

日本生理誌・第16巻8号・昭和29年8月1日発行（毎月1日発行）
〔昭和27年5月6日 第3種郵便物認可〕

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第 16 卷 第 8 号

Vol. 16 No. 8

昭和 29 年 8 月 1 日 発行

August 1954

原 著

橋 野 昇 一：家兎電撃痙攣の筋電図学的研究（第1編）全身痙攣の発現様式について……………	437
橋 野 昇 一：家兎電撃痙攣の筋電図学的研究（第2編）痙攣前期筋電図との比較……………	445
橋 野 昇 一：家兎電撃痙攣の筋電図学的研究（第3編）間代性痙攣……………	450
畠山一平・加藤良二：滴数法による流量測定について……………	454
畠山一平・加藤良二：蟄の後肢血管灌流標本に及ぼすアセチルコリンの作用について……………	459
松 本 良 二：皮膚電気抵抗測定による人体発汗の研究……………	470
正 田 豊 作：毛細管電極による単一運動神経線維の反復刺激……………	484
斎藤正雄・正田豊作：NaSCN 溶液中に於ける骨格筋線維の短縮に就いて……………	490

地 方 小 学 会 報

第89回生理学会東京談話会……………	493
--------------------	-----

附：第14回日本医学会総会会員募集……………	498
------------------------	-----

日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan

〔新発売〕

女性ホルモン学説を改新せよ



★製法特許・米英諸外国特許出願中★

女性々機能ホルモン完成

〔文献・説明書進呈〕

吾社20年の研究によつて妊馬尿中より全く新しいホルモン（Synstroneと仮称）を発見し得た。その効力は1日量17にて従来の高単位製剤を遙かに凌ぐ効果を挙げ得る。

エストロパン「モチダ」はEstradiolとの複合体でその間のInter actionを期待し製品化した

- ☆高度月経障害
- ☆乳汁分泌不全
- ☆尋常性座瘡
- ☆更年期障害

2b Tab ¥200
1cc 10A ¥950

- ☆局所浸潤・伝達麻酔の迅速・適確
- ☆化学療法後の慢性病巣透過性昂進
- ☆慢性湿疹・固定癬疹の新治療
- ☆腫瘍水腫の新治療
- ☆硝子体・角膜病の新治療
- ☆人工授精強化
- ☆腸癒着防止
- ☆神経痛治療
- ☆骨折治療

大量皮下輸液の吸収促進
健康保険適用

Hyalur onidase発見者Durn-Reynals氏と

研究交換!

〔文献集送呈〕

強力拡散因子ヒアルロニダーゼ

スプラーゼ

モチダ

製造発売元・持田製薬株式会社・東京都中央区日本橋室町3-1

静注

無痛・水溶性

できる...

V.A 剤



アウゲニンの出現は、ビタミンA治療界に一大進歩をもたらしました。世界最初の水溶性 V. A 剤アウゲニンは、現在ますます治療分野を拡大しています。

- ① 吸収迅速で、体内における生理効果を高める。
- ② 無痛性で、注射後に硬結、腫脹等を生じない。
- ③ 油剤やコロイド性剤に比し、使用が簡便である。
- ④ 効力が安定で、長期保存に耐える。
- ⑤ 皮注・筋注・静注・動注何れも可能で副作用がない。

水溶性ビタミンA剤

アウゲニン注

〔健保採用〕

〔包装〕

2mg (1cc × 10) ¥250
注 5mg (1cc × 10) ¥350
錠 1mg (30錠) ¥150

〔試供品・文献送呈〕

東京都中央区西八丁堀2丁目17 救心製薬株式会社 M-5

家兎電撃痙攣の筋電図学的研究 612.014.424:612.743

(第1編) 全身痙攣の発現様式について

Electromyographic Study on the Electric Convulsion in Rabbit. I. EMG-type of Generalized Convulsions.

(本論文要旨は昭和25年第40回近畿精神神経学会及び昭和26年第28回日本生理学会に於て発表した。本研究費の一部は文部省科学研究費によった)

橋 野 昇 一 (HASHINO-Shoichi)*

I. 緒 言

痙攣のメカニズムは従来種々なる面から研究されているが、多くはその外観的運動又はキモグラフィオン上の記録を基礎にしている¹⁾²⁾³⁾。著者は痙攣時に身体各部の骨格筋が如何なる活動様式を示し且つ相互活動の上に如何なる関係が存在するかを筋電図記録より詳細に調べ、以て痙攣時の中枢状態を究明しようと企てた。

II. 実験方法

約2.5kgの家兎の両側頭部に針状刺激電極を挿入し60c/sec交流35~50V, 1/5~1sec通電して痙攣を起した。家兎は背位に固定し、又は後肢の運動を自由に表現するように懸垂位に固定した。

筋電図の誘導電極として (i) 2本の針電極を各筋表面に近い皮下に挿入し、(ii) 一部露出した2本のエナメル線を測定筋に縫い込み、又は (iii) 1/2注射針で作った同心型針電極を用いた。増幅器は略々同性能の抵抗容量結合4段増幅器2台を使用し、電極と増幅器の間に各々1:1の低周波変成器を入れて、同一筋の2点又は2筋から同時誘導し、筋電図記録が互に影響されぬように注意した。増幅器は100~3000c/sec間で100db迄同程度の増幅が可能であるよう作製して使用した。記録は横河電機製作による3エレメントの電磁オシログラフと振動子H型を用い、フィルムは毎秒10~15mmの速度で回転した。

*大阪大学医学部第2生理学教室(吉井直三郎教授)

後肢運動を筋電図と同時に記録するためには硫酸銅稀薄溶液を満した内径3mm、長さ10cmのゴム管を足関節につなぎ、このゴム管両端の電極に2V乾電池、及びD型振動子を直列に接続した。これによって後肢運動をゴム管の長さの変化に変え、その内容の硫酸銅溶液の抵抗の変化をD型振動子に移した。

III. 実験成績

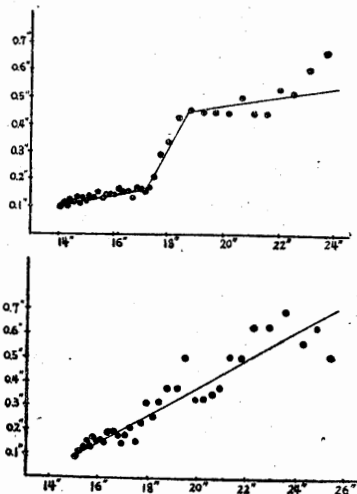
a) 痙攣ミオグラムと筋電図との比較

後肢の痙攣ミオグラムは堀口⁴⁾が家兎の後肢運動をキモグラフィオンに記録した曲線と殆んど同様の形を示した。即ち典型的な痙攣に於ては、先ず屈伸運動を速かに1~5回行った(第一間代期)後、屈曲位の強直状態に入り、次で伸展位強直となり、それより徐々に弛緩する時相が間挿されて間代痙攣(第二間代期)となり、その弛緩期が延長して痙攣活動は外観的には停止する。第1図のミオグラムに於て上方に向うのは後肢の屈曲、下方に向うのはその伸展を示している。以上の後肢運動に対し筋電図では、電極を挿入したる測定筋のみの活動電位を示すものであるから筋電図活動とミオグラムとは必ずしも時期の一致を認めないことがある。

第1図はm. biceps femorisより同心型針電極で誘導したものであるが、頭部通電中の筋電図は60c/secの混入によって明らかにされないが刺激終了後は普通約1/3~2秒の無活動期(潜時)を経て先ず大きな振幅の多数の棘波が密集し、全般的には紡錘形をなして現われている。その持続時間、紡錘形の詳細は各筋により、

又刺戟条件によって異なるが、最大振幅は約 4mV で持続時間は 5~30秒であり、最大振幅部が紡錘形の中央にある事があり、やや前方に偏していることもあり、又2度現れる事もある(第3図)。この棘波群の紡錘形密集は強直性痙攣時に現れるのでT型と名付けた。

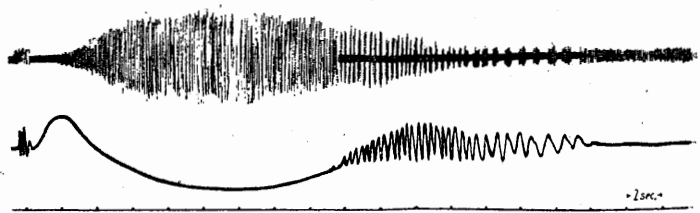
次でこのT型筋電図は 8~3/sec の頻度で断続されて、筋活動期と弛緩期とが交互に現れ、両者の交代リズムは急にまた徐々に 2~1/sec の頻度に変化する。筋電図の活動頻度が減少するに従い、一般的にはその放電時間は延長し、振幅は減少する。そのT型筋電図の断続したる grouping 群化型は間代性痙攣時に現れるのでC型と名付け、その断続する頻度から前者を C_{α} 型、後者を C_{β} 型と名付けた。C型に於ける各放電群の間隔とその出現時間を探ると第2図の如くである。



第2図

C型各棘波群の間隔(縦軸)と刺戟後の経過時間(横軸)との関係 上: C_{α} から C_{β} への移行が明瞭に分離された場合 下:その移行が明らかでない場合

第2図では縦軸に1つの棘波群の中央から次の棘波群の中央迄の間隔(第6図参照)を横軸に刺戟終了後の経過時間を示す。かくて各棘波群の間隔が次第に伸び、筋電図の振幅は次第に



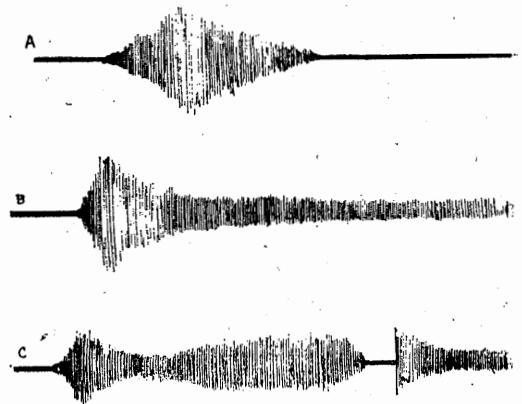
第1図

典型的痙攣時の m. biceps fem. の筋電図(上)と、後肢のミオグラム(下) 時標1秒

減少して、遂にC型筋電図は消失する。

以上で此の筋の痙攣活動は終るのであるが、時にはこれに続いて連続的な弱い放電が帯状に続くことがあり、またこの帯状の放電はさらに約 12/sec または約 24/sec の規則的な小棘波群に断続されることがある。この帯状の放電振幅は 1mV に達しないのが普通であるが、断続して現れる時には 2mV 以上に達する事もある。これらの放電は間代性痙攣に次で見られる筋硬直又は振顫期に一致して現れるのでR型(rigidity)と総称し、連続性放電を R_1 型、断続性放電を R_2 型と呼んだ。

以上が典型的な強直性間代性痙攣時に見られる筋電図で、T型の経過時間は約10~30秒、C型のそれは5~30秒、R型は長い時は約2分程続いて現れた。若し通電電流が痙攣閾下刺戟であれば、動物は興奮状態となって不規則に暴れるのみで、以上の様な定型的な筋電図を認めない。又若し刺戟が強すぎる場合、例えば 35V, 1sec



第3図

T型筋電図の種類 上:T型のみで終るとき、中:T型に次でR型が現れるとき、下:一旦消失したT型が再び T_c 型の形で出現したとき。

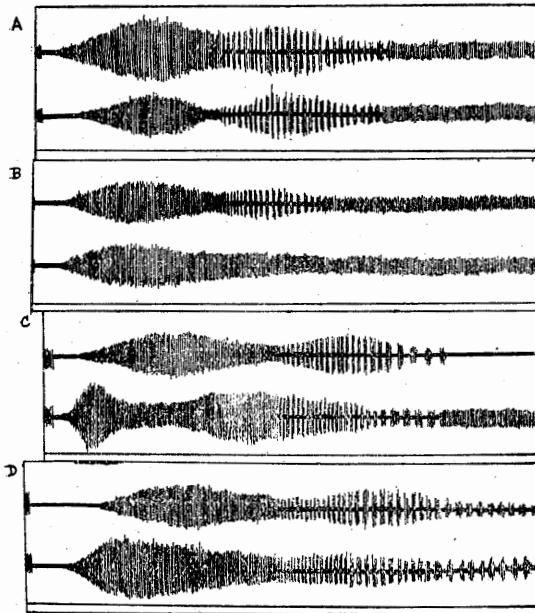
で強直性間代性痙攣が起る兎に50V, 1secの通電を行った場合は以上述べた諸型とは少し異った型が見られた。即ち第3図Aに見る如くT型のみの場合、第3図Bの如くT型に次いでR₁型が現れる場合、又第3図Cの如くT型が一度消失し、電氣的静止期(約 $\frac{1}{2}$ ~ $1\frac{1}{2}$ sec)を経て突発的に再びT型が現れる場合等である。この最後の場合は外観的には間代運動を示すのでT_c型と名付けた。

ミオグラムに見られる屈曲強直から伸展強直への移行は1筋の筋電図では必ずしも明かでないが拮抗筋の筋電図を同時記録した時、両者のT型筋電図の最大振幅の時相の相違からこの移行の時点が諒解される。

b) 2筋電図の同時記録による興奮分布の比較

痙攣時に於ける筋運動中枢の興奮分布を比較するため、2個の同心型針電極を用いて2測定筋に夫々挿入し、その電気活動を同時記録した。

第4図Aはm. quadriceps femorisとm. biceps femoris 即ち同肢筋の拮抗筋を同時記録した



第4図
痙攣筋電図の同時記録

- A : m. quadr. fem. (上) と m. biceps fem. (下)
B : m. tibia. ant. (上) と m. biceps brach. (下)
C : m. quadr. fem. (上) と m. tricep. brach. (下)
D : m. quadr. fem. (上) と m. tibia. ant. (下)

ものである。これによればT型筋電図はm. quadriceps fem. に於てより先に出現し、より長く続いているがその最大振幅部はほぼ同時相である。C型筋電図はこれに反して同肢筋に於ては同時に始まり、同時に終る。然してC型筋電図の各小棘波群を両筋について比較しても、その出現の時相は同時性を保っている。R型筋電図に於てもC型と同様の性質即ち同肢筋に於ては同時性活動を示している。

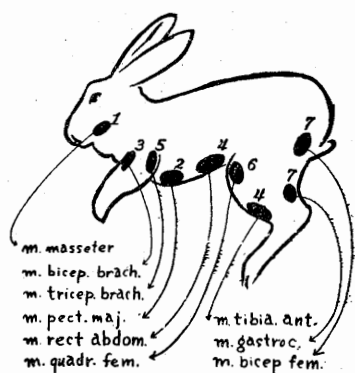
第4図Bはm. tibialis anticusとm. biceps brachiiの同時記録である。このように前後肢筋を比較するとT型筋電図はほぼ同時に現れているが、前者の経過時間が長く、前者にC型が現れているにもかかわらず、後者はそれとは無関係にR₁型が続いている。

第4図Cも前後肢筋の比較の例でm. quadriceps femorisとm. triceps brachiiの同時記録であるが、T型筋電図は前者が遙かに遅れて現れ、その最大振幅部にはずれが認められる。又後者のT型筋電図は途中で一度減弱した形となっている。C型筋電図の発現は両者ほぼ同時であるが、その各棘波群は両筋に於ては交互に現れている。又後者にはR₂型がそれに続いている。

第4図Dは同一肢のm. quadriceps femorisとm. tibialis anticusの同時記録である。これを比較すると前者はT型の出現が遅く、最大振幅部は後方にずれている。C型は両筋ほぼ同時に現れるが、その各棘波群は後者の方が少し先に出現し、即ち両筋のC型筋電図に時相のずれを認める。

以上は典型的な痙攣の例であるが、これを身体各筋に於いて同側及び反対側につき検べた所、次の一般的特徴が認められた。茲に検べた筋はm. masseter, m. pectoralis major, m. rectus abdominis, m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. quadriceps femoris, m. biceps femoris, m. tibialis anticus及びm. gastrocnemiusである。

1) T型筋電図の発現順序は第5図に示す如く(1) m. masset, (2) m. pect. major (3) m.

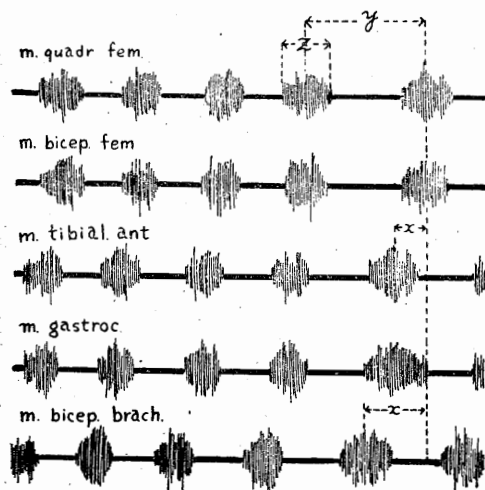


第5図 T型筋電図の発現順序

bicip. br., [4] m. rect. abdom. 及び m. tibial. ant., [5] m. tricip. br., [6] m. quad. fem., [7] m. bicip. fem. 及び m. gastroc. の順であった。

2) T型は同側及び対側の同肢筋では同形に現れ、振幅の最大部は全く一致するが、出現時相(潜時)及び持続時間に長短がある。しかもT型筋電図は発現潜時の短い筋が長く持続するか、又は同時に終り、早く終る事は無い。

3) C型筋電図に於ける各棘波群の現れ方は第6図に示す如き関係を有している。即ち m. quadr. fem. と m. bicip. fem. の如き、或は又 m. tibial. ant. と m. gastroc. の如き同肢拮抗筋は同時性であるが、前2者と後2者の間即



第6図

各筋に現れるC型の位相関係

x: 位相のずれ y: 棘波群の週期

z: 棘波群の持続時間 $x/y = \text{constant}$ に注意

ち上腿筋と下腿筋との間には一定の時相のずれがある。

4) 同側の前肢筋と後肢筋 (m. quadr. fem. を代表筋とした) を比較すると、C型活動は前後肢筋に同時に現れる場合と、そうでない場合がある。同時に現れる場合と雖も前肢の各棘波群は m. quadr. fem. のそれと交互に現れている。反対側の両後肢筋 (共に m. quadr. fem. を代表とす) のC型各棘波群の位相を比較すると、C型出現の初期 (C_α 型出現時) には左右同形の放電群が同時に出現して居るが後期 (C_β 型出現時) にはずれが生じて振幅にも相違が現れて来る事が多い。

5) T型筋電図は頭部電撃により何れの筋にも現れるがC型は現れない筋があり、例えば後肢筋にC型が現れているにもかかわらず前肢筋又は腹直筋等にC型が現れない事がある (第4図B)。

6) T_c 型の現れる場合は何れの筋にも全て同時に T_c 型が現れた。

7) R型筋電図の出現は不定期的であり各筋に於いて独立であった。

次に以上の実験の他に同一筋に2組の同心電極を挿入してその各々の誘導した筋電図を比較すると、1筋の任意の2点の筋活動は痙攣時はほぼ同時同形である事が認められた。又同一筋につき表面誘導と同心電極による誘導を比較すると、前者の筋電図T型の潜時が僅かに短いこと、及び振幅が大きい事が相違し、それ以外の筋電図所見はほぼ一致していた。

c) 反復刺激の影響

10分間隔で電撃痙攣を継時的に誘発する時、痙攣の形は次第に変化する。即ち堀口⁴⁾が報告した如く、屈曲——伸展型強直痙攣は軽度の屈曲型強直に変わり、間代性痙攣が著明となり、ついで強直性痙攣は無くなって間代運動のみが残る。此の変化を筋電図記録から観察すると次の結果が得られた。検べた筋は m. quadr. fem. と m. bicip. fem. である。

最初の痙攣では第4図Aの如くT型は両筋に於て共に強大に現れ、両筋の間には単に潜時と

経過時間に相違があるだけであるが、痙攣を反復すると、先ず *m. bicip. fem.* の T 型筋電図が減弱する (このような場合にはその筋の *C_α* 型筋電図はむしろ著明になっている事は注目すべきである)。更に痙攣を反復すると *m. quadr. fem.* の T 型は減弱し、他方 *m. bicip. fem.* の T 型は全く消える。次で両者の *C_α* 型は減弱し、*m. bicip. fem.* の *C_α* 型は消失する (この様な場合には弱い間代運動のみが現れる)。

頭部通電が充分強いときは先に述べた如く T 型筋電図のみで C 型が現れなかったり、T_c 型が現れるが、これらの型が現れる時と雖も同一刺激を反復する事によって (即ち中枢興奮性の低下と共に) T 型 C 型 R 型の連続する典型的痙攣が得られた。又反復刺激により T 型が殆んど消失し C 型のみが著明に現れる場合、アドレナリン 1,000 倍溶液 0.1cc の皮下注射によって T 型筋電図の復活を著明にし、C 型筋電図を消失する事も出来た。アドレナリンの効果は反復刺激による変化と全く逆であって、反復刺激による自律神経系の緊張変動がこの痙攣型に影響する事を示すものと思われる。

IV. 考 察

著者は電撃痙攣時の身体各筋の態度を筋電図に記録して観察し、実験 (a) に於て後肢筋の機械的な運動と筋電図を比較し、実験 (b) に於て各筋活動の相互関係を、実験 (c) に於て反復刺激による痙攣様相の変化を知った。そこでこれ等の事実について検討し、痙攣時の中枢の興奮分布について考察しよう。

先ず実験 (a) に於て得られた興味ある事実は電撃後に T 型筋電図が現れる迄全くの electric silence の時期があると云う事である。この事実は外見的には荒木⁵⁾ によって認められ、報告されているが、筋電図によって更に明確に証明されたものである。この問題に関して Cannon 及び Rosenblueth²⁾ は皮質の 1 点を電気刺激して筋収縮を記録し、“primary motor point” 以外の点を刺激した場合には tonic-depressed-phasic-clonic, response が現れるが、“primary motor

point” を刺激した時には depressed phase が無いことを述べている。この初めの tonic phase が著者の場合の刺激中の筋緊張状態に相当し、depressed phase が著者の実験の electric silence の部分に相当する様に考えられる。然し著者の刺激方法が両側頭部に電極をおいて刺激していることから考えて、当然 primary motor point のみならずそれ以外の領域が刺激されているから、Cannon 等の実験と同一に考える事は出来ない。

然らば如何にして electric silence が現れるかを考察するに、強烈な刺激後の一時的な shock 状態、換言すれば central refractoriness であると考えるのが最も妥当と思われる。それ故 T 型筋電図の出現の速かな筋はその central refractory period が短いと考えるべきである。然してその筋とは後肢では *m. tibialis anticus* 前肢では *m. biceps brachii* である。

次に興味ある点は T 型が紡錘形をなして現れることである。それは運動中枢に於ては動員型 recruiting type の活動機構を持っており、次々に活動筋線維を動員してその前半に於て振幅を漸増するのであろう。又この反射動員に筋自身から発する proprioceptive reflex も関与している事は Hyde 及び Gellhorn⁶⁾ の実験によっても当然考えられることである。然らば紡錘形の後半即ちその振幅を漸減する理由を考察するに、最大量に動員された筋運動中枢は次いで次第に疲労し、その持続放電を減少するものと考えられ、T 型活動がそのまま消退すれば紡錘形となり、T 型活動の途中に於いて上位中枢からの制止機構が加われば次の *C_α* 型となるものと解せられる。この推定は反復刺激によって T 型が減弱し、*C_α* 型が増強する事実、刺激が強い場合は T 型筋電図のみ現れ、潜時及び痙攣全体の持続時間が短い事実によっても支持される。間代性痙攣又は C 型筋電図は之に反して、刺激が弱い時又は相対的に大脳興奮性が低下した時に現れる。上述の強刺激によって T 型のみが出現する事実は同時に間代性機構 (又は強直性痙攣の一時的な抑制とその反復機構) が一時的に破壊

される事を意味するのであろう。そして大脳に於てT型が現れる興奮準位とC型が現れる興奮準位に相違があり、型は適当な準位の時にのみ出現するのであろう。R型は前後肢筋又は左右肢筋の間に規則性のない事から各筋の下位中枢が独立に活動する所の下位級の活動であらう。

次に実験(b)によって得られた知見は、T型筋電図が身体各筋に同時に発現せず、一定の発現順序があること、及びC型の各棘波群は各筋に一定の相互関係があり、その関係は脊髄反射に見られる拮抗支配の如きではなく相当高位の多分皮質と間脳との間の中枢連絡によるものであらうと想像される。

T型の発現順序は前述の如く頭部通電によるショックからの中枢興奮性の回復の順位を示すものであると想像されるが、その順位は筋の持つ機能的性格から一定の法則性を抽出する事は出来ない。即ち *m. tibialis anticus* の活動が比較的早く現れ、長く持続するのに対して、*m. gastrocnemius* では遅く現れ、先きに消失すること、又 *m. quadriceps femoris* は *m. biceps femoris* より早く現れるがその最大振幅部は両者一致しているという事などは中枢機構の合目的性からは理解し難く、この点からもT型、C型の発現とその型の維持には相当高位の中枢、多分皮質にある機構の生理解剖学的特徴が関係するのであらうと想像される。

C型棘波群の位相関係には第6図に示したる如き一定の法則性があり、この原則は合目的性と云う点からみれば無意味であると思われる。それは同側同肢筋の協同筋及び拮抗筋がすべて同時性をもっているという事、及び上腿筋と下腿筋の各棘波群のずれは、その放電間隔に比例して、即ちそれと一定の関係を保ちつつ長びくという事等である。C型筋活動については第3編で述べるが、ここでは如何にして2筋の間に同時性が現れるか、または一定の間隔をもった所の時間的ずれが現れるかと言う点を考察しよう。

著者はT型筋電図がC型に移行するのは制止機構(例えばGolgi II型細胞⁷⁾の如き)を含ん

だ reverbrating circuit の shock からの回復を予想している。即ちT型筋電図では impulses の発生が増大して制止機構は充分能力を発揮し得ず、このT型活動が減弱すると共に制止機構が表面化する。然して上述の如き時間性は各筋の皮質中枢に同時又は一定のずれをもって興奮波がこの回路を廻転していることによるのであらう。そしてこの廻転速度が減弱すれば夫々の筋活動はその放電間隔を延長し両筋活動のずれも又延長するのであらう。

実験(c)では *m. quadr. fem.* と *m. bicep. fem.* とを伸筋屈筋の各代表筋として検査の対象としたのであるが、電撃を繰り返すと外見的には屈筋強直が強くなるにも拘らず、*m. bicep. fem.* のT型筋電図は速かに消失してC型筋電図のみとなる事実がある。

この現象は痙攣の2つの型である強直性痙攣(T型筋電図)と間代性痙攣(C型筋電図)の成因に関する根本問題に関係するが、著者の意見は次の如くである。

筋の活動単位に kinetic motor unit と tonic motor unit とがある。前者は運動即ち1つの緊張状態から次の緊張状態への移動に関係し、速かに活動し速かに静止するが、容易に疲労するところの高電圧放電の活動様式を備えたものである。後者は運動に続く緊張維持に関係し、持続的収縮を目的とした活動要素であるから、疲労し難く、その活動様式は低電圧放電がある。通常の肢運動の場合には初め tonic units が続いて緊張を高め、次いで kinetic units の活動が加わって運動現象を生じ、kinetic units は疲労し、回復しつつその運動効果を持続し、その間 tonic units は持続的に放電して、その効果を補強する。運動が中止する時は先ず kinetic units の活動が消失、次で tonic units の活動が消失する(このように想定する根拠は既に吉井⁸⁾が詳細に報告した)。

