撃, C.D 120mm, 3秒
2	右後肢に継運動起る. 左後肢は軽度
50	左Gyr. posterucius電撃, C.D 80mm, 電撃と
	同時に右前肢及左右後肢に強縮性痙攣起る

以上の成績にて右側皮質を刺激した場合に右側延髄は残っているのに何等の運動を認めることが出来なかつた。これは同側性の継運動は同側の錐体を通る補助神経線維があつて始めて発動することよりして首肯出来る。

IV. 総括的考察

大脳皮質の刺激実験で最も容易に認められる第4領野特有の単運動が先ず注目を受け詳細に研究され、運動発現に関する解剖学的模式化が行われたが、この場合第6aの領野から起る継運動の生理学的意義に関しては余り反省されるところがなかつた。

然るに著者の実験によつて延髄錐体を切断した後に、皮質運動領野の刺激によつて単運動の生ずべき場合に、ある潜時をもつた緩慢にして明かに単運動と区別出来て Campbell¹⁾, Vogt¹⁵⁾等によつて、継運動 (sustained movement) と称された運動が生ずる。この運動様式は電撃3秒にて1~2秒の潜時の後、四肢が緩かに伸び或は屈し10~15秒にて元に戻り、電撃の時間を長くすると即ち10秒にすると、1~2秒の潜時の後に、15~20秒間四肢は伸び或は屈したる姿勢

を保ち、その後緩かに30~50秒にて完全に元に戻る様な運動現象である。そして刺激の強さが弱いと主として対側の一肢のみに現われ、強さを増すに従い、他肢にも波及するものであつた。この波及の問題及び積分作用に関しては別に報告する。

そこでこの継運動は錐体路系の運動ではなく少くとも錐体外路系の運動に属するものであることが判つたが、それではその神経々路は如何。

皮質性継運動は一側の皮質から両側性の運動が生じ、それが皮質複現の関与する現象でなく、視牀の積分機構によるものであり、同時にこゝで Neuron を交代していることは実験例4, 5の成績が之を示している。又実験例8, 9の成績を綜合して、この皮質性継運動には一側皮質より視牀に下り、こゝで Neuron を交代し視牀と延髄迄の間で対側性に行き対側の脊髓前角細胞に終る経路と、視牀より同側性錐体を下る補助経路により同側に継運動を起すものと2つの経路が存在する。尚これ以外に継運動の神経々路の存在することも想像されるが、何れにしても皮質性継運動は以上の事実よりして皮質運動領野より起り、視牀にて Neuron を交代し、対側性並びに同側性に行き下るもので且つ延髄錐体を通らないことからして、之は錐体外路系に属する運動現象であると決定することが出来る。

さらば強縮性痙攣は果して単運動の重加して起る運動現象であるか、又は単運動に継運動の重加によつて起る運動現象であるか。これに関しては錐体路系と錐体外路系の関係について林等の詳細なる研究があるから追つて発表せられるであろう。

V. 結 論

1. 延髄錐体切断後、皮質運動領野の刺激により起る継運動は、皮質運動領野から投射される錐体外路系である。

2. 皮質性継運動の神経々路は皮質より視牀を経て、視牀、延髄迄の間で交叉して対側の脊髓

前角細胞に下る経路と、視床より同側を下行する2つの経路がある。

3. 皮質性継運動の対側性に起る第1のものは、これのみ単独にても起り得るが、同側性の第2のものは同側の延髄錐体を通る補助経路があつて始めて継運動を起すものである。

拙筆に当り、加藤教授の御鞭撻と林教授の御指導並に御校閲を深謝す。

文 献

- 1) Campbell, A. W. (1905) Histological studies on the localization of cerebral function. Cambridge University Press, London.
- 2) Fritsch, G., and E. Hitzig, (1870) Über die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. Arch. Anat. Physiol. wiss. Med. 37, 300-332
- 3) 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
- 4) 石塚 保 (1942) 大脳灰白質微小刺戟法による Corpus callosum の生理学的研究 条件反射 4, 159-177
- 5) 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 strychnini-

- zationに就て 条件反射 3, 76-92
- 6) 工藤達之・名和 精・佐藤佐与 (1951) 中脳短横断による去脳硬直 (脳と神経に発表)
- 7) Marshall, C. (1934) The cortico-fugal pathways mediating the "Berührungsreflexe" of Munk and the contact placing reactions of Rademaker. Am. J. Physiol. 109, 178-180
- 8) 中邑 勇 (1943) 皮質性癲癇痙攣に関する錐体外路系に就いて 条件反射 6, 11-31
- 9) 尾崎格治 (1942) 皮質性癲癇痙攣の最終共通道としての Gyrus sigmoideus 条件反射 3, 100-110
- 10) 尾崎格治 (1942) 視丘性癲癇痙攣に就いて 条件反射 5, 79-88
- 11) Schüller, A. (1909) Experimentale Pyramidenausschaltung beim Hunde und Affen. Wien. klinische Wochenschr., Nr. 3
- 12) Sherrington, C. S. (1939) Selected Writings of Sir Charles Sherrington.
- 13) 須田 勇 (1942) 皮質性癲癇痙攣の皮質下連鎖 条件反射 4, 100-116
- 14) Tower, S. S. (1935) The dissociation of cortical excitation from cortical inhibition by pyramidal section, and the syndrome of that lesion in the cat. Brain. 58, 238-255
- 15) Vogt, O., and C. Vogt, (1919) Ergebnisse unserer Hirnforschung. J. Psychol. Neurol. Lpz. 25, 277-452

Summary

After the transection of the medullar pyramis, the faradization of the cortical motor area evoked the point to point, sustained, movement of the contralateral limb. This sustained movement was apparently different from the isolated movement, but when the stimulation was strengthened it also irradiated to other limbs. The sustained movement could not be evoked from the cortical motor area of the intact animal, and only after the transection of pyramis it could be elected. Therefore, it was quite clear that this sustained movement belonged to the extrapyramidal motor phenomenon.

From present research the author could make clear the nervous pathways of the cortical sustained movement and discovered two different pathways.

1) After started from the cortical motor area, it changed neurons at the thalamus of the same side, crossed at between the thalamus and medulla, and reached to the contralateral anterior horn of the spinal cord.

2) After changed neurons at the thalamus of the same side, it descended homolaterally and reached to the spinal anterior horn of the same side. This homolateral pathway could not evoke the sustained movement by itself alone, but could do with the aid of the complementary path which passed through the medullar pyramis of the same side.

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

錐体切断犬の脳皮質刺激電流の強さによる継運動の波及について 612.825

On the Irradiation of the Tonic Movement According to the Strength of
Cortical Stimulation of the Pyramis-transected Dog.

林 諱・小 田 満・長 田 良 平

(Hayashi-Takashi・Oda-Mitsuru・Osada-Ryohei)*

犬の脳皮質を露出して、その運動領に感応電流の強縮刺激(1~5sec)を与えると、電流が弱い時には、対側1肢に単運動又は短い強縮運動が起るが、電流を強くすると、2肢、3肢、4肢と波及して行くことは、著者等の2人²⁾が既に報告している。この波及は言う迄もなく、1肢に起つて次々に行く波及でなく、強くすると2肢同時更に強くすると3肢同時と言う意味である。

この様な波及が如何にして起るか。若し、この単運動又は短い強縮が錐体路系の刺激せられて起るものとするれば、説明は極めて簡単で、皮質に与えられる電流が強いと、電流の拡がること(電流滑走 Current spread)によつて、隣接細胞に刺激が及び、更に強いと上肢領野より下肢領野へも及ぶと考えればよい。そこで、錐体切断によつて錐体路系経路を断ち、なおこの現象が存在するか、或はその波及の型が異つて来るかを檢したのがこの実験である。

錐体切断実験は既に Marshall¹⁾、Tower⁷⁾等によつて行われているが、錐体切断の上、皮質刺激を試みた実験は余りない。

実験方法は次の如くである。

1. 実験動物には総て成犬を用い、固定及び開頭は当教室の方法によつた⁶⁾。

2. 延髄錐体切断は工藤・名和・佐藤³⁾の口蓋頭蓋底開鑿術により口蓋を腹面より開頭し錐体を直視しつゝ、眼科用小刀で切断するか、又は繊細なる金属針の先を適当に曲げたもので、錐体膨隆部を側方よりひつかけの様にして切断する。

3. 皮質刺激には感応電気器による電気刺激

を用い、刺激電極には白金双極電極(距離2mm)を用い、捲軸距離120~130mm、刺激時間3~10秒、刺激部位は主として Gyrus posterucius とした。

1. 延髄錐体切断犬で皮質刺激による四肢の筋運動の観察

延髄錐体のみを切断すると、四肢は軽い屈状態となり、他力的に抵抗を感じる。脳皮質運動領野に電氣的刺激を与えると、運動が現われる。その運動は切断のない犬で起る単運動とは少しく異り、少々緩慢な運動で5秒刺激で10~15秒つゞいて元に戻るものであるから継運動(sustained movement)と名付けた。詳しくは小田⁵⁾が別に論じている。

No. 1. 延髄錐体両側切断, No. 313, 5kg, ♀, (19.6.27)

時 分 秒	
13 10	口蓋頭蓋底を開く手術開始
45	錐体露出
14 0	両側頭蓋開頭開始
14 15	大脳皮質運動領露出
14 35	延髄錐体両側切断
15 0	右 Gyrus posterucius の下部電撃、捲軸距離 70mm、持続 5 秒
1	左前肢より緩慢な伸筋運動起る。殆んど同時に左前肢伸、左後肢屈、右前後肢運動なし
6	左後肢間代性痙攣起る
14	左前後肢の緩慢な運動終る
15 0 38	左後肢間代性痙攣止む
4	右 Gyrus posterucius の上部電撃、捲軸距離 70mm、持続 5 秒
1	緩慢なる運動起る。左前肢伸、左後肢屈、右前後肢運動なし
7	左後肢間代性痙攣起る
13	緩慢なる運動止む
33	左後肢間代性痙攣止む
15 6	右 Gyrus posterucius 上部電撃、捲軸距離

* 慶応義塾大学医学部生理学教室

50mm, 持続5秒

- 1 左前肢伸, 左後肢屈, 右前肢屈の緩慢な運動起る
- 6 左右前肢左後肢に間代性痙攣起る
- 10 左 Gyrus posterucius の上部電撃. 捲軸距離 70mm, 持続5秒
- 1.5 左前肢より緩慢なる運動起る. 左前肢屈, 左後肢屈, 右前肢右後肢屈
- 8 左右後肢に間代性痙攣起る
- 11 緩慢なる運動終る
- 41 左右後肢間代性痙攣止む

No. 2. 延髄錐体両側切断, No. 315, 18kg, ♂, (19.6.28)

- | | |
|-------|---|
| 時 分 秒 | |
| 12 45 | 口蓋頭蓋底より手術開始 |
| 14 5 | 錐体露出 |
| 25 | 両側頭蓋開頭開始 |
| 55 | 大脳皮質運動領露出 |
| 15 30 | 両側延髄錐体切断 |
| 50 | 右 Gyrus posterucius 電撃. 捲軸距離 50mm, 持続5秒 |
| 1.5 | 緩慢なる運動起る. 左前肢肘で屈し腕で伸ばす, 左後肢は屈す. 右前肢肘で屈し腕で軽く伸ばす, 右後肢は屈する |
| 7 | 左前後肢に間代性痙攣始まる |
| 12 | 四肢の緩慢な運動終る |
| 30 | 左前後肢の間代性痙攣止む |
| 16 3 | 左側脳硬膜を切除. 呼吸荒くなり軀幹右へ凹, 左へ凸状を呈す |
| 8 | 左 Gyrus posterucius 電撃. 捲軸距離 50mm, 持続5秒 |
| 1 | 緩慢なる運動起る. 左前肢肩でピクンと動く. 左後肢は屈する. 右前肢は伸ばし後肢は屈する |
| 8 | 四肢間代性痙攣始まる |
| 13 | 緩慢なる運動止む |
| 15 | 左前肢間代性痙攣止む |
| 27 | 左後肢及右前肢間代性痙攣止む |

以上の実験で、錐体切断犬でも皮質運動領の刺激によつて明らかに四肢の運動が生ずること、たゞし運動の型は正常犬と異り速に生じて速に元に戻る(單運動)型でなく、緩慢に生じて緩慢に元に戻る型である。しかし刺激が強くなると、單運動との区別が不明瞭になり四肢同時に運動を起す様な場合は、殆んど正常犬の強縮性痙攣(TK)と区別がし難い。継運動については、Campbell¹⁾, Vogt & Vogt⁸⁾ 等が猿第6a領野から單運動と区別す可き緩慢な運動が起るのを見て名付けた名称で、恐らくそれと同性質(錐体外路系)であると考えられるので上記の運動

をも継運動と名付けたのである。

しかも、この継運動は皮質刺激の強さによつて波及現象が存在することは上記の例でも判るが、正常犬における波及型と比較して果して如何なる差異が存在するか。

II. 皮質刺激の強さによる継運動波及の観察

No. 3. 延髄錐体両側切断犬, No. 318, 6kg ♂

- 右 Gyrus posterucius の下部電撃. 5秒
- 捲軸距離 125mm, 左前肢
120mm, 左前肢→左後肢
105mm, 左前肢→左後肢→右前肢
100mm, 左前肢→左後肢→右前肢→右後肢
- 右 Gyrus posterucius の上部電撃. 5秒
- 捲軸距離 120mm, 左後肢
110mm, 左後肢→右後肢
105mm, 左後肢→右後肢
100mm, 左後肢→右後肢→右前肢→左前肢
- 左 Gyrus posterucius の下部電撃
- 捲軸距離 120mm, 右前肢→右後肢
110mm, 右前肢→右後肢→左後肢
105mm, 同上
90mm, 同上
75mm, 右前肢→右後肢→左後肢
50mm, 右前肢→右後肢→左後肢→左前肢
- 左 Gyrus posterucius の上部電撃
- 捲軸距離 120mm, 右後肢
115mm, 右後肢→右前肢
110mm, 右後肢→右前肢→左後肢
105mm, 右後肢→右前肢→左後肢→左前肢

No. 4. 延髄錐体両側切断犬, No. 315, 18kg, ♂

- 左 Gyrus posterucius の下部電撃
- 捲軸距離 105mm, 右後肢
100mm, 右後肢→右前肢→左後肢
80mm, 右後肢→右前肢→左後肢→左前肢
- 左 Gyrus posterucius の下部再度電撃
- 捲軸距離 105mm, 運動起らず
100mm, 右前肢
98mm, 右前肢→右後肢→左後肢
90mm, 同上
80mm, 同上
30mm, 同上

右 Gyrus postericius の中央部電撃

捲軸距離 100mm, 左後肢
 80mm, 左後肢→右後肢
 70mm, 左後肢→右後肢→左前肢
 60mm, 同上
 50mm, 左後肢→右後肢→左前肢→右前肢

右 Gyrus postericius の中央部再度電撃

捲軸距離 100mm, 左後肢
 90mm, 左後肢→左前肢
 80mm, 同上
 70mm, 左後肢→左前肢→右後肢
 50mm, 左後肢→左前肢→右後肢→右前肢

No. 5. 延髄錐体両側切断犬, No.321, 4kg, ♀

右 Gyrus postericius の下部電撃

捲軸距離 120mm, 左前肢
 110mm, 左前肢→左後肢
 100mm, 左前肢→左後肢→右前肢
 90mm, 左前肢→左後肢→右前肢→右後肢
 80mm, 左後肢→左前肢
 50mm, 同上

右 Gyrus postericius の上部電撃

捲軸距離 180mm, 左後肢
 110mm, 左後肢→左前肢→右前後肢
 100mm, 左後肢→右後肢→右前肢→左前肢
 90mm, 同上

以上の実験で判るように、継運動は皮質に与える電氣的刺激強度が弱いと、先ず対側のみに現われ、強度を高めるに従い他肢にも順次現われて、やがて全肢に波及するものであるが、こゝでも刺激の強さとその波及型との間に一定の波及法則は認められない。言いかえれば考え得る凡ての型が起る。

Ⅲ. 皮質截断又は一部剔除による継運動の波及について

上記の実験結果は錐体切断犬に於ても、皮質刺激によつて単運動に類似な運動が起り、然もその運動は皮質上部から対側下肢、皮質下部から対側上肢に現われることは正常犬に於けると異なる。しかし延髄錐体が切断してあるから、錐体路系は定義によつて除いてあるし、又生ずる運動も単運動とはやゝ異なるのであるから、こ

れは錐体路系の運動ではなく錐体外路系の運動である。しからば錐体外路系細胞も亦皮質に於て錐体路系と同じ順序で配列しているのであるか。このことを確かめようとして、錐体切断犬で大脳皮質運動領の上部と下部との間に截断を加えて、上部又は下部を刺激し、或は上部又は下部を剔出してし残つた部位に電氣的刺激を与えて、果して上肢より下肢、又は下肢より上肢への波及があるかどうかを検した。

No. 6. 錐体切断犬, No.353, 5kg, ♀, (19.8.14)

時	分	秒	
14	25		両側延髄錐体切断
	41		右側皮質運動領露出
	45		右 Gyrus postericius の下部電撃
			捲軸距離 130mm, 左前肢
			120mm, 同上
			100mm, 同上
			90mm, 左前肢→左後肢→右後肢
			80mm, 左前肢→左後肢→右後肢→右前肢
			肢
15	10		右 Gyrus postericius の中央部に約 4mm の深さに截断を加えて上下を分つた
15	13		右 Gyrus postericius の下部電撃
			捲軸距離 100mm, 左前肢
			90mm, 左前肢→右後肢
			80mm, 左前肢→右後肢→左後肢→右前肢
			肢
15	20		右 Gyrus postericius の下半部灰白質剔除
	23		右 Gyrus postericius の上部電撃
			捲軸距離 100mm, 左後肢
			90mm, 左後肢→右後肢
			80mm, 左後肢→右後肢→左前肢→右前肢
			肢
	30		右 Gyrus postericius の上部皮質下面に約 5mm の深さに横切を後方より加う
	32		右 Gyrus postericius の上部電撃
			捲軸距離 80mm, 運動なし
			50mm, 運動なし

実験が少しく不足であるが、上記の実験は截断又は剔除によつて電流滑走の及ばぬ様にしても、上肢より下肢への波及、下肢より上肢への波及も存在するのみか、恐らく正常犬又は錐体切断犬に於けるすべての波及型が現われるであろうと豫見される。この点は更に実験を重ねて明確にしよう。

さて、そうなると、少くとも継運動の波及は皮質に於て行われているのではないと考えねば

ならぬ。皮質性継運動の神経々路の研究は別に小田⁵⁾が詳しく試みているが、1) 1側皮質に起り、視牀で Neuroneを交代し、延髄で対側に交叉し、脊髓の前角で両側性になるものと、2) 1側皮質に起り、視牀で Neuroneを交代し、その側を脊髓前角迄下つてから両側性になるものがあり、しかもこの後者は同側皮質より同側錐体を通る相補経路 (Complementary Tract) が同時に刺激をうけて始めて筋運動となるものであることを明らかにしている。言いかえれば、この両経路は共に線状体とは無関係な錐体外路系経路である。このことから考えると、正常犬に於ても、錐体切断犬に於ても、刺激の強さによる単運動又は継運動の波及は、視牀に於て波及機制を有するのではないか、そうでなければ、脊髓前角に於てあるが、上肢より下肢に容易に波及することから視牀に帰することが正しいであろう。

文 献

- 1) Campbell, A. W. (1905) Histological studies on the localization of cerebral function. Cambridge Univ. Press.
- 2) 林 麟・小田 満・林 雅男 (1952) 大脳皮質刺激電流の強さと強縮運動の波及との関係 日本生理誌 14, 56
- 3) 工藤達之・名和 精・佐藤佐与 (1952) 中脳短横断による去脳硬直 (脳と神経に掲載予定)
- 4) Marshall, C. (1934) Experimental lesions of the pyramidal tracts. Arch. Neurol. Psychiat. Chicago, 32, 778-796
- 5) 小田 満 (1952) 皮質性継運動とその神経々路に就て 日本生理誌 14, 315
- 6) 斎藤脩二・須田 勇 (1942) 犬の大脳皮質運動領の刺激によつて起る痙攣痙攣に対する刺激部位剔除の実験 條件反射 3, 22-29
- 7) Tower, S. S. (1935) The dissociation of cortical excitation from cortical inhibition by pyramid section, and the syndrome of that lesion in the cat. Brain, 58, 238-255
- 8) Vogt, O. & C. Vogt, (1919) Ergebnisse unserer Hirnforschung. J. Psychol. Neurol. Lpz. 25, 277-462

Summary

After the transection of the medullar pyramis, the electrical stimulation of Gyrus postcruciatu evoked the sustained movemet of contralateral limb. When the stimulation was strengthened the sustained movement irradiated to other limbs as the irradiation of the isolated movement according to the strength of stimulation. This irradiation of the sustained movement was not inhibited by the partial enucleation of cortical motor area. Therefore, the irradiation phenomenon is not of the cortical nature.

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

体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究 612.766.1

(第1報) 全身運動時に於けるエネルギー需要量の個人差

Fundamental Studies on Energy Metabolism in Physical Exercise of Sports.
Report 1. Individual Difference of Energy Requirement for whole bodily Exercise.

山 岡 誠 一 (Yamaoka-Seiichi)*

I. 緒 論

スポーツのエネルギー代謝については19世紀初頭より多数の先輩によつて研究されて來た。その主なものを列挙すれば、ランニング(Hill¹, Furusawa¹, Sargent², Liljestrand³, Klatschkow⁴, 小笠原⁵), 水泳(Liljestrand⁶, Waller⁷, 佐藤⁸, 吉岡⁹), スキー(Liljestrand³, 飯野¹⁰, 小田¹¹), スケート(Liljestrand³), 漕艇(Liljestrand³, Henderson¹²), 登山(Loewy¹³, Sigrist¹⁴, 杉本¹⁵), 体操(Missuro¹⁶, 吉田¹⁷, 小笠原¹⁸, 小泉¹⁹, 石井²⁰), フェンシング(Gullichsen²¹), 拳闘(知久²²), ビンボン(Blonberg²³), 乗馬(Geldrich²⁴), カース(Wohlfeil²⁵), 重量挙げ(Kagan²⁶), 自転車(黒沢²⁷) 等である。

しかしこれらの測定は何れも運動形式の簡単なスポーツ種目に限定されていて、変化の多い複雑なスポーツ種目についての測定報告は未だ見ない。しかも従來の測定は基礎的、断片的なものであつて、未だスポーツ管理に適用される域に達していない。かく従來の研究が基礎的なスポーツの実測に當まつて実際に応用されないのは、瓦斯代謝の測定装置が複雑で移動性が乏しく、複雑な一般スポーツ時の瓦斯代謝の実測が困難であつたからである。

1936年古沢²⁸)は一般に労作強度を表わすためにエネルギー代謝率($R.M.R = (\text{エネルギー需要量})/(\text{基礎代謝量})$)なる値を算出し、これは労作の種類により一定したもので各人の体格の大小によつて差異を來たすことはないと考えた。しこうしてこの仮定の下に一連の労作についてこれを構成する基本動作の $R.M.R$ の測定値と、これら基本動作の所要時間の測定成績 (Time

Study) とより、労作全体に必要な消費エネルギー量 (エネルギー需要量) の算定に成功した。爾來暉峻²⁹・古沢³⁰・福原³¹・鈴木³²)らによつて、各種労作時のエネルギー需要量や $R.M.R$ が測定され、これら各種の労作についてのエネルギー代謝量の測定成績は、やがて複雑な労務のエネルギー管理や労務者の栄養所要量の算定にまで活用される様になつたのである。

さて従來実測を困難視されていた複雑なスポーツの練習、試合時のエネルギー代謝量の測定もかゝる方法によつて間接に算出することが可能であり、又現段階においては最善の方法であろうと考えられる。しかしながらスポーツは一般の職業的労作と異なつて、その動作形式が複雑であり且つ変化に富んでいる。従つてこれに $R.M.R$ の仮定をそのまま適用するためには、一応これを実験的に確める必要がある。のみならず身体重心の移動を主体とするスポーツ運動時において、 $R.M.R$ の仮説がそのまま適用されるか否かは甚だ疑問である。そこで著者はスポーツ運動の基礎となる数種の身体運動について、エネルギー需要量の個人差の検討を行い、これよりスポーツのエネルギー需要量を求めるためのスポーツ強度の指標として、如何なる値を用いれば最も個人差が少ないかを検討すると共にこの指標をもとにしてスポーツの練習や試合時の Time Study の結果より、複雑なスポーツ時のエネルギー需要量を推算する方法を案出しようと企図した。以上の目的に従つて行つた研究の結果はこれを3部に分け、本報においては、その中の全身運動時の需要熱量の個人差について研究結果を報告する。

II. 実験方法

* 京都府立医科大学生理学教室 (吉村寿人教授)

実験を行つた全身運動は第1表4欄に示した10種の基本運動種目で、これらの運動は表の左欄に掲げた様に、スポーツ時に於ける身体運動の力学的な形式より、重心を移動しない場合及び重心を水平に移行する場合並びに上下に移行する場合の3つに分けた。しこうしてそれらの各分類において無負荷の身体運動と、各人に外的に同一の負荷量を与えた場合のそれぞれ2つの種類の運動があるから、都合全部で6種の運動形式に分類したことになる。これらの基本運動の実施要領、速度、負荷量、採気時間等については表の右側欄に示した。

被験者は京都学芸大学々生で、被験者の身体

練習程度の差による効率の差異を最少限に当めるために、常時運動練習を行つている身心健康的な運動部員であつて、この中より、身長的大小体重の軽重によつて各実験種目共に8~9名の被験者を選んだ。尙一部の実験には女子学生3~4名を被験者に加えた。しこうしてこれらの被験者の身長、体重、年令基礎代謝量は夫々の種目の実験結果の項に図示する。

実験は昭和24年6月より昭和26年5月に互り午後3時より5時の間に行つた。被験者は運動前に15~20分間静坐せしめて、安静時の酸素消費量を求めた後に所定の運動を行わしめ、運動後は再び安静坐位状態にて酸素負荷量を測定