頭部電撃の如く強力な刺戟によって全ての中枢回復活動が現れ、通電を中止した後はあるものは一時ショック状態となるが回復の速かなものより活動状態を回復し、即ち夫々の活動回路

を通る興奮に相当した体性、内臓神経性活動が現れる。最もショックに対して抵抗が強く、それ故刺激によって持続的に活動すると想像される自律神経活動の役割については堀口等⁴⁾の成績があり、考察しないが、体性神経系に於てはこのような全中枢の機能回復に伴い痙攣が発生する。然してその最初に (又は最強刺激の時はそのみであるが) 現れるのは強直性痙攣でT型筋電図であり、次に現れる運動は間代性でC型筋電図である。

C型筋電図の発生機構を考察するにT型活動がやや減弱したとき、制止性機構をふくんだ reverberating circuit 内を廻っている興奮波が次第に減弱するに従い C_{α} の頻度を減じ、次の段階即ち C_{β} の活動中枢にバトンを渡すのであろう。それ故 C_{α} 及び C_{β} のリズムは夫々脳に存在する運動中枢の特有の活動リズムを暗示すると想像される。これに反しR型は随意的には模倣し得ない筋活動であり除脳動物の硬直筋に現れる筋電図と類似し、 R_2 型は毎秒約12又は24のリズムを有し、これに類似した筋活動は最近筋萎縮性側索硬化症患者から得られた⁹⁾、又 R_1 及び R_2 型は脊髄犬の後肢筋より得る事が出来た¹⁰⁾。これらの事実は R_2 型のリズムが脊髄性の原因によるものである事を示すものである。

V. 要 約

痙攣のメカニズムを研究する目的で、家兎を用いて電撃痙攣を起し、この時の筋電図を検べた。

典型的痙攣に於ては

1) 刺激終了後約 1/3~2 秒の潜時を置き強大な振幅で密集する棘波群が紡錘形をなして現れ強直性痙攣となる (T型)。

2) 次でこれが毎秒約 8~3 回の割で断続し始め間代性痙攣となる (C_{α} 型)。

3) 次で更に間代性痙攣は毎秒約 2~1 回の

リズムに移行する (C_{β} 型)。

4) 以上とT、 C_{α} 、 C_{β} 型に次ぎ帯状に弱放電が現れる事がある (R型)。これには連続的な場合 (R_1 型) と不連続で約12又は24/secのリズミカルな放電である場合 (R_2 型) があり、外見的には筋強硬又は振顫状である。

5) 全身の主な筋につきT型の発現を比較すると、その順序は第5図の如く一定している。

6) T型及びC型の現れ方を各筋につき比較すると、その位相関係は特異で、合目的性は見られない。

7) 継時刺激によって先ずT型、次で C_{α} 型が減弱、消失するが、この変化は m. biceps fem. は m. quadr. fem. よりも早く現れる。

これらの結果から痙攣機構を論じた。

文 献

- 1) 林 麟 (昭和19年) 大脳生理学 三笠書房版
- 2) Cannon, W. B. & A. Rosenblueth (1941) Cortical response to electric stimulation. Am. J. Physiol. 135, 690
- 3) Townsend, J. C., R. W. Russell, & R. A. Patton (1952) Durations of convulsions rats as functions of the intensity, duration and cumulative effects of electroshock stimulation. J. of New. & Ment. Disease 115, 49
- 4) 堀口 隆・竹谷政雄 (1953) 痙攣閾値、痙攣型及び自律神経機能の相関 脳神経領域 6, 192
- 5) 荒木 威 (1951) 癲癇痙攣の実験的研究 日本精神神経誌 53, 10
- 6) Hyde, J. & E. Gellhorn (1949) Influence of deafferentation on stimulation of motor cortex. Am. J. Physiol. 156, 311
- 7) 吉井直三郎 (昭和28年) 臨床生理学 永井書店版
- 8) 吉井直三郎 (昭和27年) 筋電図から見た中枢機構 第49回日本精神神経学会シンポジウム (神経生理)
- 9) 吉井直三郎 (昭和28年) 行動の生理的基礎 心理学講座 2巻, VI
- 10) 吉井直三郎 (昭和28年) 癲癇の生理 脳と神経 5
- 11) 野木一雄・山上昭寿・橋野昇一 (1953) 筋萎縮性側索硬化症の臨床的研究 (第3報) 本症の筋電図 第59回日本内科学会
- 12) 橋野昇一・子安義彦 (1952) 脊椎動物による痙攣機構の研究 (第29回日本生理学会) 日本生理誌 14, 226

Summary

In order to study the mechanism of convulsions, the author investigated the electromyogram of limb muscles during electric convulsions of rabbit.

1) During the tonic phase in typical convulsion, the spindle burst of high voltage spike discharges appeared 1/3-2 sec (latency) after stimulus was given (T-or tonic type).

2) Following the T-type of electromyogram, there appeared during the clonic phase the C-or clonic type of the grouping electromyogram, having the rhythms of 8-3/sec (C α -type).

3) The C α -type of electromyogram changed gradually or abruptly to that of 2-1/sec rhythms (C β -type).

4) Following the T-, C α -, and C β -type, small discharges could be seen (R-type) and during this electric activity the muscle was found rigid.

The R type was divided into the continuous pattern (R₁-type) and the rhythmical one, having the rate of 12 or 24/sec (R₂-type).

5) The latency of the T-type activity of each muscle was, increasing in the following order: (i) m. masseter, (ii) m. pectoral. major., (iii) m. biceps brachii, (iv) m. rect. abdomin. and m. tibial. ant., (v) m. triceps brachii, (vi) m. quadriceps femor. (vii) m. gastrocnem. and m. biceps femor.

6) The C-types of m. tibial. ant. and gastrocnem. appeared synchronously as well as that of m. biceps femor., and m. quadriceps femor., but the electromyogram of the latter two muscles slightly delayed than that of the formers.

7) When the electro-shock was repeated every 10 minutes to the head, the T-type and the C α -type of electromyogram were found disappearing. But it was not always the case with each muscle.

(2nd Physiol. Lab., Osaka Univ. School of Medicine)

家兎電撃痙攣の筋電図学的研究 612.014.424:612.743

(第2編) 痙攣前期筋電図との比較

Electromyographic Study on the Electric Convulsion in Rabbit. II. Comparison with Electromyogram of Preconvulsive Period.

(本論文要旨は昭和27年4月第4回近畿生理談話会、及び昭和27年第8回日本脳神経外科学会に於て発表した。本研究費の一部は文部省科学研究費によった)

橋 野 昇 一 (HASHINO-Shoichi)*

I. 緒 言

先に著者は家兎の側頭部に交流35~50Volts, 1/5~1sec 通電によって痙攣を起し、その時の筋電図を詳細に検べて報告した¹⁾。本論文では強直性痙攣が起る前の状態、所謂第一間代期及び前論文に於ける筋電図陰性の時期を究明するため、刺戟方法をやや変えて実験した。

II. 実験方法

実験動物及び筋電図記録法は前報告と略々同じで、痙攣誘発法は4~7Vの低電圧交流を実験中持続通電した。測定筋は m. gastrocnemius, m. soleus, 又は m. tibialis anticus で、誘導は双極針電極を用いた。刺戟電流の混入は誘導電極との間、即ち背、腹部及び大腿部の皮下に接地した針電極を広く挿入することによって完全に除いた。

筋活動電流は予め録音機（その特性曲線は第1図の如し）に現象の全経過を録音し、この任意の部位を任意の速度で電磁オシログラフで撮影した。

III. 実験成績

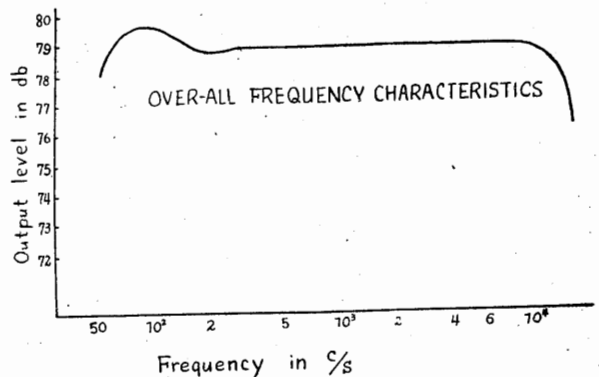
a) 遅延し記録の観察（痙攣前の筋電図の観察）

刺戟電流通電開始の直前より以後

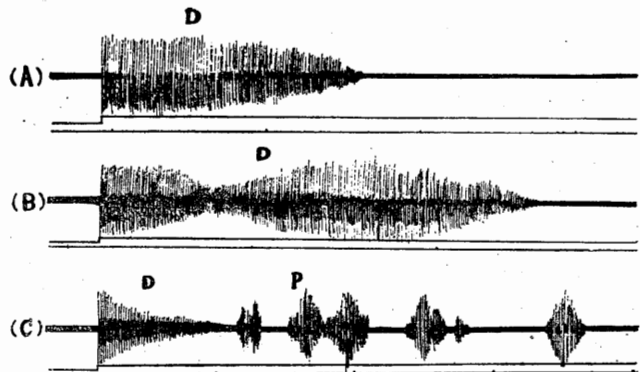
* 大阪大学医学部第2生理学教室
(吉井直三郎教授)

約3分間の筋電図を録音し、これを毎秒約1cmの速度で廻転する電磁オシログラフのフィルムに撮影して次の事実を明らかにした。

1) 痙攣閾下刺戟は4~5V, 10~15mA で、この場合の筋電図は次の2型で得られた。その1つは刺戟直後より振幅大なる半紡錘形の棘波群が現れ（第2図A, B）、次第に振幅を減じ、



第1図 使用したテープレコーダーの特性曲線

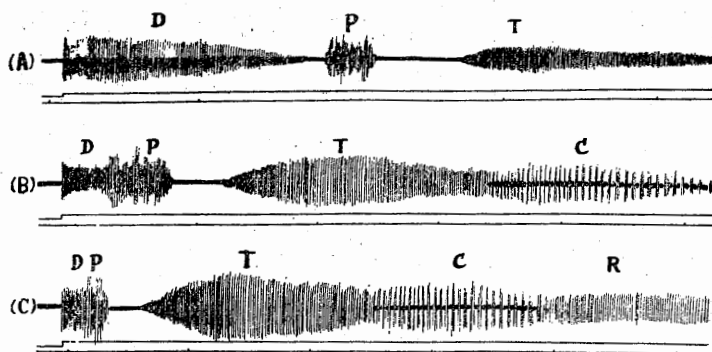


第2図 低電流持続通電時の m. gastrocnemius の筋電図
皮膚電極誘導による。時標5秒, A:4V, B:4V, 共にD型のみ
発現, C:4.5V, D型に次ぎP型が現れている。

或は再び増大して次第に消失する。この筋電図は刺激を中止すると直ちに消失する事から直接反応型の筋電図と考え、D型 (direct respons) と名付けた。他は上記のD型に続いて現れる不定型の棘波群の密集で、これが強く短時間現れると痙攣が誘発されるから、P型 (preseizure) と名付けた (第2図C)。D型及びP型はm. gastrocnemius及びm. soleusよりもm. tibialis anticusに

於て著明に観察された。又P型はD型とは異り、刺激を中止しても直ぐには消失しなかった。

2) 刺激電流が痙攣閾値に達する時(約15mA)はD型、P型に次で約2~6秒の electric silence の時期があり、次に強直性痙攣に於て見られる所のT型が現れた。第3図Aは4V 持続通電で痙攣閾値に達した例を示す。即ち4V 通電では初めD型が半紡錘形に明瞭に現われ、振幅は次第に減少し、次で不定形のP型が現れている。P型に続いて electric silence の時期があって、T型が比較的微弱に現われ、次第に消失している。この時期に於て刺激通電は続けられているが、も早や何らの筋電図も現れない。第3図Bは5V 通電の1例である。この記録ではD型は短縮してP型がD型の減弱せぬ間に現れ、electric silence となり、次でT型、C型が現れ、次第に減弱消失している。第3図Cは6V 通電により得られた例である。即ちD、P両型は更に短縮して分離出来ず electric silence T型、C型に次いでR型が現れている。D型の出現する時期では家兎は硬直状で耳を立て目を閉じ、頭部を後方に曲げている。D型の持続時間は長い例では18秒間続いた事がある。P型の出現時の家兎は外見的には強く暴れる様な運動状態で第一間代期と呼ばれるべきものである。経過時間はT型が引続き出現する場合は短く数秒に過ぎないが、T型が現れない場合、即ち痙攣閾下刺激の場合には長く、個体差が著明である。それ



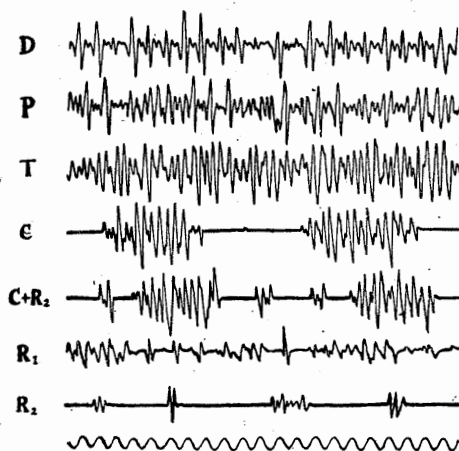
第3図

第2図と同じ条件。A:4V, D型、P型及びT型筋電図が現れている。B:5V, D型及びP型は癒合し、あとにT型、C型が現れている。C:6V, D、P両型は区別出来ない。そのあとに、T、C、R各型がつづく。何れもT型の直前に electrical silence が認められることに注意。

に続く electric silence の時間は2~7秒である。なおP型筋電図が現れている時は通電を停止しても必ずしも痙攣にまで発展しないが、それに続く electric silence の時に通電を停止すれば完全な痙攣に迄発展する事は第1編の場合と同様である。即ちこの時期では既に中枢機構は痙攣期に入っているのである。T、C、Rの各型についての成績は第1編の記載と相違しない。

b) 遅延記録の観察

(a)に述べた遅延記録のD、P、T、C、R各型の波型を更に細かく検べるために各部の録音記録を毎秒約30cmで動くフィルムに撮影し



第4図

痙攣筋電図の早廻し記録 (m. gastrocnemius, 皮膚誘導) D, P, T, C, C+R₂, R₁, R₂ の各型及び時標 60c/s, P型の一部はT型と同様な成分である事、C型はT型と極めて類似している事に注意。

た。これによって各型筋電図の特徴を明らかにした。

1) D型は刺戟直後より発現し、刺戟の 60c/sec 交流に一致したリズムで多相性の波が現れる。この波は振幅を絶えず動揺させているが、平均振幅は次第に減じてゆくから、遅廻し写真では半紡錘形に得られるのである (第4図)。

2) P型はD型に見られる如き刺戟電流周波数に一致した多相性の波の他にそれとは全く無関係に消長する所の周波数の高い振幅の大きな波が加わっている。

3) T型及びC型は共にその振幅は波状性に消長するが、明らかに周波数の高い棘波群から成っている。稀にT型の後半部及びC型各棘波群の後半部にはD型に見られる如き刺戟頻度と直接関係のある多相性の波が混じる。

4) C型に引続いて現れる連続的な放電R₂型は比較的周波数が低い事は第5図のヒストグラムにも示されている。又D型に見られたものと同様の多相性の波がこの場合にも現れることがある。又稀にC型の各棘波群の間にR型が混入している事がある (第4図)。

以上の各型筋電図の出現時の動物の状態は前報告に述べたものと大体同様であったが、R型出現時は少しく異なる。即ちR型出現時は引続き低電圧通電中であり、筋には時々線維性痙攣が現れた (前論文で述べた如く 35~50V, 1/5~1秒通電により起した痙攣後に現れるR型筋電図

は通電停止後に現れたものであり、硬直状又は振顫状であった)。R型は初期では連続的であるが、長時間通電していると散発的、不連続的となった (前論文で見られた約 12/sec 或は 24/sec のリズムカルな放電は、この方法の如き通電中の動物には見られなかった)。

IV. 考 察

第1編に於いて著者は家兎に交流 35~50V, 1/5~1秒間の両側頭部通電を行い痙攣を起して、その筋電図を検べ、強直期にT型、間代期にC型が夫々波状をなして消長し、これに次いで帯状をなした小振幅放電R型が現れる事を報告し、且つその発現について論じたが、T型筋電図が誘発される以前の痙攣準備状態の筋電図については観察する事が出来なかった。そこで本編では痙攣を弱刺戟で徐々に誘発すべく数V, 十数mAを持続的に通電して、予期した如き痙攣前期の筋活動を記録する事に成功した。そこで弱電流持続通電によって起る痙攣と第1編の方法によって起った痙攣を比較した結果を総合して考察する。先ず両痙攣誘発法を比較すると次の点に相違が認められた。

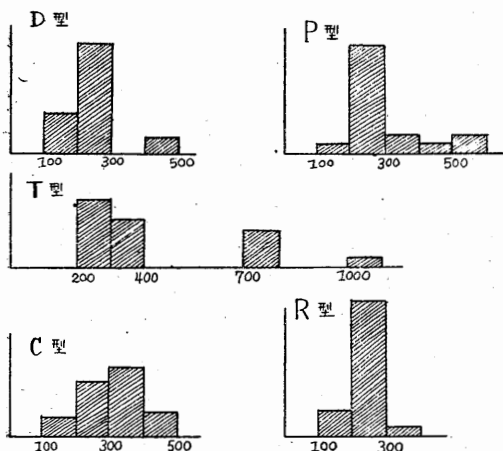
1) 痙攣前期のD型、P型の筋電図が分離して観察する事が出来た。

2) C_α型、C_β型の分離が前論文に比し不明瞭であった。

3) R₂型のリズムは前論文に於ける如く正確でなく乱れ勝ちであった。

4) R型出現時動物は前論文で見た如き痙攣後の振顫又は硬直状態ではなくして線維性痙攣を示した。

次に各型筋電図を2筋について比較考察するとD型及びP型が先ず m. tibialis anticus 等に明瞭に且つ強く現れる。D型の波型とその出現状態はCannon及びRosenblueth²⁾の云う *unstained response* に相当するもので、刺戟部の運動中枢から motoneuron に至る間に存在する所の閾値の低い比較的簡単な System の活動がD型筋電図として現れるのであろう。次にP型はその棘波群の不規則な集りであることが特徴



第5図 D, P, T, C, R各型のヒストグラムの1例

でこの時期での肢運動は或る場合は強直性又は間代性であり、筋電図に於てもD型、T型、C型の雜然と混じた様を呈する所が見られる。この原因は中枢の複雑な機構の同時刺激によるものであって、Strauss³⁾の云う第一間代期に相当するものであろう。このP型に相当する活動がCannon等の実験に見出されない理由は多分麻酔動物で行った事によるのであろう。更にD型は閾値の低い所から恐らく tonic motor units が関与し、P型は閾値が高く強い運動を伴う事から考えて、当然 kinetic motor units が参加した筋活動と考える。この後者の活動はしきりながら短時間であって、以後は痙攣機構を全く抑制した electric silence の時期となる。教室の堀口⁴⁾が漸増的に頭部通電を行って得たる電気麻酔は思うにこのような抑制状態を持続しているのであろう。痙攣機構、即ちT型、C型、R型の発生については第1編に論じたが、今回の実験ではC_α型、C_β型が明らかに分離されなかった。その理由は弱電流を持続的に通じて、絶えず刺激している事によるのであろう。又R₂型のリズムを幾分不規則にした事も同様な原因に帰すべきであって、痙攣の前半にD型筋活動が加わる事実から見て、痙攣本来の活動は既に終息しており、次の興奮週期に入っているものと解すべきである。更に動物が線維性搐搦をこの時期に於て示した事は長時間通電による影響が脊髄以下に及んでいる事を示すものと想像される。ヒストグラムから判る如くR型の平均周波数の少い事、Synchronizationの傾向のある事からも脊髄が関係している事は想像出来るのである。

V. 要 約

- 1) 弱電流頭部持続通電法により家兎に痙攣を誘発せしめて痙攣前期、痙攣期及び痙攣後について筋電図学的に観察した。
- 2) 痙攣前期には半紡錘形に集るD型、次で不規則な形に密集するP型が現れる。
- 3) 次で痙攣期に達する時はP型が比較的短時間現れた後2~7秒の electric silence があり、そのあとにT型、C型、R型の各型が出現する。
- 4) D型は刺激電流の60c/secと同リズムで出現する所の多相性の波から成立っている。
- 5) C型は各棘波群の間隔が漸増的に変化し、本刺激法によればC_α型、C_β型に分離しない。
- 6) R型に於ても、本刺激法ではR₂型のリズムミカルな放電が認められない。
- 7) 各型のヒストグラムを検べるとD型及びR型の各棘波は平均週期が最も長く、T型が最も短い。

撰筆するに及び御指導御校閲を賜った吉井教授並びに実験に御協力下さった子安学士に感謝致します。

文 献

- 1) 橋野昇一 (1954) 家兎電撃痙攣の筋電図学的研究 第1編 全身痙攣の発現様式について 日本生理誌 16, 437
- 2) Cannon, W. B. & A. Rosenblueth (1941) Cortical response to electric stimulation. Am. J. Physiol. 135, 690
- 3) Strauss, H. C., C. Landis, & W. A. Hunt (1939) The metrazol seizure and its significance for Physiology of experimental attack. J. Nerv. & Ment. Disease 90, 439
- 4) 堀口 隆 (1952) 電気麻酔に関する研究(2)特にその筋電図について 日本生理誌 14, 464

Summary

Continuous stimulation with A. C. of 4-7 volts through the temporal regions of rabbit could induce not only tonic and clonic convulsions but also the preceding pre-convulsive activity of limb muscles.

- 1) At the beginning of stimulation, the D-type (or direct response) of electromyogram appeared, the characteristics of which were of semi-spindel-shaped form having the components of grouping voltage, agreeing with the rhythms of the stimulus of alternating

current.

2) Following the D-type, the P-type (or perconvulsive response) of electromyogram could be observed, which was characteristically irregular and complex.

3) After the development of the D-and the P-type, the electrical silence appeared and was followed by the typical convulsive electromyograms of T-C and R-type as had been already reported.

4) Each type of preconvulsive and convulsive electromyograms had the characteristic distribution diagram of spike duration shown on each histogram.

5) In this experiment, the rhythms of C-type of electromyogram became gradually slow, making it difficult to divide them into C_{α} and C_{β} types. In the R-type of electromyogram the regular rhythms of R_2 type can't be observed.

(2nd Physiol. Lab., Osaka Univ. School of Medicine)

家兎電撃痙攣の筋電図学的研究 612.014.424:612.743

(第3編) 間代性痙攣

Electromyographic Study on the Electric Convulsion in Rabbit. Ⅲ. Clonic Convulsion.

(本論文要旨は昭和28年8月、第7回近畿生理学談話会に於て発表した。本研究費の一部は文部省科学研究費に拠った。)

橋 野 昇 一 (HASHINO-Shoichi)*

Ⅰ. 緒 言

間代性痙攣は強直性痙攣の前に認められる第一間代期と、その後認められる第二間代期に現れる事は多くの研究者によって述べられている。著者^{1) 2)}は家兎に電気痙攣を起し、その筋電図学的分析を行い、既に次の事項につき論及した。(a)第一間代期に相当する筋電図はP型筋電図であり、第二間代期に現れるものはC型筋電図である事。(b)P型は棘波群の不規則な密集であり、C型はこれに反して放電群のリズムのある規則的な出現である事。(c)C型の各棘波群の出現状態を屈筋と伸筋及び上腿筋と下腿筋について比較すると、夫々の間に有機的な制止機構が存在すると考えられる事等である。本論文に於てはC型の間代性痙攣機構を詳細に解明するため、C型痙攣の成分を更に分析しそれと刺激との相関々係を求め、さらに脳切断実験によって間代性痙攣の発現部位を明らかにしようとした。

Ⅱ. 方 法

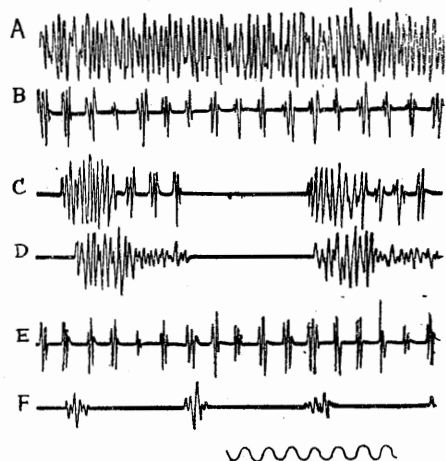
動物は2~2.5kg家兎を雌雄の別なく用い、痙攣誘発法は第2編に於て発表したのと同じ方法によった。動物の固定は腹位で大の字形の四肢伸展位とした。この固定法で交流7~20Vを持続的に両側頭部より通電する時は、後肢には必ず間代性痙攣を誘発することが出来る。通電はC型痙攣の発現中に中止し、その後の経過を特に注意した。測定筋は m. gastrocnemius とした。

* 大阪大学医学部第2生理学教室 (吉井直三郎教授)

Ⅲ. 実 験 成 績

1) 痙攣各期に於けるD型の混入について

先に述べた痙攣誘発法により、通電中の家兎は第一間代期強直期、第二間代期を経て振振又は硬直期を示す事は第2編に述べた所と全く同じであった。又第一間代期には、通電開始と同時にD型(60/secのリズムで現れる特異な筋電図)が現れ、次で不規則且つ複雑な棘波群を混じてP型となる事も第2編と同じである。P型に続いて通電中にもかかわらず electric silence となり、その後紡錘型のT型筋電図が現れる。この時の即ち極期に於けるT型筋電図には特徴的なD型筋電図は混入していない。但しT型が相当長く続く場合にはT型の後半にD型が現れてくる事が認められた(第1図A, B)。T型に



第1図 痙攣筋電図 (m. gastrocnemius)

A: T型の前半 (通電中), B: T型の後半 (通電中),
C: C型 (通電中), D: C型 (通電停止後),
E: R型 (通電中), F: R₂型 (通電停止後)

次いでC型が現れるが、C型の各棘波群の前半はT型と同様な成分から成りD型を全く混じらないのであるが、C型の後半にはD型が混入した(第1図C, D). 若しこの際刺激電流を中止すると、この後半のD型混入部は低振幅の放電となった(第1図D). 若しC型に次ぐR型が出現する迄刺激電流を通じているときはR型は全般的には帯状に続き、このR型の主成分をなす波形はD型筋電図である。このD型の要素より成るR型は次第に散発的となって遂に消えるが、消える以前に刺激電流を切ったときはR₂型の特有な約12/secの規則的なリズムを示す grouping 放電が認められた(第1図E, F).

2) 刺激中のC型と刺激中止後のC型

C型筋電図発現中に刺激電流を中止すれば脳内の興奮過程のみによって如何なる筋電図が現れるかを検べた所、次の様な種々な現象が観察された。

a) 刺激電流を中止すると同時にそのリズムを半減した(第2図A).

b) C型のリズムは変化しないが各棘波群の振幅及び放電時間が短縮した(第2図B).

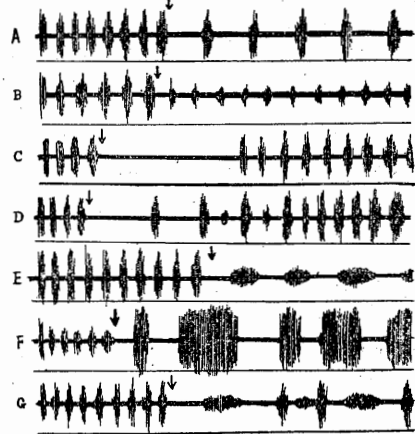
c) C型が一度消失して数秒後より次第に恢復した(第2図C).

d) 通電停止と同時にC型のリズムが1/2以下の遅いリズムとなり、次第に各棘波群の間に他の棘波群が加わって通電中のC型リズムに恢復した(第2図D).

e) C_α型のリズムよりC_β型に急変した。即ち刺激中止前は毎秒4~3/secのリズムでgrouping放電を示していたのが通電中止によって直ちに振幅小で放電時間が長い所の約1/secのリズムの放電に急変した。然もこの放電は左右後肢の活動が必ずしも同期しなかった(第2図E).

f) 比較的強い(20V)刺激電流を用いた例では、通電中止と共に不規則な間隔で不規則な放電時間を有する棘波群が現れた。この場合の棘波群は通電中よりも遙かに強大であった(第2図F).

g) C_α型発現時に刺激を中止した時左右肢の同期活動を示していた所のC_α型の棘波群が



第2図

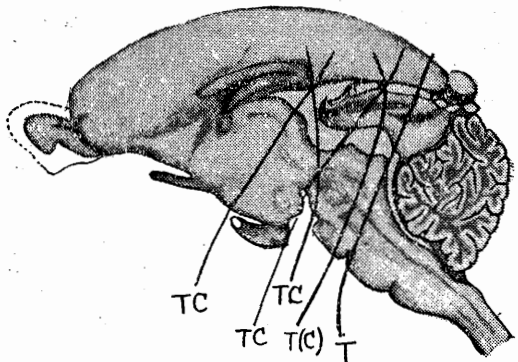
持続通電によるC_α型発現中、通電を中止した場合の変化。↓印は通電中止時点を示す。

散発性となり、その間にそれとは独立に、左右肢が同期活動しない所のC_β型が混じた(第2図G).

以上の如くC型筋電図はその誘発に用いた電流の強さや出現の何れの時期に刺激電流を断つかにより極めて多様な間代性痙攣を誘発する事は興味深い事実である。

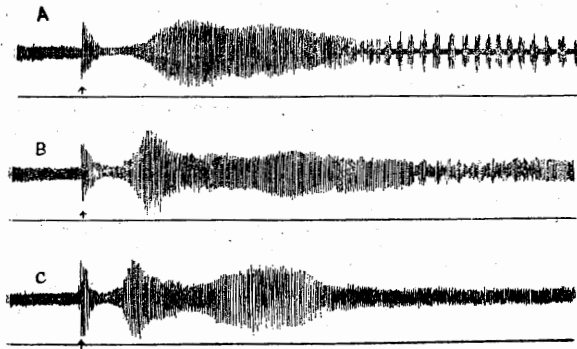
3) 大脳切除実験

皮質切除動物ではC型発現機構は何等損傷される事なく正常動物の場合と同様のC型が出現した。前除脳動物に於ても同様である(第4図A). 然るに中脳が一部切除されるとC型は第4図Bに示す如く不定形となった。更に中脳の大



第3図

家兎の脳断面図、TC:T型及びC型筋電図の出現しうる切断面、T(C):T型及び不完全C型の出現しうる切断面、T:T型は発現するがC型は現れない切断面。



第4図

痙攣筋電図 (m. gastrocnemius) A: 第3図のTCの部分で切断した動物につき 10V 持続通電, 通電前に除脳硬直が現れている。(この除脳硬直は動物により必ずしも現れない事あり) 通電後はT型C型共に出現。B: 第3図のT(C)の部分で切断した動物, 12V 持続通電, 不完全なC型出現。C: 第3図のTの部分で切断した動物, 17V 持続通電, C型は現れない。(この電圧以下では痙攣が現れない) ↓印は通電開始。

部分或は全体が切除され、或は切断が橋にかかる、もはやC型は発現しない。即ちこれらの動物には初め除脳硬直の筋電図が現れているが通電開始によってD、P型筋電図が現れ、次で殆んど electric silence となりそれに引続いてT型筋電図が現れ、次第に synchronization voltage と見られる高振幅のまばらな放電に移り、更に次第に減弱して除脳硬直期の弱放電 (R_1 型に相当する) に移行した (第4図C)。又或る例ではこの synchronization voltage の現れる頃にD型の混入を認めた。

IV. 考 察

著者は家兎の後肢に現れた痙攣に就て既に種々論じたが、本論文に於ては特にその間代性痙攣の発現様相を述べ、更に脳切断実験によりこれが発現機構の解剖学的部位を明らかにした。

1) 7~20V 交流の持続通電によって誘発した痙攣に於ては、P、T、C及び R_2 型筋電図にD型が混じて現れ得る事を明らかにした。然るに R_2 型にはD型を混入する事はない (D型は通電中のみ現れるものであり、然るに R_2 型は通電中は現れない)。P型は不規則な放電状態である事が特徴であり、D型の混入様式も亦不定形であった。これに反しC型に於いては各棘波群の

後半にD型が混入し、この部分は刺激中止によって R_1 型様の弱放電となり、更に R_2 型に移行する性質をもっている。即ち R_1 型、 R_2 型の筋電図は、通電中D型となり得る所の最も閾値の低いノイロンの興奮によって生じると考えられる。又T型の後半にD型が続いて現れる事がある事は、C型が単にT型の中断されたものでなく、T型をそのまま小さく纏めた活動である事を暗示している。C型の各棘波群はT型全体を縮少した如く、その前半は高棘波群の密集、後半はD型となっているのである。換言すればC型は全般的にみればT型の中断されたものの如くであるが、その成分である所の棘波群の波形に注目すれば、単にT型が中断されたと云うよりもT型そのものであり、

これを頻回にリズム活動を生じる別な機構が働いている事を示すものである。

2) 次に実験(2)に於て C_α 型発現中に通電を中止した時は、一旦 C_α 型放電が消失又はリズムを半減した後、再び C_α 型が恢復する事がある (第2図C、D)。これらは刺激停止時の一時的興奮低下とその後の恢復を示すもので、(第2図A及び2D)は C_α 型発現機構の二重性の存在を想像せしめる。更に又第2図Fと2Gは C_α 型と C_β 型の発現機構の分離独立を明示するものと考えられる。又第2図Fは20V通電の如き強刺激中では明らかにC型発現が抑制され、通電中止後に於いて不規則ではあるが高振幅のC型が発現する傾向がみられた。以上の事実はC型痙攣機構がT型筋電図を示す強直性痙攣の発現機構に比して複雑なものである事を示すものである。

3) 次に脳切除実験に於いて中脳を残してそれよりも前方で脳を切除してもC型は依然発現し、橋脳を一部切除する程度に深く除脳する時は常に典型的な除脳硬直及びT型筋電図が現れたにも拘らず、C型筋電図は現れなかった。この事実から間代性痙攣の発現する機構が中脳及びそれよりも前方に存在すると了解される。嘗て Cannon³⁾ 等はC型に相当する痙攣は皮質性の

ものであると述べ、小山等⁴⁾はレンズ核を重視し、又植田⁵⁾は中脳吻端に於ける完全横断にても強直性間代性痙攣を起し得る事を報告し、山崎等⁶⁾は視床下部の電気刺激で C_{β} 活動を生じる事を明らかにした。然して黒川⁷⁾は小脳性痙攣について述べた際、強直性間代性痙攣が小脳によっても生じる事を報告しているが、除脳動物の小脳刺激によっても間代性痙攣が生じるか否かについては述べていない。また仮家⁸⁾は脊髓犬について間代性痙攣が生じると述べているが、著者が子安⁹⁾とともに行った実験から見ても、脊髓犬の間代性運動は茲で取扱っている規則的な間代性痙攣とは明かに異なるものである。

V. 要 約

家兎に交流 7~20V 持続通電法を行ってC型筋電図を必発せしめ、その棘波群の成分からT型筋電図及びR型筋電図のそれと比較考察した。

1) D型混入の様相から考えるとC型の各棘波群はT型全般を縮小したごとき形のものであり、T型が単にずたずたに断たれてその一部が現れた如き形の筋電図活動ではない。

2) C型筋電図には通電中は特徴的な規則的なリズムの変化が認められるが、通電中止後は第2図に示す種々な形とリズムに変化し、C型

発現機構の複雑性を示すものである。

3) C型筋電図は橋脳にかかる程度に深く除脳する事により全く現れなくなる。

擲筆するに当り御懇篤なる御指導と御校閲を賜った吉井教授並びに実験に絶大なる御援助を戴いた堀内、東田両学士に感謝を捧げます。

文 献

- 1) 橋野昇一 (1954) 家兎電撃痙攣の筋電図学的研究 (第1編) 全身痙攣の発現様式について 日本生理誌 16, 437
- 2) 橋野昇一 (1954) 家兎電撃痙攣の筋電図学的研究 (第2編) 痙攣前期筋電図との比較 日本生理誌 16, 445
- 3) Cannon, W. B., A. Rosenblueth & D. D. Bond (1942) The control of clonic responses of the cerebral cortex. Am. J. Physiol. 137, 681
- 4) 小山生子・前野時弘 (1953) 癲癇痙攣に於けるレンズ状核の役割 (第30回日本生理学会) 日本生理誌 15, 学124
- 5) 植田 隆 (1951) 実験的癲癇様痙攣の中脳切断による影響 阪大医誌 3, 13
- 6) 山崎 要・住吉修造・堤 島孝・日比 新・石沢命徳・小沢泰郎 (1953) 家兎視床下部電気刺激による自律神経中枢の興奮並びに運動に就て 第14回筋電図研究会総会
- 7) 黒川和雄 (1951) 痙攣に関する研究 (第3報) 小脳性痙攣について (家兎) 精神々経学誌 53, 356
- 8) 仮家達朗 (1952) 痙攣より見た脊髓機能に関する実験的研究 (その1) 脊髓に於ける痙攣誘発能について 阪大医誌 4, 51
- 9) 子安義彦・橋野昇一 (1952) 脊髓動物による痙攣機構の研究 (第29回日本生理学会) 日本生理誌 14, 226

Summary

Clonic convulsions could be constantly induced by a continuous transmission of 7-20 volts A.C. through both temporal regions of a fixed rabbit. Electromyographically the clonic movements were showing the C-type of electromyogram.

The author studied the changes of C-type of electromyogram when electric currents were ceased in the midst of the clonic phase of convulsion and that of when the brain was cut at various levels.

1) When the electric stimulation was ceased at the C_{α} type of electric activity, the rhythms of C_{α} -type were unchangeable, decreased to half in number, or become irregular, or in a few seconds they disappeared.

2) The amplitude and duration of the C-type bursts were unchangeable or became less with the ceasion of stimulation.

3) When the brain was cut including a part of pons, only the T-type of electromyogram appeared, and the C-type could not be induced by the low voltage continuous stimulation.

4) The cerebrum including midbrain seemed to be important for the development of clonic convulsions.

(2nd Physiol. Lab., Osaka Univ. School of Medicine)

滴数法による流量測定について 578.088.7

A Note on the Measurement of Flow by Means of Drop Recording.

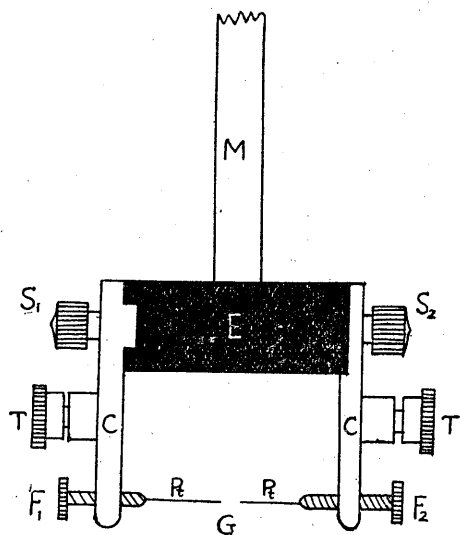
畠 山 一 平・加 藤 良 二

(HATAKEYAMA-Ippeï • KATŌ-Ryōji) *

血管灌流速度や唾液、尿分泌速度を一定時間に落ちる液滴の数で測定する方法は従来広く行われているが、これには他の流速測定法に比してまさる幾つかの特徴がある。甚しく小さい流速でも精密に測定し得ること、即ち感度が鋭敏であること、特殊の複雑な装置器械を殆ど必要としないこと、安全性についても相当の信頼がおけること等がそれである。然しこの方法にも幾つかの欠点がないではない。例えば長期間の連続測定には相当の労力を必要とすること、短い間の変動を追うことが困難なこと、液の性質(表面張力等)の変動によって滴数と流量との間の一定関係が乱されること等があげられる。筆者は数年来この種の滴数測定法を用いて実験を行っている関係からこれらの欠点を除くべく若干の考案を試み、又滴数測定法のもつ幾つかの問題についていささか検討を加えたが実用上重要と思れる結果を得たのでここに報告したい。

I. 受滴器及び記録器について

滴数測定には従来 Tropfenzähler, drop recorder 等と呼ばれている器械に一つ一つの滴を受けとめ、多くは電気的接点の開閉にかえ、それを信号記録器等で記録し、後で一定時間毎の数を積算する方法が用いられている。これは滴を数える器械というよりも滴を受ける器械であるから筆者はこれを受滴器と呼ぶことにする。受滴器として実験書等に多く載っているのは鳥の羽に滴が落ちる仕組みにした純器械的のものであるが、これは器械自身の惰性が問題となり、滴の性質によってはその転がり落ちる速度が遅く接点の不確実になるおそれをもっている。滴数の多い時や液の粘性の大きい時等には測定不能



第1図 受滴器 (上面図)

M…固定用柄 S₁…上下調節ネジ
S₂…前後調節ネジ T…ターミナル
E…エポキシ樹脂 C…真鍮 F…間隙調節ネジ
Pt…白金線 G…滴の通り抜ける間隙

となる。そこでこの点を解決するため直接滴自身を電気回路の一要素とし、これが導電体の隙間を通過する時に電気的閉回路を作り、これで信号記録器を働かせようとする考案が発表されている (Heyden⁹⁾)。筆者も簡単に第1図のような装置を作り、白金線の間の隙間Gに滴を通して電気回路を閉じるようにした。この受滴器によると凡そ滴をなす程のものであれば確実に電気的回路を開閉できる。然しこの場合従来の電磁記録器のような低抵抗型の記録器械を用いると電流を多く流さねばならず、高電圧の電源を要し分極のおそれも多い。筆者は先に発表したマグネチックス・ピーカー利用の記録電流計⁴⁾を用いてこの問題を解決した。これは5~10mA程度の電流で十分働くので6ボルトの電池で間に合い、分極は実用的には殆ど問題がない。長

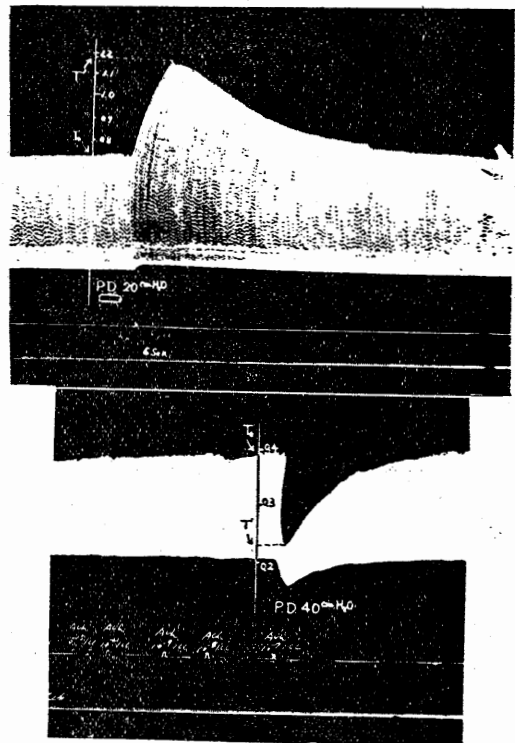
* 東京大学医学部生理学教室

期間でなければ白金線の代りに銅線をさえ用い得る。

ただし、筆者は現在のところ次に述べるような連続測定装置を用い、これらの問題を別の意味で解決している。

Ⅱ. 滴間隔の連続描記測定

一定時間の滴数を一々数えることは相当面倒な仕事である上に細かい変化を追うことが困難である。でき得れば一つ一つの滴の間隔を連続的に測定することが望ましいが、このためには更に多くの労力と費用を要する。この解決策としては滴の間隔を一つ一つ縦軸に描記するいわゆる時間間隔縦軸描記法が考えられるわけで、既に Lullies⁸⁾ はこれを考案し広く応用した。Fleisch²⁾ も別の方法ではあるが、この点について若干の試みを行っている。筆者は先に発表した時間間隔縦軸描記装置⁵⁾と前述の受滴器を結合して簡単にこの問題を解決した。この際注意すべきは描記用電流計であるが、これに先に発表したマグネチック・スピーカー利用のものをを使うためには2段でこにして動き得る範囲を大きくしなければならない。筆者はさらに動コイル型のものを用いた。その一つは横河電機製作所製 KR-1 記録電流計の廃品を改造したもので、これは廻転力が大きいので製作上殆ど問題がなかった。又普通の配電盤用直流電流計を改造したものを試みたが、この場合は回転力が弱いのでインク書き法は殆ど成功が望めず、煤紙描記法に際しても細心の注意が必要であった。前に発表した記録電流計製作に対しての注意⁴⁾を十分に重んじて始めて実用が可能となった。但しこれは電流計のコイルをそのまま低インピーダンスとした時のことで、コイルを巻き直して相当のインピーダンスをもたせ、釣合わせのばねを強くするならば、それ程細かい注意をしなくてもよいと思われる。これらの記録電流計の固有週期は餘り早い変化を問題にしない限りそれ程短かくなくともよく、筆者は血管灌流実験に際して 0.5 秒位のものを用いている。この方法による記録の若干例を第2図に掲げた。



第2図

鼠の後肢血管灌流標本に及ぼす acetylcholine の働き、灌流圧は上 20cmH₂O、下 40cmH₂O、薬液は輪道中に注入した。上では 10⁻⁶ の濃度で滴間隔の延長、下では 10⁻⁸ 及び 10⁻⁷ で滴間隔の減少を示している。

Ⅲ. 滴の大きさについて

円管の先端から落ちる液滴の大きさが何によって定まるかという問題については多くの研究があるが未だ完全な解析は行われていない。その中では Lohnstein⁷⁾ の研究が最も実際に近い結果を出しているようである。氏によれば一つの液滴の重量を G 、管の半径を r 、管の毛細管恒数を a^2 とする時。

$$G = 2\pi r a f\left(\frac{r}{a}\right) \quad (1)$$

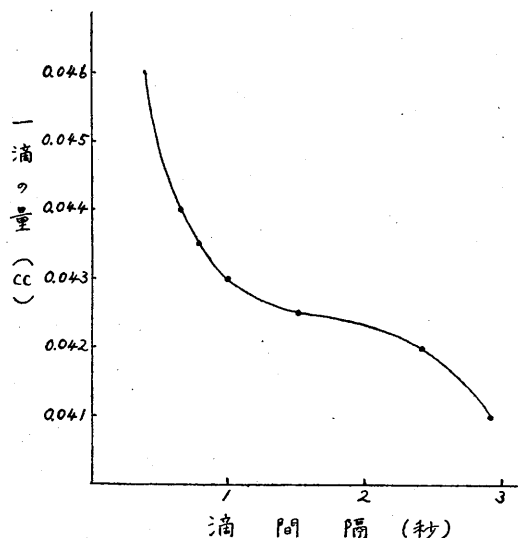
なる関係が成立つ。ここに a は液の比重を σ とするとき $a = \frac{1}{2} a^2 \sigma$ を意味しているのであるから、 σ が一定ならば液の表面張力を r として

$$G = 2\pi r \phi\left(\frac{r}{a}\right) \quad (2)$$

の形に表現し得る。ここに $f\left(\frac{r}{a}\right)$, $\phi\left(\frac{r}{a}\right)$ は $\frac{r}{a}$ の値

によって一義的に定まる函数である。

われわれが測定するのは滴と滴との間隔であるが、この間隔と流量との間に一定の関係をもたせるためには G が不変なること、即ち (1), (2) 式により σ , 或は r が不変である事が必要である。然し實際上では σ , r の大きな変化は先ず起り得ないと考えてよいのであるから滴の大きさにもこの意味の大きな変動はないであろう。然し上の式が成立つのは Lohnstein も述べているように非常にゆっくりと液が滴下する場合であって、滴の間隔が短かいとこの関係が保たれなくなる。われわれの実験結果では流速の早い程液滴の大きさの増す傾向が見られた(第3図)。Guye 及び Perrot³⁾ 等の活動写真による観察に徴しても、液滴が管から離れる迄の過程、殊に離れようとする瞬間の状態は全く動的なものであるから (1), (2) のように簡単な式が成立しないのも当然であろう。流速の早い程液の大きさが増す理由は色々と考えられるが、ここでは理論的な問題をすべて省略する。只、滴数或は滴間隔から比例関係或は逆比例関係により簡単に流量の絶対値を想像することはできぬこと、過渡的な経過には色々の問題が関係しているが、餘り急激な流量の変化がない限り、あらかじめ第3図のような較正曲線を作っておけば十分実

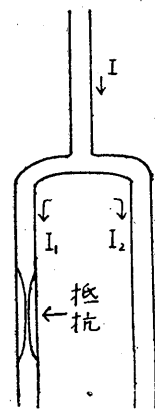


第3図 滴間隔と滴量との関係

用となり得ることなどは、今迄述べた事実から、結論できるであろう。

IV. 流速の早い場合の測定法

流速の早い場合滴間隔は相当縮小するが、滴を作っている間は上述の受滴器が効くので連続描記装置を用いる限り先ず問題はないと思われる。然し記録装置の特性によっては描記された高さが静的な較正(たとえば一つの鋸歯状波を早い速度で動かした記録紙に描いて高さと同時間間隔の較正に用いる方法などを指す)と一致しなくなるから、動的特性(たとえば種々の週波数の鋸歯状波を描いてその高さを調べる方法)をとって較正しておかねばならない。又一々積算する場合には餘りにも滴数が多いと労力は多いし、記録紙を早く動かさねばならぬから費用もかさむので適当な方法で数うべき滴の数を減らすことが望ましい。又相当流速が増し流出液が滴を作らなくなったり不安定になったりした時には何等かの方策をほどこさぬと滴数測定法が用いられない。これらの問題の最も簡単な解決は分流法であって第4回の

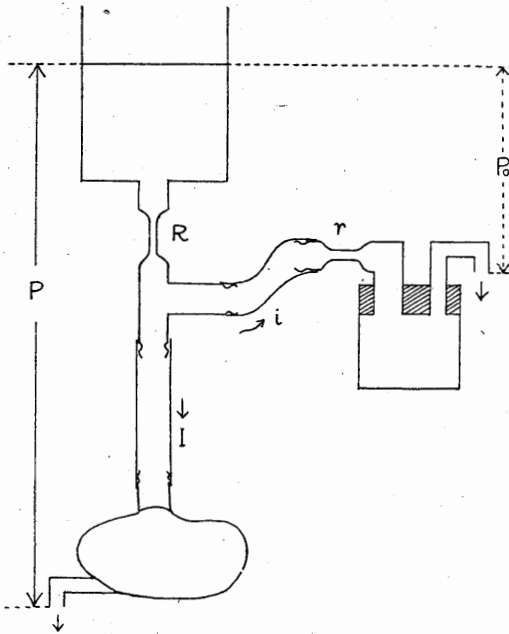


第4図
分流法 $I_1 = cI$
(c = 常数)

ように流出管を2岐とすれば2つの管 T_1 , T_2 を通って出る液の流速の比は各々の管の流れの抵抗値に逆比例するから、流速に応じ2つの管の抵抗値(管径、長さ等の要素で定まる)を適当に定めておけば、灌流量を一定比に減らしたものが一方の管から流れ出るので所要の滴数範囲に設定して流速を計る事ができる。但しこの場合流れが極端に早い場合は小管を多く束ねるなどして渦乱流を防ぐ必要も起る。

V. 流入速度の測定法

滴数法で測定できる流速測定は一般に流出速度であるが、場合によっては或る回路の途中の速度、多くは或る領域とか器官への流入量が測



第5図 流入速度の測定法

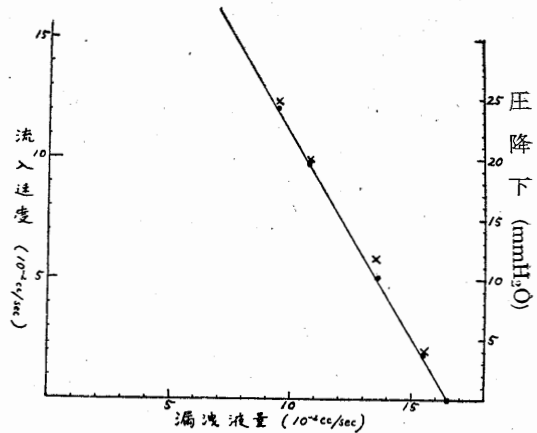
りたいことも起る。これに滴数法を用いようとするならば次に述べる様な方式が考えられる。第5図は例として血管灌流標本への流入速度を調べるために用いた方法を模式化して表わしたものであるが、標本の上流部に一定の狭窄部を置きその直下から側管を出しこれを一定の細管に連絡してここから洩れる液量を調べるのである。今圧と流速とに比例の関係があるとして、側管分岐部迄の抵抗を R 、側管部から液の洩れるところ迄の全抵抗を r と置き、標本に流れ込む液の流速を I 、側管を通じて液の洩れる速度を i とする時は簡単な計算により

$$I = \frac{P_0}{R} - \frac{r+R}{R} i \quad (3)$$

$$i = \frac{P_0}{r+R} - \left(\frac{R}{r+R} \right) I \quad (4)$$

が導かれる、ここに P_0 は漏洩管の先端にかかる静的な圧 ($I+i=0$ の時の圧) でこの値が変らなければ i と I とには一次的な関係が成立ち (i, I) の2組の値を知ればあらゆる i の値から I が計算できることとなる。実際実験的に I と i との関係を調べた結果も理論によく一致する結果となった (第6図)。

この場合、 R, r, P_0 等はあらかじめ適当に



第6図

第5図の装置における側管漏洩液量 (i) と流入速度 (I) 及び抵抗 R による圧の降下量との関係。斜線は理論値、 $\bullet$ は流入速度、 $\times$ は圧降下との関係の理論値