第1表 実験運動及び実施要量

運動の形式		運動量	実験番号	実施運動	運動要領	速度 (毎分)	負荷	需要熱量測定のための採気時間 運動時 恢復期**	
全身運動	重心の停止	無負荷 *	1	足踏	{足尖をつけたまま踵を挙げる (挙踵) {股を水平にまで挙げる (水平挙股)	120回 100回	— —	2' (定常状態) 2 (定常状態)	
		負 荷	2	重量牽引	綱の一端に重量をつけ滑車によつて水平に1.2m 牽引する	20回	{ 0kg 5〃 10〃 20〃	4 4 4 2	6' 8 10 12
	重心の水平移動	無負荷 *	3	歩行	歩巾、歩数を一定にして楕円上を歩行する	{30m(50cm×60) 70m(70cm×115) 80m(75cm×120)	—	4 (定常状態)	
		負 荷	4	水泳	25mのプールにて平泳	50m	—	2	
	重心の上移動	無負荷 *	5	負荷歩行	土嚢2個を右肩にふりわけて担い楕円上を歩行する	60m	{ 0kg 20〃 40〃 60〃	2.30' (定常状態) 2.30 { 6 10 12	
		負 荷	6	階段上昇	垂直高12m、80段の階段を上昇する	{ 60歩 100歩	—	1.20 .48	10 15
	重心の下移動	無負荷 *	7	階段下降	同上の階段を下降する	{ 60歩 120歩	—	1.20 .40	5 8
		負 荷	8	跳躍	両足を揃えて20cm上方に跳躍する	40回	—	2.30	7
	重心の上下移動	無負荷 *	9	台上下	高さ23cmの台に登り降りする	{15回 20回 25回 30回	—	3.20 2.30 2. 1.40	8 10 12 15
		負 荷	10	負荷して台上下	土嚢を肩に担い同上の台に登り降りする	15回	{ 0kg 10〃 20〃 30〃	1.40	8 10 12 15

* 無負荷とは外的に与えた負荷のないことで、実際は被験者の体格に応じて自身の体重が負荷となる。

** 恢復期の採気時間は強度の運動種目については完全に恢復し得る時間でない。しかし 沢古³³⁾も述べている如く恢復期の採気時間が長いから測定の精度が増したと考えるのは輕率で、運動後の安静時代謝量測定結果から見て、表記の時間で恢復作用がほぼ完了したものと認めて良い。

し、これより運動時の消費熱量並びに需要熱量(消費熱量より安静時代謝量を差引いた値)を算出した。酸素消費量や負荷量の測定は Douglas bag を用いて採集した呼気を分析して求めた。(実験法の詳細は 暉 峻 著「エネルギー代謝実験法」³⁴⁾によつた) 又 R.M.R の算出に必要な被験者の基礎代謝量は、過半の実験種目については実測値であり、一部の種目は高比良式により算出した。

各運動種目とも大部分は各々の被験者につき 2 回宛日を異にして測定し、その平均値をもつて各被験者のエネルギー需要量とした。2 回の測定においてその差 5% 以上のものについては更に 1 回実験して近似の 2 つの値の平均を以て実測値とした。

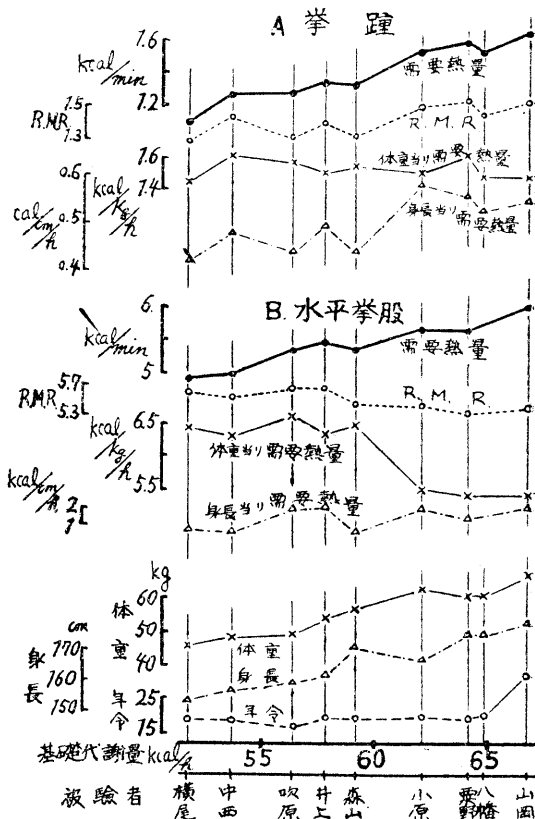
Ⅲ. 実験結果及び考察

A. 身体重心の停止の場合

実験 1. 足踏

実験した足踏の要領は、手を自然に振らしめ爪先をつけたまま踵を挙げる場合(挙踵)と、股を水平位まで挙高する場合(水平挙股)の 2 種で前者は毎分 120 回、後者は 100 回の速度で行つた。この場合の被験者を基礎代謝量に応じて配列すると第 1 回横軸に示す様で、図の下部には各被験者の身長、体重、年令、基礎代謝量(以後身体的特性と記す)を図示した(以下同じ図示法に依る)。

挙踵及び水平挙股の際の各被験者の毎分時当りの需要熱量(以下単に需要熱量と略記する)、R.M.R、体重 1kg 1 時間当り(以下体重当りと略記する)並びに身長 1cm 1 時間当り(以下身長当りと略記する)の需要熱量を第 1 図 A 及び B に図示した。第 2 表の左部は足踏の際の各被験者の需要熱量、R.M.R、体重当り及び身長当りの需要熱量の平均値、信頼限界並びに変異係数を示したものである。これらの測定値を用いて需要熱量の個人差の大小の検討を行うために各被験者の需要熱量、R.M.R、体重当り、並びに身長当り需要熱量のそれぞれについて、それらの平均値に対する比率を求め、この比率の分



第 1 図 足踏の需要熱量

散の検定を行つた。その結果分散の最小を示す項目の変異係数欄の数字をゴシック体にして示した。而して爾余の項目の内でも、この分散の最小値と統計上有意の差を認め得なかつた項目には * 印を附した。但しこの場合の有意水準は 5% とする(以下の諸表についても同様である)。

これらの図及び表によつて見られる様に、挙踵及び水平挙股とも需要熱量の平均は 1.40kcal 及び 5.40kcal であつて、体格の大きなもの程大きな値を示し、それぞれ基礎代謝量、体重、身長との間には 0.77~0.95 の相関係数(統計上有意)を示している。

しこうして各項目毎の個人差の多少を比較検討する爲に、表中の変異係数欄を見ると、挙踵の場合は体重当り需要熱量においてその個人差の分散は最少を示し(R.M.R の分散との差は有意)、水平挙股の場合は身長当り需要熱量が最小の分散を示している。但しこの場合には R.M.R

第2表 足踏及び重量牽引の需要熱量

負 荷 量		足 踏		重 量 牽 引			
		拳 踵	水平拳股	0	5kg	10 "	20 "
測 定 人 員 (人)		9	8	8	9	9	8
需 要 熱 量	平均kcal/min	1.40	5.40	1.81	2.33	3.91	8.34
	信頼限界	± 0.15	± 0.30	± 0.17	± 0.20	± 0.34	± 0.64
	変異係数%	12.91	* 6.26	* 10.38	* 10.58	* 10.65	* 8.60
R. M. R	平均	1.40	5.49	1.79	2.31	3.87	8.09
	信頼限界	± 0.11	± 0.17	± 0.26	± 0.27	± 0.56	± 1.01
	変異係数%	10.07	* 3.43	16.01	14.65	17.59	13.97
体重当り需 要熱量	平均 kcal/kg/h	1.54	6.04	1.88	2.44	4.08	8.39
	信頼限界	± 0.05	± 0.36	± 0.36	± 0.39	± 0.72	± 1.27
	変異係数%	3.83	6.60	21.57	19.59	21.77	16.95
身長当り需 要熱量	平均 kcal/cm/h	0.51	1.97	0.66	0.85	1.42	3.00
	信頼限界	± 0.05	± 0.06	± 0.07	± 0.08	± 0.15	± 0.29
	変異係数%	11.24	3.19	* 12.20	* 11.23	12.64	* 10.77
需要熱量と 基礎代謝量 との相乗積	平均	—	—	1.85	2.38	3.98	8.63
	信頼限界	—	—	± 0.13	± 0.20	± 0.27	± 0.50
	変異係数%	—	—	* 8.07	* 10.22	8.17	6.52
需要熱量と 体重との相 乗積	平均	—	—	1.06	1.37	2.29	5.03
	信頼限界	—	—	± 0.10	± 0.12	± 0.21	± 0.33
	変異係数%	—	—	* 10.72	* 10.97	* 11.29	* 7.32
需要熱量と 身長との相 乗積	平均	—	—	3.01	3.87	6.48	13.94
	信頼限界	—	—	± 0.20	± 0.23	± 0.50	± 0.90
	変異係数%	—	—	7.48	7.31	* 9.44	* 7.25

変異係数欄のゴシック体数字は、各被験者の測定値の平均に対する比率の分散の最小を示す項目であり、分散の検定の結果この最小値と統計上有意の差を認められなかつた項目には * 印を附した。以下の諸表もこれに準じて示した。

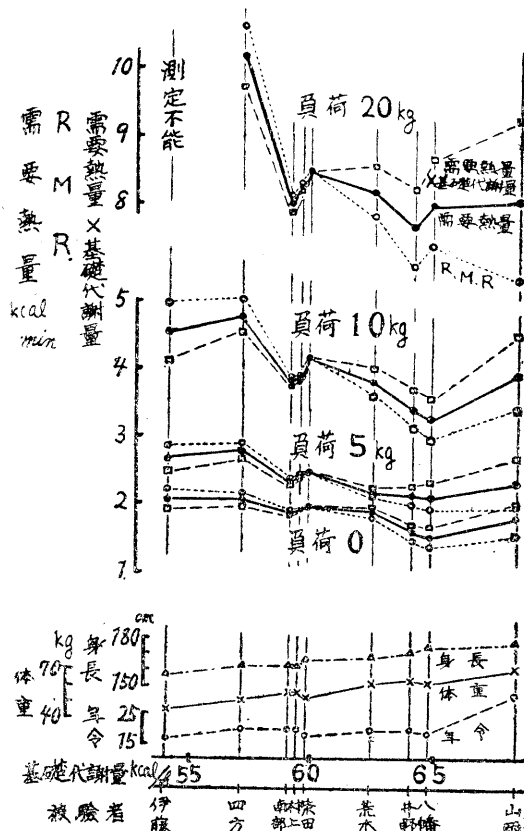
の分散との差は有意でない。これらの関係は第1図においても明らかに観取せられ、拳踵の場合に個人差の最も少ない体重当り需要熱量は最も水平に近い線を示し、水平拳股の場合は身長当り需要熱量とR.M.Rの線に近い。以上の如く拳踵の場合に体重当りの需要熱量の個人差が最小である所以は、拳踵運動では重心が左右に動揺するために、エネルギー需要が体重的な要素に関係するからであり、水平拳股において身長当りの需要熱量にして分散の少ない値を示しているのは、下肢を下肢の長さだけ拳上する運動であるために、下肢の長さに比例する身長が運動量に関係して、エネルギー需要の多少を決定するためと思われる。

実験 2. 重量牽引

重量牽引装置 (網の一端に重量をつけ滑車にてこれを水平に牽引する) によつて、毎分20回で各種の重量を牽引させた。この場合の各被験者の需要熱量並びにその身体的特性を第

2図に示した。無負荷にして重量を 1.2m 牽引するための空身の動作では、需要熱量の平均値は第2表の如く毎分 1.81kcal で、図に見られる様に小軀のものが大であり、需要熱量と身体的特性との間の相関係数は、 $-0.77 \sim -0.86$ であつて逆の相関を示している。これは体格の小さいものは大きなものより 1.2m 牽引する動作のために、身体の前後への動揺が大きくなるから大軀の者よりも他の多くの筋が動かされるためであろう。従つてR.M.R、体重当り並びに身長当り需要熱量にすると、個人差の分散は需要熱量そのまゝの値よりも大きくなる。むしろ基礎代謝量、体重、身長等をこれに乗ずると個人差は少なくなり、分散の最少の項目は第2表に見る如く身長との相乗積にした場合である。

次に 5kg, 10kgの負荷を与えて牽引を行つた場合には、各負荷量に対する需要熱量の増加の平均は 0.5kcal, 2.1kcalで、図に見る様に負荷が増しても各被験者の個人差の変動の有様は、無



第2図 重量牽引の需要熱量

負荷の場合と同様の形をとっている。しこうして負荷が増す程個人差が一層顯著となる傾向があり、その需要熱量の値は体格の小さい者程負荷の増加につれて大となる傾向を認められる。これは負荷量が増加する場合には、或る限界までは Johanson の法則³⁵⁾に従い負荷量に比例して需要熱量が増加するが、高度の負荷になると Atzler³³⁾が認めている如く需要熱量の増加の割合が増大する。そしてこの負荷の限界値は被験者の力量に関係し、力の弱いものは比較的軽度の荷重において容易にその人の力量の限界値に達して、腕の運動に伴つて全身運動を加味しなければ牽引が出来ない様になり、かくして小軀の者程負荷量に伴つてエネルギー需要の増加が大となるのである。されば図に見られる様に負荷 20kg において体格最小の被験者伊藤は、これを50回も持続牽引することが出来なかつた程である。しこうしてこの 20kg の負荷例におい

て注目せられることは、伊藤、四方等の体軀の小さい者を除いた他の被験者においては、その需要熱量は殆んど各人が等しい値を示していることである。しこうしてこの様な重量牽引の場合には第2表の右半部に見られる様に、何れの負荷においてもさきの空手牽引の場合と同様 R.M.R.、体重当り並に身長当り需要熱量の個人差は、需要熱量そのまゝの値より大であり、むしろ身長又は基礎代謝量との相乗積をとると個人差は少ない。

B. 重心の水平移行

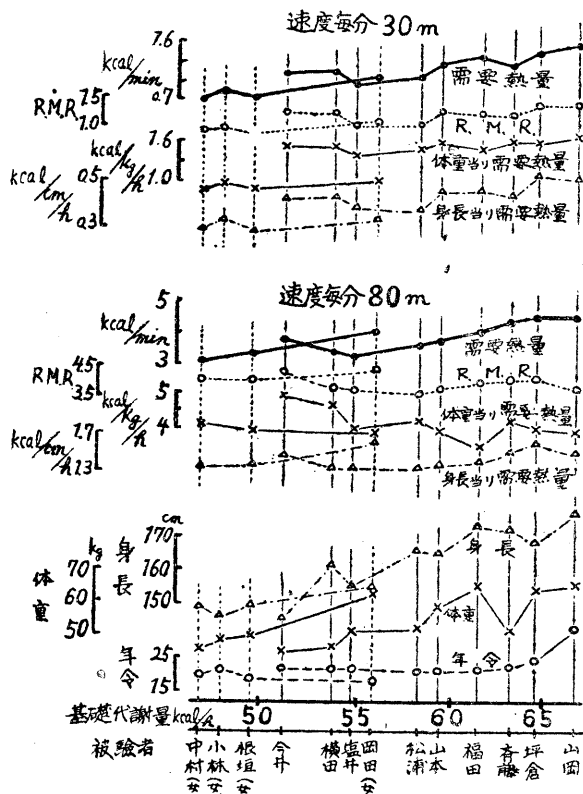
実験 3. 平坦路歩行

速度毎分 30m, 67m, 75m, 80m における需要熱量は、夫々平均すると毎分 1.3, 2.4, 3.2, 4.0 kcal (第3表) で古沢³⁰⁾の値とほぼ一致している。速度、30m, 80m の場合の各被験者の需要熱量及び身体的特性は第3図の如くであつて、それら需要熱量と身体的特性との間には 0.8~0.9 の相関係数 (男子は統計上有意) を示している。水平路歩行において個人差の最少を示す指標は、図及び表に見る様に男子においては R.M.R. であるが、緩速の場合は、体重当り需要熱量と R.M.R. との間にはその分散の大きさには大差はない。尚女子においては測定例が少ないために判断は困難であるが、速度 30m, 80m の何れの場合も体重当り需要熱量において個人差が少なくなっている。

平坦路歩行の需要熱量は、通常速度では基礎代謝量に比例し R.M.R. にすると個人差が小さく、緩歩では体重当りの需要熱量とした方が個人差の少ないことは白井等³⁷⁾も認めている処であるが、この理由は基礎代謝量そのものが歩行時のエネルギー需要量を決定するのではなく、古沢³³⁾が先に身長と体重の簡単な函数として表し得る可能性があるとして述べている様に、通常速度では身長や体重その他の綜合されたものが歩行の運動量を規定するものであつて、身長と体重の函数が基礎代謝量にほぼ比例するために、R.M.R. にすると個人差が少なくなるのである。しかし緩速歩行の場合や女子の歩行において、体重当りにすると個人差がなくなり、又西尾³⁵⁾

第3表 歩行、水泳及び負荷歩行の需要熱量

速度又は負荷	歩 行 (男)				歩行 (女)		水泳	負 荷 歩 行				
	30	67	75	80	30	80	50	0	20	40	60	
	m/min	〃	〃	〃	〃	〃	〃		kg	〃	〃	
測 定 人 員	9	9	8	9	4	3	8	9	9	9	9	
需要熱量	平均kcal/min	1.30	2.35	3.22	4.02	0.88	3.65	13.20	2.35	4.47	6.66	9.81
	信頼限界	±0.15	±0.23	±0.33	±0.35	±0.27	±1.30	±2.00	±0.23	±0.41	±0.33	±0.51
	変異係数%	*14.34	*11.87	*11.38	*10.56	*16.63	*11.71	*17.21	*11.87	*11.33	*6.14	*6.42
R. M. R	平均	1.30	2.30	3.24	4.04	1.06	4.32	13.75	2.30	4.38	6.55	9.71
	信頼限界	±0.08	±0.17	±0.17	±0.20	±0.18	±0.54	±1.21	±0.17	±0.21	±0.35	±0.92
	変異係数%	7.69	8.86	*5.71	6.00	*9.18	*4.10	*9.83	8.86	5.78	*6.55	*11.58
体重当り 需要熱量	平均 kcal/kg/h	1.39	2.43	3.44	4.21	0.97	4.05	15.91	2.43	4.62	6.94	10.32
	信頼限界	±0.10	±0.18	±0.28	±0.35	±0.08	±0.14	±1.00	±0.18	±0.34	±0.66	±1.40
	変異係数%	*8.46	*8.88	*9.02	*10.13	4.72	1.09	*7.00	*8.88	*8.87	11.76	16.66
身長当り 需要熱量	平均 kcal/cm/h	0.47	0.85	1.17	1.45	0.35	1.44	4.94	0.85	1.61	2.40	3.55
	信頼限界	±0.04	±0.07	±0.05	±0.11	±0.03	±0.39	±0.54	±0.07	±0.13	±0.09	±0.23
	変異係数%	*11.14	*9.70	5.45	*9.19	*4.56	8.74	12.20	*9.69	*10.01	4.54	*8.03
胸囲の自 乗当り需 要熱量	平均 kcal/cm ² /h							11.83				
	信頼限界	—	—	—	—	—	—	0.62	—	—	—	—
	変異係数%	—	—	—	—	—	—	5.83	—	—	—	—



第3図 歩行の需要熱量

も小学生について学年別に実験した結果より、需要熱量を体重当りにすると R.M.R. にした場合よりも個人差が少なくなると報告しているのは、これらの被験者ではその歩行要領から推察

される様に、歩行に際して前記の身長と体重の函数の中の体重の因子が強く影響しているためであろう。

以上を要するに歩行の如き全身運動であり、且身体重心の水平移行の場合においては、スピードが同一であれば一般に需要熱量は基礎代謝量に比例し、従つて R.M.R. にすると個人差が少なくなる。しかし歩行の要領から緩歩の際や女子或は幼少年の歩行に際しては、R.M.R. よりも体重当りの需要熱量にした方が個人差は少なくなるといふ得る。

実験 4. 水泳

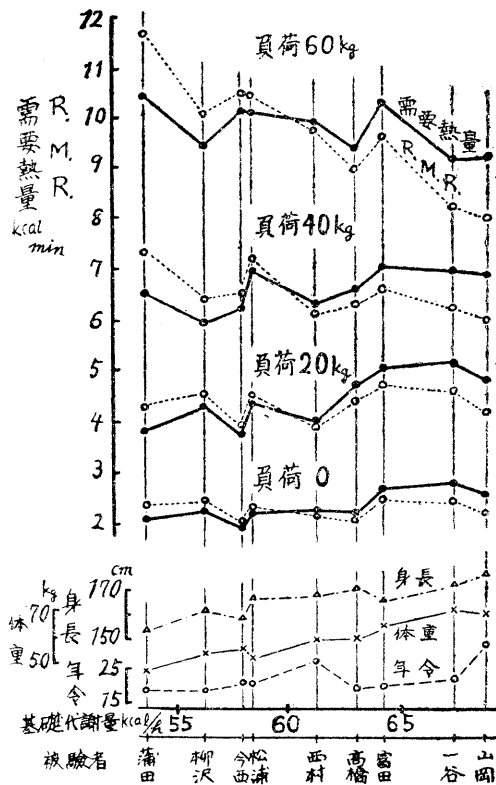
游泳時のエネルギー需要量の測定は、京都学芸大学及び某高等学校の水泳部員中平泳の選手 8 名を被験者とした。速度毎分 50 m の場合の需要熱量の平均は第 3 表第 8 欄に示した如く 13.2kcal であるが、体格に応じて増加し需要熱量と体重及び基礎代謝量との相関係数は 0.83~0.94 であり、又胸囲との間には 0.98 の相関係数を示していた。

されば個人差は体重当り需要熱量及 R.M.R. にすると比較的小さくなるのであるが、更に胸囲の自乗 1 時間当りの需要熱量にすると個人差が最少 (胸囲の自乗当りと体重当りの差は統計上有意でない) であつた。これは水泳の場合の

物理的な仕事は、游泳方向に対する身体断面にかゝる水の抵抗であつて、身体断面積は胸囲の自乗に比例するから、胸囲の大きいものは外的な運動量が大きくなり、従つて需要熱量もこれに依じて増加するのである。しこうして胸囲の自乗当りの需要熱量と体重当りの需要熱量との間に有意の差を見られなかつたのは、胸囲と体重の相関係数は0.95を示していたからである。要するに一般に游泳時の需要熱量は、速度が同一であれば胸囲の自乗は比例し得ると言ひ得る。

実験 5. 負荷歩行

歩行速度毎分67mにおいて20kg, 40kg, 60kgの負荷歩行の需要熱量の測定値は、第4図及び第3表の右側欄に示した如くで、無負荷の場合



第4図 負荷歩行の需要熱量

は実験3に述べた様に R.M.R. にすると個人差最少であるが、体重当り需要熱量の個人差の分散もこれと大差を認めない。20kg, 40kgの負荷においては需要熱量の増加量は各被験者共同一

量の傾向を取り、平均2.1kcal, 14.3kcalの増加を示している。更に 60kg の負荷においては、重量牽引の場合と同様に小軀者の増加割合は大である。図には各負荷量に対する需要熱量と R.M.R. の関係を示した。即ち無負荷及び負荷20kg の場合には、需要熱量そのものは体格の大きいもの程大きいのであつて、R.M.R. にすると個人差は少なくなり、各被験者共々同等の値を示している。負荷量が40kg に増してそれに対するエネルギー需要量も増して来ると、空身の動作(無負荷歩行)の需要熱量が全体の需要熱量に対して僅少になり、各人の需要熱量は負荷そのものに対する需要エネルギーに近づき、略々同一の値をとらんとする。従つてこの場合 R.M.R. の個人差を求めると、これはかえつて需要熱量そのまゝの値の個人差よりも大となる。しこうして負荷量が更に大きく60kg になると、この負荷に対する小軀者の需要熱量の増加割合は大きくなつて、全体の需要熱量は大軀の者の方が小となる。従つて R.M.R. にすれば大軀の者程小となつて個人差は更に大となる。

C. 身体重心の上下移行

実験 6, 7. 階段上昇及び下降

階段上昇運動は速度毎分60歩及び100歩で行つた。この速度は Lupton³⁹⁾ や古沢⁴⁰⁾ の報告になる至適速度に近い。実験結果は第4表に示した如くで、上昇に際して需要熱量の各被験者の値は、何れの速度においても基礎代謝量、体重身長に依じて上昇し、それらの相関はかなり高い。殊に速度100歩の場合の需要熱量と体重との相関係数は0.99であつて、身長や基礎代謝量との相関係数(0.82~0.90)との間には統計上有意の差を示していた。又測定値(即ち個人差)の分散は表に見られる様に男女とも R.M.R. より体重当りにおいて少ない。但しこの差は統計上有意ではない。この様に体重当りの需要熱量の個人値のその平均値に対する比率の分散が、基礎代謝量当りの需要熱量(R.M.R.)のそれとそれ程大きい差を示さないのは、元來基礎代謝量と体重との間には可なり高い順相関(0.88)のある

ことが有力な原因になっている。しかしながら理論的に言つても、階段上昇に際しては体重そのものが大きな負荷になっていることでもあり又事実体重 1kg 1時間当りにすると速度60歩の場合は男子 4.88kcal, 女子 4.78kcal であり, 100歩の場合は男子 11.19kcal, 女子 11.40kcal で異性間の差も殆んど認められないから、体重当りにした方が R.M.R よりも個人差が少なく、且つ合理的であると言えるであろう。

階段下降は速度毎分60歩及び120歩で行つた。その需要熱量は速度60歩の場合には個人差は基礎代謝量当り需要熱量 (R.M.R), 体重当り需要熱量, 身長当り需要熱量の何れにおいても大 (第4表参照) であり、需要熱量と身体的特性の間には有意の相関が認められなかつた。しかし速度120歩においては、上昇の場合と同様体重当りにすると個人差及び異性間の差も少なく、体重 1kg 1時間当り 3kcal 前後であつた。

この様に下降の場合に、120歩の通常速度では R.M.R より体重当りにすると個人差の少ないことは、下降時には平坦路の歩行時より下腿筋の身体を支えるという要因が強く現われるためと思われる。しこうして速度60歩においてこの関係が明瞭に現われなかつたのは古沢⁴⁰⁾の指摘した階段下降の至適速度 110歩に比較して著しく遅いために、各被験者の歩行要領が異なり従つて下腿筋の張力維持時間に差異が生じた。