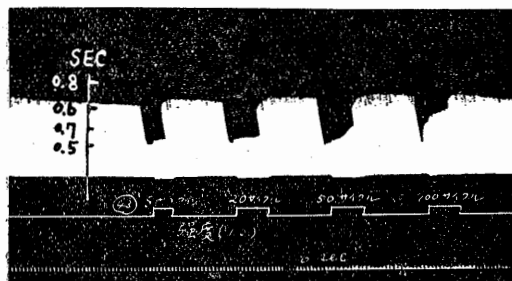
選んでおかねばならぬが、この値は次のように設定する。(4)において I の最大値 I_{max} においても i が負値を示さぬためには $P_0 \geq RI_{max}$ になる必要がある。この時 P_0 を大にするか $r+R$ を小にすればよい筈である。 $r+R$ を如何程でも小にする事ができず、又通常行っている Mariotte 瓶による定圧灌流では P_0 自体が気泡の上昇と同週期で変動するので、この変動値よりも相当高い値に設定しなければならない。 r が十分小さくし得る時にはこの条件で P_0 を定める。又抵抗 R を液が流れる間に圧降下を生ずる筈であるが、この圧降下の変動が成る可く一定であるように R と r の値を定める。これは $(I+i)R$ の変動を小さくすればよいのであって

$$(I+i)R = \frac{R}{r+R} P_0 + \frac{rR}{r+R} I \quad (5)$$

の関係があるから、 r, R の何れかを極力小さくして他を十分大にすればよいことが判る。この中 $r \gg R$ の方法では R が十分小とできるので一見よさそうであるが、こうすると i の変化が餘りにも小に過ぎ相当速い流れの変化でなくては測定できなくなる。 $R \gg r$ の方法ではこの欠点は救えるが、 r を餘り小さくすることができないし、漏洩液を節約して P_0 についての上の条件を満たす為には結局 r を大にし従って R も更に大きくしなければならず、結局 $(I+i)R$ の変動

が増してしまう。然し実際上は前者の方式は餘りにも i の変化を小にするので用い得ず、一般には後者の方式を使用した方がよいが、漏洩量を減らそうとすれば必然的に灌流圧への影響が多くなる。第6図の例は r を比較的大きくとした $R > r$ の場合であるが、灌流速度 0.005 cc/sec の変化について 10 mmHg の灌流圧変動を示している。

この方式の最も大きな欠点は洩れを作らねばならぬので生体内に直接挿入できぬことであるが、その代り抵抗流速計の欠点である圧への影響は上記の注意によって相当軽減されるわけである。因みにこのような方式の流入速度測定法は嘗て Fleisch¹⁾ が行っているが、殆ど以上の点の検討を行っていない。然し氏のいうように灌流実験での流入量測定は種々の特徴を有し第7図に筆者の実験例を示したが、このような筋収縮時の流れ等は流出量については殆ど測定不可能なものである。



第7図 鼠の後肢血管標本での流入速度測定
灌流圧 40 cmHg 、坐骨神経を刺激した時の灌流量の変化は血管の直接反応でないことが示されている

VI. 要 約

一般的手技として行われている滴数測定方法に関し、検討及び改善を加えた結果について述べた。即ち滴を受ける電気接点装置として惰性のない損失の少ないものを考案し、連続的観察に便利な滴間隔連続描記装置について述べ、滴数に及ぼす物理的な影響を検討し、流速の早い時の測定法、流入量の測定法について記述した。

終に臨み、恩師福田邦三教授の御懇篤な御校閲に感謝の意を表する。

文 献

- 1) Fleisch, A. (1916) Experimentelle Untersuchungen über die Kohlensäurenwirkung auf die Blutgefäße. Pfl. Arch. 171, 86-133
- 2) Fleisch, A. (1935) Die Registrierung zeitlicher Intervalle direkt als Ordinate mit dem Pulszeit-schreiber. Abderhaldens Handb. biol. Math. V 8, 905-925
- 3) Guy and Perrot (1903) Arch. sci. phys. nat. (Genève) 15, 178. 玉蟲文一 表面張力 化学実験学第1部 第4巻 28, 河出書房による
- 4) 畠山一平 (1954) 簡単な煤紙記録用電流計 日本生理誌 16, 124-126
- 5) 畠山一平 (1954) 時間間隔の縦軸描図法について 日本医科器械学誌 24, 6-9
- 6) Heyden, R. (1936) A simple drop recorder of high efficiency. Skand. Arch. Physiol. 74, 160-162
- 7) Lohnstein, T. (1906) Zur Theorie des Abtropfens mit besonderer Rücksicht auf die Bestimmung der Kapillaritätskonstanten durch Tropfenversuch. Ann. Physik. 20, 237-268
- 8) Lullies, H. (1939) Ein Zeitordinatenschreiber auf elektrischer Grundlage. Pfl. Arch. 241, 354-359

Summary

Some improvements of the procedure devices of drop recording for measuring perfusion rate are described. Descriptions of a simple drop recorder of high efficiency, a device for continuous recording of each drop interval on the ordinate and another for measuring inflow continuously by side leakage process are included. Some fundamental problems on the drop recording method are also discussed.

(Department of Physiology, University of Toko Medical School)

蟾の後肢血管灌流標本に及ぼすアセチルコリンの作用

について 612.146:547.435-292

Action of Acetylcholine on the Hindlimb Perfusion Preparation of Japanese Toads.

畠 山 一 平・加 藤 良 二

(HATAKEYAMA-Ippei • Katō-Ryōji) *

液素性の物質として周知の acetylcholine (以後 ACh と略記する) が adrenaline の血管収縮作用と反対に血管拡張作用を示すであろうことは当然予想されるところであって、従来幾多の研究がこのことをあきらかにしている。ところが灌流標本、特に冷血動物の血管灌流標本では純粋な ACh の血管拡張作用は確実には証明されていないばかりかむしろ収縮効果の方をみると報告が大部分である。われわれの知れるところでは冷血動物血管灌流標本において単純な ACh 投与で原則として血管拡張がおこると報告しているのは、流入量の増加をみたという Bozler²⁾ の業績があるのみである。この一見逆理的な事実に対し血管灌流標本における灌流量の減少は ACh 投与に際して血管周囲の筋が収縮する為に起るのであって事実はやはり ACh に血管拡張作用があると考えている人がある(佐藤¹⁴⁾)。これに反し八田⁸⁾ は迅速な手技の下に作った標本で且つ灌流早期において拡張効果をみたと報告し、灌流が長びくと血管のトーンスが低下しそのため逆に収縮効果に転ずると考えた。その他 Dale 及び Richards³⁾ や早川⁹⁾ 等もトーンスの意義を論じている。又 Müsch 及び Cüppers¹²⁾ は多くの実験例を重ねたが僅かの例外を除いては収縮効果しかみず、Bozler のみだ拡張効果に疑問をもった。流入量及び流出量を同時に測定し ACh 投与時に灌流液が標本内に蓄えられている事実をみて Bozler の結果はこの点を考慮しなければならぬと論じた研究もある(Meiners¹¹⁾)。これらの実験事実を根拠として Lullies⁹⁾ は ACh は本来血管収縮性に仿くのであり、血管拡張効果のみられることがあるのは

組織の物質代謝に仿いての間接の効果でありむしろ二次的であると考えた。

このように ACh が純粋に血管拡張作用をもっているとするものから、本来的に血管収縮性の物質とする考え迄研究者の意見はまちまちである。そこでわれわれはこの問題を究明しようと志し種々の血管灌流標本について諸種の実験を重ねて来たが、いささかこれ等の混乱の原因をあきらかにできたと思うので先ず蟾下肢血管灌流標本について行った研究結果を報告する。

I. 実験方法

血管灌流標本としては蟾 (*Bufo vulgaris*) の Lâwen-Trendelenburg 後肢血管灌流標本を用いた。実験例は百数十に及んだ。Mariotte 瓶で灌流圧を設定し灌流量は滴間隔を一つ一つ縦軸に描記する畠山考案の装置⁵⁾ によって連続的に測定した。多くは流出量のみ測定したが、数例においては流入量をも併せ記録した。流入量の連続記録法は既に発表した側管漏洩法⁵⁾ によった。又総排泄腔部の収縮が灌流量に影響をあたえる(既に Thor¹⁵⁾ が記載しているように)ので、多くの例においてその収縮曲線をも同時描記して実験結果の検討に資した。

灌流液としては磷酸緩衝剤によって pH 7 に規正した Ringer 液を用い、adrenaline 等の他の薬品を混ぜていない。ACh は主として第一製薬会社製品(商品名 Ovisot)を一部は Roche の製品を用いた。これを Ringer 液で稀釈し動脈カニューレよりやや上流のゴム管中に注射器で溶液 1cc を 10 秒かかって注入した。この方法によると実際血管に作用する ACh 濃度は幾分薄められる筈であるが 10 倍宛に濃度を変えて行っ

* 東京大学医学部生理学教室

たわれわれの実験では相互の比較のためには絶対濃度の多少の変化が餘り問題にならぬと思われる。

さてこの様な方法によると一般に血管の拡張収縮は滴数の増減となってあらわれると考えられる。然しこの問題は純物理学的にも必らずしも簡単ではない。Plasticな流れの場合血管の収縮が必しも灌流量の減少を伴わずに起り得ることは既に畠山⁶⁾が論じたところであるが、その所論に照らしても Ringer 液灌流の場合はほぼ圧-流速比例の法則が成立つと考えられる (Whittaker 及び Winton¹⁶⁾) ので一般には血管の拡張 (収縮) に従って灌流量が増加 (減少) すると理解してよいであろう。又灌流量 (流出量及び流入量) は血管自身の能動的な収縮拡張によって変るばかりでなく、周囲の筋肉の収縮状態に影響されるし或は血管内外からの透過をも考慮しなければならぬが、これについては個々の例について検討することとし、さし当り滴数の増減の程度を次の如く現わすことにした。すなわち反応前の滴間隔を T_0 反応後の滴間隔の最も長い値、或は短い値を T_{max} , T_{min} とする時、

$$\text{滴数減少率} = \frac{T_{max} - T_0}{T_{max}}$$

$$\text{滴数増加率} = \frac{T_0 - T_{min}}{T_{min}}$$

と定義する。もっとも滴の大きさは灌流速度によって異なり、われわれの測定によると1滴の量は灌流速度が増すと多少増加する (畠山及び加藤⁵⁾)。従って滴間隔の値そのものは灌流量と完全に逆比例しているわけではないが滴間隔の短縮延長が灌流量の増加減少をあらわしていることに間違はない。従って上の滴数減少率及び増加率はそれぞれほぼ灌流量の減少或は増加の割合を意味している。

II. 実験結果

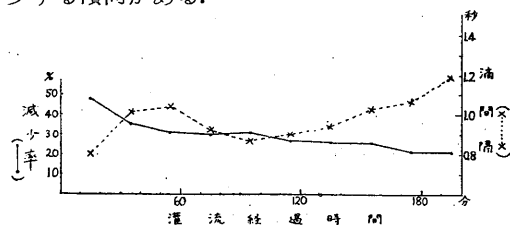
われわれの行った実験の目的は主として ACh の濃度、灌流圧、灌流経過時間と血管反応との関係を検討するにあったので、これらの要因の何れかを変化させる実験系列が大部分であった。その結果の主な例を実験方法に従って分類

し以下に示す。

実験系列 I. 一定濃度の ACh を一定灌流圧の下にくり返しあたえる実験。

1) 濃度 10^{-6}g/cm^3 (以下すべてこの単位) の ACh を灌流圧を $12\text{cmH}_2\text{O}$ で灌流しつつ20分毎にくり返しあたえる実験。

第1図に示すように3時間以上にわたり10回あたえた結果はすべてにおいて灌流量の減少をみた。この場合時間がたつにつれて減少率の減少する傾向がある。

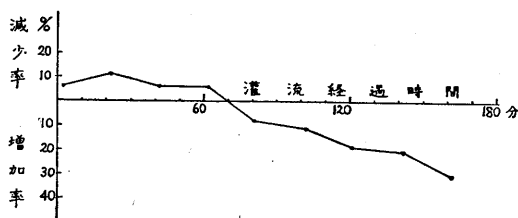


第1図

灌流圧 $12\text{cmH}_2\text{O}$ の下で濃度 $10^{-6}(\text{g/cm}^3)$ の ACh を20分おきにあたえた時の効果の時間的変化、ACh 注入直前の滴間隔の値 (秒) をも併せ記してある (点線)。

2) 濃度 10^{-6} の ACh を灌流圧 $20\text{cmH}_2\text{O}$ で灌流しつつ20分毎にくり返しあたえる実験 第2図。

第3図に示すように9回あたえた結果の中最初の4回は灌流量の減少、後の5回は灌流量の増加を以て反応した。時間経過と共に滴数減少率は減少、増加率は増加の傾向を示す。

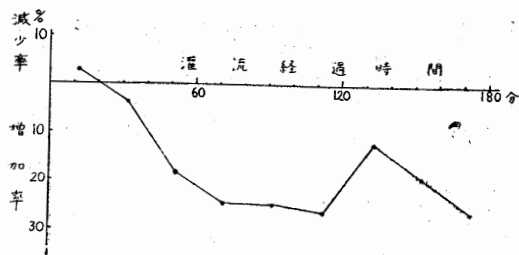


第2図

灌流圧 $20\text{cmH}_2\text{O}$ の下で濃度 $10^{-6}(\text{g/cm}^3)$ の ACh を20分毎にあたえた時の効果の時間的変化

3) 濃度 10^{-6} の ACh を灌流圧 $40\text{cmH}_2\text{O}$ の下で20分毎にくり返しあたえる実験。

第3図に示すように最初の1回にわずかに灌流量の減少を示した他はすべて灌流量の増加がみられた。6回目迄は時間と共に滴数増加率が増加している。



第3図

灌流圧 $40\text{cmH}_2\text{O}$ の下で $10^{-6}(\text{g}/\text{cm}^3)$ の ACh を 20 分毎にあたえた時の効果の時間的变化

4) 濃度 10^{-7} の ACh を $12\text{cmH}_2\text{O}$ の灌流圧の下に 20 分毎にくり返しあたえる実験。

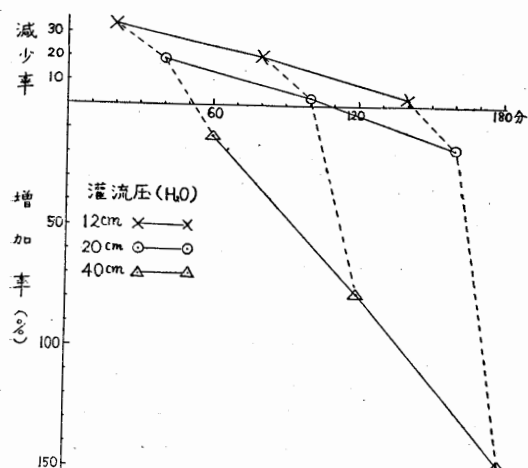
3 時間にわたり 9 回あたえた中、第 1 回にわずかに灌流量の減少をみたが、後にはほとんど効果らしきものをみず第 7 回目と第 8 回目にわずかの灌流量増加をみたばかりであった。

5) 濃度 10^{-7} の ACh を $20\text{cmH}_2\text{O}$ の灌流圧の下に 20 分毎にくり返しあたえる実験。

10 回あたえた中第 1 回第 2 回にはほとんど効果を認めず第 3 回以後はすべて灌流量の増加を以て反応し、滴数増加率は時間と共に増加の傾向を示した。

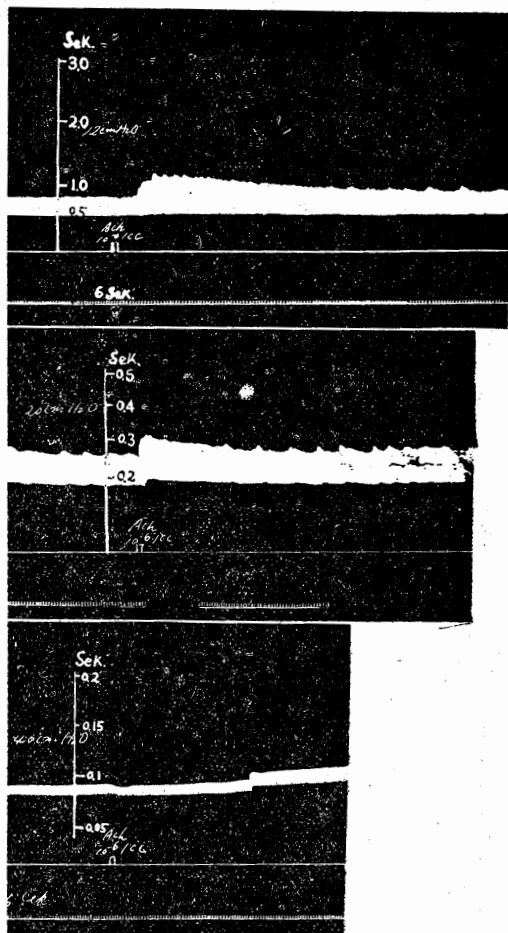
実験系列 II. 一定濃度の ACh を種々の灌流圧においてくり返しあたえる実験

1) 濃度 10^{-6} の ACh を灌流圧 $12\text{cmH}_2\text{O}$, $20\text{cmH}_2\text{O}$, $40\text{cmH}_2\text{O}$ の下で各々くり返しあたえる実験。



第4図

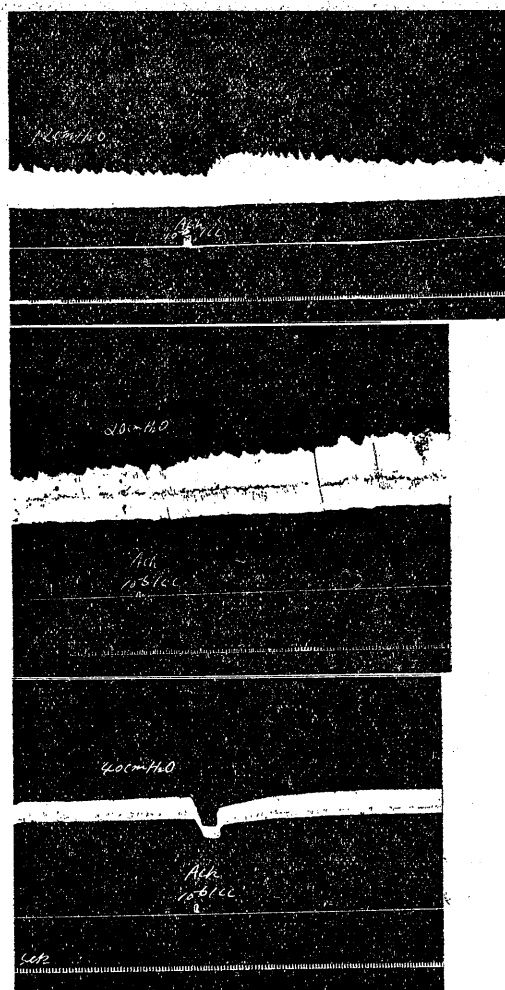
濃度 10^{-6} の ACh を種々の灌流圧の下で 20 分毎にあたえた時の効果



第5図 a

濃度 10^{-6} の ACh を 20 分毎に種々の灌流圧の下であたえた時の効果, a, b, c 何れも上から $12\text{cmH}_2\text{O}$, $20\text{cmH}_2\text{O}$, $40\text{cmH}_2\text{O}$ の灌流圧とした時, ACh 投与の順序は a の $12\text{cmH}_2\text{O}$ の灌流圧の時から始めて c の $40\text{cmH}_2\text{O}$ の灌流圧の時を終る (b, c は次頁)

灌流圧を $12\text{cmH}_2\text{O}$, $20\text{cmH}_2\text{O}$, $40\text{cmH}_2\text{O}$; $12\text{cmH}_2\text{O}$, $20\text{cmH}_2\text{O}$, $40\text{cmH}_2\text{O}$; …… という風に 20 分毎に順次変化させ、その各々の場合に 10^{-6} の ACh をあたえた結果は例えば第 4 図に示すような経過であった。実際得られた煤紙記録も第 5 図に示しておく。これを一定灌流圧についてみると $12\text{cmH}_2\text{O}$ の灌流圧では 3 回とも灌流量の減少、 $20\text{cmH}_2\text{O}$ では始の 2 回は減少、終の 1 回は増加を以て反応したが、 $40\text{cmH}_2\text{O}$ では 3 回ともに灌流量の増加を示した。この何れについても時間と共に滴数減少率は低下、増加

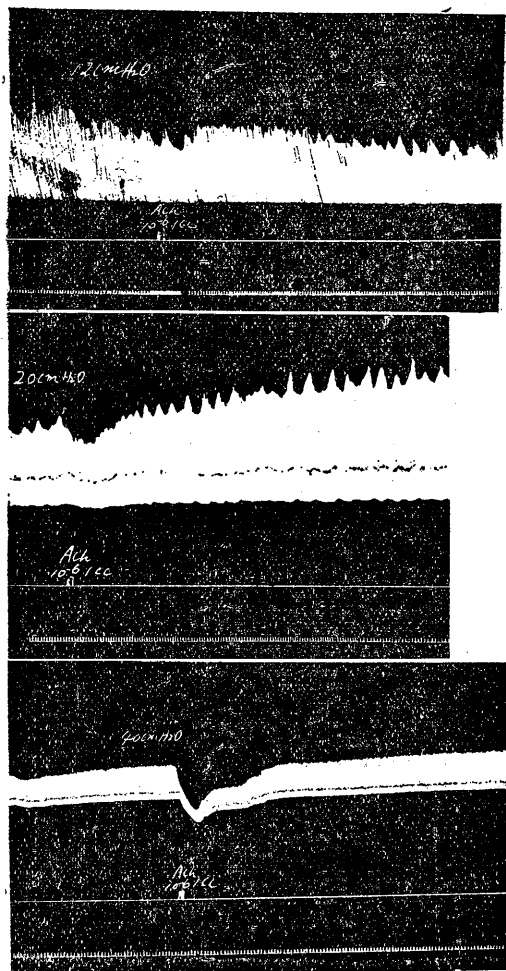


第5図 b

率は増加の傾向を示す。またこの場合灌流圧は $12\text{cmH}_2\text{O}$, $20\text{cmH}_2\text{O}$, $40\text{cmH}_2\text{O}$ という変え方の組(第2図では鎖線でつなく)が3回行われているが、その各回でみると、灌流圧の低い方が減少率大きく増加率の少ない傾向を示している。

2) 濃度 10^{-7} の ACh を灌流圧 $12\text{cmH}_2\text{O}$, $20\text{cmH}_2\text{O}$, $40\text{cmH}_2\text{O}$ の下で各々くり返してあたえる実験。

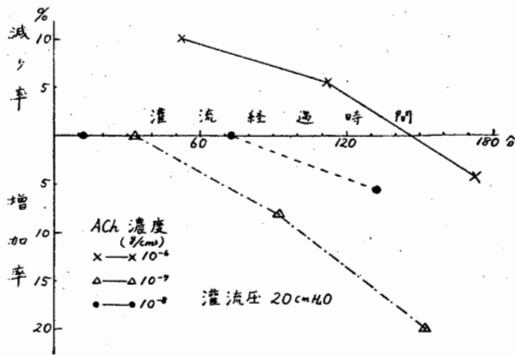
反応量は少いけれどもやはり灌流圧の低い程滴数減少率が大きく、増加率が小さく、灌流経過時間と共に減少率が減少し増加率の増す傾向がみられた。



第5図 c

実験系列Ⅲ. 種々の濃度の ACh を一定灌流圧の下でくり返しあたえる実験(附、一定圧で長期間灌流後始めて一定濃度の ACh をあたえその後種々の濃度のものをくり返しあたえる実験)

この種の実験の1例は第6図に示した。この例では灌流圧 $20\text{cmH}_2\text{O}$ において濃度を 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} ; 10^{-6} , ... という風に変えて ACh をくり返しあたえたのであるが、 10^{-6} では最初灌流量減少効果を以て反応、 10^{-7} , 10^{-8} では反応を示さなかったが、灌流時間が経つに連れて 10^{-6} での減少効果は衰え、逆に増加効果を示すに至り、又 10^{-7} , 10^{-8} でも灌流量増加を以て反



第6図

灌流圧 20cmH₂O の下に種々の濃度の ACh をくり返した時の効果

応するようになる。

灌流圧の高い時には 10^{-6} 以下の濃度では始から灌流量の増加しかみられぬ場合がある。一般に灌流量増加効果は或る濃度の時に最も大で、それよりも濃くても薄くても減少する。然し灌流量減少効果は 10^{-5} 迄の間で調べたところでは濃度の濃い程大である。

又灌流時間経過と共に閾濃度が低下する。或る程度灌流時間が経つと多くは 10^{-8} で反応するが (一定圧で 2 時間餘灌流後始めて 10^{-8} の濃度の ACh を与えても)、灌流初期においては 10^{-7} でも反応しないことがある。

尚灌流時間経過とともに灌流滴数減少率が減少、増加率が增加する傾向はこの種の実験系列においてもみられた。

Ⅲ. 考 察

このように ACh の血管作用は少くとも灌流圧、ACh 濃度、灌流経過時間によって相当変動することが明らかになった。今この 3 要因の中の 2 つを固定した場合に他の 1 つの条件によってどのように効果が変わるかを整理してみると一般に大体次のような傾向を示している。

1) 灌流圧 12cmH₂O 乃至 40cmH₂O の間の著者等の実験の範囲では圧の高い程灌流量増加の効果が大きく、減少の効果が小さい。

2) ACh の濃度 10^{-8} ~ 10^{-6} の間では灌流量の減少効果は濃度の高い程大きいが増加の効果

は或る濃度の時に最も大きく、それより濃度が濃くても薄くても却って減少する。

3) 灌流時間の経過と共に灌流量の減少効果は低下、増加の効果は上昇する。

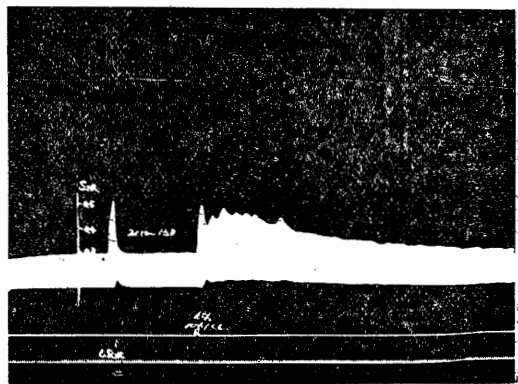
この 3 つの性質は実験例によって相当の変動を示し一見複雑な姿を呈した場合でも、圧、濃度、時間の 3 要素の関連を検討すると餘り例外がないといってもよい程にみられた。もっとも圧、濃度、時間のどの程度の値でいか程の効果を示すか、或は灌流量減少効果が増加効果に転換するかといった量的な問題になると個々の例でかなりの開きを示した。然し何れにしろ一般に ACh が灌流血管に対して拡張効果を示すか収縮効果を示すかを調べる場合には必ず上記の 3 つの条件を吟味する必要があると考える。

この中 (2) の条件についてはすでに相当の検討が行われており、われわれの結果とほぼ一致する事実が発表されている (早川⁸⁾ 佐藤¹⁴⁾)。蕁の Låwen-Trendelenburg 後肢血管灌流標本においては 10^{-5} では骨骼筋の収縮が起り、純粋に血管の反応をみるのが困難であるから 10^{-6} は投与し得る濃度の中では最高濃度に近いのであるが、それだからといってこの濃度の場合で低圧灌流の時に多くは収縮のみられることが餘りにも濃度が非生理的に高いために起る血管の異常反応であると断じ去る事はできないであろう。この濃度においても灌流圧が高いと拡張効果のみられる事実をないがしろにするわけにはいかない。ところが従来数多の血管灌流実験が行われているにも拘らず灌流圧への顧慮は払われていないことが多い。灌流実験において灌流圧を明示していないものが少なくないばかりか、例え灌流圧が記載してあっても多くは 15cm 程度から高くともせいぜい 30cm 水柱圧という値である。然るに実際蕁について大動脈にカニューレを挿入して血圧を測定してみると多くは 40mm 水銀柱以上の圧を示したのであって、従来行われていた灌流圧は生理的状態における圧よりも相当低いものであるといわざるを得ない。

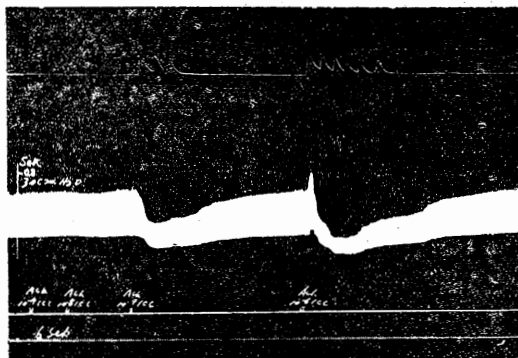
さて従来の研究者の実験条件とわれわれの実験条件を比較してみると ACh 濃度については

何れも略同一濃度のものを用いた実験が行われており、又相当灌流時間が経過した場合の効果をもっているものもあるから、もし上記の3条件の何れかが異なることによって違った結果が出たとしたならば灌流圧の相違ということが問題になるのである。ところが灌流圧の低い時に収縮的な傾向強く拡張的な傾向は少いというのがわれわれの実験結果であるから、従来の低い灌流圧における実験で主として収縮効果をみたというのも当然とうなずけるわけである。只この場合疑問のままだに残ったのは灌流経過時間の影響についての八田の報告との不一致である。八田は灌流初期に拡張が、時間が経つと収縮効果がみられると述べているが、これはわれわれの結果と全く反対の記載である。然し八田の報告では灌流初期に拡張のみられた灌流標本をそのまま用いての長期の観察が発表されておらず、初期に拡張効果を示した標本が、その後の ACh 投与によって収縮反応に転じたか否かは疑問である。又最初に収縮効果を示した標本が後に至って益々その収縮効果を増したか、或は拡張効果に転じたかの記載もない。この点から八田の述べている初期の拡張効果とは極めて初期のものをいっているのではないかと思ひ流出液に未だ血液成分のみられる時に第1回の ACh 投与を行う実験も試みたが、極く初期に格別灌流量増加の効果が起り易いという結果は得られなかった。又何度も ACh をあたえるという前処置が問題になるのではないかと思ひ無処置のまま相当期間灌流しておいて始めて ACh をあたえるという実験を行ったが、比較的低い圧でも最初から拡張効果のみられることはあっても著明な収縮効果のみられたことはなかった。然しわれわれの多くの実験例を顧ると灌流圧が高い時でも、初期において或は相当遅い時期迄も灌流量減少効果をみたものもある半面、灌流圧が低くても既に初期から灌流量増加を以て反応する例もあったから八田の記載するような実験経験があったとしても不思議ではない。而もこのような性質は季節的に変動しているようにみえた。即ち晩秋から春にかけての実験では一般に血管

反応そのものが大きい、殊に灌流量増加の効果は著しく、比較的低い圧、短い灌流時間、濃い ACh 濃度で灌流量の増加をみることができた。これに反して夏から初秋にかけての血管反応は低調であって殊に灌流量増加効果は甚しく減じ、十分な灌流圧、灌流時間で適当な ACh 濃度でなければ灌流量増加を示さない場合もあった。このような季節の影響の仔細については今後の検討をまたねばならないが、従来の実験結果との比較検討に際して重要な意味をもつと考えられる。更にここに検討しておかねばならないのは灌流量の増加減少が果して血管の拡張収縮を意味しているかどうかということである。実験方法のところで既に述べたように純理論的物理的意味の問題は無視できるとしても血管外の他の組織、特に血管周囲の筋肉の収縮弛緩が間接的に灌流量に影響をあたえる可能性を考えておかねばならない。然し濃度 10^{-5} の ACh をあたえると骨骼筋は甚しく収縮するが、この場合でも灌流圧が高いと灌流量の増加を見る事ができる。Thor の述べている総排泄腔の収縮の影響も灌流圧が高いと僅少に抑え得るので灌流圧の高い場合には問題が少いと思われるが、灌流圧が低い時には多くは相当著しい影響を受けた(第7図)。中には総排泄腔部の収縮曲線と灌流滴間隔の変動とが平行するかに見えるものもあったが、相当いちじるしい総排泄腔の自発的収縮にかかわらず灌流量は殆んど変化が認め



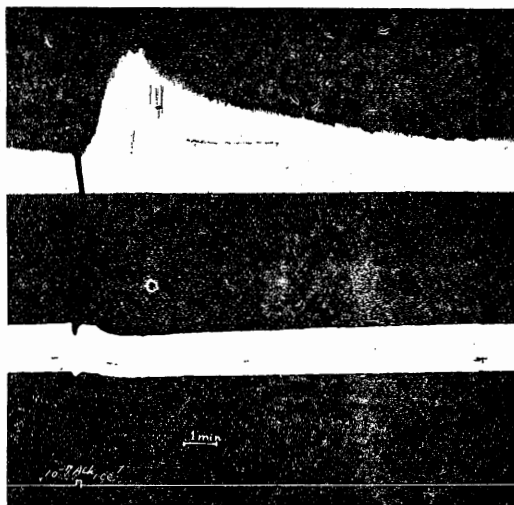
第7図
総排泄腔部の収縮(上の曲線、上に向って収縮を示す)と灌流速度との関係。灌流圧 $20\text{cmH}_2\text{O}$



第8図

総排泄腔部の収縮(上の曲線)に拘らず灌流速度が著明に増加している例。灌流圧 30cmH₂O

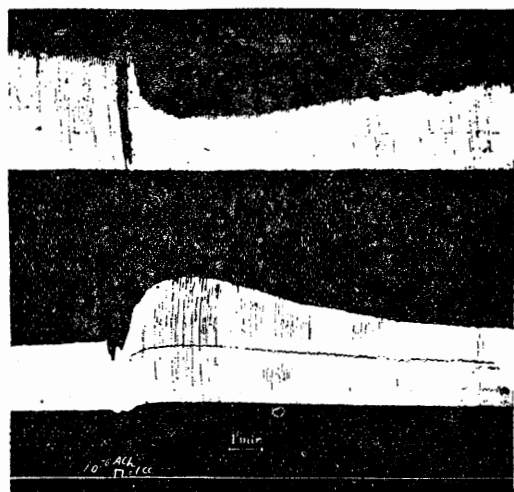
られぬ場合もあったし、又 ACh 投与時にその収縮とは反対に灌流量の増す事実(第8図)も見られた。多くは総排泄腔の収縮の経過に比し灌流量の変化の経過はゆるやかに進んでいたもので、何れにしろ少数の例を除いて、この影響を見積っても灌流量の増減が本来的には他の原因によるものであることが判断できた。次に考慮しなくてはならないのはわれわれが取り上げている流出量の増減は標本自身から液体が押し出されたり或は灌流液が血管外へ滲出したりしても起り得ることである。血管の収縮の際その内腔の減少によって液が押し出されて灌流量が一時増加し得ることについては既に畠山⁶⁾が論じたが実際問題としてはとり上げる程の影響をあたえぬという結論になっている。Meiners¹¹⁾は流入量及び流出量を同時描記して調べた結果、ACh 投与によって標本内への液の貯留が起ることを見ておりこの結果から Bozler²⁾が見ている ACh 投与に際しての流入量増加は必ずしも血管拡張を意味しない事を想像している。又萩原⁴⁾はいわゆる浮腫曲線への影響を調べ灌流量(論文中に明記はないが流出量をいう事は直接著者に質問の結果判明した)の増加があるにかかわらず標本の全重量が減少する事実から Meiners とは反対に、血管の収縮があるにもかかわらず液を標本外に押し出すので灌流量が増加するのであらうと考えている。然し液が押し出されるとすれば流入量は減りこそすれふえるとは考えられぬので不可解であるし、容積その



第9図

流入量 上の曲線、(上に向って増加を示す)と流出量(下)が共に ACh 投与によって増加することを示す例。灌流圧 40cmH₂O。ACCh 濃度 10^{-7}

ものの増減が必ずしも流れの抵抗の増減と相伴わぬことは既に畠山⁶⁾の論じた如くであって、もし氏の記載している事実があるとすれば後に論ずるように、ACh により拡張する血管も収縮する血管もあると考える方が自然のように思われる。われわれも6例において流入量及び流出量を同時描記して ACh の影響を見たが、(第



第10図

流入量(上)と流出量(下)が共に減少することを示す例。灌流圧 20cmH₂O。ACh 濃度 10^{-6}

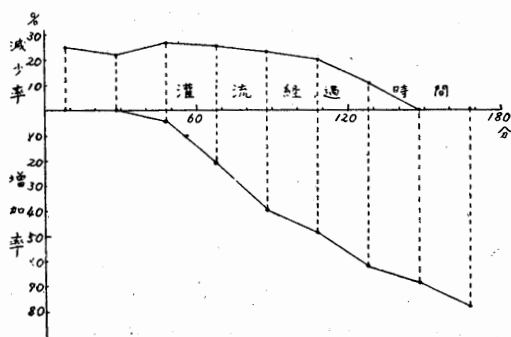
9図、第10図) すべての例において流入量と流出量の変動が逆に向くことはなかった。即ちたとえ標本内への液の貯留或は標本外への排出があったとしてもそれは血管反応による灌流量の増減の方向に影響をあたえる程のものではないと想像される。

以上を要するに灌流量に及ぼす種々の影響を1つ1つ検討した結果、われわれの見た ACh による灌流量の増減はその主因が血管の拡張収縮によるものと判断されるのである。

このように血管は ACh によって拡張もし収縮もすることが分かったのであるが、これは一体どういう原因に基くものであろうか。これについては大きく2つの考え方ができるであろう。すなわち、(A) 血管に種々の性質のものがあ—は ACh による収縮—は拡張を示すのであるが、血管灌流標本における灌流量はこれ等全体の血管が種々に組み合わさった血管網の性質としてあらわれるのであるから、条件によって或は灌流量の増加或は灌流量の減少が起るであろうとする考え方と、(B) 血管の収縮拡張は血管壁にあたえられた張力その他で変り得るものであって同一血管部分でも或る時は収縮或る時は拡張を示す、という考え方である。何れの場合においても個々の血管部分が全体の流れの抵抗に關与する程度に条件による相違があるから灌流量が色々と変り得るとみななくてはならぬことはいう迄もない。然しこの何れの想定が正しいかはこの種の灌流実験でははっきりと解決することはできぬのであって、更に直接顕微鏡下で血管径の変化を認め得てもそれは一部に過ぎず、また内径の変化が能動的なりや受動的なりやも分らない。切り出した個々の血管部分について調べるのが最も直接的な方法と考えられ、われわれは實際太い血管に就てこの種の検討を行いつつあるがこれは追って報告するつもりである。(A) については切り出した肺血管について adrenaline を与えた時比較的中心のものは収縮し末梢のものは拡張するという報告(Wissler¹⁷⁾)があるのに対し (B) については血管壁の筋構造と弾性組織構造の関係によっては筋の収縮が血管

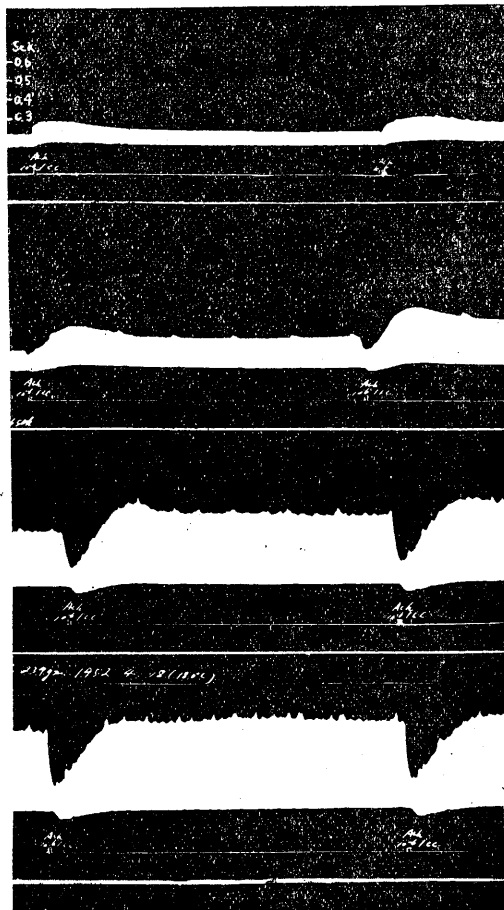
の拡張をひき起す可能性も考えられ (Benninghof¹⁾)。何れの考え方も無理とはいえない。然し上述の萩原の実験結果もあることだし複雑な血管網のことを考えると或は (A) の解釈の方が自然なのかも知れない。ここに注目される1つの実験事実について述べよう。第11図及び第12図に示した例は ACh 投与によって初期には始め灌流量減少、後に増加の2相性の効果を示しているが灌流時間の経過と共に第1相の減少効果は減じ第2相の増加効果は増して行き、遂には第2相の増加効果のみになってしまう。この事実は次のように考えると最も簡単に説明できよう。即ち1つは灌流量が減少する様な反応、1つは灌流量が増すような反応の2つがあり全体の総合として灌流量の増減がみられるが、この中灌流量の減少効果は比較的早く恢復し灌流時間が長びくと次第に衰えて行くのに対して、灌流量増加の反応は比較的長びき灌流時間と共に盛になると考える。この場合も同一の血管部分の収縮拡張の機構そのものにこの様な2つの要因があると考えるべきか、或は血管系に2種類があると考えるべきかは依然として疑問のままに残るが何れにしろ灌流量増減の機転に2つの機構が相加的に仿らしていることを想像させるのである。

さて ACh が血管収縮作用を示すという事実に対し八田の研究等を基礎として西丸は血管のトーンが重要な因子であり、トーン低下の際には ACh が収縮効果を示すのであってトー



第11図

2相性の効果の時間的变化 (灌流圧 20cmH₂O, 10⁻⁶ ACh を20分毎にくりかえしあたえる)



第12図 2相性の効果の変遷
灌流圧 20cmH₂O, Ach 10⁻⁶(g/cm³) 上左から下右
に向って第1回, 第2回……第8回の効果

ヌスを例えばadrenalineなどで保持させた場合に拡張効果をあらわすと論じているが、われわれの実験結果は必ずしもこのような意味のトーンス保持が血管拡張の必須条件であることを支持していないのである。灌流実験についてのわれわれの基礎的な観察によると長期灌流に際して或る時期迄は次第に灌流量が増して行き、トーンスの低下の想像される場合が少なくないが、ACh 投与による効果としての灌流量増加は長期灌流時にみられるトーンス低下による灌流量増加に比して問題にならぬ程甚しい場合が少なかった。この事実はおもひ血管運動神経の働き方が液素説の説くように ACh の直接的血管作用と密接に結びついているとするならば、積極

的な意味の血管拡張神経、即ち血管収縮神経の緊張と拮抗するばかりでなく、収縮神経の緊張がなくても能動的に彷彿コリン作動神経としての血管拡張神経の存在を想像させるのである。血管の神経支配機構について種々論議のある現状から見て興味深い事実といわねばなるまい。

又 Lullies⁹⁾ は Müsch 及び Cüppers¹²⁾ 等氏の研究室で行われた幾多の研究や従来文献を基礎にして ACh の血管作用はもともと収縮であると結論しているが、われわれとしてはこの考え方に承服することはできない。ACh による血管拡張が ACh の代謝鼓舞作用によって代謝産物が増加するために起る2次的な現象であるとする氏の主張を以てわれわれの得た実験事実を説明することは無理である。灌流圧を高めることによって代謝物質が増加するとみなすことはあまりにも飛躍的な考え方であろう。但し Müsch 及び Cüppers の実験結果との相違は灌流圧だけでなく、実験動物、投与方法等も違うことが原因しているかも知れない。然し何れにしろ Lullies の所説はわれわれの結果に徴して納得できない矛盾をもっている。

終に ACh 閾濃度について触れておこう。第6図に掲げた例で既に灌流時間が経つと閾濃度の低下することが示されているが、この実験では10⁻⁷で効果があらわれる前に高濃度の10⁻⁶をあたえているのでこれが意味をもつのではないかと思ひ長期間約2時間灌流後始めて10⁻⁸の濃度の ACh をあたえた場合に効果のみられたことも前述した。多くの例では長期灌流後10⁻⁸でも反応するようになったが10⁻⁷でなくては反応のみられぬのもあった。このような閾濃度の変化の原因については今のところ殆ど確からしい理由を掴むことはできない。灌流時間経過と共に灌流量増加効果そのものが増すので効果の判定が容易になったのかも知れないが、cholinesterase 等の障害物が洗い流されたためとも考えられよう。

IV. 要 約

墓の Låwen-Trendelenburg 後肢血管灌流標

本について灌流量を連続測定しつつ acetylcholine の効きが灌流経過時間、灌流圧、acetylcholine の濃度によって如何に変わるかを見たところ次のような結果を得た。

1) 灌流経過時間が長びく程灌流量の減少効果は衰え増加効果は盛になる傾向がある。最初減少効果を示したものが次第にその効果を減じ後には増加効果に転じ次第にその効果を増すような経過も見られる。

2) 餘り灌流圧の高くない限り、灌流圧が高い程灌流量の減少効果は少く、増加効果は増す傾向がある。圧の低い時には増加効果はみられず、圧の高い時にのみこの効果のみられたことも少からずあった。

3) 灌流量の増加効果の最大は acetylcholine 濃度の適当なところにあり、それよりも濃くても薄くても効果は減じたが、減少効果は濃度の濃い程増大する傾向があった。

4) 灌流時間の長びく程 acetylcholine 閾濃度は低下する。この場合通常 10^{-8} (g/cm³) でも効果がみられ、 10^{-7} (g/cm³) では如何なる例でも効果があった。

このような事実は従来行われて来たこの種の実験の種々の結果及びそれに基づく理論の食い違いに殆んど矛盾のない説明をあたえる。又灌流量の増加は種々の検討の結果、その主原因は血管拡張にあると考えられるので何等かの意味で能動的独立的な cholinergic の血管拡張神経の存在が想像される。

本研究の要は既に第 29 回日本生理学会総会で発表した⁵⁾。終に臨み御懇切な御指導御鞭撻をいただき更に本報告の御校閲をして下さった恩師福田邦三教授に心からの謝意を表する。

文 献

- 1) Benninghof, A. (1930) Blutgefäße und Herz. Möllendorfs Handbuch der mikroskopischen Anatomie. VI, 1-160
- 2) Bozler, E. (1936) The mechanism of the inhibitory action of vasodilator nerves. Am. J. Physiol. 117, 457-466
- 3) Dale, H. H. and A. N. Richards (1918) The vasodilator action of histamine and some other substances. J. Physiol. 52, 110-165
- 4) 萩原 仁 (1952) 浮腫曲線に及ぼすアセチルコリン (Ach) の作用 広島医学 V, 627-633
- 5) 畠山一平・加藤良二 (1952) 血管運動性に関する研究 その 1 Acetylcholin の血管作用について 日本生理誌 14, 162
- 6) 畠山一平 (1954) 血管の拡張収縮と血管網の流れの抵抗の増減について 日本生理誌 16, 127-138
- 7) 畠山一平・加藤良二 (1954) 滴数法による流量測定について 日本生理誌 16, 454-458
- 8) 八田博英 (1939) 血管の Tonus と Acetylcholin 及び Histamin との関係 日本生理誌 4, 421-426
- 9) 早川与一郎 (1924) アセチルヒヨリンの血管作用について 京都医学雑誌 21, 1924-1944
- 10) Lullies, H. (1948) Acetylcholin. Naturforschung und Medizin in Deutschland B. 59. T. III. 51-92
- 11) Meiners, S. (1941) Die gleichzeitige Registrierung des Ein- und Ausflusses am Laewen-Trendelenburgschen Gefäßpräparat des Frosches mit dem Zeitordinatenschreiber Pfl. Arch. 245, 145-154
- 12) Müsch, H. J. and C. Cüppers (1940) Über den Mechanismus der Gefäßerweiterung in den hinteren Extremitäten des Frosches. Pfl. Arch. 244, 50-58
- 13) 西丸和義 (1952) 体液循環の研究 医学書院 東京
- 14) 佐藤清熊 (1927) アセチルヒヨリンの血管作用について 慶応医学 7, 765-784
- 15) Thor, W. (1939) Über das Verhalten der Erregbarkeit vasokonstriktorischer Fasern des Froschischiadicus unter dem Einfluss einiger Narkotica. Pfl. Arch. 242, 577-586
- 16) Whittaker S. R. F. and F. R. Winton (1933) The apparent viscosity of blood flowing in the isolated hindlimb of the dog, and its variation with corpuscular concentration. J. Physiol. 78, 339-369
- 17) Wissler, H. (1931) Untersuchungen über die Eigenschaften überlebender Lungenarterien. Pfl. Arch. 227, 773

Summary

The paradoxical phenomenon, that acetylcholine acts on the perfusion preparation of cold-blooded animals with vasoconstriction, notwithstanding its general property being antagonistic to adrenaline has remained without convincing explanation. The authors investigated this problem in Læwen-Trendelenburg's hindlimb perfusion preparation of Japanese toads (*Bufo vulgaris*) by means of continuous recording of perfusion velocity. It was found that the action varied quantitatively and qualitatively with perfusion pressure, duration of perfusion and concentration of acetylcholine.

Acetylcholine, namely, proved to produce flow diminishing effect or flow augmenting effect according to conditions. These effects varied as follows :

1) An optimum concentration of acetylcholine for the flow augmenting effect existed. In a concentration sufficiently differing from this optimum the flow augmenting effect was not manifest and a reversal to the flow diminishing effect occurred. The optimum concentration, however, differed from specimen to specimen of the animal. Also it depends on the following factors.

2) Generally speaking, higher perfusion pressure tended to lessen the flow diminishing effect and to enhance the flow augmenting effect.

3) The longer the duration of perfusion, it generally resulted in lessening the flow diminishing effect and in enhancing the flow augmenting effect.

These findings obviously explain almost all the result of previous investigators, since low perfusion pressure and short duration in the conventional procedure of hindlimb perfusion would naturally cause decrease of the flow of perfusion.

The authors discussed the mechanism of these changes of perfusion flow and suggested existence of the cholinergic nerve as active dilator.

(Department of Physiology, University of Tokyo Medical School)

皮膚電気抵抗測定による人体発汗の研究 612.795

An Experimental Study on Human Sweating the Electrical Skin Resistance.

松 本 良 二 (MATSUMOTO-Yoshitsugu)*

I. 緒 言

J. Tarchanoff¹⁾ は1890年人体皮膚の2箇所を直接電流計に連結しておく、感覚刺激、或は精神活動のあった際に電流計の振れに変化の現れる事を認めた。その後O. Veraguth²⁾ は人体皮膚に弱い直流電流を通じておいても同様の現象の起るのを認め、これを Psycho-galvanischer Reflexと呼ぶことを提言した。以来この現象は所謂精神電流現象 (Psychogalvanisches Phänomen, P. G. P)、或は皮膚電流反射 (Galvanischer Hautreflex)、或は Galvanic skin reflex (response, G. S. R)、として注目されて来たものであるが、その発生の理由については多数の研究が行われており、この電氣的動揺の原因が皮膚血行の変動によるとか³⁾、不感蒸泄量と一致するとか^{4) 5)}、或は発汗に伴って動揺するなどと言われ^{1) 6) 7a) 8) ~12)} 決定されていない。

近年 C. P. Richter^{11) ~14)} 等によって皮膚電流抵抗 (以下皮膚抵抗と略す) の変動と自律神経機能との密接な関係が指摘され、臨床生理学的にも興味深いものとなったが、私は高木¹⁵⁾ の所謂圧-半側発汗反射と皮膚抵抗変化との相互関係を研究する傍ら、皮膚抵抗変化の本態を検討し、他方皮膚抵抗測定法を臨牀的に応用し、自律神経機能或は汗腺機能検査の一方法たらしめんとして以下の実験を行った。

II. 実験方法

人体各部の皮膚面に於ける皮膚抵抗を測定するには勝木、林、鈴木¹⁶⁾ の考案による皮膚電気抵抗測定器を使用した。測定出来る電気抵抗の範囲は $1k\Omega \sim 10M\Omega$ の間である。

全測定に互って測定電極の一方は耳朶に固定

* 新潟大学医学部生理学教室 (高木健太郎教授)

し、他方は測定しようとする皮膚面にあてる方法をとった。固定電極としては直径10mmの金属円盤を澱粉を食塩水でねった電極糊を介して左右の耳朶にクリップで固定し、可動電極としては直径9mmの金属円盤を絶縁された金属棒の先端にとりつけ、術者が人体のどの皮膚面にも接触させることが出来るようにした。なお、可動電極の金属棒接触部に弾機を挿入し、絶縁部に付した目盛によって可動電極が皮膚に加える圧力を一定にして測定出来る様にした。電極面は毎回測定直前に乾燥布で清拭して使用した。しかし、測定法は測定皮膚部位の取扱い方によって次の3つに大別出来る。

- a) 測定中1回も皮膚を布で清拭しない。
- b) 常に測定直前に乾燥布で清拭する。
- c) 常に測定直後に乾燥布で清拭する。

実験は1951年7月5日より1953年7月24日に互り、被験者は総て健康なる成人男子62名である。なお、実験は夏季に於ては通常室温で行われ、その他の室温低き場合には高木、高橋¹⁷⁾ の設計になる発汗室を使用して適宜室温を加減して行われた。勿論一連の実験の際の室温、湿度は一定に保つように努力した。

III. 実験成績

A. 予備実験並びに測定方法の吟味

前述した実験器械を使用して皮膚抵抗を測定する際に可動電極を皮膚面に圧迫した時の圧の強さの如き物理的影響、精神電流現象の如き生体物理学的因子の影響、また電極面、及び皮膚面の乾湿状態の如何等により、測定成績に変動を生ずることが考えられ、当然これらについての吟味を行う必要がある。

藤森^{18b)} は皮膚電気反射及び電気抵抗を支配する要因として電極の大きさ、使用電圧、通電

方向と通電時間、機械的刺激、温度、身体部位差、発汗、年齢、その他精神的興奮等をあげている。林^{19b)}は P. G. P と手掌等の精神性発汗との間に相関性のあることを指摘している。また伊藤、増井²⁰⁾、増井²¹⁾は皮膚電導度と温熱性の発汗量との関係をしらべ、電導度は発汗開始と共に急激に増大するが(皮膚抵抗が激減することに相当す)、その後発汗が依然漸増している時期に電導度は減少し始め、室温の下降により発汗が急に鎮静すれば電導度は更に減少して間もなく前の状態に復帰すると述べているが、発汗量と皮膚抵抗との関係は更に検討する必要がある。

1) 可動電極の皮膚面に及ぼす圧力との関係

藤森^{18b)}は皮膚に電流を通じた場合その抵抗値が電極を圧迫することにより変化することを指摘している。

可動電極面は略々平坦であるが、人体皮膚上皮の表面は平坦でなく、手掌、足趾に於ては皮膚小稜と小溝とが平行して流れるように彎曲しながら走って皮膚紋理を形成し、その他の体部皮膚に於ても種々様々の皺が存在する。従って可動電極を皮膚面に接触させた時には圧着の程度により有効となる実際の接触面に差を生ずる可能性がある。