めで、需要熱量は歩行要領の個人差に関係したものである。

実験 8. その場上方跳躍

身体重心を上下に移動する運動であるその場の上方跳躍における需要熱量は、第4表の10, 11欄に示した如くで、需要熱量の個人差はその人の基礎代謝量, 体重, 身長に応じて増大し、需要熱量と身長及び基礎代謝量の相関係数は 0.85 及び 0.86であつたが、体重とでは 0.96の相関係数を示していた。又個人の測定値の分布範囲は、R.M.Rより体重当り需要熱量の方が男女とも少ないことは、階段上昇の場合と同様である。

実験 9. 台上下 (無負荷の場合)

Schneider test の場合と同様の高さ 23cm の台への昇降を速度毎分15又は20, 25, 30回の4通りについて行つた。その結果を第5表に示す。各被験者の需要熱量と基礎代謝量・体重, 身長との相関係数は 0.75~0.90 であつて、各個人の測定値の分散は速度何れの場合も体重当り需要熱量とした方が最少であり、殊に速度毎分30回の場合の体重当りの需要熱量の分散は、R.M.R や身長当りの需要熱量の分散に比しその差は統計上有意であつた。

以上実験 6, 7, 8, 9 において認めた如く、身体重心を上下に移動する様な形式の運動ではエネルギー需要量は体重当りにすると個人差が

第4表 階段昇降及び跳躍の需要熱量

速 度 (分)	測 定 人 員 (人)	階 段 上 昇				階 段 下 降				跳 躍	
		男		女		男		女		男	女
		60歩	100歩	60歩	100歩	60歩	120歩	60歩	120歩	40回	40回
		9	8	4	3	9	8	4	3	9	3
需要熱量	平均 kcal/min	4.58	10.53	4.24	10.01	1.53	2.81	0.96	2.89	8.80	7.69
	信頼限界	±0.68	±1.31	±1.28	±4.02	±0.13	±0.37	±0.06	±1.40	±1.45	±3.54
	変異係数%	18.14	13.91	16.45	*13.09	*10.80	14.79	3.01	15.98	20.24	15.10
R. M. R	平均	4.58	10.58	5.07	12.52	1.55	2.83	1.17	3.41	8.79	9.00
	信頼限界	±0.38	±0.45	±0.78	±3.91	±0.14	±0.17	±0.18	±1.05	±0.09	±1.78
	変異係数%	*10.26	*4.73	*8.44	*7.92	*11.18	*6.90	*8.31	*10.13	*13.56	*6.47
体重当り 需要熱量	平均 kcal/kg/h	4.88	11.19	4.78	11.40	1.66	2.99	1.10	3.10	8.98	8.25
	信頼限界	±0.31	±0.32	±0.40	±1.05	±0.23	±0.16	±0.23	±0.67	±0.63	±0.88
	変異係数%	7.72	3.17	4.52	3.04	16.84	5.89	11.50	7.07	8.63	3.50
身長当り 需要熱量	平均 kcal/cm/h	1.65	3.82	1.69	4.19	0.55	1.02	0.38	1.14	3.16	3.25
	信頼限界	±0.20	±0.31	±0.43	±1.54	±0.04	±0.08	±0.04	±0.56	±0.44	±1.48
	変異係数%	14.50	9.24	13.76	*2.07	10.06	*9.09	*4.95	*16.04	17.17	*14.95

最少であるといふ得る。このことは Brezina⁴¹⁾ その他が登坂の際の需要熱量とスピードの関係体を重量当りにして示しているのはこれがためであろう。又勝木及び石井²⁰⁾は徒手体操においてその個人差は R.M.R. にすると10%程度であり、体重の重いものが一般に大きな値を示しているのは、徒手体操では、多くの場合身体重心の上下動が伴うために、体重的要素がかゝってくるものと思われる。

実験10. 台上下 (荷重の場合)

次に 10kg, 20kg, 30kg の土嚢を肩に担つて台へ昇降した場合の各被験者の需要熱量を第5表に示した。台昇降の速度は何れも毎分15回である。この場合においても無負荷 (負荷0kg) の際の需要熱量の個人差は、表に見られる如く体重当りの需要熱量が一番少ないのであるが、この成績では前述の無負荷で毎分15回の速度で行つた際のそれよりもやゝ高くなつてゐる。これは後者の場合は台の上下を50回継続して瓦斯代謝量を測定したのに対し、この場合には單に25回に当めたためであろう。次に 10kg の負荷においては、各被験者の需要熱量の増加量はほぼ同等で約 1.9kcal であつたが、20kgの負荷に対する需要熱量の増加は小軀者が大であつた。更に 30kg においては、小軀の者の需要熱量の増加量の割合は著しく大となつて、これらは前述の重量牽引及び負荷歩行の場合と同一の傾向を取つてゐた。しこうして負荷 20~30kg におい

ては、需要熱量そのまゝの値の個人差は他の指標で求めた場合の個人差よりも小さく、殊に負荷 30kg の場合の需要熱量の個人差の分散の差は統計上有意であつた。されば一般に重量を担つて身体を上昇させるが如き運動時のエネルギー需要量の個人差は、無負荷では体重当りにおいて最少であるが、負荷の増加に従つて個人差は需要熱量そのまゝの値において小さくなつてくる。しこうして或一定の範囲の負荷量においては、各人の需要熱量はほぼ同一であるといふ得る。

IV. 総 括

以上 8~9 名の学生スポーツマンを被験者として、基礎的な身体運動時のエネルギー需要量を測定し、その成績から運動時のエネルギー需要量の個人差の最少を示す指標を求めようとして、諸種の吟味を重ねて來た。今この成績を総括すると第6表の如くである。表に明らかな様にスポーツの基礎的な身体運動時のエネルギー需要量の個人差の最小を示す指標は、運動の際の負荷の如何によつて次の2つに大別することが出る。

A. 即ち第1の場合として足踏、歩行、水泳階段昇降の無負荷の身体運動時においては、その運動量がその人の体格的な要素のみによつて規定されるために、運動時の需要熱量は一般に体格の総合的な値である基礎代謝量に比例し、

第5表 台上下の需要熱量

速度又は負荷		無 負 荷 の 場 合				負 荷 の 場 合			
		15回/分	20〃	25〃	30〃	0	10kg	20kg	30kg
測 定 人 員 (人)		8	8	8	8	9	9	9	9
需要熱量	平均 kcal/min	4.61	6.53	8.59	10.53	5.07	6.92	8.34	10.11
	信頼限界	±0.59	±1.05	±1.77	±1.34	±0.64	±0.75	±0.16	±0.10
	変異係数%	14.37	*17.96	23.08	14.68	15.36	13.22	*5.40	2.89
R. M. R.	平均	4.57	6.46	8.51	10.43	4.99	6.83	8.27	10.06
	信頼限界	±0.30	±0.68	±0.57	±0.81	±0.40	±0.44	±0.14	±0.62
	変異係数	*7.18	*11.84	*7.52	8.69	*9.85	*7.66	4.90	17.48
体重当り 需要熱量	平均 kcal/kg/h	4.82	6.80	8.97	11.00	5.15	7.07	8.59	10.45
	信頼限界	±0.22	±0.57	±0.37	±0.15	±0.30	±0.35	±0.28	±0.64
	変異係数%	5.21	9.29	4.58	1.55	7.22	6.15	9.12	15.53
身長当り 需要熱量	平均 kcal/cm/h	1.67	2.37	3.12	3.82	1.84	2.51	3.03	3.68
	信頼限界	±0.16	±0.37	±0.33	±0.39	±0.19	±0.23	±0.07	±0.08
	変異係数%	10.69	*14.79	11.97	11.49	*12.89	11.51	*6.36	6.08

第6表 運動の形式と需要熱量の個人差

負荷量	運動の形式	実験番号	実施運動	個人差を最小にする指標
無負荷(運動係数1.0)の場合	重心は動かず	1	足踏 (拳 踵)	重当り需要熱量
		2	量牽引動作体	身長当り需要熱量 需要熱量と身長との相乗積
	重心が水平に移動する	3	歩	R.M.R
		4	水 行 泳	胸囲の自乗当り需要熱量
	重心が上下に移動する	6, 7	階段昇降	体重当り需要熱量
		8	跳上	
		9	台上	
一を場 定負荷 荷し 重た	重心は動かず	2	重量牽引	負荷軽度: 上記の無負荷の動作に準ず
	重心が水平に移動する	5	負荷歩行	負荷中等度: 需要熱量が一定
	重心が上下に移動する	10	負荷の台上下	負荷高度: 需要熱量と基礎代謝量の相乗積

実験番号は本文の番号を示す

従つて R.M.R にすると個人差は少なくなる。しかし更にこれを詳細に検討すると、階段昇降や跳躍では体重当りの需要熱量において、又游泳時には水の抵抗に関する胸囲の自乗当りの需要熱量にすると個人差は少なくなり、足踏運動で拳股が高くなれば身長に比例する等の種々の場合がある。従つて正確に言えば全身運動時の需要熱量はその運動量を規定する身体部分の発達程度に比例すると言ふべきであろう。

B. 第2の場合として、各人に外的に同一量の荷重を負荷した様な形式の運動の際の需要熱量は、その運動の空身の動作では第1の場合の如くその運動量を規定する体格要素の発達の程度に比例するが、負荷量に対する需要熱量の増加は各人同一である。負荷量を増して需要熱量が大となり空身の動作の需要熱量の割合が僅少となると、需要熱量そのまゝの値において個人差が少なく、従つて R.M.R にすると差は大きくなる。更に負荷が大となると小軀の者の需要熱量の増加割合は大となり、需要熱量と基礎代謝量は逆相関を示す。これ等は重量牽引、負荷歩行や負荷して台へ昇降した場合の実験で認められた。

C. 以上よりして身体重心の移動を主体とするスポーツ運動時のエネルギー需要量は、常に R.M.R にすると個人差が少ないとの法則は成り立たないで、その運動の形式により R.M.R にして個人差のない場合や、身長当り、体重当り、

胸囲の自乗当りの需要熱量にすると各人同一の値を示す場合、或は需要熱量そのまゝの値において個人差が少ない等種々の場合がある。さればスポーツ時の Time Study より選手の需要熱量を推算するには、正確に言えばその運動の力学的形式により適用方法を考慮しなければならぬ。しかし実際問題として、一般に行われているスポーツについて R.M.R を用いて需要熱量を求めた時と、理論的な力学形式に則つた需要熱量の算法を用いた時とでは、如何程の差があるかは将来の検討にまたねばならぬ。

この研究の一部は文部省科学研究費によつて行つた。

終りにのぞみ、終始御懇篤な御教導と御校閲を賜つた京都府立医大生理学教室吉村寿人教授に、心からの感謝を捧げると共に、被験者として労を煩わした学生諸子に敬意を表します。

文 献

- 1) Hill, A. V., K. Furusawa, C. N. H. Long & H. Lupton (1924) Roy. Soc. Proce. B. 97, 155
- 2) Sargent, R. M. (1926) Roy. Soc. Proce. B. 100, 10
- 3) Liljestrand, G. u. N. Stenström (1920) Skand. Arch. Physiol. 39, 167
- 4) Klatschkow, L. A. u. E. S. Wassiljew (1934) Arbeit Physiol. 7, 62
- 5) 小笠原道生 (1934) 体育研究 2, 3
- 6) Liljestrand, G. u. N. Stenström (1920) Skand. Arch. Physiol. 39, 1
- 7) Waler u. Decker (1921) E. r. Soc. biol. Paris. 83, 33
- 8) 佐藤市四郎・藤田 裕・高木秀雄・飯野富雄 (1932) 慈大生理論文集 2, 472

- 9) 吉岡二郎 (1943) 慶応医学 23, 1143
- 10) 飯野富雄・北條和雄・湯田勝平 (1936) 日本生理誌 1, 87
- 11) 小田俊郎・八代雄三・石井 潔 (1932) 日本内科誌 20, 5
- 12) Henderson, H. & H. W. Haggard (1925) Ame. J. Physiol. 72, 264
- 13) Loewy, A., J. Loewy u. L. Zuntz (1887) Pflüger. Arch. 66, 477
- 14) Sigrist, A. (1926) Pflüger. Arch. 212, 741
- 15) 杉本良一・高木秀雄 (1932) 慈大生理論文集 2, 466
- 16) Missiuro, W. u. A. Perlberg (1937) Arbeit Physiol. B. 9, 514
- 17) 吉田章信 (1920) 福岡医大誌 13, 38
- 18) 小笠原道生 (1937) 体育研究会誌 8, 34
- 19) 小泉親彦 (1930) 日本学術協会報告 6, 742
- 20) 勝木新二・石井勇次 (1948) 体育 東洋書館刊
- 21) Gullichsen, R. u. J. L. Soisalon-soininen (1921) Skand. Arch. Physiol. 41, 188
- 22) 知久源次郎・毛塚好忠・飯野富雄・佐々木 進・松山龍一 (1936) 日本生理誌 1, 71
- 23) Blomberg, H., G. Johansson, A. Katajovuori, u. J. Kijanen (1926) Skand. Arch. Physiol. 48, 231
- 24) Geldrich (1927) Biochem. Zeitschr. 188, 1
- 25) Wohlfeil (1928) Arch. f. Hgg. 100
- 26) Kagan, u. Barstschewski (1930) Arbeit Physiol. 3, 120
- 27) 黒沢淳彦 (1941) 体育研究 8, 46
- 28) 1) 古沢一夫 (1936) 労働科学研究 13, 711, 2) 古沢一夫 (1949) 兵庫医大紀要 1, 1
- 29) 暉峻義等・古沢一夫・上野義雄・福原誠一 (1941) 労働科学研究 18, 371
- 30) 古沢一夫 (1942) 疲労と休養 東洋書館刊
- 31) 福原丈吉 (1950) 栄養と食糧 3, 114
- 32) 鈴木慎次郎 (1949) 労働のエネルギー原則 建文館刊
- 33) 古沢一夫 (1936) 労働科学研究 13, 331
- 34) 暉峻義等 (1939) エネルギー代謝実験法 建文館刊
- 35) Johanson, J. E. (1901) Skand. Arch. Physiol. 11, 273
- 36) Atzler, E. (1927) Körper u. Arbeit. 188
- 37) 白井伊三郎・指田吾一郎 (1951) 第4回日本体力医学会発表 (未公刊)
- 38) 西尾雅七・古川太一 (1951) 栄養と食糧 4, 8
- 39) Lupton, H. & A. V. Hill (1923) Physiol. 57, 337
- 40) 古沢一夫・白井伊一郎・鈴木幸夫・向井一雄 (1938) 労働科学研究 15, 584
- 41) 1) Zuntz, N. u. Schumburg (1898) Pflüger. Arch. 63, 461, 2) Brezina, E. u. Reichel (1914) Biochem. Zeitschr. 65, 35

Summary

In Japan, the relative metabolic rate (R.M.R.) proposed by Furusawa is generally approved as an indicator of intensity of work in industry, and is used to calculate the energy requirement (E.R.) of various workers with records of time studies on works. In sports, however, the muscular exercise is characterised by complexity of movements and speed, so that it was examined in the present experiments whether R.M.R. may be used as an indicator of intensity of sports independent of individualities of sportsmen by investigating cause of individual differences of E.R.. Results obtained on whole bodily exercise are reported here as follows:

1) On the muscular exercise of whole body without any load, R.M.R. (=E.R./basal metabolism) is approved approximately as a constant factor. Strictly speaking, however, it varies a little according to individual physical constitutions, and the fraction of E.R. by the body weight is found to be more constant in the exercises such as ascending or descending the stairs, mountain climbing, high jump, etc, in which the centre of gravity of the body moves up or down. On swimming, E.R. per horizontal section area of the body is constant, which is correlated with the hydrodynamical resistance in swimming. On stepping, E.R. per body length comes to be more constant value, when the height of step rises. These facts shows that the E.R. of the individual is closely related with the chief factor of bodily measures which influences the momentum of the exercise.

2) When a certain burden is loaded on the individuals during exercises, E.R. increased so much as the extra energy is consumed to maintain the load, and this extra energy is determined by the weight of load according to Johanson's rule. Therefore, the total E.R. come to be the more intimately related to the weight of load, the more it increases as compared to E.R. of the bodily movement without load, and at last it attains to the value independent of individual physical constitutions, but solely dependent to the weight of load. Thus E.R. itself is the best indicator of intensity of sports.

Such a condition exists so far as the load does not surpass a certain limit when E.R. of small subject increases more seriously than that of the big one. In the latter condition, R.M.R. as well as E.R. fails to be a constant indicator independent of individualities.

(Institute of Physiology, Kyoto Prefectural Medical College)

神経の3刺激要素に関する研究 612.816.7

(第1編) “Semi-in-vivo” 状態における各要素の測定

Studoj pri tri faktoroj ĉe elektra ekscitiĝo de nervo. 1-a
raporto : Mezurado en duon-en-vivo-stato.

神 山 貞 二 (Kamiyama-Sadaji)*

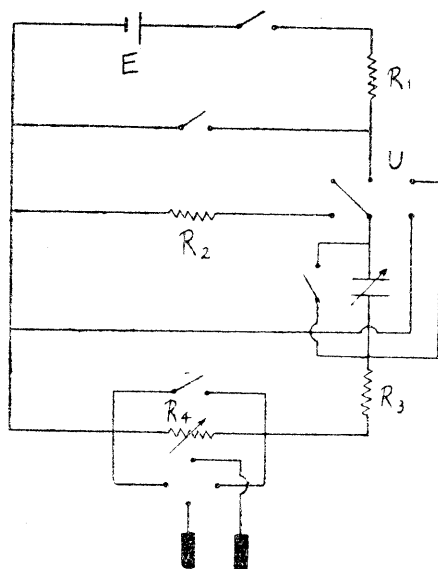
従來の神経竝びに筋における強さ、時間及び強まり方の3要素の測定は主として切出した標本についてあり、生物全体につき体内形体の3要素を検討する試みは余りない。昔の電気診断学なる人体計測においては、主として強さ要素が顧みられ、Lapicque, Bourguignon 以來、時値の導入により時間要素が採上げられたが、更に進んで今後は強まり要素もこの方面において注目されねばならない。人体につき強まり要素を測定したものに Dubost⁵⁾ (1939), 大谷¹⁵⁾ (1948) がある。吉川²³⁾は剔出筋標本と動物全体との中間として、剥皮カエルの一部に不関電極を置き、刺激せんとする筋表面に作用電極を置いて強まり要素を測定し、それと電気診断学的諸閾値の変化との関係を検討した。然し乍らこの吉川の実験も Ringer 液中に浸漬した形体についてのものであり、血管を介しての循環は正常に保たれていない。依つて私は全生体に行う1歩前の方法として努めて正常に近い条件下で観察するため、カエルを灌流して正常の循環の下に3要素の測定を行い、且つ灌流液中に各種の藥物を加えて3要素に及ぼす影響を併せ観察した。

実 験 方 法

実験動物としては冬眠中のものを 16~17.0°C の恒温箱中に数日間飼育した *Rana nigromaculata* を用い、これに Löwen-Trendelenburg 法により下行大動脈にカニューレを挿入し、下肢を廻り腹静脈に還つて来る1つの循環を作り、次にこのカエルを腹位に固定し、血管を傷つけ

* 千葉大学医学部生理学教室

ないようにして坐骨神経竝びに腓腹筋を露出した。之を Ringer 液を以て灌流したのであるがその際液圧は灌流数時間に互る間蛙体を浮腫状とせしめない程度に、カエルの大小により適当に調整し、概ね排液滴数を1分間約 6~7 滴前後に一定にした。坐骨神経は適當の高さにて結紮し、その末梢部及び筋において3要素の測定を行つた。



第1図 実験装置

刺激装置としては全実験を通じ第1図に示してある配線を用い、電源Eには 100V の蓄電池を使用し、回路中に挿入した抵抗及び可変抵抗箱により所要の電圧を神経、筋に加え得る如くした。R₁=R₃=50k Ω , R₂=68k Ω , R₄ は 10²~10³ Ω 迄。基電圧測定の場合は勿論直角電圧であるが、 λ 及び時値の測定の場合には回路中に

適当な容量の蓄電器を挿入し、前者(切替器Uを右におく)においては指数函数的漸増電流を、又後者(Uを左におく)においては蓄電器放電の指数函数的漸減電流を以て刺激した。 λ 測定の場合には蓄電器は容量が夫々 1, 2, 4 μ F のものを用い、 a が夫々 25, 50, 100 msec なる如くした。この範囲においては Hill⁸⁾ の理論において、神経に対しては λ 測定の場合、 $a \gg \lambda$ なる条件を満足する。この際腓腹筋の λ は実験成績に見る如く、本配線による a の範囲より大であつたが、種々の都合で筋についてもこの a の範囲で測定し、いわゆる λ 的恒数である⁹⁾。又時値測定の場合には更に小なる0.001乃至0.01 μ F の容量の標準雲母蓄電器を使用し、Lapicqueの恒数 0.37 を乗ずる方法を用いた。 R_1 , R_2 , R_3 の上記の大きさの選定は、基電圧に対

する R_1 より時値電圧の R_1 に移る際、前者の3倍にすればよいように選んだのである。刺激電極は Ag-AgCl 電極を使用し、不関電極はガーゼにて包み、これに Ringer 液を浸してカエルの口中に挿入した。作用電極は幅約 1mm のものを用い、神経における測定の場合には之に坐骨神経を載せ、又筋における測定の場合には之を腓腹筋の上に軽く触れしめた。Ringer 液は 0.6% NaCl; 0.01% KCl, CaCl₂, NaHCO₃ の組成のものを用い、刺激効果の判定はルーペにより腓腹筋における微細な収縮を以てした。

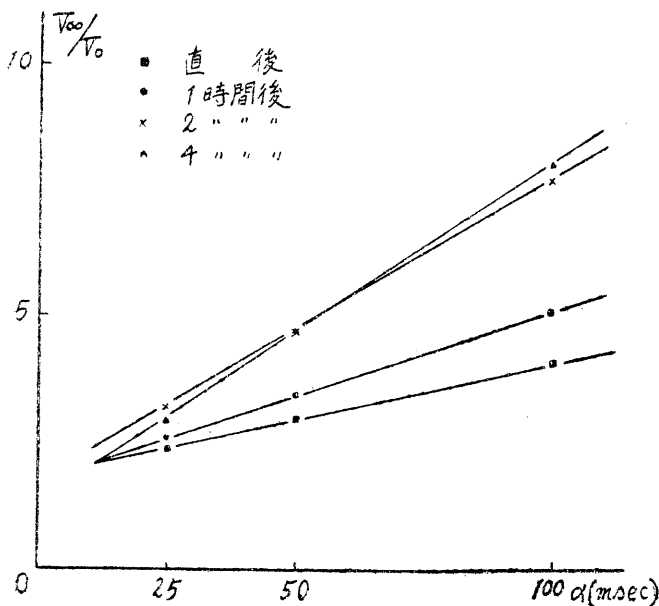
実験成績

A. 基礎実験 Ringer 液単独灌流の場合

先ず豫備実験として、灌流直後及び 1, 2, 4 時間後の4回に互り3要素の測定を行つた(但

第1表 Ringer 液灌流時の坐骨神経及び腓腹筋における3要素の経時的变化と2時間値の平均
(基電圧: V; λ , 時値: msec)

実験例	時 間	坐 骨 神 経			腓 腹 筋		
		基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
No. 8 25/X 16.3°C ♀ 30.0g	直	0.083	41.6	0.18	—	—	—
	1 時 間 後	0.043	29.4	0.39	0.633	250.0	0.26
	2 時 間 後	0.037	16.7	0.39	0.470	250.0	0.22
	4 時 間 後	0.030	14.7	0.39	0.590	107.0	0.22
	2 時間値平均	0.055	23.7 (8例平均)	0.27	0.530	175.0 (4例平均)	0.36

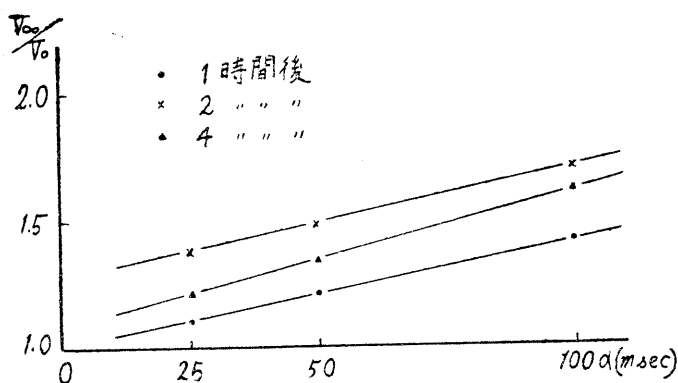


第2図 Ringer 液灌流蛙の坐骨神経における $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 関係

し筋にては灌流直後の測定は行つてない)。その1例を第1表に示す。それらの値は灌流開始後経時的に逐次減少し、大体 1~2 時間にして安定する。故に本表にまた全例の2時間値の平均値をも掲げる。尚また本代表例の神経筋における $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 関係の直線を第2図及び第3図に示す。

B. 薬物の影響

従つて次の実験においては、先ず Ringer 液灌流2時間後に測定を行い、測定終了と同時に灌流液を薬物を加えた Ringer 液に切換え、更に2時間灌流した後再び3要素を測定した。薬物としては佐藤¹⁷⁾による反復興奮促進物質より

第3図 Ringer液灌流蛙の腓腹筋における $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 関係

それぞれ筋組織、筋組織と神経末梢部の両者、更に神経末梢部のみに作用する下記3薬物を選んだ。

1. クエン酸ソーダ クエン酸ソーダは元來 Ca^{++} のイオン状態除去を來たすものとして Ca^{++} に拮抗し、又 Na^+ の作用の強い場合にも匹敵するものと考えられ、その強まり要素に対しては Solandt¹⁸⁾、小嶋¹¹⁾、鈴木及び石井²²⁾ がその作用を検している。私は夫等に従い、1.96%の等張溶液を容積比により 3/100、5/100、7/100 の割合で Ringer 液に混じてその作用を検した。実験の成績は第2表の如くである。(以下各表共

R は Ringer 液灌流の場合、M は薬物加 Ringer 液灌流の場合であり、M/R は夫等の各々の値の比であつて、括弧内は多数例の平均値を示す。) 3/100 の場合には特異の作用なく各要素共概ね経時的減少を示している。たゞ神経の基電圧と λ では減少がやや著しい。5/100 の場合 Ca^{++} のイオン作用を抑制する作用が現われ、基電圧は小となり、 λ 、時値は何れも大となつたが、繊維性攣縮を生じ測定

不能となるものもあつた。7/100 になると繊維性攣縮を生じ、基電圧のみ測定可能にして Ringer 液に比し著明に低下したが、他は測定不能となつた。尙この繊維性攣縮の如き反復興奮は、神経刺激の場合よりも筋刺激の場合特に著明であつた。