更に久野^{10a)}の言う如く、皮膚電流抵抗が表皮を貫通する汗腺の排出管の汗液の存否により大きく左右されるとすれば U. Ebbecke²²⁾が観察している如く、排出口が皮膚小稜に開口する部では漏斗状に陥凹しているから、ここに溜る汗滴の量従って電極と皮膚面との圧着の程度によっては汗滴を介して排出管と接続される電気的な接触面にも一定を缺くこととなる。この点を考慮して可動電極の皮膚面に及ぼす圧力と皮膚抵抗との関係を明白にする為次の実験を行った。

実験は5月、室温D 33.5°C、W 26°Cに於て被験者を30分間正常椅座せしめ、且精神を平静に保たしめておいて、右側前膊屈側中央部に可動電極を軽く接触せしめ、次第にこの電極に加圧してゆき、弱く圧迫、中等度に圧迫、強く圧迫

した時の皮膚抵抗を測定した。

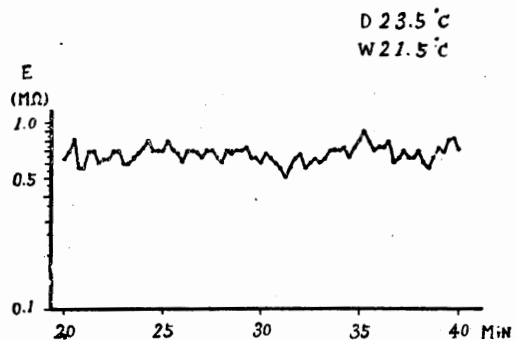
発汗の状態、室温が殆ど一定であると思われる時でも軽く接触せしめた時の皮膚抵抗よりも強く圧着した時のその方がわずかに小さかった。その他の身体部位について行った実験結果も全く同様な傾向が得られた。

従って人体各部の皮膚抵抗を比較する時には可動電極を皮膚面に圧迫する圧力を一定に保持して皮膚抵抗を測定しなければならないことがわかる。

2) 精神電流現象との関係

精神電流現象は手掌で最も明瞭に現れ、一般皮膚面ではその程度がずっと小さく、その電気抵抗の増減は精神性発汗のそれと深い関係があると言われている(久野^{10a)}、藤森^{18b)}、林¹⁹⁾)。併し環境の温度が高温であれば精神的又は感覚的刺激が異常に強大な場合には全身性発汗を起すと言う(久野^{10a, b)})。人体各部の皮膚抵抗を測定するにはこの精神電流現象を考慮しなければならない。

被験者15名につき室温 D 23.5~D 31°C, W 21.5



第1図 精神電流現象との関係
精神を集中したときの皮膚抵抗・測定部位 左側拇指尖掌側部・姿勢 正常椅座位。

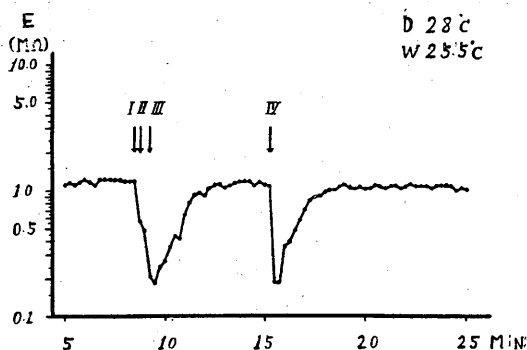
～W28°Cのそれぞれ一定室温に於いて正常椅座位、または仰臥位をとらせ、その拇指尖掌側部、跖趾尖趾側部、前額稍々外側部、前胸乳嘴稍々上部、及び乳腺上肋弓部等に於て15秒毎に皮膚抵抗を測定し、その測定方法はaの方法に従った。

平静時に於ける皮膚抵抗の値には個人的及び側定部位による差異の外、時間の経過中に軽度の動揺があった。この動揺は睡眠中が最も小さく、その範囲は1.2～1.5M Ω の間であり、最も大きく動揺した時でも15秒間に110k Ω を越えなかった。

精神を統一した状態、或は1つの仕事に精神を集中しているようなときにも動揺は小さい。第1図は正常椅座位をとらせ、終始数字を読むことに注意を集中させておいた時のもので、左側拇指尖掌側部で1時間にわたり測定したときの皮膚抵抗値を曲線に表わしたものである。皮膚抵抗は500～900k Ω の間を変動したが、最も大きく変動した時でも15秒間に270k Ω を越えなかった。

これら軽度の動揺の成因については確定的な事は言えないが、上皮内器官の週期的な活動状態によるものと考え。就中W. C. Randall²³⁾は発汗中枢から汗腺に対し週期的に衝撃を送り、汗腺は週期的に活動していると考え、またU. Ebbecke²²⁾も汗腺に於ける週期的興奮状態を観察しているから、これにより汗腺排出口部に溜る汗滴の量的差異及び活動汗腺の数的差異に週期的動揺を生じ、これらが皮膚表面に於ける湿度に複雑な差異を生じ、かくして抵抗動揺の原因となっているものであろう。

次に実際に精神的刺激、感覚的刺激のあったと思われるものを観察すると、その動機と考えられるものは、被験者が上下肢を動かしたとき、大きな呼吸をしたとき、実験室に入室者のあったとき、睡眠中隣室で電話のベルが鳴りその音に驚いて覚醒したとき、脊伸びしたとき、欠伸したとき、隣室に訪門者があったとき、隣室で話声のしているとき、触刺激があったとき、対話したとき、頭を動かしたとき、廊下に人が通



第2図 精神電流現象

測定部位 右側拇指尖掌側部。I 膝を立てる。II 電話のベルが鳴る。III 膝を伸ばす。IV 体を動かす。姿勢 仰臥位。

る足音のしたとき等であった。

これらの視、聴、皮膚刺激が作用したと思われる直後には突発的な皮膚抵抗の著明な減少が15秒間から2分間位にわたって継続し、徐々に元に戻った(第2図)。

この現象を発現部位別にみれば拇指、跖趾では被験者5名全部にみられ、前胸部乳嘴稍々上部では5名の被験者中1名にみられたが、前額部3名、肋弓部1名の被験者4名についてはこの現象の発現は不明瞭であった。

以上の皮膚抵抗の大きな変動は上皮内の器官特に汗腺の活動の急激な増減と、活動汗腺数の増減とに密接な関係があり、主として精神性発汗に起因する皮膚表面に於ける湿度の差異によって惹起される現象と考える。

他に前額部では軽度ながら週期の長い(5分～7分30秒)軽度の動揺が観察された。これは3名の被験者中2名について観察された。藤森^{18b)}藤森、本間、渡部²⁴⁾によればここにも皮膚電気反射がみられると言われているので、この変動も恐らく精神性発汗に関係があるものと思う。

3) 電極と皮膚面との関係

久野^{10a)}増井²¹⁾は発汗が開始すれば分泌管内に汗が充実し、上皮はこの分泌管の尖端開口部を介して電流を導き易い無数の細孔で穿たれる。

為電導度は急に増加すると考えた。Hermann²⁵⁾はこれとは全く別に、皮膚電流は皮膚腺の分泌機能に基づく電気的な活動状態によると考え、J. Tarchanoff¹⁾は彼の考を支持している。

この考はその後分泌神経麻酔剤を使用しても餘り影響されず、外皮の損傷により著しく影響されることから外皮細胞層が重要な役割を演じているという考に訂正されんとしている²⁵⁾。

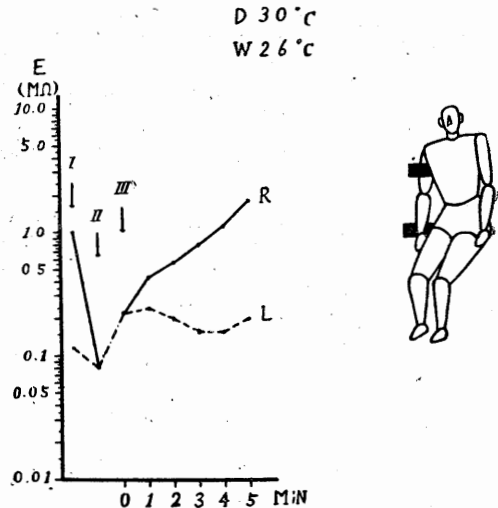
高木¹⁵⁾の所謂圧-半側発汗反射に於ては人体の非圧迫側には著明な発汗を見るが、圧迫側ではこれがない。この現象に上記の考を適応すれば、人体の左右両半側の皮膚面に電気抵抗の差をみとめ得る筈である。而も久野^{10a)}によれば表皮の表面を水で湿しただけでは急には水分が吸収されず電流に対する抵抗の変化も少いというから左右略々対称の部位を食塩水で濡すか、或は電極糊を介して皮膚抵抗を測定しても半側発汗の顯著なときには左右の皮膚抵抗に常に差異がみられると推定される。以上のことを確めるために中等度発汗時に次の実験を行った。

a) 可動電極の先端を綿花とガーゼで包み、これを10%食塩水溶液に浸して(食塩水—綿花—電極)皮膚抵抗を測定した。固定電極は私の原法通りに耳朶においた。

i) 正常椅坐位で左右略々対称の部位に於て30秒毎に測定した皮膚抵抗は不規則な動揺を示したが左右の皮膚抵抗は等しいか、或は大差なかった。

ii) 身体の左右非対称的圧迫に際して肉眼的には非圧迫側に著明な発汗を認めたときでも左右略々対称の部位に於て30秒毎にこの方法で測定した皮膚抵抗は相等しいか、差異のあるときでも僅かであった。

b) 特別な場合として耳朶と身体各部との皮膚抵抗を測定するのではなくて、2つの食塩水—綿花—電極を夫々左側前膊伸側部と左側手背部に固定してこの間の皮膚抵抗を測定した。こうして片側胸部及び臀部を圧迫すれば約2分後に非圧迫側の発汗を認めたが、電極固定側を圧迫したときの皮膚抵抗と、反対側(非固定側)を圧迫したときの皮膚抵抗は圧迫してから3分



第3図 電極と皮膚面との関係

測定部位 手背稍々外側部。I 右側胸部及び右側臀部圧迫5分後。II 左右両手を10%食塩水溶液に浸して濡らした後。III 濡れた手をよく拭いた後。姿勢 右側胸部及び右側臀部圧迫。

15秒後より実験終了迄等しく、共に4.1kΩを示した。

c) しかるに型の如くa法に従って皮膚抵抗を測定すれば、身体の左右非対称的圧迫に際し、左右略々対称の手背稍々外側部の皮膚抵抗に圧迫側に於て大きく、非圧迫側に於ては小さい(第3図のI)。次で圧迫を加えた儘左右両手を10%食塩水溶液に浸し、濡れた手についてa法に従って測定すれば、圧迫側も非圧迫側も等しい値を示す(第3図のII)。更に濡れた手を乾燥布でよく清拭した後上記部位に於て1分毎にa法に従って測定すれば(第3図のIII), 圧迫側の皮膚抵抗は大きく、非圧迫側のそれは小さくなる。拇指尖掌側部に於て行った実験結果も同様な成績が得られた。

d) 電極糊を詰めた2つの漏斗を逆に左右略々対称の前胸部を固定し、この漏斗内に直径13~15mmの銀板を封入して電極とした。他方の電極は型の如く耳朶にクリップで止めて前胸部と耳朶間の抵抗を次の姿勢ではかった。

正常椅坐位、直立位、右側片脚立ちと同時に右側胸部を圧迫したとき、及び圧迫を除去して30分間扇風器をかけて汗をひかせた後正常椅坐

位。

片側胸部圧迫3分後より非圧迫側に肉眼的に発汗を認め、18分後には非圧迫側に著明な発汗を認めたが左右の皮膚抵抗には大差なかった。但し皮膚抵抗は時間の経過と共に不規則な動揺を示していた。

以上の実験成績から皮膚抵抗の変動は Herman²⁵⁾ 及び J. Tarchanoff¹⁾ が考えた如き皮膚腺の分泌機能に基く電氣的活動に原因するものでなく、皮膚表面の湿潤度に主原因があると考えられる。上皮の湿潤度は温度、湿度の如き外的条件により変化し、またその他に内的条件によっても種々変化することも考えられる。

久野^{10a)}、増井²¹⁾が指摘した如く上皮に於ける汗腺の分泌管が汗を以て充滿されて電流を良導する状態に変化すること、並に電極が排出管口部に溜った汗滴を介して電流を良導する排出管と密に接続し得るかどうかという事を全然考慮する必要が無いというのではないが、汗腺活動が増減しても皮膚電気電導度には大差がなく、皮膚抵抗の変動に及ぼす影響は上皮表面の湿潤度の方がより重要な役割を演じていると考えられる。即ち汗腺の活動、従って汗腺分泌管内の水分の多少が関係がないとは云えぬが、それよりも不感蒸泄に關係する上皮細胞間隙の水分と電極間の水分による短絡の方がより大きい影響を与えると考えられる。精神電流現象の測定の場合には電極は予め浸潤にして用いるから、精神性発汗そのものによる電氣的短絡は問題にならない。故にこの場合に電流計にふれがあるとすれば、それは単なる電気抵抗の減少というよりはむしろ皮膚分極の変動と考える方が至当ではなからうか。

浸潤電極を用いて測定した場合の皮膚抵抗のあまり大きくない過期的変動はその実験環境気温から考えても汗腺が過期的に興奮しているものとは考えにくく、それよりもやはり上皮間隙による短絡の増減と考える方が妥当と考える。

以上のことから発汗状態を電気抵抗を以て知ろうとするには測定に当って可動電極面は常に乾燥状態にあることが望ましく、毎回測定直前

に乾燥布を以て電極面の水分を清拭し、他方皮膚面については一定時間内に於ける皮膚表面の湿潤度を出来るだけ失われないようにして測定すべきである。即ちa又はcの方法を以て測定するのが最もよい。

4) 発汗量との関係

そこで発汗量と皮膚抵抗との相関を調べた。

実験は7月1名、9月2名、10月1名、合計被験者4名について行った。被験者に正常椅座位をとらせ、精神を平静に保たしめ、室温を徐々にかえて前胸部または背部に於て一方発汗量を高木、桜井²⁶⁾及び高木^{16a)}の行った方法にならって濾紙法で測定し、他方発汗量測定部の近く或はそれと対称の体部でc法に従って皮膚抵抗を測定した。

ここで問題になることは脊髄性の発汗中枢の存在であるが、久野^{10a)}によれば正常者に於ては発汗量は人体各部で量的差異はあるが、発汗は皮膚区域に於て必ず普遍的に現れると断じ、日常の発汗に対し脊髄は中枢としての独自の官能を缺き脳髄の中枢だけが作用しているというし、また高木^{16d)}も発汗中枢は左右、上下半身に対応する如く分れてはいるが、正常に於ては脊髄の分節に相当した発汗の神経支配を見ることが出来なかったという。

以上のことから発汗量測定部附近或はそれと対称の身体部位を選んで皮膚抵抗を測定した場合でも発汗量と皮膚抵抗との間の関係を略々推察することが出来ると考える。

第4図aはかかる実験の1例を示すものである。発汗量(P)は右側前胸部に於て濾紙法により5分毎(3分間の汗量を測って2分間休む)に測定した。皮膚抵抗(E)は左側前胸部でこれと対称の部位に於てC法に従って3分毎に測定した。Td, Twは夫々実験中の乾球室温及び湿球室温を表わす。図でHとあるのは発汗室内の滞在期間を表わすものである。

図からわかるように皮膚抵抗は発汗室外で行った3回の測定及び発汗室に入って6分後迄は10MΩ以上であった。入室9分後に1.05MΩに急減し、12分後には650kΩに減少しているが

この間の汗量は次第に増加して $1 \sim 2 \text{ mg}/24 \text{ cm}^2$ に達している。その後発汗量と皮膚抵抗とは室温の変化に伴い略々逆比例的に変動していることが図から察知出来る。則ち最大発汗と最小皮膚抵抗は略々同時、入室後約45分に現れ、その前後の変動も逆位相的に動いていた。

なおこの実験に於て興味を引く点は、先ず発汗室に入って6～9分の間で明らかに皮膚抵抗は減少しているが、発汗量では極めてゆるやかな増量が行われているに過ぎない点である。即ち発汗量と皮膚抵抗とは発汗がある程度多くなれば概略的には並行性があるが、濾紙法で発汗開始の時期が未だ不明のときに皮膚抵抗はすでに減少して汗腺の活動開始、即ち発汗開始を推定せしめる。本実験例に於てはこの時期が6～9分の間であり、また他の実験に於ても略々同様な時間的關係がみられたが、皮膚抵抗と発汗量の初期変動に於けるこの差異が何によって生

ずるか、濾紙法による測定も更に精密に行えば皮膚抵抗と同様な変動を示すものであるか、或はまた電氣的皮膚抵抗と実際の発汗量との本質的なちがいがこの点に存在するものか更に検討を要するところであろう。

第4図bも同じ意図のもとに行った実験であるが、その測定方法が幾分異り濾紙法による発汗量の測定は前例同様5～6分毎（3分間の汗量を測定して2～3分間休む）に測定し、皮膚抵抗の測定はb法に従って5分毎に行った。図から発汗量(P)と皮膚抵抗(E)とは発汗量が或程度多くなれば概略的には並行性のあることが察知出来る。室温が上昇し発汗量が多くなったときでも皮膚抵抗曲線の変化は第4図aと比較して稍々緩慢であるが、室温が下降して発汗量が減少したときに於ける皮膚抵抗曲線の変化は稍々急速である。

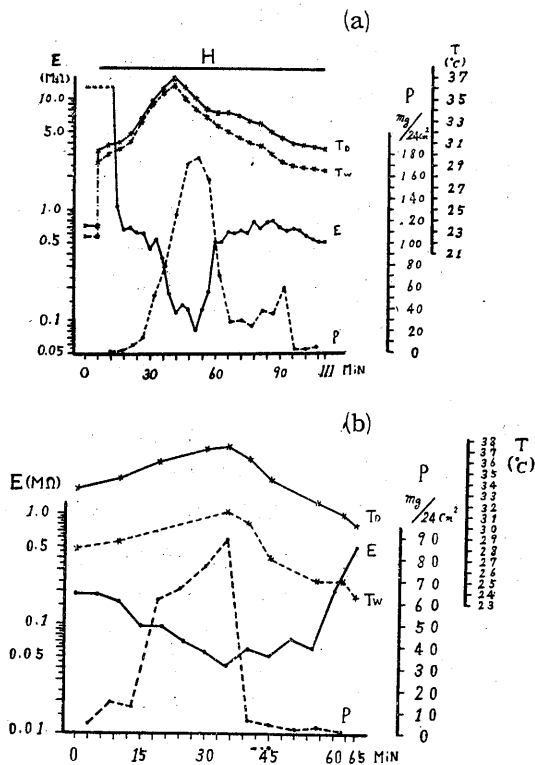
この2つの実験からa法の方が発汗量推定に對して良好であるといえる。

B. 皮膚圧迫と皮膚抵抗との関係

高木^{15d)}の圧反射は所謂半側発汗より発して殆ど総ての自律神経機能に及んでいる。私は上述の実験を基礎として皮膚抵抗に及ぼす圧効果を以下の様に追究してみた。

1) 測定時間の選択

高木、桜井²⁶⁾の発汗に関する実験では圧迫してから3分後に非圧迫側の発汗が昂進している。発汗量と皮膚抵抗とは概略的には並行性があるという事実から、圧迫すれば皮膚抵抗に変動を惹起することは推察される。しからば略々一定に保持した室温と湿度のもとで、圧迫後身体各部の皮膚抵抗を検査する際圧迫後何分位してから測定すれば皮膚抵抗の上に差異があらわれるかを明らかにするため次の実



第4図 発汗量と皮膚抵抗との関係

測定部位 前胸部. E 皮膚抵抗. H 発汗室に滞在中の期間.
P 発汗量. Td 乾球室温. Tw 湿球室温. 姿勢 正常椅坐位.

験を行った。

皮膚抵抗の測定はa法に従って3分毎に行った。実験は4月発汗室に於て、室温D29°C、W27°Cの許で被験者に精神を平静に保たしめ、15分間正常椅坐位をとらせた後、左右前膊屈側中央部、左右拇指尖掌側部、左右前胸乳嘴稍々上部、左右大腿伸側中央部でそれぞれ略々対称の部位を選び、3分毎に3回測定し(第5図のI、第5図は前胸部のもの)、次で右側胸部を松葉杖で圧迫し、同時に右側臀部を椅子に掛けて圧迫して8回測定し(第5図のII)、次で右側胸部の圧迫を除去して正常椅坐位で10回測定した(第5図のIII)。

圧迫後発汗状態を肉眼的に観察すれば、圧迫15分後より非圧迫側に著明な発汗を認めた。

圧迫前に於ける皮膚抵抗をみれば、左右の皮膚抵抗値に大差なく、前膊屈側中央部及び拇指尖掌側部に於ては圧迫開始3分後より圧迫継続期間中、また前胸部乳嘴稍々上部及び大腿伸側中央部に於ては圧迫開始6分後より圧迫継続期

間中、共に圧迫側の皮膚抵抗は大きく、非圧迫側のそれは小さかった。圧迫除去30分後迄には全例に於て皮膚抵抗は左右大差なくなった(第5図)。

第5図についてみれば、右側胸部の圧迫を除去して正常椅坐位をとらせれば大きかった右側(圧迫側)の皮膚抵抗は急に小さくなった。

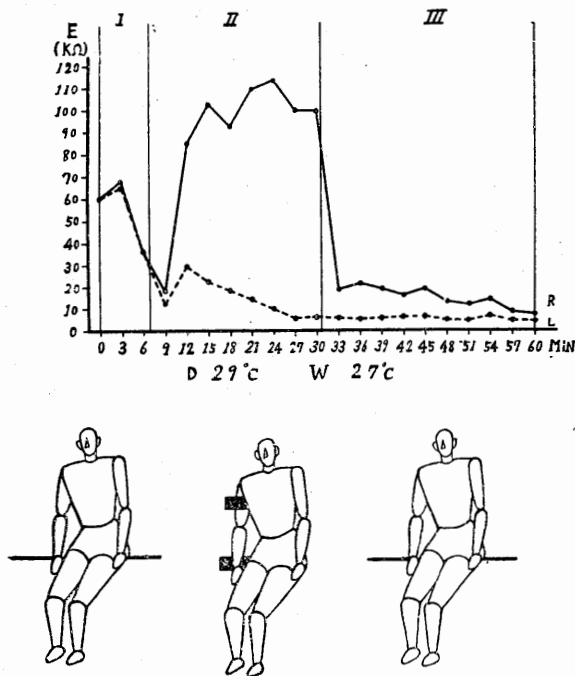
圧迫除去後の発汗状態を肉眼的に観察すれば、圧迫除去後たちまちのうちに圧迫側に発汗し来り、30分後には左右両側に於て発汗が著明であった。

以上の実験から圧迫が加えられてからその効果が皮膚抵抗の変化として認められる迄の時間は室温及び測定部位によって多少の遅速があるが、圧迫が皮膚抵抗に及ぼす影響を検査する場合大部分の実験ではD29°C、W27°C以上の室温で圧迫後15分以上経過してから皮膚抵抗を測定することにした。

2) 測定温度の選択

発汗は発汗中枢と汗腺の興奮性によって大いに左右されると考えられる。夏季には之が昂まって発汗し易い状態にあり、動機さえあれば直ちに発汗し潜伏期は短い、冬季には興奮性が低下しており、相当な高温に於ても直ぐには発汗せず潜伏期は長い。久野^{10a,b)}は凡そ11°C以下の室温では温熱性発汗、精神性発汗共に停止すると述べている。藤森^{18b)}は温度の影響については汗腺機能からくる間接の影響も考慮しなければならないが、一般に皮膚温が上昇すると皮膚抵抗は減少すると云い、春夏冬の3季節に手掌と手背における皮膚電気抵抗と皮膚電気反射の現れ方を観察した結果、電流性皮膚反射曲線に季節的相異がみられ、これは主として皮膚温の差異によるものであると述べている。問田、大庭²⁷⁾は室温並に湿度と皮膚抵抗とは逆比例すると云っている。藤巻²⁸⁾も室温とインピーダンスが逆比例すると述べている。

以上は外的条件による感受性の変動であるが、なおその他に内的条件によっても変動するものと考えられる。ここでは環境温度と皮



第5図 測定時間の選択

測定部位 前胸部乳嘴稍々上部。姿勢 I 発汗室入室15分後の正常椅坐位。II 右側胸部及び右側臀部圧迫。III 正常椅坐位

膚圧迫による影響との関係を明らかにするため次の実験を試みた。

実験は3月より4月の間に行った。室温D11°C W9°C, D15°C W13°C, D20°C W18°C, D25°C W22.5°Cの各温度に於て被験者に正常椅坐位をとらせ、精神を平静に保たしめ、15分後に前胸部乳嘴稍々上部(1)、乳線上肋骨弓部(2)、臍高位で側腹部(3)、上膊屈側中央部(4)、前膊屈側中央部(5)、手掌小指球部(6)、手掌中指根部(7)、手背部(8)、中指尖掌側部(9)、拇指尖掌側部(10)、大腿伸側中央部(11)、下腿前方中央部(12)、足背(13)に於て左右略々対称の部位を選びa法に従って皮膚抵抗を測定した。

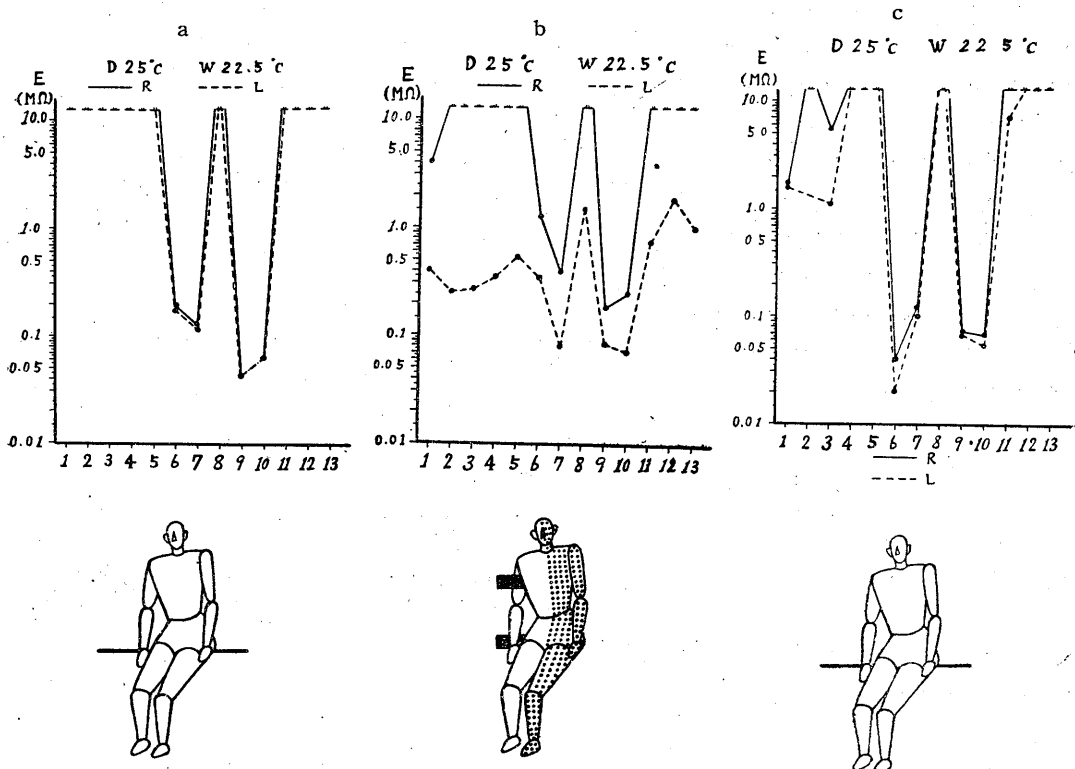
次で右側胸部を松葉杖で圧迫し、同時に右側臀部を椅子に掛けて圧迫し、圧迫15分後に上記13箇所にてa法に従って測定した。最後に右側胸部の圧迫を除去し、正常椅坐位で圧迫除去後15分してから上記13箇所にて測定した。