2. 塩化バリウム 第3表に示す如く、先ず 0.5/100 では神経、筋何れに対しても作用が顯著でない。1/100 においては基電圧を小ならしめ、 λ 、時値何れも大ならしめている。更に濃度を 3/100 に上昇せしめると、灌流開始後約10分位にして自発的に繊維性攣縮を開始した。こ

第2表 クエン酸ソーダの作用 (基電圧: V; λ , 時値: msec)

濃度	灌流液	坐骨神経			腓腹筋		
		基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
3/100	R	0.058	31.2	0.31	0.345	167.0	0.22
	M	0.021	14.3	0.39	0.270	170.0	0.18
	M/R	0.4	0.5	1.3	0.8	1.0	0.8
	(4例)	(0.6)	(0.5)	(1.1)	(0.8)	(1.1)	(1.0)
5/100	R	0.024	15.2	0.31	0.195	250.0	0.35
	M	0.012	27.8	0.35	0.180	500.0	0.44
	M/R	0.5	1.3	1.1	0.9	2.0	1.3
	(6例)	(0.6)	(1.4)	(1.5)	(0.9)	(2.5)	(1.3)

第3表 塩化バリウムの作用 (基電圧: V; λ , 時値: msec)

濃度	灌流液	坐骨神経			腓腹筋		
		基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
0.5/100	R	0.031	22.7	0.26	0.160	500.0	0.26
	M	0.038	21.7	0.26	0.170	330.0	0.26
	M/R	1.2	1.0	1.0	1.1	0.7	1.0
	(4例)	(0.9)	(0.9)	(1.0)	(1.1)	(1.0)	(0.9)
1/100	R	0.047	41.6	0.31	0.205	167.0	0.31
	M	0.041	62.5	0.39	0.180	250.0	0.44
	M/R	0.9	1.5	1.3	0.9	1.5	1.5
	(4例)	(0.9)	(2.7)	(1.3)	(1.0)	(2.1)	(1.4)

の塩化バリウムによる繊維性攣縮は、前記クエン酸ソーダによるものに比し大きさが少々大であり、且つ起る時間も速かである。尙神経、筋に單一電気刺激を加えると、Veratrin 痙縮に似た長引いた収縮を以て反応した。これらは既に神経において杉崎¹⁹⁾、筋においては砂田²⁰⁾、Loeb¹³⁾ 等の観察した所見と一致している。

3. Acetylcholine Ach. の筋に対する作用は多く知られ、血行又は浸漬により、殊に緊張繊維に痙縮を起すことが見られ、又 Brown³⁾、佐藤¹⁷⁾により週期的興奮の起る機序が観察されている。しかし攣縮を起すことは Dale 等²⁾ の特殊の方法以外には困難である。また神経自身に対しては Ach. は余り効果なきものとされている。しかし私は本法を用うれば何らかの興奮性の変化を見出すことが出来ないかと思つて試みたのである。始めに Ach. 単独の場合における成績を第4表に示す。即ち 10^{-4} 以上の高濃度では繊維性攣縮を生じ測定不能であつたが、 10^{-5} 以下の濃度になると測定可能となつた。 10^{-5} 、 10^{-6} の濃度においては繊維性攣縮を生ずるものもあり、刺激による筋の収縮の仕方は稍々緩徐なも

のとなつた。尙灌流により血管の拡張が著明に認められ、筋は膨大を來たした。この表により神経筋、両者共基電圧は著しくないが低下せしめ λ は高濃度(10^{-5})では低下、中濃度(神経では 10^{-7} 、 10^{-8} 、筋では 10^{-6} 、 10^{-7})では上昇、又低濃度(10^{-9} 、 10^{-10})においては余り作用を示さない。又時値には全体に著しい影響が観られないがやゝ増大に傾く。即ち神経、筋にて上に挙げた程度において鈴木²¹⁾の相伴る興奮態度が観られる。

然るに Ach. は Gaddum⁷⁾ も述べている如く、組織において速かに Choline-esterase により加水分解され、この分解は Eserine により抑制される。従つて次に Choline-esterase の作用を抑制し Ach. 本來の作用を観るため、Eserine として邦製の Vagostigmine を加えた Ach.-Ringer 液で灌流しつゝ測定を行つた。先ず添加する Vagostigmine の濃度を決定するため、Vagostigmine 単独の作用を観たが、Fühner⁶⁾によれば Eserine 10^{-5} の溶液は Ach. の作用を100万倍にまで増強するし、又 Eserine 自身も濃度が大になると繊維性攣縮を生ずるといわれている。依つて私は Vagostigmine を 10^{-5} 、

第4表 Acetylcholine の作用
(基電圧: V; λ , 時値: msec)

濃度	灌流液	坐骨神経			脾腹筋		
		基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
10^{-5}	R	0.031	20.8	0.39	0.145	143.0	0.39
	M	0.027	16.4	0.39	0.120	83.3	0.31
	M/R	0.9	0.8	1.0	0.8	0.6	0.8
	(4例)	(0.7)	(0.7)	(1.0)	(0.8)	(0.7)	(0.9)
10^{-6}	R	0.050	21.7	0.31	0.180	167.0	0.39
	M	0.027	20.0	0.39	0.195	250.0	0.44
	M/R	0.5	0.9	1.3	1.1	1.5	1.1
	(8例)	(0.7)	(1.0)	(1.1)	(0.9)	(1.4)	(1.4)
10^{-7}	R	0.033	13.5	0.44	0.170	100.0	0.39
	M	0.026	16.7	0.48	0.150	200.0	0.44
	M/R	0.8	1.2	1.1	0.8	2.0	1.1
	(5例)	(0.9)	(1.3)	(1.1)	(0.8)	(1.8)	(1.1)
10^{-8}	R	0.019	11.6	0.39	0.240	125.0	0.39
	M	0.019	17.8	0.39	0.150	167.0	0.52
	M/R	1.0	1.5	1.0	0.6	1.3	1.3
	(5例)	(0.8)	(1.4)	(1.2)	(0.8)	(0.9)	(1.2)
10^{-9}	R	0.022	11.4	0.35	0.160	250.0	0.35
	M	0.017	12.8	0.39	0.150	330.0	6.39
	M/R	0.8	1.1	1.1	0.9	1.3	1.1
	(3例)	(0.8)	(1.0)	(1.2)	(0.9)	(0.8)	(1.2)
10^{-10}	R	0.039	18.2	0.35	0.230	500.0	0.44
	M	0.028	16.7	0.35	0.190	500.0	0.48
	M/R	0.7	0.9	1.0	0.8	1.0	1.1
	(4例)	(1.0)	(1.0)	(1.1)	(0.8)	(0.9)	(1.1)

第5表
 10^{-5} Vagostigmine 加 Acetylcholine の作用
(基電圧: V; λ , 時値: msec)

濃度	灌流液	坐骨神経			脾腹筋		
		基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
10^{-5}	R	0.068	17.5	0.31	0.225	500.0	0.39
	M	0.051	27.0	0.35	0.210	1000.0	0.52
	M/R	0.8	1.5	1.2	0.9	2.0	1.3
	(4例)	(0.8)	(1.2)	(1.2)	(0.9)	(2.0)	(1.3)
10^{-6}	R	0.042	13.0	0.26	0.230	330.0	0.31
	M	0.027	14.5	0.31	0.170	500.0	0.39
	M/R	0.6	1.1	1.2	0.7	1.5	1.3
	(4例)	(0.7)	(1.3)	(1.3)	(0.8)	(1.3)	(1.4)
10^{-7}	R	0.029	16.4	0.35	0.200	500.0	0.39
	M	0.021	17.8	0.39	0.160	500.0	0.48
	M/R	0.7	1.1	1.1	0.8	1.0	1.2
	(5例)	(0.8)	(1.3)	(1.2)	(2.8)	(1.3)	(1.4)
10^{-8}	R	0.056	25.0	0.31	0.200	330.0	0.35
	M	0.053	20.8	0.27	0.130	330.0	0.35
	M/R	1.0	0.8	0.9	0.7	1.0	1.0
	(4例)	(0.9)	(0.9)	(1.0)	(1.0)	(1.9)	(0.9)
10^{-9}	R	0.030	10.6	0.26	0.180	330.0	0.35
	M	0.034	9.5	0.22	0.180	330.0	0.26
	M/R	1.1	0.9	0.8	1.0	1.0	0.8
	(2例)	(1.3)	(0.7)	(0.9)	(0.9)	(1.0)	(0.8)

10^{-6} で灌流実験してみた所、繊維性攣縮も生ぜず、又3要素自身にも直接影響を來たさないことが観られたので、 10^{-5} Vagostigmine 加 Ach.-Ringer 液を用いて灌流実験を行つた。その結果が第5表である。これによると Ach.-Ringer 液單獨の場合に比し Ach. の作用が稍々著明になり、その時測定可能であつた 10^{-5} Ach. の濃度で已に繊維性攣縮を生じ測定不能となり、又測定可能な範囲においては、上述の変化が神経では $10^{-6} \sim 10^{-8}$ 、筋にては $10^{-6} \sim 10^{-9}$ と廣範囲に起り、且つ時値に対する作用がやゝ明かとなつたと見得る。尙 10^{-9} 、 10^{-10} の低濃度においては同様作用は現われていない。

考 察

本実験は体内の諸種化学的調節の刺激生理学的性質に及ぼす作用を観ることを究極の目的とする第1歩ともして行われたものであるが、先ずその手始めとしてカエル下肢を Ringer 液で灌流した Semi in vivo 状態において3要素の測定を行つたものであり、緒論において述べた如く、之は亦同時に3要素の測定を生体に及ぼす第1歩ともいえるものである。

Ringer 液單獨灌流の場合の測定(第1表)は本法による測定値のノルムを示すものである。そして装置直後より時間に従う変化もそこに見ることが出来る。後の実験の正常値(2時間値)に比し、神経、筋何れも基電圧がやゝ大となっているのは、時期的のずれと温度の差とによるものであろう。基電圧、 λ は神経と筋において次序の異つた値を示しており、時値は神経、筋間に大なる差が観られない。之は從來の液体電極箱を使用した剔出標本においても同様観られていることでもあり、生体の興奮性を規定する要素として、單に基電圧と Lapicque 学派の如く時値のみにては不充分であり、強まり要素の重要なことを示しているものと云えよう。

次に諸種化学的薬物の刺激生理学的性質に対する作用として、Ringer 液に薬物を加えて灌流した場合の測定であるが、從來の剔出標本の薬液中浸漬にては、薬物の外的表面的な作用が

観られたのみであつて、之に対し灌流実験にては、薬物の眞の内的組織的作用が観られるものである。尙灌流実験にては薬物は神経、筋の両者に作用しているので、神経においてのみの測定では不充分であり、従つて同時に筋においても測定を行つたのである。

先ずクエン酸ソーダであるが、之に関しては前記の如く Ca^{++} のイオン状態を除去するものであり、強まり要素を小にすることは多くの人の既に観察している所である。Solandt¹⁸⁾ は神経の λ が非常に大きくなり、終に自発的活動性を生ずることを観、Katz¹⁰⁾ は自発的活動性を生ずるのに充分なクエン酸ソーダで神経を処理すると、基電圧をその最初の値の1/8から1/10までに減少し、 λ を通常の平均値の約10倍にまで増大することを実験し、この自発的活動性は基電圧の減少及び適応作用の小なる結果であることを示している。私の上記の実験において神経にては Katz 程ではないが、基電圧が約半減して、小嶋¹¹⁾ の成績と良く一致し、 λ は 3/100 の低濃度には減少を示しているが、反復興奮を起し易い高濃度に近くなると大きくなっている。時値は何れも基電圧の小なるに対応し大きくなっている。筋においては鈴木・石井²²⁾ と同様基電圧を低下せしめ、之に対応して λ の増大を見る。尙小嶋¹¹⁾ は 1/30 即ち 3.3/100 においてかゝる傾向を見ているが、彼にては等張 NaCl 溶液との混合であり、私の実験では Ringer 液との混合なるによるのであろう。彼の見た所では、本イオンの神経の λ に対する影響には非常に個体差があつた。私の場合 3/100 にて λ の減少の見えたのは、これも与かるのであろうか。以上一般に繊維性攣縮を起し易い状態、即ち反復興奮を來たさしめる濃度において、基電圧の小、 λ 、時値の大を招來しているのは、Lucas¹⁴⁾、Katz¹⁰⁾ 等の所見とも合致し、鈴木²¹⁾ の興奮態度の第Ⅱ群によく適合するものと云えよう。

塩化バリウムについては從來本教室にてはこれの3要素に及ぼす影響に関し余り観察されていないが、その理由の一端は杉崎¹⁹⁾ の見た如く

反復興奮を起し易いことにあつた。私はその起らぬ程度の低濃度において実験を行つたのであるが、0.5/100 には著しき作用なく、1/100 において吳¹²⁾のアルカリ土イオンに就いて観察した如く、低濃度における強まり要素減少の作用が著しく現われている。之に伴い相伴う興奮態度(鈴木²¹⁾)として閾値の低下、時値の増大も起る可きことであるが、吳において明かの如くこれらの変化は元來が小であるのであつて、本実験における変化の如きは有意とはいえないが、方向は誤つていないというべきである。尙亦刺激に対する興奮の起り方、又第3表の成績よりしても、Ba⁺⁺は神経末梢部及び筋組織の兩者によく作用することが認められる。

Ach. は Dale⁴⁾の液性傳達学説以來、神経興奮における重要な役割を演ずることが認められこれを使用して灌流実験を行うことは、前二者の如き單にイオン作用を観察するのみとは異り、刺激生理学的見地より大いに意味のあるものと思われる。元來 Ach. は Brown³⁾、佐藤¹⁷⁾等が周期的興奮を起すことを見ているが、私の実験にては諸観察値測定を害する如き周期的興奮を起す濃度は避けた。しかし用いられる限りの高濃度の範囲にては繊維性攣縮を生ずことはある。また刺激による筋の收縮の仕方が少々緩徐になつたのは、單一刺激により痙縮に近い反応状態を示したのであろう。神経、筋何れも Ach. 單獨灌流の場合、反復興奮を起す相伴う興奮態度として、基電圧を小に又 λ 、時値を大ならしめる適濃度として、神経では 10^{-7} 、 10^{-8} ；筋では 10^{-6} 、 10^{-7} 辺りが見られ、次に Ach. の Choline-esterase による破壊を防ぐ意味で Vagostigmine を加えた Ach.-Ringer 液で灌流実験を行つた所、Ach. の作用が前よりも少々著明となつた。即ち測定可能であつた 10^{-5} の濃度で既に繊維性攣縮を生じて測定不能となり、前述の変化のための適濃度の範囲も神経、筋にて夫々 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ 、 $10^{-6} \sim 10^{-9}$ と廣くなつたが、その夫々の値の変化は第4、5両表を比較してみるに、後者において特に著明な差異を示してはいない。これは前記 Fühner⁶⁾の成績程著明

ではないにしても從來の所見と一致した方向である。そしてその差異が著しく大きくないのは單なる浸漬による藥物の作用に非ずして灌流によるため、Ach.-Ringer 液單獨灌流の場合にも本來の作用が大体现われているのであろう。元來 Ach. は Dale 等⁴⁾により神経筋間における興奮の傳達物質たることが確かめられ、またその後神経内の傳達に就いても関与することが認められたが、傳達、傳達の機序に就いては電気的な要素も亦関与し、活動物質と同時に認めて行かねばならないことは多くの学者の業績によつても明らかである。依つてこの兩者を共に考察しても、活動物質たる Ach. を灌流し組織に作用させれば、神経や神経筋間連接等においては当然興奮の起り易い状態を來たすことが考えられる。之は自発的にも繊維性攣縮を起す点より考えても頷かれることである。之をまた電氣的に考えて、電気分極の一定程度起ることが刺激の原因とされる以上、この興奮しやすい状態は分極性の高まつた状態に類同と見ることが出来る。その典型は坂本¹⁶⁾、安藤¹⁾の観察した鈴木²¹⁾の直流通流陽極作用であつて、上記観察諸値の変化の方向はこれと一致するのである。

尙上記3藥物の作用を通覧するに、何れも基電圧を小に、又 λ 、時値を大ならしめると共に反復興奮に傾く相伴う興奮態度を示しているのは、鈴木²¹⁾の生体興奮態度の第Ⅱ群を來たらしめる環境條件によく適合したものである。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師鈴木正夫教授に深甚の感謝を捧げる。

文 献

- 1) 安藤 毅(1951) 神経並びに筋における直流通流電極作用の研究 日本生理誌 14, 1
- 2) Brown, G. L., H. H. Dale & W. Feldberg (1936) Reactions of the normal mammalian muscle to acetylcholine and to eserine. J. Physiol. 87, 394
- 3) Brown, G. L. (1937) The actions of acetylcholine on denervated mammalian and frog's muscle. J. Physiol. 89, 438
- 4) Dale, H. H., W. Feldberg & M. Vogt (1936) Release of acetylcholine at voluntary motor nerve endings. J. Physiol. 86, 353
- 5) Dubos, J. (1939) Etude de la courbe de climalyse chez l'homme. C. r. Soc. Biol., 131, 450

- 6) Fühner, H. (1918) Untersuchungen über den Synergismus von Giften. N. Die chemische Erregbarkeitssteigerung glatter Muskulatur. Arch. f. exper. Path. u. Pharmacol. 82, 51
- 7) Gaddum, J. H. (1936) Gefässerweiternde Stoffe der Gewebe. 1936 Leipzig.
- 8) Hill, A. V. (1936) Excitation and Accommodation in Nerve. Proc. roy. Soc. Lond., ser. B, 119, 305
- 9) 猪俣 廣 (1949) 蛙筋の強まり要素に対するイオン作用の知見補遺及び通流電極作用とイオン作用との拮抗 日本生理誌 11, 169
- 10) Katz, B. (1936) Multiple Response to Constant Current in Frog's medullated Nerve. J. Physiol. 88, 239
- 11) 小島利顯 (1944) 電気刺激強まり要素に対するイオンの作用 日本生理誌 9, 101
- 12) 吳 寿 典・鈴木正夫 (1946) 神経の電気刺激強まり要素に対するイオンの作用(第2報) アルカリ土金属イオンに就いて 日本生理誌 10, 68
- 13) Loeb, J. (1902) Ist die erregende und hemmende Wirkung der Ionen eine Funktion ihrer elektrischen Ladung? Pflügers Arch. 91, 248
- 14) Lucas, K. (1910) An Analysis of Changes and Differences in the Excitatory Process of Nerves and Muscles based on the physical Theory of Excitation. J. Physiol. 40, 225
- 15) 大谷卓造 (1948) 筋作業による筋の適応の変化について 日本生理誌 11, 180
- 16) 坂本健次郎 (1944) 電気刺激強まり要素測定の一新法及び夫による直流通流の神経に於ける該要素に対する影響の観察 日本生理誌 9, 433
- 17) 佐藤正彦 (1941) 週期的興奮に関する研究(第2報) 諸種薬品に基く週期的興奮の比較 日本生理誌 6, 493
- 18) Solandt, D. Y. (1936) The Measurement of "Accommodation" in Nerve. Proc. roy. Soc. Lond., Ser. B, 119, 355
- 19) 杉崎行三 (1938) 直流通流に対するイオンの作用に就いて 日本生理誌 3, 236
- 20) 砂田恵一 (1930) Ionenwirkung. III. Untersuchungen über die Wirkung des Bariumions auf die Reizbarkeit des Skelettmuskels. Jap. J. med. Sci. III Biophysics 1, 235
- 21) 鈴木正夫 (1948) 環境条件と生体興奮態度 日新医学 35, 192
- 22) 鈴木正夫・石井恒夫 (1944) 蛙筋隔絶刺激に於ける強さ要素のイオンによる変化に就いて 日本生理誌 9, 573
- 23) 吉川俊夫 (1946) 電気刺激強まり要素と電気診断的攣縮法則 日本生理誌 10, 23

Resumo

Mezurado de la tri faktoroj, intenseca, tempa kaj kruteca, ĉe elektra ekscitiĝo estis ĝis nun farataj ĉefe ĉe eltranĉitaj nervopreparaĵoj. La reobazo kaj la kronaksio estis ankaŭ mezurataj ĉe l' tuta korpo de animaloj kaj homoj, sed koncerne al la kruteca faktoro oni trovas nur malmulte da tiaj mezuradoj. Tamen tiu ĉi faktoro devas, en estonteco, esti mezurata ankaŭ en kliniko, kaj mezurado ĉe l' tuta korpo estas tute dezirinda. Kiel unu probo ĉe rana korpo, por mezuri la tri faktorojn en la plejeble proksima stato al fiziologia vivado, mi eksperimentis kun malsupra rankorpo perfuzita tra aorta kanuleo per Ringera solvaĵo, kaj la mezurado okazis ĉe ligaturita iskiatika nervo kaj gastroknemia muskolo malkovritaj de la plejeble malgranda haŭtotranĉo kaj malmulta vundigo de angio. Mi ankaŭ aplikis kelkajn medikamentojn al la perfuzita Ringera solvaĵo kaj observis ilian efikon sur la tri faktoroj.

Unue oni mezuris normalajn valorojn: ĉiuj valoroj atingis en unu horo post la instalado stabilan grandecon kaj montris malmultan ŝanĝon de poste. La kronaksio de nervo kaj muskolo estas de grandeco de l' sama ordo, sed la reobazo kaj la konstanto λ montras diferencojn de grandeco de l' ordo 10^4 . Kiel la medikamentoj estis esplorataj Na citrata, BaCl_2 kaj acetilkolino. Ĉiuj el ili rezultigas en konvena kocentreco, ke λ kaj la kronaksio grandigas kaj la reobazo malgrandigas, kiaj ŝanĝoj respondas al la klasifikado de ekscitiĝadaj sintenadoj en ambaŭ sinkontraŭantajn grupojn pro ĉirkaŭaj kondiĉoj de Suzuki (1949).

(Fiziologia Instituto, Medicina Fakultato, Tiba Universitato)

神経の3刺激要素に関する研究 612.816.7

(第2編) 神経上膜除去による各要素の変化

Studoj pri tri faktoroj ĉe elektra ekscitiĝo de nervo. 2-a
raporto : Ŝanĝiĝoj de la faktoroj pro forigado de epineŭrio.

神 山 貞 二 (Kamiyama-Sadaji) *

従来一般に生理学の実験において神経を使用する場合、特殊な場合を除き通常は生体より剔出分離した所謂神経幹その儘を用いている。然し乍らこの1本の所謂神経幹も、結局神経内膜 Endoneurium にて境される多数の神経繊維の集合が、先ず神経周膜 Perineurium に包まれ、そのまた集合が神経上膜 Epineurium に被覆されたものであつて異質的なものである。それ故近時単一神経繊維を使用した実験が多く行われていて、異質的な神経幹を使用した実験と異つた成績が出ている (田崎¹⁷⁾その他)。上記諸膜のうち、神経上膜が最も強大な結合組織膜であるから、神経幹を使用した実験においては、これが何等かの役割を演じているであろうことは想像される所である。既に1926年に Bishop 等¹⁾は神経の結合組織性の被膜の抵抗並びに容量に注意を惹き、通常神経にて測定される諸性質の一部はこの非神経的構造物の性質であり得べきことを論じた。そして最近この神経上膜に注意が向けられ、神経幹から神経上膜を除去して—これを Rushton 一派⁷⁾はストリップすると云つて—一実験が行われ始めたのである。即ち Rushbass & Rushton 等⁷⁾ (1949) は神経幹にては興奮が陰極より数mm先方にて起り、又興奮性の電極外部における配布が核電導体模型理論に従わないという事実より、之が原因として神経上膜を疑い、これを除去して実験を行うとかかる事のないことを見出している。Schoepfle & Susman¹¹⁾ (1950), Schoepfle¹²⁾ (1950) もまたストリップした神経においては、普通神経にて見られる上述理論の要請の充たされない不規則性が

なくて、種々の美しい結果の出ることを、直角電圧による電気緊張電圧において観察している。一方ドイツにおいては既に1943年 Rössel⁸⁾が神経上膜除去により、神経の交流抵抗および交流刺激閾値に著しき変化を來たすことを見ている。かくの如く神経上膜が神経の受動性電気現象的並びに刺激生理学的性質に著しき影響を持つことは明らかであるが、このストリップすることは田崎¹⁷⁾等の単一神経繊維切出しに比し操作が簡易であるから、今後も特別の実験方法となることゝ思われる。従つてこれにおける刺激生理学的諸値を観察決定することは極めて有意義といわねばならない。故に私はカエル坐骨神経を使用しストリップしない通常の神経幹並びにストリップした神経幹の両者において刺激の3要素の比較測定を行い、且つ鈴木¹⁴⁾の環境條件として、温度並びにイオンの之等3要素に及ばず影響を併せ観察した。

実験方法

実験動物は前編¹⁾記載のものと全く同様である。但し実験の前期においては恒温箱中に飼育しない冷蛙その儘を使用した。これより上記 Rushbass 等⁷⁾の方法に従い、1側の坐骨神経腓腹筋標本を作製し神経上膜の除去を行うのであるが、この際刺激の生起部位としての陰極部分に鑑み、神経の陰極部分のみストリップを行い、陽極部分はストリップを行わなかつた。これを当教室慣用の1cmの空気房を隔てた鈴木¹⁴⁾のセルロイド製液体電極箱中に装置し、更に他側脚から製した通常の坐骨神経腓腹筋標本は、対照としてストリップを行わずに同様別の液体

* 千葉大学医学部生理学教室

電極箱中に装置した。且つこの液体電極箱は温度を終始一定(略々 17.0°C 前後)に保つた。斯くて1時間放置し標本が安定したる後に、この両者において3要素の比較測定を行つた。刺激装置として配線は前論文記載のものと全然同様であり、電極は幅約1cmのAg-AgCl電極を用いた。刺激効果の判定は筋の最小攣縮を以てした。

実験成績

A. 基礎実験

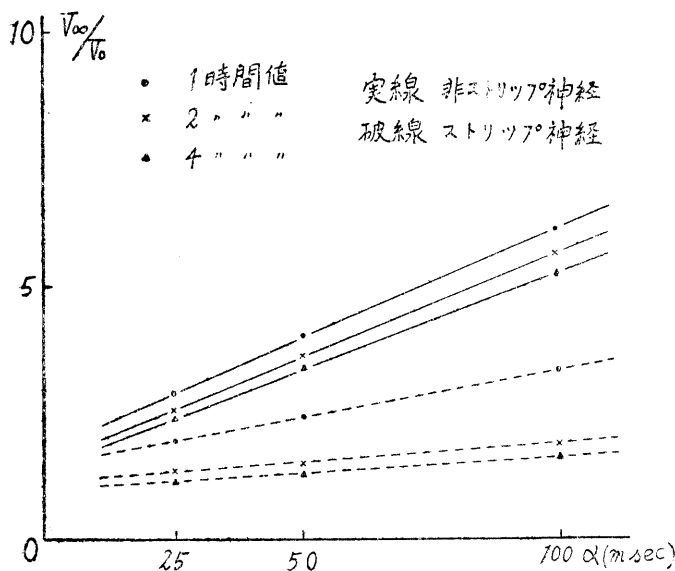
先ず基礎実験として常温下に於ける非ストリップ神経(以後N-S神経と略記する)、並びにストリップ神経(以後S神経と略記する)の両者において、3要素の比較測定を行つたのであるが、実験時期が恰度晩秋に当り温度が常温であつたため、カエルは恒温箱中に飼育しないものを用いた。然し日中は常温であつたが朝夕と夜間は気温も低下したので、こゝに使用したカ

エルは cold frog と云うべき状態であつた。

1. Cold frog: Cold frogより作製した標本のN-S並びにS神経における3要素の測定値の代表例1例を第1表に示す。観られる如く基電圧はN-S神経に比しS神経は大にして、両神経において何れも経時的に僅かに上昇している。 λ における相違が最も顯著であつて、N-S神経に比しS神経は数倍も大きく、且つN-S神経の経時的漸増に対しS神経においては2時間値より急激に大となつてゐる。時値はN-S神経に比しS神経の小なることが著明であり、且つN-S, S 両神経共に経時的に余り著明な変化をしないが、S神経に在つては数例の実験例において2時間値より稍々漸減の傾向が認められた。尙本代表例における $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 関係の直線を第1図に示す。又各実験例とも装置後約2時間にして測定上安定し、且つ両神経における各要素の差異も著明となることが観られたので、S神経における3要素の2時間値に対するN-S神

第1表 Cold frog のN-S, S 両神経に於ける3要素(基電圧: V; λ , 時値: msec)

実験例	時間	非ストリップ神経			ストリップ神経		
		基電圧	λ	時 値	基電圧	λ	時 値
No. 4 15/N 16.5°C ♀ 30.0g	1時間後	0.077	23.2	0.48	0.104	51.6	0.35
	2時間後	0.083	24.1	0.43	0.106	131.5	0.31
	4時間後	0.088	26.3	0.48	0.123	151.4	0.31



第1図 Cold frog における $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 関係

経における夫等の比を第2表に示す。即ち上記の代表例について述べた傾向がよく現われている。

2. Warm frog: 次に冬期となり冬眠中のカエルを数日間 17.0°C の恒温箱中に飼育した、所謂 warm frog を用いて比較測定を行つた。上記の場合と同様その代表例1例を第3表に、又各例における3要素の2時間値のS/N-Sの比を第4表に示す。基電圧はN-S, S 両神経の差が小となり cold frog とは逆にS神経における値がN-S神経における値よりも低いものも現われた。之に伴い時値はN-S, S 両神経略々等しくなり、逆にS神経においてN-S

第2表

Cold frog における2時間値の S/N-S の比

実験例	基電圧	λ	時 値
No. 1	1.03	6.98	0.84
" 2	1.42	9.12	0.59
" 3	1.24	3.96	0.65
" 4	1.28	5.46	0.65
" 5	1.10	2.18	0.54
平 均	1.21	5.50	0.65

木¹⁴⁾の環境条件において低温と同様第Ⅱ群の変化を被刺激性形体に來たさしめる, 環境条件の1なる Na の等張溶液を取り上げた. 最初 Ringer 液のみの場合の3要素の測定を行い, 次に液体電極箱中の Ringer 液を 0.65% NaCl 溶液に換え, 経時的に3要素を測定した. その代表例1例を第5表に示す. 即ち吳⁵⁾の観察したの

 第3表 Warm frog の N-S, S 両神経における3要素 (基電圧: V; λ , 時値: msec)

実験例	時 間	非ストリップ神経			ストリップ神経		
		基電圧	λ	時 値	基電圧	λ	時 値
No. 13	1 時間後	0.064	8.6	0.31	0.062	15.6	0.35
1/Ⅱ 17.5°C	2 時間後	0.066	10.9	0.31	0.067	22.2	0.35
♂ 15.0g	4 時間後	0.064	10.3	0.35	0.071	33.3	0.39

第4表

Warm frog における2時間値の S/N-S の比

実験例	基電圧	λ	時 値
No. 6	1.61	2.20	1.00
" 7	1.12	1.38	1.26
" 8	1.26	9.77	1.11
" 9	0.82	3.26	1.13
" 10	0.73	4.07	1.13
" 11	0.79	2.42	1.26
" 12	1.34	1.23	1.00
" 13	1.02	2.18	1.13
" 14	0.71	1.54	1.00
平 均	1.05	3.14	1.11

神経における値よりも大となるものさえ生じた. 尚 λ は cold frog と同様 S 神経における値は N-S 神経における値よりも大ではあつたが, その差異は cold frog 程著明ではなかつた. 即ち warm frog においては上記 cold frog における値に比し, 一般にその変化は余り顯著ではないことが観られる.

B. 環境条件としてのイオンの影響

1. Na⁺: 上記の如く S 神経における要素と N-S 神経における夫等との差異は低温飼育のカエルにおいて特に著明であつたので, 次に鈴

と全く同様, 正常の N-S 神経幹においては基電圧が経時的に緩かな下降を示す. そして λ (彼は直線恒数を観察した) は漸次増大し, 3~4 時間後に正常値の約 2 倍となつている. 時値は略々一定乃至稍漸増している. 之に反し S 神経においては繊維性攣縮を生じ, 1 時間値より急激に基電圧が低下して, 後漸減又は略一定し, λ は基電圧の低下に伴う興奮態度として, 1 時間値より著明に増大して 10 倍以上にも達し, 2 時間値よりは殊に顯著である. 又注目される事は時値が基電圧の低下に伴い, 著明に経時的に増大しているのが観られる. 即ち従來の各種イオンの被刺激性形体の興奮態度に及ぼす影響として, 斯かる著明な作用が観られたものは未だ嘗て無い. これを多数の例につき見るため, 第6表に各例における基電圧, λ , 時値の S/N-S の比を, Ringer 液浸漬の場合と等張 NaCl 溶液の場合 (2 時間値) の両者に就き比較して挙げた. また両神経におけるイオンの作用の差の顯著さを著明に示すため, N-S 神経及び S 神経の両者において, 等張 NaCl 溶液の場合と Ringer

 第5表 等張 NaCl 溶液の作用 (基電圧: V; λ , 時値: msec)

実験例	浸漬液と時間	非ストリップ神経			ストリップ神経		
		基電圧	λ	時 値	基電圧	λ	時 値
No. 18	Ringer	0.074	13.9	0.35	0.047	16.1	0.35
10/Ⅱ 18.0°C	NaCl {	0.073	18.5	0.39	0.015	185.0	0.61
♂ 18.0g		0.066	20.4	0.35	0.012	250.0	0.70
		0.060	25.0	0.39	0.013	250.0	0.83

第6表

Ringer 液内と等張 NaCl 溶液作用における S/N-S

	Ringer 液			等張 NaCl 溶液		
	基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
7 例	1.18	1.46	0.81	0.09	3.62	1.10
	0.93	0.57	0.80	0.33	2.44	1.08
	0.64	1.16	1.00	0.18	12.24	2.00
	1.25	1.74	0.80	0.52	22.35	1.13
	0.84	3.36	1.18	0.25	16.65	1.23
	0.87	1.41	0.80	0.24	13.60	3.69
平均	0.90	1.55	0.91	0.26	11.03	2.02

第7表

N-S 神経と S 神経の NaCl/Ringer

	非ストリップ神経			ストリップ神経		
	基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
7 例	1.06	2.87	1.08	0.08	7.15	1.46
	0.85	2.29	1.09	0.35	9.85	1.49
	0.89	1.47	1.00	0.26	15.52	2.00
	0.95	1.41	0.89	0.39	18.00	1.26
	0.73	1.08	1.29	0.22	5.34	1.35
	1.17	1.36	0.89	0.33	13.15	4.12
	1.08	1.24	1.13	0.35	6.56	2.13
平均	0.96	1.64	1.06	0.28	10.80	2.03

第8表 Tetra-ethylammonium bromide の作用 (基電圧: V; λ , 時値: msec)

実験例	浸漬液と時間	非ストリップ神経			ストリップ神経		
		基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
No. 31 27/Ⅲ 18.0°C ♀ 25.0g	Ringer	0.081	25.6	0.48	0.120	30.3	0.44
	T. E. A. B.-R. { 1時間 2時間	0.029	125.0	0.88	0.040	507.0	0.88
		0.035	333.3	0.88	0.025	500.0	1.18

液の場合との3要素の値の比を第7表に示す。観られる如く S 神経は N-S 神経よりも, Ringer 液の場合に比し等張 NaCl 溶液の場合, 基電圧, λ の低下との増大が著明であり, 時値もまた増大する。そして Na⁺ のイオン作用も, N-S 神経に比し S 神経において甚だ顕著なことが示されている。

2. Tetra-ethylammonium イオン: 本イオンの電気刺激の各要素に及ぼす作用としては, 基電圧, 開放閾を低下せしめ, λ を増大せしめること著しきことを, Cowan & Walter²⁾ がその I 塩を用いて観察している。本邦では最近本イオンの Br 塩が製造されるに到つたので, 私は邦製の Tetra-ethylammonium bromide (T. E. A. B.) を用いて, 前記等張 NaCl 溶液の場合と同様にして実験を行つた。Cowan 等²⁾ は

λ に対しては 10mmol/l の濃度の溶液を使用し非常にその値を増大せしめることを観ている。私は始め彼と同様 10mmol/l 溶液を用いた所, N-S 神経においては彼等の所見と同様であつたが, S 神経においては猛烈な繊維性攣縮を自発的に來たし, 3 要素の測定は不可能なので, 5mmol/l の濃度を使用した。然しこの濃度においても S 神経においては繊維性攣縮を生じ, 3 時間値までの測定は不能であつたので, 2 時間値までの測定にて止めた。その代表的な 1 例を第8表に示す。観られる如く N-S, S 両神経何れにおいても, 著明なる基電圧の低下と λ , 時値の増大を示しているが, その変化の程度は何れも最初の 1 時間において已に著明な作用を現わし, 次いで経時的にも S 神経において殊に著明である。尙前記 NaCl の場合と同様, Ringer 液の場合と T. E. A. B.-Ringer 液 (2 時間値) の場合の両者において, S 神経と N-S 神経との 3 要素の値の比を第9表に, 又 N-S 神経及

第9表

Ringer 液内と T. E. A. B. 作用における S/N-S

	Ringer 液			T. E. A. B.-Ringer 液		
	基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
4 例	0.82	1.52	1.00	0.85	3.34	2.27
	1.48	1.18	0.92	0.71	1.50	1.34
	0.83	1.51	0.80	0.52	8.00	1.12
	1.00	1.30	1.13	0.46	5.26	1.44
平均	1.03	1.38	0.96	0.64	4.52	1.54

第10表

N-S 神経と S 神経の T. E. A. B./Ringer

	非ストリップ神経			ストリップ神経		
	基電圧	λ	時値	基電圧	λ	時値
4 例	0.36	23.53	1.49	0.37	51.75	3.37
	0.43	13.02	1.83	0.21	16.47	2.68
	0.72	5.38	1.50	0.45	28.56	2.11
	0.74	2.29	1.56	0.34	9.26	2.00
平均	0.56	11.07	1.59	0.34	26.51	2.54

びS神経の両者においてT. E. A. B-Ringer液の場合とRinger液の場合との3要素の値の比を第10表に示す。第10表を第7表と比較して知る如くT. E. A. B. はNaClに比し諸変化が既にN-S神経において著しい。S神経にても固より著しくN-S神経よりも強度であり、またそれはNaClの場合より強度であるが、既にN-S神経にて著明であるため、第9表に見る如くS/N-Sの比は第6表のNaClの場合に較べて、試薬溶液下にて差異の著明さが劣る外観を呈している。

考 察

本実験は緒論に述べたような趣旨によつて行われ、その成績の大部分は第28回日本生理学会総会(1951)にて発表した所であつた。然るにその後佐藤等⁹⁾¹⁰⁾の田崎の方法たる単一神経繊維刺激における λ 測定、仁木⁶⁾、白沢¹³⁾などのストリップせる神経とせざる神経における直流開放や函数的上昇電流による刺激などによる、強まり要素を中心とする業績の発表などがあり、本問題と関係深き成績を見るに至つた。故に今本実験成績を考察するに当つては、それらの所見をも顧慮して進めて行きたいと思う。

先ず基礎実験においてcold frogと見られる状態と、warm frogとにおけるS神経の基電圧、 λ 、時値を測定し、N-S神経のそれと比較することができた。これを文献の所見と比較するに、Rössel⁵⁾は既述の如くS神経、N-S神経の比較において、交流抵抗測定及び交流刺激実験を行つた。前者によれば神経はストリップされることにより、そのリアクタンスが $1/3 \sim 1/10$ に減少し、分極による抵抗の増大も著しく減少する。これ全神経の分極が甚だしく減少することに相当して、除去されたる結合組織膜が著しき二重層分極を保有し、神経の限界膜は大体拡散分極のみを持つことを示すのである。刺激実験において閾値は交流振動数に従い2~3倍に増大し、その i/i_0 -logn曲線において極小附近の彎曲は著しく浅くなる。Hill³⁾の理論によれば、この i/i_0 -logn曲線の彎曲の浅くなることは、

k/λ の小となることに相当する。Rösselの例示した1例の数値にHillの方法を応用することによつて、S、N-S両神経の i_{op} (至適振動数における閾値)、 k 、 λ を計算すれば第11表の如くなる(例は1例のみであり、Hillの式を応用

第11表 Hillの方法により Rösselの
1例より計算したる3要素

	i_{op} (μA)	λ (msec)	K (msec)
S 神 経	1.85	4.2	0.22
N-S 神 経	0.67	2.6	0.58

するに適当なnの取合せでもないためか、 λ の絶対値はいさゝか小に過ぎるように思われるが)。即ち曲線彎曲の浅くなることに相当する k/λ の減少は、 λ の増大と共にkの減少によることを知るのである。今これを私の成績と比較するに第2表に見る如く、刺激電流は直角電流と交流との差はあるけれど、基電流、 λ 、時値ともRösselの成績と変化の方向を一致する。たゞ閾値においてはRösselが、また λ においては私の成績の方が変化が著しい。尤もRösselは1例に過ぎないのであるが。然るにwarm frogたる第4表においては、閾値(基電圧)は増大減少相半ばし、時値も短縮せずしてむしろ増大の傾きあり、また λ の増大はさほど著しくはない。カエル神経の状態としてはむしろこれが正常であるかも知れないが、Rösselにおいてはヨーロッパの教室の常として、cold frogに近い条件のカエルを用いたのであつたと思われる。Rashbass等⁷⁾はS神経において、閉鎖刺激閾測定に錯綜を來たさしめる程陽極開放刺激の起り易いことを見ているが、宇野²⁰⁾の見た如く開放刺激閾は λ と大体逆比例するものであつて、これまた λ の増大を考えしめることである。仁木⁶⁾はS神経にてはN-S神経に比して、陽極開放刺激の忍び出現象の起り難きことを見、白沢¹³⁾は指数函数的上昇電流刺激の応答時測定において、応答時—時間曲線がN-S神経にては時間大なるとき上向きになるが、S神経にては然らず、即ち忍込みの起り難きことを見ている。白沢は更にこれより λ をN-S神経にて 528 ± 220 msec、S神経にて ∞ と算出している。これらはヒキガ

エル神経についてであり、 λ 算出も Hill の方法と異なるにより直接比較はできないが、神経上膜除去により λ の著しく増大する事は明かで、私の結果と合致する。同じくヒキガエル神経の単一繊維にて田崎¹⁷⁾ (208頁) 及び田崎¹⁸⁾は髓鞘乾燥法により λ に相当する値を数十~数百msecと観察し、鈴木¹⁵⁾ (62頁)はこれを自己の見たカエル神経幹の液体電極刺激におけると比較し、刺激陰極のあり方の相似を考えている。また田崎及び坂口¹⁹⁾は同一の値を38~155msecと報告し佐藤¹⁰⁾は田崎と同一の材料、方法により4.22~3.0msec (神経繊維の太さにより異なる) の λ を、佐藤⁹⁾は高温にて更に小なる λ を観察しているから、白沢のいうが如く、S神経において λ が ∞ にして、忍び込みが全然起らぬのはいかゞかと思われる。とにかく第2表、第4表はS神経の3要素変化のノルムと考えていゝであろう。

S神経の λ のN-S神経のものより大なる程度が、cold frogにて著しい事実により、鈴木¹⁴⁾の環境条件の対立分類における低温と同一組の条件をwarm frogよりの神経筋標本に与えて、cold frogの如き所見を得るか否かを検するため、イオン作用を取り上げ、しかも単一塩類溶液としてNaCl等張溶液を作用せしめた。然る所豫期の如く(第5表、第6表)、 λ は本溶液のため、S神経にてN-S神経に比し著しく大きくなるを見る。他の刺激要素については、本溶液によりN-S神経にて元來基電圧は僅かながら低下し、時値は著しき変化を受けない(呉⁵⁾)のであつて、本実験にても最初値ながら第7表にそれを見る通りである。然るにS神経にてはその基電圧に対する低下作用著しく、時値に対しては上昇作用を呈するを見る。従つてcold frogにて見た所の、S神経にてN-S神経に比し基電圧の増大、時値の減少の所見を得ることはできない。強さ、時間、強まり方3要素に対するイオン作用は、S神経に対しては殊に著しく、且つその大部分が最初の1時間にて起るのである。N-S神経に対してイオン作用が筋に対するより甚だ徐なることは、呉⁵⁾も注目しているが、本実験で明かの如く λ 変化の徐

ろなること、また基電圧、時値に対して作用著しからざる事は一に神経上膜のためであり、これを除けば筋におけると全く同様に速かに、且つ著しく作用するのを見るのである。そしてこの3要素に対しての作用は、鈴木¹⁴⁾の分類した興奮態度群の示す通りであつて、鈴木及び石井¹⁶⁾の名づけた環境条件下の典型的变化に従うのである。かくの如く通常金属イオンはN-S神経には作用鈍く、S神経には強大であるため、第6、第7両表の示す如く、NaCl溶液中のS/N-SもS神経におけるNaCl/Ringerも、それぞれのRinger液中及びN-S神経の比較値に比し著しき増減を示すのである。

Tetra-ethylammonium イオンはCowan & Walter²⁾以来、上記鈴木¹⁴⁾の分類興奮態度群Ⅱを來たさしめること著しきものなることが知られている。故に上述NaCl等張溶液と並べて使用して見たのであつたが、第8表に示す如くN-S神経にも著しく作用し、各要素の変化の大部分は最初の1時間に起るを見る。S神経に対して作用が更に著しいことは第10表の示す通りであつて、本イオンに対しても神経上膜は相当の障害をなすのである。しかしN-S神経において既に著しき作用を示す故に、T. E. A. B/Ringer液中のS/N-S比は、S神経におけるT. E. A. B/Ringer比ほど著しき増減を表わしてはいないのである。

かくの如くして神経上膜を除去することは、外界の環境条件の神経繊維に対する作用を直接にすると共に、Rashbass等やSchoepfleの説く如く、神経興奮の諸相を正確に表現する標本を提供することに相当する。そして田崎の提唱する単一繊維分離に比し手法簡易であつて、万般の刺激生理学実験に大いに推奨さるべきものである。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師鈴木正夫教授に深甚の感謝を捧げる。

文 献

- 1) Bishop, G. H., J. Erlanger & H. S. Gasser (1926) Distortion of Action Potentials as recorded from the Nerve Surface. *Am. J. Physiol.* 78, 592
- 2) Cowan, S. L. & W. G. Walter (1937) The effects

- of tetra-ethylammonium iodide on the electrical response and the accommodation of nerve. *J. Physiol.* 91, 101
- 3) Hill, A. V., B. Katz & D. Y. Solandt (1937) Nerve excitation by Alternating Current. *Proc. roy. Soc. Lond., Ser. B.* 121, 74
 - 4) 神山貞二(1952) 神経の3刺激要素に関する研究(第1編) "Semi in vivo" 状態における各要素の測定 *日本生理誌* 14, 338
 - 5) 吳寿典(1946) 神経の電気刺激強まり要素に対するイオンの作用(第1報) アルカリ金属イオンに就いて *日本生理誌* 10, 11
 - 6) 仁木偉彦夫(1951) 神経の陽極開放刺激に関する研究(Ⅱ) 陽極開放刺激の「忍び出し」に就て *昭和医科大学生理学教室論文集* 2, 15
 - 7) Rushbass, C. & W. A. H. Rushton (1949) The Relation of Structure to the Spread of Excitation in the Frog's Sciatic Trunk. *J. Physiol.* 110, 110
 - 8) Rössel, W. (1943) Der Einfluss der Nervenhiiller auf die elektrolytische Polarisation und die Erregbarkeit des Froschischiadicus. *Pflügers Arch.* 246 543
 - 9) 佐藤昌康・瀬尾美江・寺内ちせ・山中妙子・松本洋子(1951) The accommodation curves of nerve and nerve fiber, with special reference to the "breakdown of accommodation" and the effects of veratrine, Guanidin and aconitin upon them. *Jap. J. Physiol.* 1, 255
 - 10) 佐藤昌康(1951) Comparative measurements of accommodation in two nerve fibers of different sizes. *Jap. J. Physiol.* 1, 309
 - 11) Schoepfle, G. M. & N. Susman (1950) Physical Significance of Strength-Duration curve for Excitation of Nerve. *J. Neurophysiol.* 13, 289
 - 12) Schoepfle, G. M. (1950) Electrotonic Potentials elicited by Threshold Stimuli from sheath-free Nerve at Different Temperatures. *Am. J. Physiol.* 163, 229
 - 13) 白沢一郎(1951) 神経の指数函数的上昇電流による刺激と活動電流の応答時に関する研究 *昭和医科大学生理学教室論文集* 2, 129
 - 14) 鈴木正夫(1948) 環境条件と生体興奮態度 *日新医学* 35, 192
 - 15) 鈴木正夫(1950) 刺激と興奮 電気刺激における興奮法則探究の発展 *生理学の進歩* 第1集, 東京, 南條書店 1
 - 16) 鈴木正夫・石井恒夫(1944) 蛙筋隔絶刺激に於ける強さ要素及び強まり要素のイオンによる変化に就て *日本生理誌* 9, 573
 - 17) 田崎一二(1944) 神経繊維の生理学 *東京 河合商店*
 - 18) 田崎一二(1950) Electrical excitation of the nerve fiber. 1. Excitation by linearly increasing currents. *Jap. J. Physiol.* 1, 1
 - 19) 田崎一二・坂口光洋(1950) Electrical excitation of the nerve fiber. 2. Excitation by exponentially increasing currents. *Jap. J. Physiol.* 1, 7
 - 20) 宇野 幸(1946) 開放刺激の強さ期間曲線に就て *日本生理誌* 10, 1

Resumo

Multaj diferencoj ĉe fenomenoj koncernantaj al ekscitigado de nervo trovataj laŭ okazoj, aŭ kiel kutime la tuta nervotrunko estas stimolata, ĉu la unuopa nervofibro estas stimolata de Ranvier-a nodo (Tasaki, 1939), supozigas nin pri ia rolo ĉe elektra ekscitado de kunighista ingo de nervotrunko. Lastatempe kelkaj aŭtoroj (Rössel, 1943; Rashbass & Rushton, 1949; Schoepfle, 1950) jam trovis kelkajn notindajn fenomenojn ĉe elektra ekscitado de nervotrunko forigita je epineŭrio, ĉirkaŭtrunka kunighista ingo. La tiel nudigita nervo prezentas sin, laŭ la spertoj de l' nomitaj aŭtoroj, kiel ideala ekscitebla objekto, kaj ĉar la seningigado estas tre simpla metodo kompare la la Tasaki-a, ĝi devas esti estonte tre rekomendinda esplormetodo. Tial estas tre signifplene, mezuri la normajn valorojn de la tri faktoroj ĉe tiu ĉi nudigita nervo.

Unue la mezurado okazis ĉe "malvarmaj ranoj". Ĉe nervo el ili la reobazo de la nudigita trunko estas iom pli granda (1.2 oble), λ tre granda (5 oble) kaj la kronaksio malpli granda (0.6 oble) ol la respondaj valoroj de la kuringa trunko. Sed ĉe nervo le "varmaj ranoj" la reobazo kaj la kronaksio montras nur malgrandan diferencon inter la nudigita kaj kuringa trunkoj, sed λ estas multe pli granda (3 oble) ĉe la unua ol ĉe la lasta. La trovaĵo de Rössel (ĉe stimulado per alterna kurento) respondas al la mia ĉe malvarmaj ranoj. Tial mi elektis unu kondiĉon (ionon), kiu estas kun la malalta temperaturo en la sama grupo ĉe la klasifikado de ĉirkaŭaj kondiĉoj en ambaŭ sinkontraŭantaj grupoj de Suzuki (1949), kaj esploris ĉu oni povas konduki per aplikado de Na-iono la nudigitan nervon el varma rano en tiun staton, kie ĝi montras ŝanĝojn similajn al tiu el malvarma rano. Mi aplikis al la nudigita kaj kuringa nervoj la izotonan NaCl-solvaĵon kaj komparis ĝian efikon. En la NaCl-solvaĵon rapide pligrandigis λ kaj ĝia kompara valoro nudigita nervo: kuringa nervo estas en NaCl-solvaĵo 11 kaj en Ringer-a solvaĵo 1. 5. Kvankam la Na-iono influas la reobazon kaj kronaksion nur malforte ĉe la kuringa nervo, la nudigita nervo suferas fortan ŝanĝon ĉe ambaŭ valoroj: la reobazo malgrandiĝas kaj la kronaksio grandiĝas. Mi ankaŭ uzis la ionon tetraetilamonian. Tiu ĉi iono havas la saman efikon kiel Na, sed multe pli forte. Ĝi nome efikas sur ĉiuj valoroj de la kuringa nervo, sed ĝia efiko ĉe la nudigita nervo estas multe pli forta. Oni povas tial konkludi, ke ĉe la nervo sen epineŭrio la konstanto λ fariĝas tre granda kaj la efiko de ionoj tre forta kaj rapida.