初め正常椅坐位をとってから15分後に測定し

た皮膚抵抗は全例を通じて左右共手掌部及び其他数箇所を除いて殆んど全部の部位に於ける皮膚抵抗は10MΩ以上であり、皮膚抵抗が10MΩ以下であった部位に於てはすべて左右の皮膚抵抗には大差なかった(第6図a)。手掌部の皮膚抵抗が全例を通じて10MΩ以下であったということは手掌の発汗があまり環境温度の影響を受けず、たえず少量乍ら発汗しているためであると思う。

次で圧迫15分後の皮膚抵抗は手掌部に於ては全例左右とも10MΩ以下で、而も圧迫側は反対側よりも大きかった。手掌部以外の部位については室温が低い時は大部分の部位に於て10MΩであった為測定不能であったが、室温が高くなるにつれて10MΩ以下の値を示す部位が多くなり、かかる部位では左右の差が明かに認められた。

D25°C W22.5°Cに於て肉眼的観察では発汗は不充分であったが、皮膚抵抗の測定成績では第



第6図 測定温度の選択 横軸は測定部位を示す(本文参照)

a 非圧迫時。姿勢 正常椅坐位。b 右側胸部及び右側臀部圧迫時。c 圧迫除去後。姿勢 正常椅坐位

6 図 b にみられる如く圧迫による効果は全く明瞭である。以上の成績から圧迫が皮膚抵抗に及ぼす影響を検査するためには、検査室の室温が $D25^{\circ}C$ $W22.5^{\circ}C$ 以上であることが望ましい。

次で圧迫を除去してから15分後に測定した皮膚抵抗は略々圧迫前の値に近ずき、皮膚抵抗値が $10M\Omega$ 以下の部位では左右の皮膚抵抗の間には大差なかった (第6図 c)。

3) 皮膚圧迫が全身体表の皮膚抵抗に及ぼす影響

実験は7月より11月迄の間に被験者23~48才迄の健康男子29名について行った。室温は $D20^{\circ} \sim D38^{\circ}C$, $W16.5^{\circ} \sim W30.5^{\circ}C$ で大部分は $D26^{\circ}C$ 以上の室温である。

測定箇所は人体左右15~35箇所で、即ち額部(1)、鼻翼部(2)、頬部(3)、上口唇部(4)、頤部(5)、頸前部(6)、頸後部(7)、鎖骨下部(8)、前胸乳嘴稍々上部(9)、乳線上肋骨弓部(10)、肩胛間部(11)、肩胛下角部(12)、背下部(13)、臍高位側腹部(14)、下腹部(15)、鼠蹊部(16)、腰部(17)、臀部(18)、肩部(19)、上膊屈側中央部(20)、上膊伸側中央部(21)、前膊屈側中央部(22)、前膊伸側中央部(23)、手掌部(24)、手背部(25)、中指尖掌側部(26)、拇指尖掌側部(27)、大腿前側中央部(28)、大腿後側中央部(29)、大腿外側中央部(30)、下腿前側中央部(31)、下腿後側中央部(32)、下腿外側中央部(33)、足背部(34)、踵趾尖趾側部(35)で左右略々対称の部位を選んだ。

正常椅坐位18例、直立位1例、仰臥位13例、腹臥位12例、側臥位23例、片側胸部と反対側臀部とを同時に圧迫した4例、直立位で両側胸部圧迫

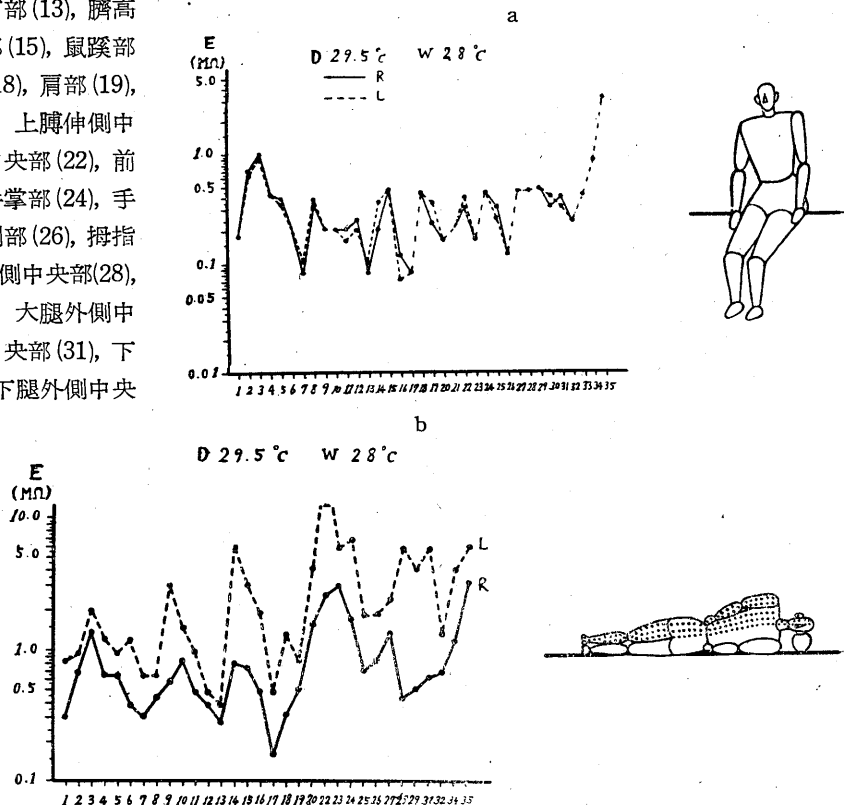
1例、総数72例につき皮膚抵抗を測定した。その測定方法に就ては各実験例に就て後述する。実験中は被験者に精神を平静に保たしめ、姿勢をとってから5~70分後、大部分の被験者に就いては15分以上経過してから測定を開始した。

a) 正常椅坐位18例中7例、仰臥位13例中1例、腹臥位12例中1例、直立位1例、合計10例についてはa法に従って測定し、他の34例についてはb法に従って測定した。

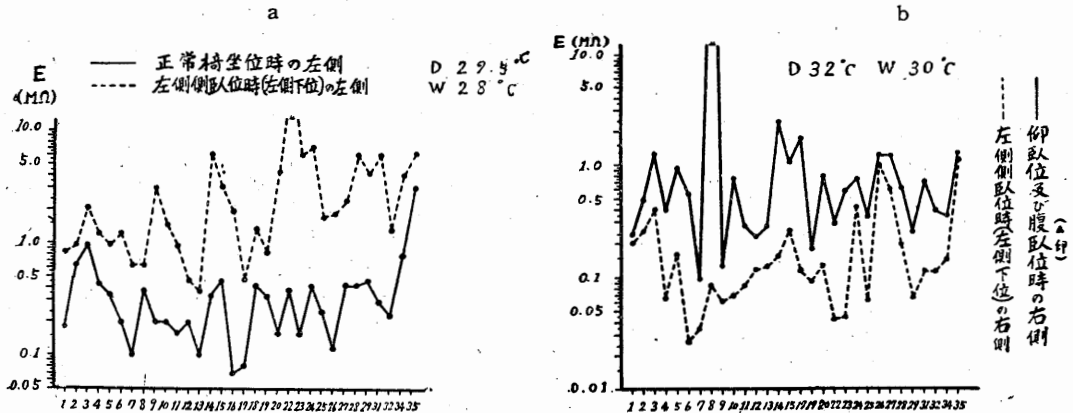
まず正常椅坐位、仰臥位、腹臥位、直立位時の皮膚抵抗を測定すれば、上記各部位で左右略々対称の位置に於ける皮膚抵抗は等しいか、或は大差なかった (第7図 a)。

b) 総数23例中1例はb法に従って測定し、他は総てa法に従って測定した。

あらかじめ正常椅坐位、腹臥位、仰臥位等で皮膚抵抗を測定した23名の被験者について側臥位をとらせ前と同じ部位で皮膚抵抗を測定すれ



第7図 皮膚圧迫が全身体表の皮膚抵抗に及ぼす影響
横軸は測定部位を示す (本文参照) a 姿勢 正常椅坐位. b 姿勢 左側側臥位。



第8図 皮膚圧迫が全身体表の皮膚抵抗に及ぼす影響 横軸は測定部位を示す (本文参照)

a —— 正常椅坐位時の左側. ---- 左側側臥位時(左側下位)の左側.

b —— 仰臥位及び腹臥位時(▲印)の右側. ---- 左側側臥位時(左側下位)の右側.

ば、下位になった側(圧迫側)の皮膚抵抗は上位になった側(非圧迫側)のそれよりも大きかった。

第7図bはかかる実験の1例を示すものである。その他大部分の実験に於ても略々同様の成績がみられた。全例中2例に於てはその成績少々不明瞭なものがあり、その原因は窓を開放した通風の良い室で実験を行ったためであろうと考えるが、これら2例に就いても第7図bにみられた成績と同様な傾向はみられた。

c) 次に正常椅坐位、仰臥位及び腹臥位時の皮膚抵抗と側臥位時の皮膚抵抗との関係をみれば、左側側臥位時の左側(圧迫側)の皮膚抵抗は正常椅坐位、仰臥位及び腹臥位時の左側のそれより大きかった(第8図a)(b法)。

d) また左側側臥位時の右側(非圧迫側)の皮膚抵抗は仰臥位及び腹臥位時の右側のそれよりも小さかった(第8図b)(a法)。

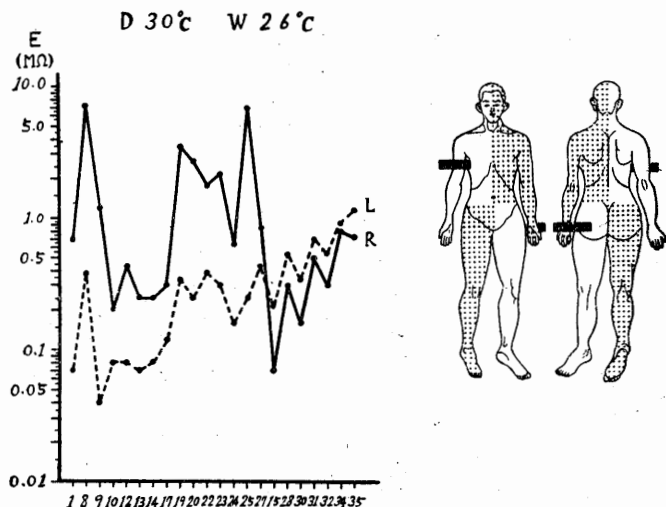
e) 直立位に於て両側胸部を同じ強さで同時に強く圧迫すれば左右略々対称の部位で測定した上半身の皮膚抵抗は増大し、下半身のそれは減少した(a法)。

f) 身体両側を交叉性に圧迫すれば皮膚抵抗も交叉性に変動した(a法)。第9図はかかる実験の1

例を示すものである。この図から身体前面では側腹部以上の左側及び下腹部以下の右側の皮膚抵抗が反対側のそれより小さく、身体背面では腰部以上の左側及び大腿以下の右側皮膚抵抗が反対側のそれより小さいことが理解出来る。他の3例に就いても略々同様の成績がみられた。

g) 側臥位、或は身体を左右非対称的に圧迫して測定した後再び元の直立位、正常椅坐位、腹臥位、仰臥位をとらせれば時間の経過と共に左右の皮膚抵抗は互に元の皮膚抵抗の値に近ずき、左右の皮膚抵抗には大差なくなった。

以上の実験成績は発汗に対する高木、桜井²⁶⁾、



第9図 皮膚圧迫が全身体表の皮膚抵抗に及ぼす影響

横軸は測定部位を示す (本文参照) 姿勢 右側胸部及び左側臀部圧迫

川瀬²⁹⁾の皮膚圧迫の実験成績と全く等しいことが皮膚抵抗測定によっても言える。

IV. 考 察

発汗時の測定には種々の方法がある。

人体天秤を使用する総汗量の測定法、沃度澱粉反応を応用した汗の着色法、拡大鏡を使用する汗滴観察法、硝子毛細管を使用する単一汗腺の分泌測定法、塩化カルシューム又は五酸化磷に吸湿させて秤量したり(久野氏法^{10a,b,c)}、濾紙に吸湿させて秤量して発汗経過を測定する方法(高木氏法^{15a,b,c,e)})がある。

発汗経過を測定する久野氏法^{10a,b,c)}、及び高木氏法^{15a,b,c,e)}はいずれも秤量ということに伴っており、これが測定に当っては相当の時間を必要とする。その測定の結果は前者は最も正確であるが身体の広い部分についての測定には不便であり、臨牀的に用いることには相当の困難がある。

発汗にあたっては汗腺の活動が増加し、排出管が汗で充満されて皮膚と内部との間に汗による短絡を作ること、或は皮膚表面に汗液が拡がること、或はその他の理由によって皮膚の電気抵抗の減少が予想される。もしもこの減少が発汗量とある程度の平行性を有する事が証明されれば勝木、林、鈴木¹⁰⁾によって考案された皮膚電気抵抗測定器によって手軽に臨牀的にも発汗の状態を推定し得るという利便が生じて来る。

このことを確めるために環境気温及び湿度をかえて前胸部または背部に於て発汗量を濾紙法で測定し、同時に発汗量測定部近く或はそれと対称の体部で皮膚抵抗を測定し、その他常温に於ても見られるという手掌、足蹠等の発汗及び精神動揺による皮膚抵抗の変動や、圧-半側発汗反射のときの皮膚抵抗等を測定し、また電極或は皮膚面を食塩水で濡らしたときの皮膚抵抗を測定した。

そしてこのとき如何なる条件のもとに測定することが発汗量との平行性を現わすに最も適しているかを吟味し、a 又は c 法で測定することが最良であることを知った。

1) 即ちこの方法によれば温熱性発汗では発汗量と皮膚抵抗は比例した。

2) 但し電極を圧迫すれば皮膚抵抗はわずかに減少する。

3) 平静時の皮膚抵抗は時間の経過中軽度に変動したが、この変動は睡眠中が最も小さく、覚醒中は変動するが精神を統一した状態、或は1つの仕事に精神を集中しておれば変動は小さい。

4) 手掌、足蹠では精神性変動があれば皮膚抵抗は変動する。被験者が出来るだけよく安静にしておれば皮膚抵抗の変動は手掌、足蹠に於ても殆んどみられぬ。まして身体皮膚面の他の部位に於ては殆んど変動しないと言える。

5) 肉眼的には明らかに半側発汗即ち左右側の発汗量がちがっているときには発汗側の皮膚抵抗が反対側のそれより小さい。

以上の実験成績から被験者に対しては出来るだけ安静にさせ、精神を平静に保たせ、検者はその測定にあたり可動電極を皮膚に圧迫する圧力を一定に保ち、a 法に従って皮膚抵抗を測定した場合には皮膚抵抗の測定によって定量的の計測は困難であるが、相当の程度まで発汗状態、発汗量の増減を推測し得ることを確めることが出来た。

ついで、この原理に基いて高木、桜井の方法²⁶⁾ではなし得なかった多くの部分についての発汗状態の観察を各部の電気抵抗を極めて短時間内に測定することによって行い、半側発汗、交叉性発汗、上下発汗の様態を全身について調査して、彼等の所信を改めて確証した。

さて発汗時に皮膚抵抗が変化する原因を考察してみよう。前述したように。

1) 半側発汗時に左右両側共10%の食塩水で皮膚を湿潤させておくか、電極を食塩水で予め濡らしておくかすると左右両側の皮膚抵抗に差がみられなかった。

2) 皮膚抵抗測定部の皮膚面と電極との間に電極糊を介在せしめて半側発汗時に皮膚抵抗を測定しても左右の皮膚抵抗に差がみられなかった。

以上の実験成績から皮膚抵抗の変動は汗腺の活動電位によるものでなく、主として皮膚表面の湿潤度の変化によって起ると考えられ、汗腺排出管が汗で充滿されて、皮膚表面と内部との間に汗による短絡を作ることによる影響はあったとしても大して大きくないと言える。

しかし2)に於ては電極と皮膚面との間は電極糊によって密接されているが、時間の経過と共に皮膚抵抗は動揺していること。また第4図aに於て30分以後は肉眼的に全く皮膚は汗でべっとりと濡れているのに尙皮膚抵抗の動揺がみられることから単なる皮膚表面の湿潤だけでは未だ言い切れないところがある。これには皮膚面に於ける発汗による上皮細胞間隙と電極との短絡、汗腺排出管による皮下組織との短絡の大小、またこの短絡を通じての汗腺自体の細胞膜のイオン透過性、表皮自体の浸漬状態等も考慮しなくてはならないと思う。

V. 結 論

1) 皮膚直流電気抵抗計で次の様な注意を以て皮膚直流電気抵抗を測定すれば、発汗量の大小を知るために充分臨牀的にもこの方法を用いることが出来る。

a) 電極の大きさ及びその性質

i) 電極の大きさ

通常皮膚抵抗を測定するには固定電極、可動電極共にその電極面は直径約10mmでよいが、必要に応じてさらに大きくしても小さくしても良い。金属板電極を用いた場合抵抗値は皮膚と接触する極板の面積が関係し、一般に面積が広ければ広い程抵抗値は減少する。

ii) 電極の性質

金属板電極として銀板、或は亜鉛板が用いられるが、電極は不分極性である事が望ましく、通常測定前によく磨いてから使用し、固定電極を耳朶に固定する前に耳朶皮膚面をアルコールでよく清拭し、電極糊を充分すりこむようにしてから電極をクリップで止める。可動電極面は常に乾燥状態にあることが望ましく、そのためこれを測定直前に乾燥布で清拭してから測定

する。

b) 測定時に於ける注意

i) 検査に適する身体状態を作ること

a) 温度

環境気温は25°C以上であることが望ましい。夏季肌が汗ばんでいる場合には両電極間の距離を短くすれば汗による短絡のために表面皮膚の抵抗が減少し、測定部位の皮膚そのものの抵抗値が不正確になる。

b) 被験者の態度

皮膚抵抗値を大きく動揺させないため測定15分前より測定終了まで被験者に出来るだけ安静に保たしめ、精神を平静に保たせる。

ii) 測定操作

a) 可動電極を皮膚面に圧迫する圧力を一定に保つこと。

b) 測定部皮膚面の水分を清拭することなく手早く測定すること。また一定時間毎に連続して測定する場合には初め乾燥布で皮膚面を清拭し、一定時間後に皮膚抵抗を測定し、測定後直ちに乾燥布で皮膚面を清拭し、以後何回でも同様の操作を繰返して測定する。

2) 圧-半側発汗、交叉性発汗、上下発汗反射をこの方法で再確認出来た。

3) 皮膚の直流電気抵抗との関係を論じた。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲の労を賜った恩師高木教授に対し深く感謝の意を表すると共に、種々の御援助を戴いた長谷川漢譯師並びに教室員諸氏に謝意を表する。

文 献

- 1) Tarchanoff, J. (1890) Ueber die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizungen der Sinnesorgane und bei Verschiedenen Formen der psychischen Thätigkeit. Pflügers Arch. 46, 46-55
- 2) Verguth, O. (1907) Das psycho-galvanische Reflex-phenomen. Mschr. Psychiatr. 21, 387-425
- 3) M'Dowall, R. J. S. (1933) The physiology of the psycho-galvanic reflex. Quart. J. exper. Physiol. 23, 277-285
- 4) Regelsberger, H. (1934) Hautwasser abgabe und Körpertemperatur in ihrer Beziehung zum Elektrodermatogramm. Z. exper. Med. 93, 222-235
- 5) Freeman, G. L. and C. W. Darrow (1935) Insen-

- sible perspiration and the galvanic skin reflex. *Am. J. Physiol.* 111, 55-63
- 6) Leva, J. (1913) Ueber einige körperliche Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge, mit besonderer Berücksichtigung des psycho-galvanischen Reflexphänomens. *Münch. med. Wschr.* 60, 2386-2389
- 7) a) i) Gildemeister, M. (1915) Der sogenannte psycho-galvanische Reflex und seine physikalisch-chemische Deutung. *Pflügers Arch.* 162, 489-506
 ii) Gildemeister, M. (1923) Zur Physiologie der menschlichen Haut. IV. über Zellpermeabilität und Erregung. *Pflügers Arch.* 200, 278-284
 b) Gildemeister, M. (1913) Ueber die physikalisch-chemischen und Physiologischen Vorgänge im menschlichen Körper, auf denen der psycho-galvanische Reflex beruht. *Münch. med. Wschr.* 60, 2389-2391
- 8) Hara, Y. (1931) Untersuchungen über die Innervation der Schweissdrüse, mit Hilfe der hautgalvanischen Methode (sog. psycho-und neurogalvanischen Phänomen). *Jap. J. med. Sci. Biophysics* 2, 215-247
- 9) Wang, G. H. and T. W. Lu (1930) a) On "Inhibition" of the secretion of sweat in the cat by stimulation of dorsal nerve-roots. *Chin. J. Physiol.* 4, 175 b) Galvanic skin reflex induced in the cat by stimulation of the motor area of the cerebral cortex. *Chin. J. Physiol.* 4, 303-326 c) The "all or none" nature of sweat secretion and of conduction in the post-ganglionic sympathetic nerve-fibres in the cat. *Chin. J. Physiol.* 4, 405-414 d) On the intensity of the galvanic skin response induced by stimulation of post-ganglionic sympathetic nerve fibres with single induction shocks. *Chin. J. Physiol.* 4, 393-399
- 10) a) 久野 寧 (1946) 汗 養徳社
 b) Kuno, Y. (1934) The physiology of human perspiration. London Churchill.
 c) 久野 寧 (1927) 本教室に於ける人体皮膚放散水量測定装置 (発汗室) 満洲医学誌 7 (4), 497-508
- 11) Richter, C. P. (1929) Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin. *Amr. J. Physiol.* 88, 596-615
- 12) Wang, G. H. and C. P. Richter (1928) Action currents from the pad of the cats foot produced by stimulation of the tuber cinereum. *Chin. J. Physiol.* 2, 279-283
- 13) Richter, C. P. and F. Whelan (1943) Sweat gland responses to sympathetic stimulation studied by the galvanic skin reflex method. *J. Neurophysiol.* 6 (3), 191-194
- 14) Richter, C. P., R. G. Woodruff and B. C. Eaton (1943) Hand and foot patterns of low electrical skin resistance: Their anatomical and neurological significance. *J. Neurophysiol.* 6, (5-6), 417-424
- 15) a) 高木健太郎 (1948~1949) 半側発汗の動機について 日本生理誌 11, 137-141
 b) 高木健太郎 (1948) 半側発汗の原因について 医学と生物学 13, 13 (6), 438-439
 c) 高木健太郎 (1950) 手術後の発汗異常について 臨床外科 5, (8) 414-417
 d) 高木健太郎 (1952) 生体に於ける反射性の興奮と抑制 脳と神経 4 (4), 201-207
 e) 高木健太郎 (1951) 皮膚圧迫の自律神経機能に及ぼす影響 生体の科学 2 (6), 255-262
- 16) 勝木保次・林 裕造・鈴木宗治 (1951) 皮膚電気抵抗測定器 日本生理誌 13, 32
- 17) 高木健太郎・高橋善策 (1951) 簡易な発汗室の製作について 医学と生物学 18, (1), 25-27
- 18) a) 藤森聞一 (1950) 皮膚電気反射 (精神電流現象) に関する最近の知見 生体の科学 2 (3), 98-103
 b) 藤森聞一 (1953) 皮膚電気抵抗及び皮膚電気反射と臨床 脳と神経 5 (5), 259-283
- 19) a) 林 正吾 (1949) 体側部圧迫の精神性発汗に及ぼす影響 医学と生物学 15 (6), 347-349
 b) 林 正吾 (1953) 圧-発汗反射に関する研究 新潟医学会誌 67 (8), 775-783
- 20) 伊藤 竜・増井市郎 (1941-1942) 発汗と皮膚電導度との関係 日本生理誌 6, 128-129
- 21) 増井市郎 (1942) 人体発汗時の皮膚電流抵抗変化 日本生理誌 7, 448-471
- 22) Ebbecke, U. (1951) Arbeitsweise der Schweissdrüsen und sudomotorische Reflex bei unmittelbarer Beobachtung mit Lupenvergrößerung. *Pflügers Arch.* 253, 333-350
- 23) Randall, W. C. (1946) Sweatgland activity and changing patterns of sweat secretion on the skin surface. *Am. J. Physiol.* 147 (2), 391-398
- 24) 藤森聞一・本間伊佐子・渡部美穂 (1951) 皮膚電気反射の身体部位差に就いて 脳神経領域 9冊, 28-38
- 25) Hermann. 本川弘一著 (1949) 一般生理学 143, 三共出版株式会社より引用
- 26) Takagi, K. and T. Sakurai (1950) A sweat reflex due to pressure on the body surface. *Jap. J. Physiol.* 1 (1), 22-28
- 27) 問田直幹・大庭 寛 (1952) 人間の健康な皮膚の電気抵抗について 日本生理誌 14, (4), 210
- 28) 藤巻延吉 (1953) 人体皮膚インピーダンスの季節的変動について 日本生理誌 15 (4), 139
- 29) a) 川瀬隆男 (1951) 圧-半側発汗反射その後の研究 日本生理誌 13, 107
 b) Kawase, T. (1952) Further studies on "Pressure sweat reflex". *Jap. J. Physiol.* 3 (1), 1-9

Summary

The electrical resistance of human skin was experimentally measured by means of the resistance measuring apparatus of Katuki. Three electrodes were applied, two of them wet and fixed on the earlobes, while the other dry and movable. The measuring method was carefully examined and the following was found to be favourable to my experiments; the electrical resistance is rapidly measured at a certain time intervals and after every measurements the sweat of the measuring skin area is wiped off by dry gauze.

The symmetrical parts of the body surface have almost the same values of the electrical resistance in normal quiet condition, but that of asymmetrical part have different values in each other. The resistance value shows slight shiftings during the course of measurements. Some mental or sensory stimuli elicit immediately remarkable reduction of the resistance in palms, soles and front chest. The amount of sweat was nearly in inverse proportion to the resistance value under 23.5–37.0°C of room temperature. Therefore in pressure-hemihidrosis considerable difference of the resistance was found by this method between the symmetrical body surface, but it disappeared when the resistance was measured with the wet movable electrode.

Considering the above facts, the nature of the electrical skin resistance was discussed.

(Department of Physiology, Niigata University School of Medicine)

毛細管電極による単一運動神経線維の反復刺激 612.816.1

Electric Stimulation of a Single Motor Fiber with a Faladic
Shocks of Various Frequencies.