(Fiziologia Instituto, Medicina Fakultato, Tiba Universitato)

嚙下呼吸の発生機序 612.288, 612.312, 612.801.1

Studies on the Mechanism for the Appearance of Sawllowing Respiration.

小 田 中 貞 (Odanaka-Tadasi) *

I. 緒 言

私はさきに¹⁾ 嚙下運動に随伴する呼吸運動の変化(嚙下呼吸)とその成因について報告したが、その実験結果は吸息筋の機械曲線を観察して得られたものである。このような場合吸息筋の活動電流をも記録して観察するならば、嚙下呼吸の発生機序、換言すれば中枢における拡散機序をより詳しく知ることができるであろうとの豫想のもとに次の実験を行った。

II. 実 験 方 法

実験動物には除脳ウサギ、無麻酔ウサギ、時にウレタン麻酔を施したネコを使用した。嚙下運動を誘起するためには、あらかじめ挿入してあるピペットを介して一定量の水、約 4cc を口腔内に注入する。嚙下運動及び呼吸運動の標示としては前実験³⁾の場合と同様に、夫々甲状軟骨及び横隔膜背矢の運動を描記した。套管針電極を横隔膜胸骨部に刺入しその活動電流を誘導し、R-C結合4段増幅器により増幅する。記録装置として横河 N3 型電磁オツシログラフを用い、A 型振動子をこれに装着した。

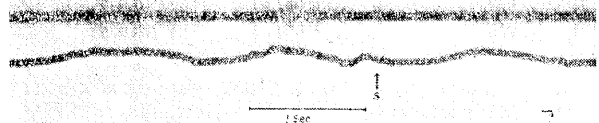
III. 実 験 成 績

正常呼吸運動時のウサギの横隔膜の活動電流は一般には次のような経過を示す。即ち吸息の開始と殆んど同時に横隔膜からまず漸増型の衝撃が放射され、ついで呼息にきりかわる瞬間急に衝撃放射が停止し微小の gap が現われる。この gap について少数の衝撃が漸減的に放射されるか、或は殆んど放射されず休息期に移行す

る(詳細はわれわれの教室から発表されるであろう)。

嚙下運動によつて嚙下中枢から拡散衝撃が呼吸中枢に作用すれば上述の横隔膜の活動電流にいかなる変化が起るであろうか検討して見よう。

吸息相において嚙下運動が初まると(第1図 S), 殆んど同時に横隔膜の衝撃は瞬間的に急増した後急に停止するが暫時にして再び衝撃が現われてくる。上述の衝撃停止期は著明な gap として認められる。一般に機械曲線は活動電流よりやや遅れるが、最初の衝撃急増期に相当して



第1図

吸息相に遭遇せる嚙下運動の横隔膜活動電流に及ぼす影響
右方より左方へ読む。上の曲線は横隔膜の活動電流、下の曲線は横隔膜背矢の運動。上向は収縮、下向は弛緩を示す(その他の図でも同様)。矢印Sは嚙下時点を示す。実験動物はウレタン麻酔のウサギ。迷走神経はそのまま。説明は本文。

前報告で述べた正常吸息に重疊する小吸息が現われ又 gap を示す時期に相当して小呼息が現われる(第1図)。

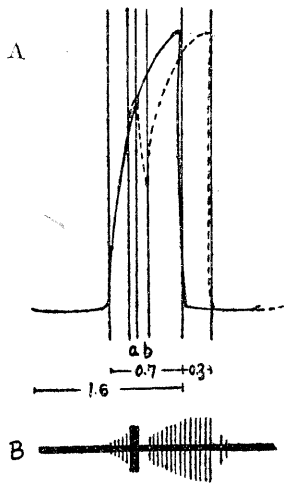
次に6実験例につき上述の衝撃急増期、衝撃放射停止期(gap)及び当該吸息相の各平均時間を測定した結果は次のようである(表参照)。

正常呼吸運動の平均週期は約 1.6sec で衝撃急増期は約 0.06sec である。たゞし吸息相の末期では一般に衝撃頻度が増しているので衝激急増期間を計測するのは困難である。衝撃放射停止期は吸息初期の嚙下で最も長く約 0.48sec で漸減の傾向を示す。又正常吸息相(平均約 0.7sec)

* 鳥取大学医学部生理学教室

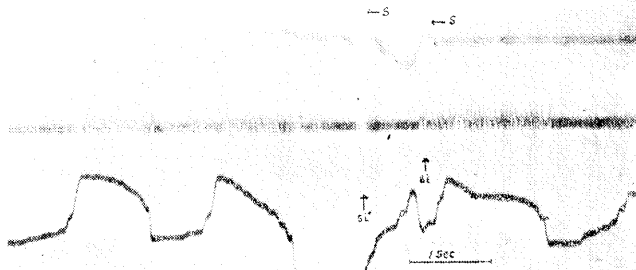
表、嚥下運動の呼吸曲線及び横隔膜の活動電流に及ぼす影響

A. 正常呼吸運動時の横隔膜背矢の収縮経過と嚥下時のそれとの差異を示す。実線は正常収縮曲線、点線は嚥下中枢からの拡散衝撃影響下の収縮曲線。上向は吸息、下向は呼息、嚥下時にはまず横隔膜の収縮はわずかに強まりついで弛緩に移るが、やがて収縮にきりかえられ本来の収縮過程へ移行する。数字はその時間的關係を秒で示す。



B. 拡散衝撃影響下の横隔膜の活動電流。縦線は発電を示す。aは衝撃急増期 (0.06sec), bは衝撃放射停止期 (0.12sec)

に対し、嚥下呼吸の介入せる当該吸息相は平均 1.0sec で、嚥下の結果正常吸息相より約 0.3sec の延長をきたす。



第2図

呼吸相に遭遇せる嚥下運動の横隔膜活動電流に及ぼす影響
右方より左方へ読む。上の曲線は嚥下曲線 Sは嚥下時の甲状軟骨の挙上を示す。中の曲線は横隔膜の活動電流。下の曲線は横隔膜の背矢運動。4cc づつ 2 回の口腔内注水によって同一呼吸相に夫々嚥下運動が 2 回起された。実験動物は除脳ネコ。迷走神経は頸部において両側切断してある。

次に呼吸相の極く初期換言すれば吸息が呼息にきりかわる瞬間を除いて、これよりも遅い時期に嚥下運動が起れば、まず急増型の衝撃が放射されるが瞬時にして停止する (第2図)。この衝撃停止後には本来の呼吸衝撃が殆んど認められないようであるが、その有無を決定するには尙研究を要する。

休息相に嚥下運動が起きても上述と同様の結

果が得られる。即ち嚥下の瞬間急増型の衝撃が放射されるのみである。

IV. 論議及び嚥下呼吸発生機序についての仮説

上述せる嚥下呼吸の際の横隔膜活動電流の変化は、嚥下中枢の拡散衝撃群が呼吸中枢の自他衝撃群に遭遇してひき起される干渉効果であつて²⁾、要するにこの場合には呼吸中枢の興奮発生が瞬間的に消長するものと考えることができる。干渉効果を理解するためには Verworn の学説⁵⁾ 及び福原等の最近の研究結果²⁾ は有益な参考となる。

本実験結果に基づいて嚥下呼吸の発生機序を次のように説明することができる。即ち、嚥下中枢からの拡散衝撃はその発生の初期には呼吸中枢に重加的效果を及ぼし、その結果呼吸中枢は正常よりも多くの衝撃を放射し、横隔膜の収縮を強める。ついで拡散衝撃数はしだいに増すがついに呼吸中枢に抑制的に作用し、その衝撃発生は停止する。

従来中枢神経系における拡散現象に関して、例えば、呼吸中枢と血管神経中枢相互間における拡散の可能性については、Hering, Fredericq(1882), Petroff(1931)⁴⁾, Anrep(1936)¹⁾ 等の研究があるがその拡散機序については未だ不明の点が多い。嚥下中枢と呼吸中枢間の拡散に関する本実験結果は拡散現象に関する一般的問題を究明するに何等かの手がかりを与えることになる。

V. 結 論

嚥下時におけるウサギの横隔膜の活動電流を電磁オツシログラフで記録し、嚥下呼吸の発生機序を明らかにせんとした。その実験結果を総括すれば次のようである。

1. 嚥下運動がどの呼吸相で起きても横隔膜の呼吸衝撃は瞬間的に (平均0.06sec) 急増した後急に衝撃放射が一瞬間 (平均0.12sec) 止む。

2. 嚥下呼吸の吸息相は上述の衝撃急増期にその呼息相は衝撃停止期に相当する。

3. 嚥下呼吸の発生機序は論議の項に述べた如く説明される。

本実験費用の一部は、福原先生に与えられた文部省科学研究費によつた。御指導を賜つた福原先生並びに御援助を頂いた教室員諸兄に感謝致します。

文 献

1) Anrep, G. V., W. Pascual and R. Rössler (1936)

Respiratory variations in puls rate. *Proc. Roy. Soc.* **B.119** 191, 218

2) Hukuhara, T., S. Nakayama, and S. Baba (1952) The mechanism of the nervous regulation of the respiratory movement. *Jap. J. Physiol.* (in press)

3) 小田中 貞 (1952) 嚥下呼吸 *日本生理誌* **14**, 114

4) Petroff, J. R. (1931) Experimentelle Untersuchungen über die Funktionsstörungen der Nervenzentren bei Gehirnanämie. *Z. f. ges. Exper. Medizin* **75**, 1

5) Verworn, M. (1914) Die Erregung und Lähmung. Jena

Summary

The action potentials of sternal slip of the diaphragm of the rabbit anesthetized with urethan or decerebrated were recorded by means of the electromagnetic oscillograph in order to study the mechanism for the appearance of the swallowing respiration. The results are summarized as follows.

1) If a deglutition is evoked in any phase of respiration, the respiratory impulses of the diaphragm changes as follows: a transitory augment of impulses (ca. 0.06sec) followed by complete cessation of impulses (ca. 0.12sec) appears.

2) The inspiratory phase of the swallowing respiration corresponds to the rapidly augmenting period of impulses and its expiratory phase to the period of complete cessation of impulses.

3) The mechanism of swallowing respiration was discussed (see in text).

(Department of Physiology, Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago)

三 叉 神 經—呼 吸 反 射 612.288

Über den Trigeminus-Atmungs-Reflex.

小 田 中 貞 (Odanaka-Tadasi)*

I. 緒 言

Kratchmer (1870)⁴⁾ はアムモニア、クロホルム等の瓦斯で鼻粘膜を刺激すれば呼吸性呼吸停止が起ると述べている。なおこの現象は嗅神経切断後にもみられるが、三叉神経切断後にはもはや認められぬという事実から氏は鼻粘膜に化学的刺激を与えて呼吸性呼吸停止の起るのは三叉神経鼻枝を刺激した結果であると結論している。其の後 Sandmann (1887)⁹⁾, Marekwald (1887)⁷⁾, Bloch (1888)¹⁾, 初岡 (1935)²⁾ 等の実験結果も Kratchmerのそれに一致している。然し尙詳細に文献を調べると、Lewandowsky (1896)⁵⁾ は鼻粘膜をクロホルムで刺激した場合に呼吸数の増加するを認め、又その機械的刺激の際に吸息性効果を得ているが氏の成績は一般に殆んど注目されてない。さきに我々は^{3) 8)} 迷走神経及び上喉頭神経の刺激実験において弱、中等度刺激で呼吸の促進効果を強刺激で抑制効果の起るを確認し、これら一連の刺激効果は求心性衝撃群が呼吸中枢の自働衝撃群に中枢において遭遇し干渉を起す結果によるものと説明した。従つて我々は三叉神経鼻枝刺激が呼吸運動に單に抑制的に作用するのみかどうか再検討せんとし、次の実験を行つた。

II. 実 験 方 法

ウサギに除脳手術をほどこす。即ち四丘体中央において脳幹を切断し四丘体上丘以上を除去

する。これによつて嗅神経及び上位脳の呼吸中枢に及ぼす影響を除くことができる。次に気管カニューレを挿入する。呼吸運動の標示として横隔膜背矢の運動を描記する。10%局方アムモニア水を原液として種々の濃度のアムモニア水を作りこれを刺激剤として用いる。又市販の香水も使用した。刺激する場合にはガラス製噴霧器でアムモニア水を鼻尖を擦過するように顔面側方より吹きかける。この際瓦斯を深部気道に吹き込まぬよう注意し、又眼、口腔等の粘膜を刺激せぬようガーゼで該部を保護する。

III. 実 験 成 績

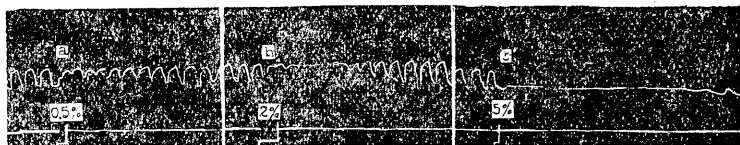


図. 種々なる濃度のアムモニア水で除脳ウサギの鼻粘膜を刺激する場合の呼吸運動の変化

1951.5.26, ウサギの体重2kg, 室温26.0°C. 上の曲線は横隔膜背矢の収縮曲線。上向は収縮, 下向は弛緩を示す。下の曲線はアムモニア水による刺激時点を示す。稀薄, 中等度溶液 (0.5~2.0%アムモニア水) で促進効果 (a及びb) を濃厚溶液 (5%アムモニア水) で抑制効果 (c) を示す。

刺激剤の濃度を次第に増すならば呼吸運動に次のような刺激効果が現われる。稀薄濃度例えば 0.5% アムモニア水で刺激すれば、背矢の収縮頻数は増加し、収縮振幅の縮少及び水平位の上昇が著明に現われる (図a)。中等度濃度例えば 2% アムモニア水で各個の収縮は融合して波動を示さず、全く滑らかに経過し持続的吸息位をとる (図b)。これらの吸息性効果を我々は呼吸促進効果と考える。更に刺激を強めて5% アムモニア水で刺激すれば抑制効果が現われ背矢は完全に弛緩する (図c)。なお刺激を強めればますます抑制効果は顯著となりその抑制期間が延長する。以上の実験結果を要約するとアムモ

* 鳥取大学医学部生理学教室

ニア刺激の際には、弱、中等度刺激で呼吸促進効果が、強刺激で呼吸抑制効果が現われるということが出来る。市販の香水を使用するとわずかに収縮頻数の増加を見るだけで、アムモニア水の場合のような顕著な促進及び抑制効果は全く見られない。香水はアムモニア水程に強い刺激となり得ない爲と考えられる。

IV. 論 議

刺激瓦斯が深部気道に浸入すると舌咽神経の咽頭及び喉頭枝、或は喉頭、気管に分布する迷走神経分枝の末梢を刺激して咳嗽或は嚥下運動をひき起すことがある。然し私の用いた刺激法では咳嗽等は起らなかった。従つて我々は本実験結果を三叉神経鼻枝に対する刺激効果とみなすことができよう。Lumsden⁶⁾は喘息性呼吸停止のほかにくしゃみの起るをみたというが、本実験においては如何なる強度の刺激を加えてもくしゃみは起きなかつた。

次に従来多くの研究者が促進効果を見落した原因について若干の考察をしよう。まず実験動物の麻酔の深さが中枢の状態に影響し、その爲に必ずしも一定の刺激効果が現われるとはかぎらない。即ち深麻酔のウサギでは促進効果を認め難いが、無麻酔或は微麻酔の場合には弱刺激で容易に促進効果が現われる。それで除脳手術の場合にも出血を防止し中枢状態を良好に保たねばならぬ。

又 Sandmann⁹⁾は種々の呼吸相で刺激し、刺激時点に一致してその場で呼吸運動が停止すると述べそれらをいずれも抑制効果とみなしているがこの見解は誤りである。我々の見解³⁾によれば吸息位呼吸停止促進、呼息位呼吸停止は呼吸抑制と解すべきである。更に Sandmann は中間位呼吸停止を見ているが、これは既に前論文⁸⁾において指摘したように氏の用いたゴムタンブールによる描記法の缺陷に由來するものと思われる。本実験の如く横隔膜背矢描記法を用いて三叉神経鼻枝の末梢を化学的に刺激した場合には、呼吸曲線が中間位に停止することはない。然し背矢描記法の場合でも、求心性神経線

維に電氣的に強刺激を与えた場合には実験は呼吸位に停止しているのに、曲線が中間位をとつたり或は持続的吸息位をとつたりすることがあるが、これは腹筋、軀幹筋の収縮が関与して横隔膜背矢の弛緩が阻碍されて起るものである。従つてこのような場合動物の一般状態に留意して観察するならば曲線の意味すけを誤ることはない。

Lewandowsky⁵⁾はクロロホルム刺激の場合に呼吸数の増加するを見たが、中等度刺激で吸息筋の持続的収縮が起るのを見ていない。

本実験結果は迷走神経刺激の呼吸運動に及ぼす影響とよく一致する。即ち刺激強度が弱、中等度刺激の場合には、比較的小数の求心性衝撃群が呼吸中枢の自動衝撃群に干渉し重加的に作用する。換言すれば吸息筋の収縮は強められる。更に刺激強度が増強し多数の求心性衝撃群が中枢に送られれば、遂に呼吸中枢の興奮は減殺抑制され、その結果吸息筋の弛緩をきたす。このことからわれわれは三叉神経呼吸反射の機序が迷走神経呼吸反射のそれと³⁾同様のものであると考える。

V. 結 論

除脳ウサギの鼻粘膜を種々なる濃度のアムモニア水で刺激し、その呼吸運動に及ぼす影響を研究した。その結果を綜括すれば次のようである。

1) アムモニア水の濃度を次第に増して刺激すると、まず吸息筋の収縮頻度は増加し、振幅の縮少及びこれに伴う水平位の上昇をきたし、ついには持続的に収縮し収縮は最大に強められる。更に濃度を増してゆくと収縮が抑制されるようになり、ついには完全に弛緩状態に陥る。

2) 上述の実験結果から三叉神経-呼吸反射の機序は次のように考えられる。

鼻粘膜刺激によつて三叉神経鼻枝に生ずる求心性衝撃の頻数が比較的小い時は、呼吸中枢の自動衝撃群に干渉し重加現象をひき起し、その結果吸息筋の収縮が強められる。求心性衝撃の頻数が比較的多い時は中枢に抑制的に作用し、

吸息筋の弛緩が起る。

御指導を賜った福原先生に感謝します。なお本実験費用の一部は、福原先生に与えられた文部省科学研究費によつた。

文 献

- 1) Bloch, E. (1888) Untersuchungen zur Physiologie der Nasenatmung. Z. f. Ohrenheilkunde 18, 215
- 2) 初岡三千夫 (1935) 鼻粘膜刺激の呼吸に及ぼす影響についての実験的研究 日本耳鼻咽喉科臨床 30, 435-494
- 3) 福原 武・馬場三郎・蒲原 沃 (1950) 呼吸運動の神経性調節の機序 日本生理誌 12, 208
- 4) Kratschmer, F. (1970) Über Reflex von der Nasenschleimhaut auf Atmung und Kreislauf. Sitzungsber. Akad. Wiss. 62, 147
- 5) Lewandowsky, W. (1896) Die Regulierung der Atmung. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 195
- 6) Lumsden, T. (1923-24) The Regulation of Respiration. J. Physiol. 58, 111
- 7) Marckwald, M. (1887) Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. Z. f. Biol. 23, 149
- 8) 小田中 貞 (1952) 嚥下呼吸 日本生理誌 14, 114
- 9) Sandmann, G. (1887) Über Athemreflex von der Nasenschleimhaut. Arch. f. Physiol. 483

Zusammenfassung

Der Einfluss der Reizung der Nasenschleimhaut auf die Atembewegung des enthirnten Kaninchens durch die ammoniakalische Lösung verschiedener Konzentrationen wurde untersucht. Die Resultate werden folgendermassen zusammengefasst:

1. Mit steigender Konzentration des Reizmittels kontrahiert sich das Zwerchfell in frequenterem Rhythmus und in verkleinerer Amplitude, um schliesslich im Kontraktionszustande stillzustehen. Mit stärkerer Reizung wird das Zwerchfell an ihrer Kontraktion gehemmt, um schliesslich im Erschlaffungszustande stillzustehen.

2. Aus den obenerwähnten geht folgendes hervor: Die zentripetalen Impulse von Trigeminus interferieren sich mit den automatischen Impulsen des Atemzentrums. Wenn jene an Zahl geringer sind, so summieren sie sich mit diesen, um die Kontraktion der Atemmuskeln zu verstärken. Wenn jene an Zahl grösser sind so üben sie den hemmenden Einfluss auf diese aus, um die Erschlaffung der Atemmuskeln hervorzurufen.

(Physiologisches Laboratorium der Medizinischen Fakultät der Tottori Universität, Yonago)

心臓除去後の血液の流動と肝臓との関係について 612.179.19.35

Observations Concerning the Flow of Blood and on the Part Played by the Liver in a Case Where the Heart had been Previously Removed.

八 田 博 英 (Hatta-Hirohide) *

緒 言

心臓が収縮力を失い所謂 vis a tergo のない死後の血液の流動について, Goltz, Combeale, Sándor, Hooker¹⁾, 福場²⁾等によつて微細血管内の流動が観察され, いずれも動脈側から静脈側への流動が見られている. 著者も “vis a tergo” のない状態での血管内の血液流動について追究中, 肝臓がこれに関係すること知り, これについての実験を報告する.

実 験

実験 1. 蛙 (*Rana nigromaculata* Hall) を用い, 大脳破壊後, 水平仰臥位に固定, 大動脈球部にカニユーレを挿入し, 曾爾-Ringer 氏液で全身灌流を行い (灌流圧 250~300mmH₂O), 心室を切除し心房内にカニユーレを挿入し, 灌流液を体外に導き, このカニユーレの出口の高さを正しく心房の高さとした. 灌流液が血液を混じなくなつてから, 稀薄な墨を混じた灌流液に切換え灌流し, 灌流遮断後の心房からの流出量とその持続時間を計測し同時に蹼膜毛細血管内の液の流動を顕微鏡により観察した. 墨の粒子の移

動を以て液の流動とした.

成績は第1表A及びBに示す如く

1) 灌流遮断後心房よりの流出は直ちに停止せず, その流出量は直後の1分間に最も多く, 2分以後急激に減少し, 遂に停止する. その比率は直後1分間に全流出量の58.0%, 次の1分間 9.6%, 4分以後停止までは毎分 1.1% となつた.

2) 流出量は体重の 1/21~1/51 であつた.

3) 流出持続時間は20~45分であつた.

4) 蹼膜毛細血管の観察 毛細動脈からの分岐部及び分岐毛細血管は速かに収縮し, 血流は一時的に停止するが, 収縮した内腔を静脈側へ移動するのが見られた.

毛細動脈は管内液量が減少し, 僅かな流れが見られ, これは多くの網状毛細血管を経ることなく, 比較的近道を経て静脈側へ流れる.

毛細静脈及びこれに注ぐ集合毛細管には血流が最もよく長く見られた. 収縮は徐々にその度は著明でない.

この毛細血管内の流動は10~19分持続した.

5) 灌流遮断による流出停止後に, 灌流を再開すると, 再び血液を混じた流出液を見た.

第1表 A

例	遮断数 前(分)	遮断後経過時間 (分)														計 cc	体 重	比 体 重			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 15	16 20	21 25	26 30				31 35	36 40	41 45
1	102	27	4	3	1	1	1	0	1	0	0	1(14)*	3	1	1	1(35)			1.35	44	1/32
2	54	11	1	1	0	1	0	0	1	0	0(10)*	0	1(20)						0.43	24	1/51
3	133	30	4	3	2	2	2	1	1	1	0	1	2(19)*	0	1	2	0	1(45)	1.325	29	1/21
4	29	16	8	3	4	3	4	1	1	0	1	1(11)*	0	1(21)					1.05	28	1/26

但し 1, 2 例は1滴 0.03cc, 3, 4 例は1滴 0.025cc

各例 () 内数字は流出停止時間 (分) を示し, (*) 内数字は蹼膜毛細管流の停止時間 (分) を示す

* 広島医科大学生理学教室

第1表 B
毎分流出量の全流出量に対する割合 (%)

例	経過時間(分)	1	2	3	4→停止
1		60.0	8.8	6.6	0.6
2		63.7	6.2	6.2	1.3
3		55.6	7.4	5.5	0.7
4		38.0	19.0	7.1	1.8
平均		53.0	9.6	6.8	1.1

但し 4→停止 4分から停止までは毎分平均流出量の全流出量に対する割合

実験 2. 蛙を実験 1 の方法により灌流した後マリOTT瓶の高さを 0mmH₂O とし、房からの流出口の高さを -160mmH₂O とし、圧差を 160mmH₂O としても流出は見られなかつた。灌流圧を 20~40mmH₂O として始めて房からの流出を見た。

実験 3. 蛙を実験 1 の方法により灌流中漑流を遮断すると、肝臓容積の急速な縮小が見られた。この肝臓の収縮による灌流液の排出が実験 1 の心房からの流出量及び流出持続時間に関係するものと考え、先ず次の実験を行つた。

a. 蛙を実験 1 の方法により灌流しつつ、肝臓に入る血管系を順次結紮した。最初に門脈を結紮したが肝臓容積は縮小せず、次に肝動脈を結紮したが、なお容積は縮小しなかつた。そこで一旦灌流を停止し容積の縮小を待つて、左肝静脈を結紮し灌流を再開すると、左肝葉は変化を認めないが、他の二葉は容積増大し灌流圧の上下に応じて容積の増大縮小が見られた。肝臓容積の増大は肝静脈を経て逆流する液によることが明かとなつた。

b) 次に蛙を実験 1 の方法により灌流し、灌流遮断後の心房からの流出量とその持続時間とを、肝静脈の結紮前後について比較すると第 2 表に示すように、結紮前は流出量 0.48cc、持続時間 15 分であつたが、結紮後は流出量 0.21cc、持続時間 5 分となり、量は 56% 減じ時間は 55% 短縮しいづれも小となつた。肝静脈の結紮は門脈系還流の除外により灌流量が減少するので、より高い灌流圧 (340mmH₂O) で灌流し、これを遮断したが、第 2 表に見る如く、遮断前 1 分間流出量は大きいにも拘らず、流出量 0.27cc、持

続時間 8 分で、なお結紮前に比し量及び時間とも小であつた。即ち肝臓にある液が心房からの流出に大いに関係することが明かとなつた。

		第 2 表	
		肝静脈結紮前	肝静脈結紮後
		260 (mmH ₂ O)	260 340 (mmH ₂ O)
灌流圧	経過時間(分)	36	25 41
遮断前	滴数(分)		
0~1		9	5 6
1~2		2	1 1
2~3		1	0 1
3~4		1	0 0
4~5		0	1 0
5~6		1	0 0
6~7		0	0 0
7~8		0	1 1
8~9		0	
9~10		0	
10~11		1	
11~12		0	
12~13		0	
13~14		0	
14~15		1	
計		16(0.48cc)	7(0.21cc) 9(0.27cc)
但し 1 滴 0.03cc			

c) 実験 3 の b) に於て、心房からの流出液は肝臓、大静脈及びその他の部からの液を含むため、これを肝臓と大静脈の一部よりの液に限定するため、次の灌流方法をとつた。

蟾 (*Bufo japonica*) を用い、肝静脈、下大静脈を除き房に入る静脈を結紮後、下大静脈にカニユーレを挿入し、心室を切除後心房内にカニユーレを入れこの間を灌流した。これによつて灌流液は肝臓へ逆流し得る。心房へのカニユーレの挿入は全身の血液が洗出された後行い、これからの流出方法は実験 1 と同一である。

かかる灌流方法で、肝静脈結紮前後について心房からの流出量及び持続時間を比較した。第 3 表に示す如く、15, 35, 55mmH₂O の各灌流圧に於て、灌流遮断後、房からの流出量は夫々 1.2, 2.5, 7.4cc となり、流出持続時間は夫々 8, 11, 16 分となり、灌流圧の高い程量は大きく持続時間は長く、肝臓容積は大であり、灌流圧毎 1mmH₂O の増加に対して容積増加率は 5.4% を示した。

肝静脈結紮後には灌流圧 15, 35mmH₂O の場合流出量は夫々 0.1, 0.25cc で、持続時間はとも

に1分であり、流出量は90%減じ時間も著しい短縮を見た。なお結紮後にも肝臓容積の増大は見られなかつた。

この灌流方法によると、心房からの流出液の90%は肝臓に由来し、持続時間の延長も肝臓により、肝臓が液の貯溜所としての作用を有することが明かとなつた。

肝臓容積の変化を精しく観察すると、心房の収縮によつて液は肝静脈更に肝臓内静脈へ逆流せしめられ、容積は増大し、心房の弛緩によつて液は正流し容積は収縮する。この関係は灌流圧の高い時によく観察された。

第3表

灌流圧 (mmH ₂ O)	結 紮 前			肝静脈の結紮後	
	15	35	55	15	35
経過時間 (分) \ 遮断前滴数 (分)	63	114	154	40	103
0~1	12	27	40	2	5
1~2	5	8	10		
2~3	3	5	5		
3~4	2	2	4		
4~5	1	2	2		
5~6	1	2	2		
6~7	1	1	2		
7~8	1	1	2		
8~9		1	1		
9~10		0	1		
10~11		1	1		
11~12			1		
12~13			1		
13~14			1		
14~15			0		
15~16			1		
計	24	50	74	2	5
	(1.2cc)	(2.5cc)	(3.7cc)	(0.1cc)	(0.25cc)

但し1滴は0.05cc

考 察

1) 心臓切除により“vis a tergo”のない状態での血管内血液流動については、Goltz, Combeale, Sándor, Hooker¹⁾, 福場²⁾等によりいづれも動脈側から静脈側への流動が見られて居る所であり、著者の観察も同様であり、銭場³⁾が血管内圧の減少による小血管の収縮性は動脈側から静脈側へ小となり、福場が心臓切除後小血管内に於ける血液流動をこの収縮性に歸しているが、妥当と考えられる。

2) 実験1の心房からの灌流液の流出量は体

重の1/21~1/51であり、蛙の血液量の1/15.6~1/17.4とすると4), 5) これよりも小であり、流出液は主として血管内のものであろう。

3) 実験1の5)に於て灌流遮断後、灌流再開より血液を混じた流出液を見るのは、灌流遮断前の灌流により洗流されなかつた毛細血管内に含まれた血液が、遮断により毛細血管の収縮のため灌流され易い部位に押し出され、灌流の再開によつて流出するものと考えられ、内圧の零化に伴う小血管の収縮を示すものと考えられる。

4) 心房からの流出液の源は心臓(心房、静脈洞)近心部静脈、下大静脈等の大きな静脈、肝臓及びその他のこれ等に注ぐ細い静脈を考え得る。

実験1の流出状態は遮断直後の1~2分間に全流出量の67.6%を出し、又実験3のbの肝静脈結紮後にも直後1分間に71%を出し、この流出は主として心臓(心房、静脈洞)、大きな静脈、肝臓に由来するものと考えられる。出血、ショックによる大静脈のactiveな収縮が報じられているが6), 7), 主として前述の部位の内圧低下によるpassiveな収縮性によるものであろう。

爾後の流出は全量に対する割合が少であり、4分以後は毎分平均1%であるが、20~45分持続する。この持続的流出は肝臓及び大きな静脈以外の静脈に由来すると考えられる。

これは先ず、実験3のbにより、灌流遮断後の流出が、肝静脈結紮後では量は56%減じ、持続時間は66%短縮すること及び実験3のcに於て、灌流遮断後の流出が肝静脈結紮後では量は90%減じ持続時間は僅か1分となることから、肝臓に由来することが明かである。

次に実験3のbに於て肝静脈結紮後にも持続的流出が見られ、灌流圧を高めた(灌流圧340 mmH₂O)時に、流出時間が延長する。この遮断後の持続的流出状態を、実験3のcに於ける肝静脈結紮後の一部の後大静脈のみからの流出が僅か1分しか持続せず、しかもその大半が30秒以内に流出し、持続的流出状態がないのと比較すると、前者の持続的流出は大きい静脈以外の

静脈に由来するものと考えうる。これ等の静脈の流出も主として静脈の passive な収縮性によるものであろう。しかし Combeale¹⁾ のいう静脈管のゆるやかな収縮性も考えねばならない。

5) 肝臓の態度を更に追究すると、実験 3 の a に示す如く、左肝静脈の結紮により左肝臓容積が増大せず、他の二葉のみが灌流圧の高低による還流静脈血量の増減によつて容積が増減し、実験 3 の c により後大静脈圧が高くなると貯留量が増加し、毎 1mmH₂O の灌流圧の増加に対して貯留量 5.4% の増加を示し reservoir の作用を有することが明かとなつた。

更に心房収縮時の灌流液の流動の観察から、心房の収縮により血液は肝静脈、肝臓内静脈へ逆流せしめられ、心房の弛緩によつて心房内へ正流し、心房の収縮を容易にし心房内血量を調節するものと考えられる。

以上のことから肝臓は静脈血還流に於て後大静脈血量の増減に際し心臓への血液の reservoir としての作用を有し、前述の心房からの流出液中肝臓からのものはこの貯溜作用によるものと考えられる。

6) 実験 2 に於て灌流圧 0mmH₂O では静脈側導管を低くし圧差を生ぜしめても流動なく、液の流動には或る灌流圧を要することを示したが、これは血管が單なる導管でないことを示すものであり、Burton 等^{8) 9)} は毛細管の内圧の低下による閉塞に基因するといふが、この点は次に追究したい。この際血管の週期的収縮による流動を期待したがその成績は得られなかつた。

結 論

仰臥水平位に固定した蛙を大動脈球から灌流し心房から流出せしめ、“vis a tergo”のない状態での血管内血液流動を追究して次の結果を得た。

1) 灌流遮断後心房からの流出は 20~45 分持続した。

2) 蹼膜の小血管に於て、灌流遮断後、動脈側から静脈側への液の流動が見られた。これは 10~19 分持続した。

3) 肝臓は血液貯溜作用を有し、上記の心房からの流出の源としての役割は大きい。

文 献

- 1) Goltz, Combeale, Sándor, Hooker (1937) cited from Frankline's monograph on veins p. 299 (Charles C. Thomas)
- 2) 福場友重 (1950) 心臓切除後の毛細血管内血行について 廣島医学 3, 202
- 3) 銭場武彦 (1942) 内圧変化に基く小血管の収縮性について 日本生理誌 7, 178
- 4) Fry, H. K. (1914) cited from Wintterstein's Handb. verg. Physiol. Bd. I erste Haelfte (1925) p. 1115
- 5) Welcker, H. (1854) 4) p. 1113
- 6) Holmgren, B. and B. P. Silverskiöld (1947) The volume variations of the large central blood vessels. Acta Physiol. Scand. 12, 134
- 7) Silverskiöld, B. P. (1947) The effect of hemorrhage and shock on the calibre of the abdominal vena cava, Acta Physiol. Scand. 12, 130
- 8) Burton, A. C. (1951) On physical equilibrium of small vessels. Am. J. Physiol. 164, 319
- 9) Nicolsy, J., F. Gitting, W. Jerrard, E. B. Claxton, and A. C. Burton (1951) Fundamental instability of the small blood vessels and critical closing pressures in the vascular beds. Am. J. Physiol. 164, 330

Summary

The entire body of a frog was perfused by inserting a canulae into the bulbus aorticus and permitting the perfusate to flow out from the auricle through a canulae which had been placed at same level to auricle.

1) When perfusion was discontinued by occlusion, the flow from the auricle did not stop immediately, but continued for a period of 20 to 45 min.

2) The flow of the perfusate in the capillaries of a frog web was observed under microscope. When perfusion was discontinued, the flow from the arterioles to the venules continued for 10 to 19 min., i. e. a period considerably shorter than from the auricle. In the above experiments particles of the Indian ink admixed to the perfusate served to identify the blood flow in the capillaries.

3) It was noted that an interruption of the perfusion was followed by decrease in volume of the liver, which increased again in bulk when the flow was resumed. The conclusion was made that the liver-volume corresponded to the quantity of the perfusate introduced into the liver.

4) The volume and duration of the flow from the auricle were compared with corresponding conditions after ligation of the hepatic veins, by which process the perfusate was prevented from reaching the liver. After ligation, the volume of the flow was 56.0% less than normal. Also, the normal duration of flow had been 15 min. while after ligation, it was shortened to only 5 min. From all these observations we judged that 44.0% of perfusate came from the liver which in turn leads to the conclusion that assumes the function of a reservoir for the blood.

(Department of Physiology, Hiroshima Medical School)

地方小学会報

第77回生理学東京談話会

期日 昭和26年11月17日(土) 午後1時半より

場所と当番 大田区大森4丁目 東邦医科大学講堂 朝比奈一男

1. 石河利寛(東大生理)

懸垂運動の解析的研究(2)

前回の発表の時に説明した式を使用して、屈臂時に筋にかかる負荷の変化を16ミリシネフィルムによつて追求した。この結果から、懸垂屈臂を如何なる姿勢で行うのが、最も筋の負担を軽くするかを知ることが出来た。即ち屈臂の初期には背をそらせ、中途から腹筋を用いて身体を屈して屈臂を完成することが望ましい。詳細は「体育学研究」に発表する予定である。

2. 太田 稔(東京医大生理)

歯牙処置時の血圧変動に就いて

私は臨床実験と、歯牙処置として歯質を削除したり露出歯髄を器械的に刺戟する方法をとつて動物実験とを行い、歯牙処置時には血圧変動特に血圧の上昇がみられることを知つた。そこで、血圧の昇降に関係のある心臓促進神経、迷走神経、内臓神経及び腹腔内臓血管の拡張神経の4者に就いて、その個々を切断し或いは他の3種神経系を切断することに依り残つたものの作用を直接観察して血圧変動の理由を検索し、心臓促進神経及び内臓神経は血圧上昇性に、迷走神経及び血管拡張神経は血圧下降性に作用し、然も心臓神経の方が血管運動神経よりも歯牙処置時の血圧変動に対する関与性が大であるらしいことを認めた。次いでその中枢性経路を系統的に追求したが、三叉神経を麻酔又は切断したり、延髄を麻酔した場合は血圧変動は殆んどみられなくなり、大脳皮質及び大脳全部を除去した場合には除去前と同様血圧が上昇し、又間脳が健在である場合にも歯牙処置時の血圧変動は上昇性であるが、間脳を破壊したり中脳部位で上位脳部と延髄の連絡を遮断した場合、即ち延髄を中脳として反射が行われる場合には血圧下降性になることを認めて、歯牙処置時の血圧変動に就いて次の2経路を推定した。

1. 血圧上昇性

三叉神経-延髄-間脳-延髄-脊髄 < 心臓促進神経
内臓神経

2. 血圧下降性

三叉神経-延髄 < 迷走神経
脊髄-血管拡張神経

而して、総体的には上昇性因子が下降性因子よりも優勢に仍く結果歯牙処置時に血圧上昇がみられるものと考えた。

3. 暉峻義等(労研)

産業労働者の疲労の概念について

4. 畠山一平(東大生理)

時間の測定について

空間的要素と並んで時間的要素、殊に現象の持続時間や2つ以上の現象の時間々隔を測定することは自然科学の基本的な技術である。このためには機械的メカニズムによる時計装置その他がしばしば用いられている。(例えば Hipp の測時器、d'Arsonval の測時器等)。最近ではサイラトロンその他を用いた電子管によるものも行われて来た。

(例えば Lullies の Zeitordinatenschreiber, 松田のCardiotachograph等)。然し種々の用途に際してその精密さ、迅速な測定、記録法等に多くの改良をほどこすべき餘地がある。そこで述者は特に1)長期間の迅速連続測定の可能なこと、2)測定値の比較に際しての簡易さ精密さの改善、3)現象との結合方法に留意していくつかの考案をなし試作実験した。

先ず(和昭22年)電磁石、シンクロナスマーター、機械的リレーの組合せで持続時間及び時間々隔を直線運動に轉換し、キモグラフィオン上に描記するメカニズムを考案試作した。この際描記高さ h は時間 t に比例するがこの t は実際測定しようとする時間 T から任意に設定可能な常数 T_0 を減じた $T-T_0$ である。この方法は連続測定も可能で比較に便であるが、機械的メカニズムのもつ不正確さは必ずしも上記の条件を満足させなかつた。そこで後に(昭和25年)サイラトロンと真空管のダイナトロン効果を用いた方法など電子結合方式を種々考案し実験した。そして現在万能刺戟装置の考案

に並んで矩形波発振メカニズムを利用するに至つた。その要点は現象の起始を一定パルスとする Univibrator, そのパルスから一定時遅れたパルスを発生する遅延回路, 矩形波発振, 鋸歯状波轉換, 出力と連なる電子管機構である。こうして安定性, 応用性等には一定の限界内では満足する結果を得たが, 装置の複雑さ従つて製作費の増加をまぬかれることができなかった。尙マイクロセカンドの単位には未だ充分追隨し得ずこの点の改善に今一步の工夫がいると思われる。

5. 畠山一平・加藤長二 (東大生理)

滴間隔測定法の工夫とそれを用いた血管灌流の連続的観察

滴数測定法は生理学の実験でしばしば用いられる手法である。然し従来の滴数計と称せられるものは, 1) 粘稠物質の滴には応じ難い, 2) 滴数の多い時には測定不能, 3) 1つ1つの滴間隔をはかることは非常な手間と費用を要するなど多くの欠点をもっている。これについてはいくつかの工夫もみられるようであるが述者は至極簡単な惰性の電気接触器 (供覽) と交流操作の1種の電子管時間測定器 (サイラトロンと真空管を用い刺戟装置兼用), 煤紙描記電流計 (廢物の記録電流計を利用した。スピーカー類も利用できよう) を用いてこの欠点を殆んど解消させた。

この装置を用いて Læwen-Trendelenburg の後肢血管灌流法を種々検討しつつあるがその最も基本的な結果についてのみ報告したい。長期間の滴間隔連続測定でわかつたことで最も重要と思われるのは灌流圧と灌流時間である。灌流時間については従来も色々と論議されているようであるが, 灌流時間の長い程全血管のトーンスが低下すると考えることはわれわれの観察からはむしろ困難のようであつた。又灌流圧の如何によつて血管の態度も異つてくることが色々な場合に考えられねばならぬことは従来の灌流圧を問題にしない実験結果に多大の危機を抱かせる。

今1つ述べたいのは全く操作を加えない時にみられる滴間隔の律動的変動である。これは今迄にも観察報告している人もいるが, 多くは血管の自発性收縮拡張とみなしているようである。われわれはモデル実験などからも検討した結果その1つはマリョット瓶内圧の気泡から気泡の間での鋸歯

状の変動の影響であり, 残つた排泄腔の平滑筋の收縮が滴間隔に著明な影響をあたえる場合の多いことなどを知つた。

6. 後藤鹿島・佐藤進一 (群馬大生理)

単一筋線維に対する麻酔薬と電流の作用

杉氏隔絶法に類似の方法を用い藁の単一筋線維に陽通電及び陰通電すれば, 前者は長時間反復反応し, 後者は比較的短時間中に反応しなくなる事は松本・木村等によつて明にされた処であるが, 筋線維に麻酔薬を作用させて之に対して陽通電を施せば各々に対する反応形式が非常に異つて來ることが判つた。今麻酔薬を Ringer 中に適當の濃度にとかし之の溶液中で通電刺激すると数分間の内に反応が極めて小となるか, 殆んどしなくなる。浸液を Ringer にもどすと再び数分の内に元の高さに反応する様になる。各種の麻酔薬について此の様な方法で陽通電及び陰通電刺激をして見てその各々を比較し次の結果を得た。

1) Urethan (1%) を用いた際は陽通電の方が全く通電しない時又は陰通電した際より速に反応が小になり麻酔に陥る。陽通電で反応しなくなつたものが陰通電で反応する様になり Ringer 中の場合とは全く逆である。プロカイン, コカイン, アルコール, $MgCl_2$ を用いても同様の結果を得た。2) Ringer 中より Ca イオンを除去した物を用いれば全体として反応の大きさは正常 Ringer 中より低下するが陰通電の方が一層より早く反応が低下する。少量の枸橼酸ソーダ, 醋酸アンモンを加えた時は更に著明であつた。3) エーテル, クロロホルム等は陽及び陰通電に対して反応の大ききの減少する速さに差がない。乳酸, 苛性ソーダ, 硫酸等も同様な形を取るが之等の場合に反応は不可逆的であつた。

以上の成績からして考案するに一般に麻酔薬は膜の透過性に影響をもつと考えられているが, 佐藤にもよるが如く陽通電により透過性が減少し, 陰通電により増大するとせば, 第1群 Urethan 等に屬するものは膜の透過性減少の方向に仿き, 第2群の Ca イオン除去は透過性を増大させる作用をもち, 第3群のエーテル, クロロホルム等の麻酔作用は膜の透過性に余り関係がないと推定される。

7. 川田深太郎・眞中はるゑ (群馬大生理)

非妊家兎子宮の人工的拡大に就て

眞中の方法により非妊家兎の腹壁に子宮屢を作り産科で用うるラミナリヤを大豆大の楕円形にしこれを子宮に挿入し数日すればラミナリヤの膨大に従つて子宮は拡大された。其の際拡大された側を対照側と共に剔出し常法に従つて組織標本を作り拡大された子宮、対照側の子宮、正常妊娠子宮に就て検査した。

実験成績：第1回目及第2回目のラミナリヤ又場合により第3回目のラミナリヤ挿入後10~15日に於ては其の大きさは始めの状態又は反対側のものに比較し著しく拡大された。反対側に於ては殆んど変化を認めなかつた。拡大された子宮の血行状態、著色及触感等は妊娠子宮と同様な状態である事が認められた。組織学的変化は拡大された子宮壁は薄く粘膜は極めて薄く被覆上皮は一層で扁平であつた。細胞の核はやや濃縮性で此の部の粘膜固有層は伸展され薄くなり子宮腺が見られない。線維成分は層状になつて居り伸展され筋層も狭く筋線維は一般にやや細く核も細長いものが多い。筋間結合織は粗造で幾分浮腫状を示し血管は一般に拡張充盈して居る。以上の所見と妊娠子宮とを比較するに拡大子宮に於ては筋層は伸展され筋線維自身は肥大を示さず引き延ばされた状態であるに反し妊娠子宮に於ては筋線維が延長肥大を示して居る様であつた。

以上の実験成績の示す如く家兎の子宮に於ては適當の大きさの内圧を持続的に作用させれば徐々に拡大され且つ單に拡大されるのみでなく、組織学的所見に於ても筋線維の状態が多少異なる像を示すが其の他は妊娠子宮と著しい相違はなく、肉眼的所見は其れとの差は殆んど認め難い状態が示された。此の事柄は妊娠に於ける子宮の変化に対しホルモン等の働きが如何なる関係にあるかは明らかでないが、子宮拡大は胎兒の成長による徐々な内圧の増加によつても行われ得るであろうと推定される。

8. 富沢 隆・小林直哉 (群馬大生理)

單一筋線維の切断部に関する研究 (第1報)

筋又は筋線維の切断部位乃至負傷部の形は相當に変化することは常に觀察される事柄であるが、之等に関する実験的研究また其の原因等に就いての報告は見られないので余等は之等に関する実験的研究を始めた。

実験方法としては臺の大腿部の筋より分離した單一筋線維を載物ガラスの上に Ringer 氏液を盛り之の中に浸し、余等が考案した切断器を用いて切断し其の部位の形を拡大し連続的に撮影し得る様な装置によつて実験した。先ず新旧種々の筋から分離した筋線維についてその切断部の形を觀察するに種々の程度の「太まりの現象」が見られたので次には新鮮なものと古いものとに分けて觀察した所が、前者は悉く太まりが見られたのに反し後者には全く見られなかつた。そこで死後時間を追つて觀察した結果新鮮な筋線維に於ては線維の走行に直角な多数の小皺を伴つた太まりが切断端より相當な長さまで及ぶのを見た。この太まりは所謂持続性短縮に相當する様に思われる。筋線維があまり新鮮でない場合には切端部位の極く近傍にのみ限局する太まりが見られるが、此の太まりは死後時間の経過と共に(20~30時間)減少し遂に見られなくなつた。更に新鮮な筋線維について切断後の部位が如何に変るかを觀察するに此の部に起る変化はゆつくりと健側に向つて移行するが古い線維に於ては此の変化は見られないのみならず時間を経過するも其の部位はなんらの変化も現われなかつた。

現在まで得られた実験の結果は以上の如くであるが切断部位の太まりの起り方並びに其の変化して行く状態等と切断部位に現われる負傷電位の大いさ及び経過等を併せ考えると、この太まりと負傷電位との間には密接な関係があるのではないかと推定される。之等の事柄については今後の研究によつて明かにしたい。

9. 増田 允 (慈大生理)

反応時及び脳波による大脳機能の研究

第3回日本生理学会北海道地方会

時 昭和26年12月15日(土) 午前9時より

所 札幌医大基礎講堂

1. 天野智恵美・多田武夫(北大教育学部体育部)
運動時に於ける尿中 Steroid の態度と副腎皮質ホルモンとの関係について

副腎皮質ホルモンは身体内各種新陳代謝及び筋作業能、寒冷、毒物にたいする抵抗、並びにStress等に重要な関係を有すると認められて居る。又普通成人尿中に出現する Audiogenic 様物質、Ketosteroid 体は、その大部分が副腎皮質に由来するものと考えられて居り、その出現量に関しても、性腺機能の如何よりは、寧ろ副腎皮質機能の示標としての意義を有し、尿中還元ステロイドは副腎皮質性ホルモンの代謝物質と認められて居る。然して体内に於ける各種 Steroid 系ホルモンは全く複雑なる過程に於いて相関々係を有し、それらに関する考察は、諸学者に依り意見を異にして今日尚不明なる点が多い。

本研究に於いては、特に運動時に於ける筋作業及び精神的興奮等の肉体的、精神的侵襲により尿中に出現する Steroid の変化を観察し、更に一定量の Androclorticotropic Hormone (ACTH), Cortisone, Desoxycorticosterone (D.C) 等を投与して、これに身体的、並に精神的負荷を与えたる時の尿中 Steroid の態度と其の際の血液学的変化等をも合せて考察し、以つて副腎皮質の予備力 (Adrenal cortical reserve) とStressの問題並びに尿中Steroidの態度よりする副腎皮質ホルモンとの関連性について研究を進めて行きたいと考えて居る。

現在私等は尿中 Ketosteroid の消長については Zimmermann 氏の変法 (Holtroff and Koch の測定法) 並びにその改良法たる Charles H. Sloan. and George H. Lowrey 氏法により実験を進めて居り、還元 Steroid の定量 (Heard 氏法) と相まつて運動時に於ける複雑なる Steroid 系ホルモンの相互関係と、其の態度に関し知見を得んと考えて居るが今日の処、未だ発表の時期に達して居ないので今回は予報程度にとめて詳細なる報告は次回にゆずる事とする。

2. 簗島 高・中島 泰(北大第1生理)

注射用脂肪乳剤に関する研究

完全なる非経口的栄養剤を製造することは、極

めて重要なことである。

既に蛋白質、炭水化物(葡萄糖)、塩類、Vitamin、等が非経口的に凡て与えることが出来る様になつた。然るに、脂肪の非経口的投与、殊に静脈注射用としては、未だ一般には市販されていない現況である。

我国に於ては、1931年頃、Yanol なる製剤があつたが不安定で静脈内注射用としては不適當であつた。

我が教室に於ては昭和26年北海道医学会で「人工血液に関する研究」に於て、その一部分を発表した。

脂肪乳剤はその安定性が最も大きな問題であつて安定剤の如何によつて中毒作用、抗元性を生じ、注射用として適、不適となることを知つた。

色々なる安定剤の濃度、pHを変えて、最も安定した且つ中毒作用の極めて少ない脂肪乳剤を作るにはほぼ成功したので、其の脂肪乳剤の生理的作用及び動物実験を行わんとするものである。

3. 簗島 高・中村治雄・延松鉄雄(北大第1生理)

代用血漿“デキストラン”に関する研究

1941年 Grönwall 及び Ingelman により代用血漿として“デキストラン”なるものが発表されるや俄然世界注目の的となり、そのものの生体に対する無毒性及びショックなどの治療的効果の卓越性などが実験的に確認されるに及び、今や“デキストラン”は週期的な代用血漿として欧米諸国に於て廣く用いられるようになった。我国に於ても同教室の簗島教授は昨年12月より中村助教授と共同研究の結果、我国最初の“デキストラン”の精製に成功し本邦治療医学界に一大飛躍を与えるに到つた。依つて私はかかる精製“デキストラン”を用いて“デキストラン”の本態を究明せんと企図し、先ずその一端として“デキストラン”の物理化学的特性を各方面より検討したところ新しい知見を得たので報告した次第である。

なおその生物学的特性については種々考按したが、斷定的な結論は今後の研究に残された課題である。

4. 山田 巖 (北大第1生理)

血色素に関する研究

演者はわが教室の人工血液の一領域たる酸素運搬体として重要な要素の血色素について結晶精製をなし、一方ではその物理化学的性状の研究、他方では人工放射性鉄を用いて血色素の生物学的代謝を究明せんと考え、ここにその第1報を報告する。

(其の1) 人血色素の結晶精製とその物理化学性状に関する研究：1946年以來 Drabkinは人血液を遠沈により血漿分離し、その上清を捨て血球を生理的食塩水で十分に洗滌し、蒸溜水で基質を破壊して Stroma-free solution を 2.8M の磷酸塩緩衝液に対して 4°C で長時間透析することにより大型結晶の作製に成功した。演者もこの方法を追試し対称性bipyramid の大型結晶を作製、その結晶混合物の各成分の含有量について測定の結果、重量の51%は血色素、38%は水分、11%は磷酸塩であった。更に結晶溶液にN/100 NaOH とN/100 HCl を用いて滴定線を温度 7°, 25°, 36°C で行い解離熱曲線を見るに pH 6 以下、pH 6~8.5, pH 8.5以上の3階段を示し、pH 6~8.5はHistidineのImidazol群の解離熱と一致することよりヘムとグロビンとの結合のグロビン中のHistidineのImidazol核とヘムの鉄原子との協調の予測を裏書きした様に考えられる。

(其の2) 人工放射性鉄による血色素代謝に関する研究：現在予備実験中で大要を述べる。正常家兎や白鼠に人工放射性鉄 ($Fe^{55} + Fe^{59}$) を塩化鉄の形で静注し時間的に血液内の運命を追求し、赤血球に血色素鉄として存在する経過を観察、その後硫酸アンモンによる塩析法を用いて血色素の結晶を調製し、その一定量の結晶血色素を硫酸で濕性灰化し、之に Carrier として一定量の非放射鉄を加えNaOHで鉄を水酸化鉄として沈澱せしめ、之を飽和蔭酸溶液又は塩酸に溶かし電解槽の中で白金を陽極、銅板を陰極として電解する。1-10-phenanthrolineを指示薬として電解完了を決定し銅板に附着した鉄について放射能をG-M管により測定した。

5. 本間慶藏・中野 修・牧野幹男・本間昭吉 (北大農学部獣医科生理)

発熱物質に関する研究

所謂発熱性物質に関しては、細菌性発熱物質、Pyrexin等の多様性が知られているが、Virusに帰因する発熱が如何なる因子に依るものかをうかがわんとし、現今世界各地に猩敗を極めている馬の傳染性貧血病に着目し、患馬血液を実験材料に用いたが、硫酸塩析法に依る Euglobulin 分層中に家兎を発熱せしめる因子の存在することを知った。依りて此処に2, 3の実験成績を報告する。

6. 本間慶藏・金谷喜久雄・山野茂樹・田村俊二 (北大農学部獣医科生理)

電気泳動法による傳貧馬諸臓器蛋白の分析

Tiselius の装置を用いて正常馬及自然感染傳貧馬血清の各蛋白質を分析定量した。その結果アルブミンが減少し、グロブリンの増加しているのを認めた。グロブリンの増加は無熱に経過するものでは γ 、熱発作があつて予後不良のものでは β の増加する傾向を示し、長期観察例では、常時アルブミンは減少し、グロブリンは増加し、特に β -が漸次増加し、 γ -が減少して斃死するに到つた。

脾臓の蛋白では若干の変化がある様に見受けられる。

7. 寺山良雄・横山 稔・大原弘通・丸山俊藏・石塚 武 (札幌医大生理)

筋収縮の物理化学的研究

1) 筋繊維の収縮：Szent-Györgyi 等と同様にグリセリン処理した兎腰筋繊維のATP収縮に及ぼす諸薬剤(ストリヒニン、キニーネ、アトロピン、カフェイン、アセチルコリン、モノ沃度醋酸、フィズスチグミン、アドレナリン、デギタリス)の影響を見た。アドレナリン、モノ沃度醋酸によりATP収縮は顯著に抑制される。又キニーネは促進的である。他の薬剤は影響がない。ATP収縮した筋繊維は蒸溜水等に入れることにより再伸展することを見た。之を再びATP液に入れると収縮する。この伸展収縮を何度も繰返すことが出来た。次に新鮮な兎腰筋繊維を諸種液に入れて収縮を見た。死後10時間以後でATPに特異的に収縮する様になった。

2) 筋肉抽出液のviscosity変化：横紋筋、心筋及び帆立貝々柱の0.6m KCl 抽出液にATPを加えviscosityの変化をしらべた。帆立貝 Bewegungs Muskel ではATP添加後何等操作を加えることな

く viscosity が著明に変動し「ゆれ」と我々が名付けた現象が見られた。又 *Sperung Muskel* では之を冷蔵庫からとり出し、測定温度 (25°C) に持来すると著しく viscosity は増大する。之に ATP を加えると同様 viscosity は降下する。其の他温度の変化で複雑な現象が見られた。この奇異な「ゆれ」の現象及び viscosity の温度変化の原因を反応速度論的に目下考究中である。

3) *Myosin*, *Actin*, ATP 系の紫外線吸収スペクトル: *Szent Györgyi* 等の方法により精製した *Myosin* は 276m μ に *Actin* は 266m μ に吸収極大をもつことを見た。*Actomyosin* は両者の重ね合せと考えられる吸収を示す。ATP と *Myosin* の混合物も 2 者の重ね合せと考えられる吸収を示すが唯混合後短時間には 260m μ を中心に割に吸収が sharp である。

4) ボーラログラフによる SH 基の消長: *Actin* と *Myosin* の反応及び ATP と *Acto-myosin* の反応に於ける SH 基の消長をボーラログラフによつて追跡し得る可能性があることを見た。

8. 築結勝彦・藤野和宏・高橋博長・伊藤勇吉 (札幌医大生理)

高速ボーラログラフの研究

神経が興奮時にその内部に於て、一種の化学変化を起す事は以前から予想されていたが、近時 V. Muralt はその際神経の断端より活性物質を遊離すると云い、Weidmann は 1945 年高速ボーラログラフを用いて、此の物質を捕え得たと述べているが詳細は不明である。

我々も高速ボーラログラフを試作し、亀の坐骨神経を用いて実験したが、Weidmann の記載している成績と略同一の実験成績を得た。

即ち対照の刺激前の曲線と比較すると、1.8 V 附近により早期に上昇する波形が見られる。

今後此の変化が氏等の云う活性物質に起因するかどうか、又然りとせば、その性質等を更に追究し、それと興奮過程との時間的関連を研究して行きたいと思う。

9. 福沢鮮一 (北大産婦人科)

人胎児膀胱収縮に関する研究

吾が教室に於ける胎児生理研究の一環として、人胎児膀胱の自仿運動及び之への 2, 3 薬物の作用

並に温熱、寒冷、酸素遮断の影響を胎令を追つて檢した。

実験方法は Magnus 氏 法に準じ、保生液は Tyrode 氏液を使用し、次の成績を得た。

1) 人胎児膀胱は既に胎生 3 ヶ月に於て明かに自仿運動を営み、3~4 ヶ月の幼若なものはその運動は極めて緩慢、単純であるが、5 ヶ月以後は複雑となり、筋層发育の組織所見と並行関係を有する。

尙胎生各月を通じて、諸種動物膀胱と同様にその運動は多くは不規則である。

2) 人胎児膀胱は既に胎生 3 ヶ月に於て、諸種薬物に明かに反応し、5 ヶ月以後のものの反応は成熟動物膀胱のそれと同様である。

3) 温熱、寒冷、酸素遮断の人胎児膀胱に与える影響は、既に胎生 3 ヶ月に於て諸種平滑筋臓器に於けるものと同様の反応を示した。

10. 望月政司・切替弘雄 (北大応用電研)

大脳皮質内の酸素測定 (第 1 報)

11. 室谷幸彌・井上哲子 (札幌医大産婦人科)

羊膜の膜電位に就て

羊膜の透過性の研究は羊水の成生及排泄に関連して胎児生理にとつて大きな意義がある。又羊膜は動物組織中、膜としての状態では最も容易に剝離し得るものであり、一般動物膜透過性の諸問題追求の一手段とも成り得るものである。然るに羊膜の透過性に関する研究は殆んどなく、僅かに Runge, Ruppe, 等の業績を見るのみである。先に教室の島津は非電解質に就て、又神田等は種々の色素に就て羊膜の透過性を検索したが、今回我々は種々の電解質溶液を用いて、羊膜々電池を形成せしめ、その電位の時間的变化を知る事に依り、イオンの透過性を推測した。誘導電極として銀塩化銀電極を用い、精密電位差計を用いて測定した。羊膜は妊娠 10 ヶ月正常分娩の胎盤羊膜を生理的食塩水に浸し保存して用いた。羊膜は人工膜に比して可なり高度の透過性を有し、且つ各種溶液によつてもかなり差異のある態度を示した。

12. 石谷邦介 (北大応用電研)

振動容量電位計による蛙皮電位の測定

Zisman による振動容量型電位計は試料に直接

ふれる事なく試料上で電極を上下に振動させて電気容量の変化を充分増幅しブラウン管で観察するものである。従つて従来の電位計とは測定方法、条件について可成り違う点がある。例えば蛙皮の電位差計による値は内外両面の電位計を示すに過ぎないが、表面電位法の値は内或は外面に於ける電位自身或はその変化を窺う特長を有している。従つて生物電気の究明に対し1つの有力な見方を与え得る可能性がある。

茲に筆者は此の方法により蛙皮50例の内、外面とに於ける表面電位の測定及びそれに対する麻醉薬と塩類効果の影響を実験した。

実験方法として0.6% Ringer 液を濕した濾紙を支持台とした場合と絶縁された点で蛙皮を吊り一隅より白金線にて誘導した。その結果蛙皮の内、外面を振動電極に対向させた場合についての電位 ϕ_i , ϕ_o を夫々測定した。それによると各々の電位の値は蛙により一定ではないが常に内面の電位 ϕ_i が高く、それは電位差法による値と一致している。而して内外面の電位の差の半分即ち $(\phi_i - \phi_o)/2$ が電位差法の値と略々比較出来る点からこの値が所謂蛙皮の電位差を意味するのではないかと思われ更に検討中である。猶 $(\phi_i - \phi_o)/2$ による値は40例中30~70mV が70% で平均45mV を示した。次に麻醉、塩類効果は濾紙に5% Alcohol-Ringer 或は0.12 MKCl をしめして行つた結果、Alcohol の場合は内、外面の電位が降下し、その変化は内面に小、外面に大でありKClの場合内面は上昇し、外面は降下し、その変化は内面に大、外面に小に見られた。併し乍ら減少する傾向にある。斯る所見は従来の電位差法と一致した傾向を示すが、麻醉、塩類効果が内側にも変化する点が異つている。

13. 田畑武夫 (北大産婦人科)

人胎児並新生児の聴覚及視覚に関する電気生理的研究

成人にあつては音、光の刺激に対し反応し、これは電流性皮膚反射として認めることが出来る。従つてこれにより胎児並新生児のこれらの刺激に対する受入、奏効装置の態度を調査研究することによつて、聴覚及視覚の分化発達の状態を窺い知ることが出来ると考え、本実験を行つた。

実験装置 電流性皮膚反射装置は蓄電器式回路

を用い、一段増幅装置により増幅して観察した。

実施条件 胎児は娩出直後体温と同程度の温水中、新生児は安静時、何れも暗室内、室温は23~28°C、刺激は電鈴(音)及60W電球(光)を用いた。

実験成績: 胎児. 1) 最小21.5cmの胎児より聴覚の32cmの胎児より視覚の反射を認めた。

2) 反射型式は一般に不安定で、特に聴覚には成人と異なる波形も見られた。3) 反射の潜伏時間は0.5秒前後で、刺激の反復につれて延長する。

新生児. 1) 聴覚、視覚共に反射を認めたが、聴覚は確実に反射を認めるに反し、視覚は稍々不安定で、時に反射を伴わないことがある。しかし刺激を反復するうちに必ず反射の出現を認める。

2) 反射型式は胎児同様聴覚は不安定で、成人と異なる波形が屢々見られた。視覚は全例成人と同形である。3) 反射潜伏時間は0.2~1.5秒である。

4) 分娩直後より生後7日位までの経過を見るに反射型式も潜伏時間も変動は多いが、大体著変は認められない。5) 刺激の反復により潜伏時間は延長し、反射の強さは減退する。6) 反射の強さはこれの認められる初期には極く弱く、大体妊娠8ヶ月頃に新生児と同様になる。新生児の反射は成人の1/5~1/10程度である。

14. 大庭卓也 (北大眼科・北大応用電研)

微小電極によるperimetric ERGに関する研究

実験材料は家兎生体眼球を脱臼せしめたものを用いた。接触誘導による不必要な眼球動揺を避ける爲め尖端0.1mmの微小電極を直接網膜に穿刺した。光源は16.8~36.9Wを用い網膜耳鼻側40度20度及び後極部を照射しERGの各種時間的要因及び活動電位を研究した。

潜伏期は刺激終了よりもd波開始迄の時間より小であり、極盛期は刺激終了よりd波のPeak迄の時間より小である。赤道部より辺縁の鼻側網膜では潜伏期の大きさの範囲は75~35σに互り耳側網膜より大である。中間帯の網膜では一般に潜伏期は、猶追加実験の要あるも鼻側が耳側より小である。極盛期の範囲は耳側では71~83σであり鼻側では82~130σで耳側より大である。活動電位は網膜周辺部程小となるが、其の減少性は弱刺激程甚しい。

15. 宮崎英策・橋本 満 (札幌医大生理)

Acetylcholine (Ach) の paper chromatography

Brante (1943) は沃度反応による Ach 等, 種々含窒素化合物の paper chromatography を発表しているが, 最近 Whittaker (1951) は Hestrin 法を用いて Ach 並に他のコリンエステルの paper chromatography を報告した. 我々も Hestrin-宮

崎法に依り研究中であつたが, 其の一端を報告する.

95%水飽和 n-ブタノールを溶媒として 6~10°C の室温で 24 時間展開後該法に従い呈色せしめると, 黄地に紫色斑が現われる.

$R_F = 0.07$, 感度 $5 \mu\text{g}$ で検出されたが, 今後更に温度及び溶媒を検討 R_F と感度を高める可く目下研究中である.

第78回生理学会東京談話会

期日 昭和26年12月20日(水) 14.00時より

場所 東京大学医学部会議室

当番 東京大学立地研 若林 勲

実験方法を主として下記の演題について活潑な討論があつた.

1. 畠山一平(東大生理) 血管灌流速度測定装置示説
2. 富田恒男(東京女子医大生理) 微小電極に就いて
3. 勝木保次(東京医歯大生理) 微小電極に就いて
4. 坂本嶋嶺(東大生理) 毛細管電極及びナイフエツデ電極に就いて

5. 杉靖三郎(東大生理) 隔絶法に就いて
6. 佐藤昌康(東大立地研) 振動容量型電位計
7. 寿原健吉(東京教育大分校) 音声直視装置示説
8. 名取礼二(慈大生理) 筋原繊維の抽出方法
9. 大島正光(労研) 呼吸量連続記録装置
10. 長尾 透(千葉大田坂内科) 微小容量の検出方法
11. 若林 勲(東大立地研) 模型実験の意義

第79回生理学東京談話会

期日 昭和27年2月16日(土) 午後1時半より

場所と当番 千代田区神田三崎町 東京歯科大学生理学教室 山田 守

1. 木暮 敬・武藤和雄(群馬大生理)

単一筋線維切断部位に関する研究(第2報)

筋線維の切断部位の形及其変化の様態等については第77回生理学東京談話会に於て富沢, 小林が既に報告した所であるが, 演者等は更に切断部位に電流を流してこれに依つて起る変化を観察した. 実験方法並に材料等は富沢, 小林の用いたものと大体に於て同様であるが, 筋線維に電流を流す方法としては, 筋線維を浸している載物ガラス上に盛られた Ringer 液に小金属板を浸して一極とし, 他の極は不分極電極と一端を細くした中に Ringer 液を滴した硝子管を連結して硝子管の先端の細孔を筋線維の切断端に接近させて置いた. 此の際硝子細管が陽極になる様に電流を流すことを陽通電と呼び逆の方向の通電を陰通電と呼ぶことにした.

以上の方法に依つて今日まで得られた実験成績

は大体次の様なものである.

即ち新鮮な筋線維に於ては切断端は相当太まつているが, 陽通電を行えばこの部位の太まりは電流の強さに依りて相当減少し, 陰通電を行えばこの太まりは更に増大する如き変化が認められた. 併し場合によつては陽及び陰の通電により全く変化が認められないこともあつた. 斯様に実験が常に一定の結果を与えないのは各々の場合に於て筋線維を流れる電流の配布を一定になし得ないことによるのではないかと思われる.

陽通電により切断部位の太まりが縮小し陰通電により太まりが増大することは, 切断端に於ける太まりに対して其の部位に起る負傷電位が関係するもので, 之を補償する如く電流を流せば変化は減少し, 其の電流を増強する如くすれば太まりは更に増大するものと考える事が出来る様である. 此等の関係に就いては更に今後の研究によつて詳

細にしたいと思う。

2. 佐藤進一 (群馬大生理)

骨格筋の興奮に際して現れる Impedance の変化に就いて

骨格筋の興奮に際して現れる Impedance の変化については Dubuissou, Mac, Glendon, Bozler 其の他に依る多くの報告があるが、興奮に際して Impedance は或いは減少或いは増加すると云い、又は始め減少し後増大すると云い、何れが其の真相であるか迷われる如き現状にある。

余は第1報に於て骨格筋の種々の状態に於ける Impedance の変化について報告したが、その継続として上述の事柄に関連して実験を行ったので之を報告する。実験方法は第1報に於けるものと大体同様であるが、此の実験に用いた標本は主に豚の腓腹筋、と附属の坐骨神経で筋を隔絶箱に固定し、坐骨神経に感応電撃を与え筋を間接的に刺激し、攣縮に伴う Impedance の変化を描記した。

実験成績 1) 筋の一端に荷重を掛け等張力性に攣縮させる場合には Impedance は増加し、その経過は大体に於て攣縮の経過と一致した。又場合によつて Impedance の増加の前に減少が現れた例もみられた。2) 筋に一定の張力を与えて遊離端も固定、即ち両端を固定して等尺性に攣縮させれば攣縮に伴つて Impedance は減少しこの際にもその経過は大体攣縮の経過と一致していた。

3) 等尺性攣縮を行わせるに先立って、予め適當の強さの陽通電、又は陰通電をしてこれを持続したまま攣縮させれば、Impedance の減少は陽通電の場合には大きく、陰通電の際には小さかつた。

4. 隔壁に対する筋の固定部位並に固定の強さ等を変化すれば、Impedance の変化の様子は相当変つた。以上は実験成績の概要であるが之を要するに筋の等張力性攣縮に於ては Impedance の増大、等尺性攣縮に際しては Impedance は減少するものと思われる。即ち筋の興奮に際して Impedance の減少が起るものと見做れる。興奮に際して実際に短縮が現れるか、否かによつて Impedance の変化は種々でありこの事柄が従來の人々の実験成績を一定したものにさせない原因ではなからうかと考えられる。

3. 正田豊作 (群馬大生理)

毛細管電極による単一運動神経線維の反復刺激

取本の方法に従つて作つた毛細管電極を蛙の坐骨神経起始部附近に当て趾の一定した運動を目標として単一運動神経線維を持続性感応電撃 (頻度 70~120 [imp/sec], 50 cycle の交流又は 50 cycle の交流から得た脈流を用いて刺激した。何れの場合に於ても強縮性運動は決して起らないで毎分の頻度 10~120 [imp/sec] の攣縮性運動が観察された。感応電撃の場合には強さを一定にし頻度を変えれば或る頻度 (100~120) で攣縮の頻度は最大で凡そ毎分約 200 回で電撃頻度がこれより大、又は小なる場合には攣縮頻度は小であつた。同一電撃頻度に於て電撃の強さを變えれば或る強さに於て攣縮頻度は最大でこれより電撃の強さが大、又は小であるときは攣縮頻度は小であつた。

次に毛細管電極が陽又は陰になる様に閥下の陽極性電流及び陰極性電流を予め流しておいた状態で感応電撃によつて反復刺激を与えれば全く通電しておかない場合に比較して陽極性電流の場合には攣縮の頻度は大で陰極性電流の場合には小であつた。

以上の実験成績を按ずるに感応電撃、交流又は脈流の何れの電撃によつても通常の神経筋標本を白金電極を用いて間接的に刺激する場合、又は坐骨神経の一部を単一神経線維となして中間部に白金電極を当てて刺激を行う場合には短縮が現れるのであるから、神経線維又は神経筋接続部位は強縮性興奮を自由に通過せしめ得るわけである。従つて上述の実験に於て短縮を起さしめ得ないのは毛細管電極が単一神経線維に当てられた限局した部位からのみ電流が送られ、この部位の興奮性が相次いで送られた電流のために変化したもの即ち不応期が異常に長くなつたためであると見做される。陰極性及び陽極性通電が夫々攣縮頻度を小、又は大にすることは従來知られた不応期に及ぼす陽性及び陰性電気緊張の影響と同様な現象と考えられる。

4. 三浦不二夫・角田正明 (東京医歯大歯科)

顎運動の機構について

顎運動の機構を明かにすることは歯科領域に於ては極めて重要な問題で古くから種々論議されて來たが、その研究方法が主に機械的であるため、

研究は顎運動の記録と分析のみにとまわっている。我々は本学勝木教授指導のもとに顎運動とこれに関連した機能的諸現象を電氣的に把握し、これが機構の解明に努力している。

I. 実験方法

A. 交流化マイオグラフを製作し咀嚼に関与する筋の機能をその活動電流により検索した（一昨年本談話会にて発表）。

B. 従来連続描記不可能とされていた咬合圧を電気圧力計を用うることにより、その記録に成功した（日本生理誌12, 学121, 勝木・三浦参照）。

C. 高周波利用による Condenser-Method を応用し、顎運動を三平面で三方向に分解して、これが電氣的記録を可能にならしめた（原理は電氣的

圧力計参照）。

II. 実験成績

A. 顎運動を司る筋の活動様式 昨年の総会号で紙上報告した。

B. 顎運動の描記と分析 松本, 古川氏の実験を裏書するが、この他、幾多の事実を把握した。

C. 顎運動とそれを司る筋の関係

D. 顎運動と咬合圧との関係

C, D, 共に A に於ける実験を裏書するが、これとは別に 2, 3 の興味ある現象を記録した。

5. 酒井敏夫・大竹 直 (慈大生理名取研)

水強直に関する研究

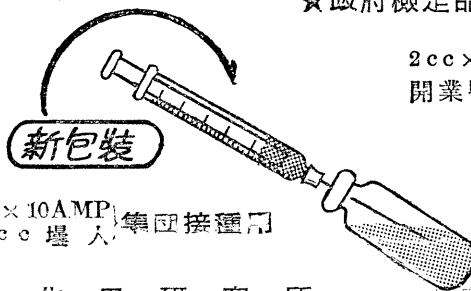
正 誤 表 [第14卷]

頁	列	行	誤	正
172	右	16	乳糖槽	乳糜槽
172	右	29	ないかと	ないと
275	右	16	2ヶ所切断逆吻合	2ヶ所切断逆端々吻合
277	右	14	血管壁間	両管壁間
280	左	23	硝子管挿入実験	硝子管挿入による連結
280	左	23	2ヶ所切断順吻合	2ヶ所切断順端々吻合
280	左	24	側端吻合,	側端吻合等を行つた場合の腸管運動及び
280	左	30	硝子管を挿入	硝子管を両切断端間に挿入
280	左	31	した場合でも,	して連結した場合でも
281		1		
		2		
		3		
		4	Fig	Fig.
		5		
		6		
		7		
		9		
		12		(In the case は行を改める)
266	抄録	6	arc	arc

診断用ツベルグリン稀釈液 北研⁷

★政府検定品★

2cc × 10 AMP ¥200
開業醫家用に便利です



5cc × 10AMP
10cc 量入 集団接種用

北 里 研 究 所

東京都港区芝白金三光町138

— 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



Banyu

主 要 製 品

ペニシリン (各種ペニシリン製剤)	オスバルサン (内服駆梅剤)
ストレプトマイシン (結核治療剤)	バンチオニン 注錠 (メチオニン製剤)
注射用 ジュンパス (同)	塩酸プロカイン (局所麻酔剤)
ホエーテゾール (砒素駆梅剤)	ジューソニン (重曹注・制酸剤)
シホエーテゾール (同)	デトキゾール (重金属中毒解毒剤)
マアアルゾール (同)	ギトーザン 注 (ロイマチス・神経痛)

東 京 萬 有 製 薬 株 式 会 社 日 本 橋

☆ 唯一の治療剤

バセドウ氏病・狭心症に



中外製薬

効 能

バセドウ氏病、甲状腺腫
 狭心症、バセドウ妊婦、
 月経困難症、脱毛症等...

粉 末—25g	¥ 600
100g	¥ 2,200
錠 剤—100錠	¥ 100
300錠	¥ 280
注射液 5ml×10管	¥ 225

メチオチールは...

- ◎ 本邦で唯一のサイオユラシル剤として、甲状腺機能亢進諸症の治療に盛んに用いられます。
- ◎ 心筋の酸素消費を抑制し、基礎代謝を低下させる作用によつて、狭心症の予防と治療に著しい効果を認められています。

メチルサイオユラシル

メチオチール

東京都中央区日本橋本町

(文獻贈呈)
 製造販売元

中外製薬株式会社

昭和二十七年八月二十日印刷

編集兼
 発行人

東京新文芸館本富士司
 東京大学医学部生理学教室内
 戸塚武彦

印刷者
 印刷所

山形新報市原製印甲三
 中村作右衛門
 鶴岡印刷株式会社

発行所

東京新文芸館本富士司
 東京大学医学部生理学教室内
 日本生理学会

振替東京八六四三〇
 定 価 百 三 〇