正 田 豊 作 (SHODA-Toyosaku)*

I. 緒 言

通常の坐骨神経腓腹筋標本の神経の2ヶ所に電極を置いて間接的に感応 coil を以て強縮性に刺激した場合には、刺激の頻度が適当であれば筋には完全強縮が現れ、又此の際、筋に直接電極を当て刺激しても同様に強縮が見られる事等はよく知られた事実である。併しながら、単一筋線維を移⁷⁾の隔絶法に類似の方法を用いて比較的限局した部位からのみ刺激電流が作用する如くした佐⁴⁾の実験に於ては、強縮性刺激に対して完全強縮が起ることは殆んどなく、不完全強縮が攣縮がくり返されるにすぎないと報告されている。神経線維を刺激する場合に於ても、単一神経線維の一定部位にのみ刺激電流が作用する如くすれば、筋線維に於けると同様の現象が現れるのではないかと推定されるが、これ等の事柄については全く報告されていない。依って余は此の事柄を確めるため本研究を企てたのである。

II. 実験方法

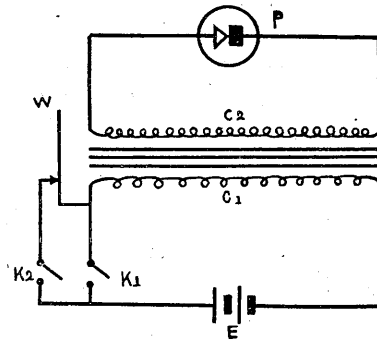
1) 実験材料

実験材料としては蛙の坐骨神経脚標本を用いた。その標本の作り方は、坂本²⁾または松本¹⁾の方法に従って蛙を殺し、脊髓を第7節の附近で切断し脊髓を破壊した後、皮膚をはぎこれを Ringer 氏液を満した容器の底部のコルク板上に背位に固定した。又刺激には第9脊髓神経を用いたので他のものはすべて切断した。電極を当てる第9脊髓神経の起始部はその周囲の結組織等をピンセットで丁寧に取り去った。

2) 不分極性電極及び刺激電極

通電に際し分極をさけるために用いた不分極

* 群馬大学医学部生理学教室



第1図 感応電撃を用いた場合の電氣的連結法
E: 電池 (4V). C₁, C₂: 感応 coil の一次及び二次 coil. K₁, K₂: 電鍵. P: 標本. W: Wagner の鉗

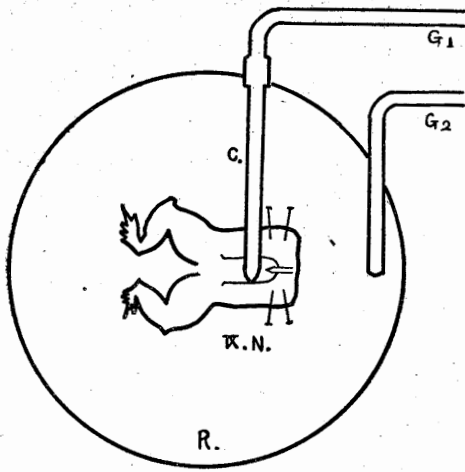
性電極は、面積約 $10 \times 10 \text{ cm}^2 \times 2$ の銅板であつて、之を大量 (約 1l) の Ringer 氏液中に浸したものであつた。此の電極を介して刺激電流を送った場合には検出し得る程度に分極が起らないことは予め検査した。単一運動神経線維を刺激するためには坂本³⁾の方法に従って作った毛細管電極 (孔の直径 20μ) を用いた。

3) 電氣的連結法

実験には Wagner の鉗を用いて得た頻度 (50 ~ 120 回/sec) の感応電撃、50cycle の交流及び 50cycle の交流の半波を遮断した脈流を用いたのであるが、第1図は感応電撃を用いた際の電氣的連結法を示したものである。此の際電撃の頻度は Wagner の鉗の固有振動を変える方法によって種々に変え、其の頻度は実験に際して其の都度電磁音又と同時に kymographion に描記して測定した。刺激に際しては刺激電極が開放電撃に対して陰極になる様にした。50cycle の脈流は交流を整流管を用いて整流したものをを用いた。

4) 実験順序

実験に際しては毛細管電極を第9脊髓神経の適当な場所に当て (第2図) 単一開放電撃を送



第2図

C: 毛細管電極, G₁, G₂: 不分極電極と連結する Ringer 氏液を充した硝子管, R: Ringer 氏液, K.N.: 第9脊髄神経.

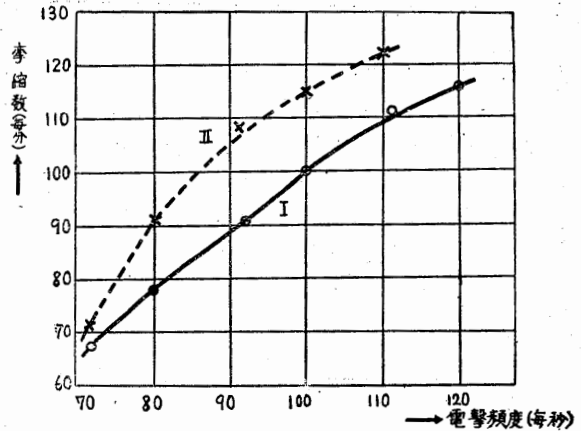
りつつ単一運動神経線維が刺激される様にしたのであるが、その目標は坂本³⁾に従って趾等に起る一定の運動を以てした。単一運動神経線維が刺激されることが確実と思われる様な目標が決った後も尚電極を極めて僅か前後左右等に移動し、刺激電流の強さが相当広く変っても、見出した一定の運動が全く変らない様な電極の位置を求めた。斯様な位置に電極を当てる事が出来たらその後20~30分間時々単一開放電撃を送り、刺激閾に変化あるや否やを検査して刺激閾の変化が小さい場合に限り本実験を行った。

II. 実験成績

1) 持続感応電撃による刺激

a) 強度を一定にして頻度を種々にした場合.

毛細管電極を神経に当てて趾等の一定した運動によって単一神経線維刺激の目標が定まった後、刺激閾より稍々強い一定強度の持続性感応電撃のある頻度のものゝ刺激すると、単一感応電撃を用いて刺激した場合と全く同じ筋に同様な一定した運動が起るのであるが、此の際電撃の筋の強縮を起すに充分な頻度であるにもかかわらず趾等に起る運動は決して強縮でなく、攣縮が繰り返されるにすぎない。



第3図 電撃頻度と攣縮回数の関係

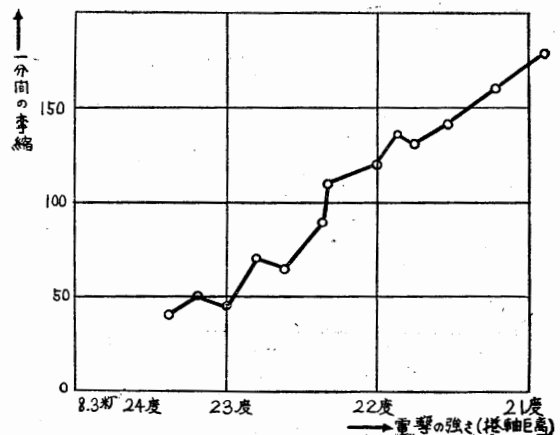
I: 蛙(♀)の左第5趾の伸展. 電撃強度: 83mm32°. 液温: 23.0°C.

II: 蛙(♀)の右第2趾の伸展. 電撃強度: 38cm 28°. 液温: 23.0°C.

同一標本に於て電撃の強度を一定にて頻度の異なるものを以て刺激して起る攣縮の毎分回数を測定すれば、電撃頻度が大きくなるに従って次第に大になる事が見られた(第3図). 併しいずれの頻度に於ても、電撃の数が数十回に対して1回位の割合で攣縮が現れたにすぎない。併し電撃の頻度を非常に大にすれば攣縮回数は如何に変るかは測定しなかったが、恐らく再び小になることが予想される。

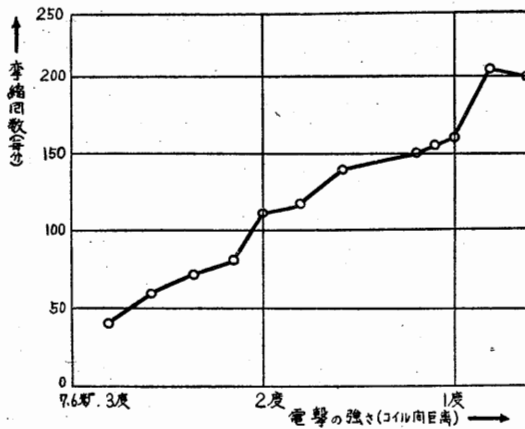
b) 頻度を一定にして強度を変えた場合

a) に於ける実験と同様な方法によって一定の



第4図 感応電撃の強さと攣縮の関係 (1)

蛙(♀)の右第5趾の伸展. 電撃頻度: 100回/秒 液温: 4.0°C

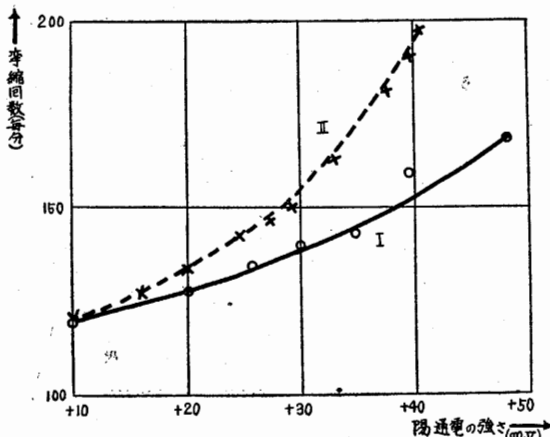


第5図 感応電撃の強さと牽縮回数の関係 (2)
蛙(♀)の左第3趾の伸展・電撃頻度100回/秒。
液温: 4.0°C.

頻度の感応電撃の強度を種々に変えた場合には、強度が増せば牽縮の回数も次第に増加した(第4図)。そしてこの場合にも電撃数、十数回乃至は数十回毎に1回の牽縮が起るにすぎなかった。併し電撃の強度が非常に大になれば牽縮数は再び減少するのではないかと推定される(第5図)。

2) 直流と感応電撃を併用した場合

此の場合には感応電撃刺激の際の二次 coil の回路に適当な電源を挿入して、神経線維に当てた毛細管電極を陽極又は陰極として直流

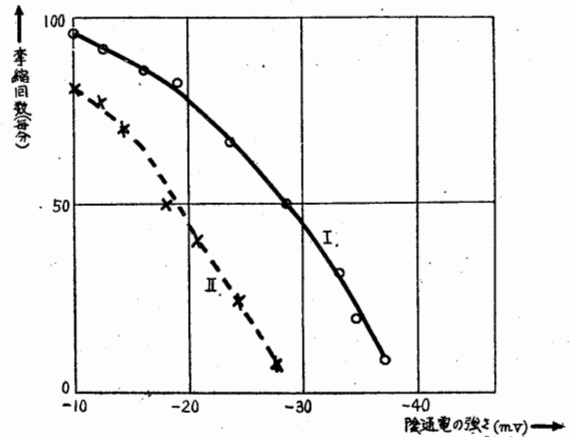


第6図 陽通電の強さと牽縮回数の関係
I: 蛙(♀)の右第3趾の伸展・電撃の頻度: 80回/秒。
電撃強度 8.4cm 7° 液温: 16.0°C.
II: とのさま蛙(♀)の右第2趾の伸展・電撃頻度: 100回/秒・電撃強度: 8.6cm. 温度: 10.0°C.

を流しておいて、更に感応電撃を送って刺激したのである。此の際電撃の頻度及び強度が一定であれば刺激電極即ち毛細管電極が陽極になる様に電流を流した場合(陽通電と称す)には、電流の強さ(10~50mV)が増せば現れる牽縮回数は次第に増した(第6図)。毛細管電極が陰極になる様に電流を流した場合(陰通電と称す)には、陽通電の場合とは逆に電流が増す(10~40mV)と牽縮回数は次第に減少し、強い電流(大体 40mV)に対しては牽縮回数は極めて小で1分間数回にすぎなかった(第7図)。

3) 交流による刺激

実験には50cycleの交流を用いたのであるが、

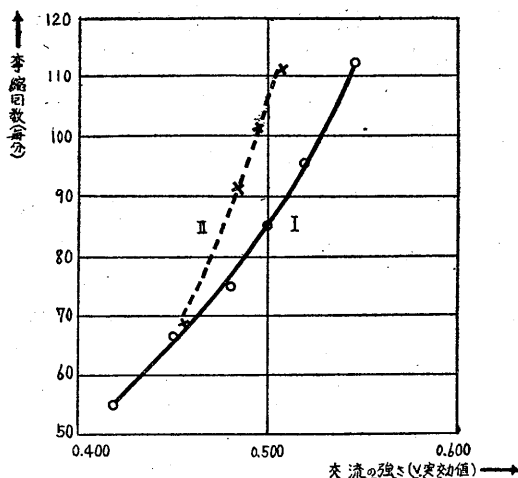


第7図 陰通電の強さと牽縮回数の関係
I: 蛙(♀)の左第3趾の伸展・電撃の頻度: 91回/秒
電撃強度: 8.2cm 15°. 液温: 9.0°C.
II: とのさま蛙(♀)の右第3趾の伸展・電撃の頻度: 80回/秒・電撃強度: 8cm 8°. 液温: 11.0°C.

その強さを刺激閾よりわずかに強いものから次第に増して行くと牽縮の回数は次第に増した。此の際、はじめは強さと共に牽縮回数増加の割合は大であったが、相当の強さに至ると交流の強さが増しても牽縮の回数はあまり増さないで、次第に一定値に近づく様に見られた(第8図)。

4) 脈流による刺激

50cycleの交流を真空管を通して方向一定の脈流としたものを用いた場合には、脈流の強さが増せば牽縮回数は増加したが、刺激閾附近の強さでは交流の場合に比して牽縮回数



第8図 交流 (50cycle) の強さと攣縮回数との関係

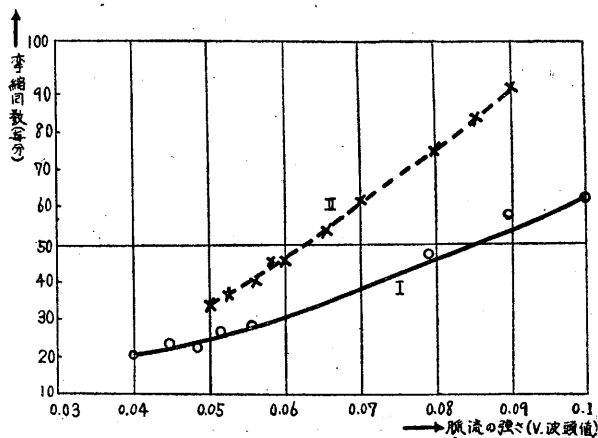
I: 蛙(♀) 右第3趾の伸展. 液温: 3.0°C

II: 蛙(♀) 左第2趾の伸展. 液温: 6.0°C

は極めて少なく、又電流の強さと共に攣縮回数の増加はやはり交流の場合にくらべて急であった (第9図)。

5) 単一神経線維筋標本を白金電極で刺激した場合

田崎⁵⁾の方法に従って蛙の坐骨神経の一部を約1cmの長さを単一神経線維とし、単一神経線維とした部より中側側の神経に白金電極の両極を当てて単一開放感応電撃による刺激電流を送った場合に趾に一定した運動が現れる様な標本を作り、此の電極を用いて実験1), 2)等に於て使用した持続性感応電撃を送って其の反応を趾の運動によってみたのであるが、此の際は実験



第9図 脈流の強さと攣縮回数との関係

I: 蛙(♀) 右第5趾伸展. 液温: 5.0°C

II: 蛙(♀) 左第1趾伸展. 液温: 3.0°C

1), 2) 等に於て用いた頻度のものであれば常に趾の運動は強縮性であって、前述の実験に於てみられた様な毎分何回という様な個々の攣縮は現れなかった。唯し、2例のものに於て刺激を相当繰り返した後に筋が相当疲労したと思われるようになった際、不完全強縮又は攣縮が相当早く繰り返されるのがみられたにすぎない。

IV. 考 按

さて前述の実験成績に就いて考按するに、感応電撃の頻度は趾等の筋に対して充分強縮を起すことの出来るものであったにかかわらず毛細管電極を介して刺激電撃を送る場合には決して強縮が起らなかったことは佐竹⁵⁾の実験に於て単一筋線維を隔絶箱を用いて感応電撃刺激を行った際、強縮が得られなかったことと同様な現象であると思われ、筋線維又は神経線維の極めて限局した一定部位からのみ刺激電流が送られれば頻度が相当大きい場合には頻度に対応する回数の興奮が起らないものと考えられる。併し通常の神経筋標本を刺激した場合、又は前述余が対照実験として行った場合の如く白金電極を用いての刺激に際しては、強縮が現れるのであるから神経線維は強縮性の興奮を伝導する能力があることは此の実験からも明かであり、また一般に知られている通りであるので此処に改めて述べるまでもない。従って趾の筋が強縮を起

さないのは、神経線維に頻度に対応する回数の興奮が起らなかったと見做すべきであり、限局した部位から刺激電流が送られる場合に此の部位の不応期が非常に長くなったものと考えられる。又陽通電しておいた所へ刺激を加重させた際の攣縮回数が大で陰通電した際には攣縮回数が極めて少なくなること及び交流より脈流に対して攣縮回数がより少いこと等から考えると、陰通電即ち陰性電気緊張は不応期を長くし陽性電気緊張は不応期を短縮するものであつて、此の事柄は従来知られた事実と一致する。尙白金電極を神経に当てて刺激した場合には何故強縮が起るかに就いて其の理由を考え

てみるに、白金電極による刺激の場合には刺激電流の配布は毛細管電極刺激の際の如くせまい範囲に限局されないで或る部位が初めの刺激電流のために不応期状態にある際には其れより末梢部の近接した部位に対する電流密度が相当大で、此の部位に対する刺激閾に達している場合には其処から興奮が起り筋の方へ伝導される。そのうちにまた始めの部位の興奮性が回復し、其処からの興奮が伝導されると云う如くして電極は一定の部位に置かれたとしても実際に興奮が起る部位は一定でなく、或る範囲内で交互に交代しているので頻数刺激に相当した興奮が現れ、その結果筋の強縮が起るものと考えればよく理解される。斯様な現象が起るためには神経線維の impedance が興奮に際し、又は刺激電流のために種々変化させられることも関係するであろうことは推定され、之を要するに限局したせまい部位からのみ刺激電流が作用する様にすれば刺激電流のために不応期は非常に長くなり、此に反して電極が陽極になる様に電流を流しておけば不応期を短くし攣縮の頻度は増すものと考えられる。電流頻度と攣縮数の関係については、実験に使用した頻度に於ては其の増加と共に攣縮回数が増加したが、更に頻度が増せば再び攣縮回数は急激に減少するし、或る頻度以上では始め1回攣縮が現れるだけであろうことは直流通電に際し、その閉鎖時に唯1回反応が起るのみであることから推定出来る。直流は頻度の極めて多い（電撃間の間程が0）電撃と見做すことが出来るからである。従来神経線維の不応期として知られているものは勿論その状態如何で一定ではないが、其の長い場合に於ても余の実験成績から推定される値の1/10又は1/100の次序のものであって、斯様に長い神経線維の不応期なるものに就いての報告は見当らない様であるが注意を要することであろう。又通常の実験に於ては、電撃頻度を適当にすれば間接刺激でも直接刺激でも強縮が現れるのが見られるが、実験方法如何では強縮性刺激によって筋神経等を刺激しても必ずしも強縮が起らない場合のあることが考えられ注意すべきことで

ある。従来直流通電に際して何故その閉鎖時に唯1回反応が現れるのみであるかの理由に就いては充分説明が与えられていない様であるが、上述の考え方によりよく理解されると思う。尙この考按に於ては、不応期という立場からのみ論議したが、適応 (accomodation) と云う事柄もその基礎は不応期と同様であると考えられるので²⁾ この立場から説明しても全く同様であり、単に言葉の相違にすぎないであろうと思われる。以上の事柄は不応期又は適応の本質の究明に対して重要な事実であろうと考えられる。

V. 総 括

余は蛙の坐骨神経脚標本の第9脊髓神経の起始部に坂本の細孔電極を当て、趾の一定した運動を目標として単一運動神経線維を刺激し得る如くして之の電極を通して感応電撃等の頻数刺激を加え、趾の筋に現れる反応を観察して次の如き結果を得た。

1) 持続性感応電撃（頻度60~120回/sec）、交流（50cycle）、脈流（50回/sec）等の刺激電流に対し、毎秒1~2回の頻度で繰り返される攣縮が現れた。併し対照として単一神経線維筋標本に白金電極を当て刺激した際は、強縮の起ることを確めた。

2) 持続性感応電撃の場合には、頻度を一定にすれば強度が増すと幾分攣縮回数が増し、強度を一定にした場合に頻度を増すと攣縮回数が幾分多くなった。

3) 細孔電極を陰極として直流（10~50mV）を流しておいた状態では持続性感応電撃を送ると、直流を流さない場合に比較して攣縮回数が非常に小であり、直流を強くすると一層攣縮回数は少くなった。細孔電極を陽極とした場合は直流を流さない場合よりも同一頻度及び強さの電撃に対して現れる攣縮回数は多く、直流を強くすると攣縮回数は増加した。

4) 交流（50cycle）を用いた際強さを増すと攣縮回数は幾分増加し、交流（50cycle）を真空管を通し脈流（方向一定）としたものを以て刺激した際も大体同様であったが、交流の場合

に比して一般に攣縮回数が少なかった。

5) 以上のごとき実験成績を考按し、強縮を起すに充分な頻度の感応電撃、交流、脈流に対し、強縮が現れないで攣縮が現れるのは細孔を通じ限局した一定部位のみから電流が送られる場合には神経線維の不応期が長くなり強縮が現れないものと結論した。

文 献

- 1) 松本政雄 (1942) Elektrische Reizung der motorischen Einzelnervenfaser durch zwei rechteckige Stromstöße, *Tap. J. of Med. Sci.* Ⅲ. 8, 93
- 2) 松本政雄 (未発表)

- 3) 坂本嶋嶺 (1933) Elektrische Reizung einer einzelnen motorischen Nervenfasers durch Gleichspannung. *Pflügers Arch.* 231, 489
- 4) 坂本嶋嶺・松本政雄 (1938) Elektrische Reizung einer einzelnen motorischen Nervenfasers durch konstanten Strom unter Berücksichtigung der physikalischen Versuchsfbedingungen. *Jap. J. of Med. Sci.* Ⅲ, 5, 27
- 5) 佐竹結実 (1941) 頻数及び持続的の刺激に依る単一骨格筋線維の短縮に関する研究 *日本生理誌* 6, 199
- 6) 佐藤昌康 (1951) 直流通電による神経線維の反復興奮に関する研究 *東大立地研究所報告* 7号, 14, 8号, 27, 9号, 32
- 7) 杉 靖三郎 (1936) On the elektro motive effect of salt on muscle. *Jap. J. of Med. Sci.* Ⅲ. 3, 27
- 8) 田崎一二 (昭和19年) 神経線維の生理学

Summary

With faradic shocks of various frequencies, which were applied through the capillary electrode after Sakamoto, attached at the beginning portion of the 9th spinal nerve of the frog, a single motor fiber was stimulated, and the responses of the muscle (movement of the toe), due to the excitation of a single motor fiber, were observed.

The experiment showed, contrary to our assumption, separated movement—twitches. Tetanus was not observed, although the applied shocks were always over the threshold and its frequency was enough to cause the muscle tetanus when it was given to the nerve with ordinary platine electrodes. The numbers of the movements of the toe per min. were altered with the frequency and also intensity of the shocks:

1) The numbers of the twitches per min. increased with increase of intensity of the shock, if the frequency was constant, and the increase of frequency increased the numbers of the twitches if the intensity was constant.

2) When the stimulating shock was led with simultaneous application of the constant current through the capillary electrode, then the numbers of twitches per min. decreased when the capillary electrode was cathodal and increased when it was anodal compared with the results obtained with the same preparation.

3) Besides faradic shock, alternating current (50 cycle) was employed for the stimulation, then the increase of the intensity of a. c. increased the numbers of the twitches per sec.

By discussion of these results the author concluded that the refractory period of the nerve fiber at the stimulated point is prolonged by the stimulating shock led through the capillary electrode always to the same portion of the nerve fiber, and the twitches and not tetanus of the muscle fibers resulted.

(*Depart. of Physiol., School of Med., Gunma Univ.*)

NaSCN溶液中に於ける骨格筋線維の短縮に就いて 612.741.15

Effect of Electric Current upon NaSCN-Contraction of the Striated Muscle Fibers.

斎藤 定雄・正田 豊作 (SAITO-Sadao・SHODA-Toyosaku)*

I. 緒 言

骨格筋に電流を通したときに起る反応は通電の方向、開放、閉鎖等により種々異っていることに就ては多くの報告がある¹⁾²⁾³⁾⁶⁾。

これらの中松本及び佐竹⁴⁾⁵⁾は単一筋線維と隔絶法を用いて通電し電流の開放、閉鎖等に際して起る短縮及び伸展等に就て種々の事柄を報告しているが就中筋線維に隔絶法を用いて、電氣的に又は薬物を以て起させた短縮を陽通電により伸展させることが出来ると報告している。

而して膜説に従えば筋線維の外側は $+$ 、内側は $-$ 、の電気二重層が形成せられているわけであって既存の二重層電位の減少は短縮を、増強は伸展を起すものと考えられ、此のことは多くの実験的事実と一致するのであるがNaSCNは筋線維の膜電位を高めるにもかかわらず筋線維に短縮を起さしめることは上の考えと一致しない様に見える。

よって余はNaSCNによって起る筋線維の短縮と之に対する通電の関係を研究しNaSCNによって起る短縮の本態を極めんとして本実験を行ったのである。

II. 実 験 材 料

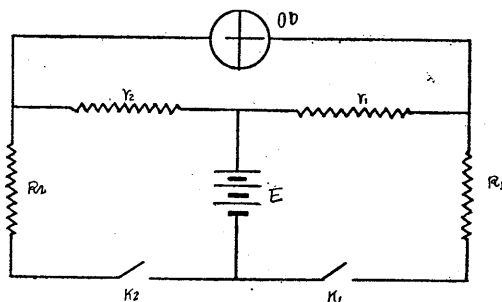
1) 実験材料

実験に用いた筋線維は藁の *M. sartorius*, *M. adductor longus*, *M. adductor magnus* 等から分離した数本の筋線維であった。

2) 通電及びNaSCN溶液の適用方法

筋線維に電流を導く方法(第1図)は木村²⁾及び川田¹⁾等が用いたものと殆んど同様であった。NaSCN溶液の適用はその一定濃度のものを一定量とり隔絶箱のRinger氏液中の筋線維の附近に注入した。

*群馬大学医学部生理学教室



第1図

O b: 標本, K₁, K₂: 電鍵, R₁, R₂, r₁, r₂: 抵抗, E: 蓄電池。

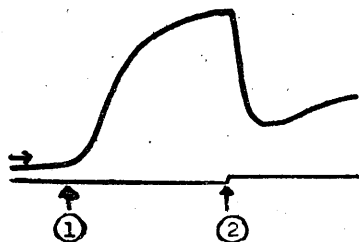
3) 描記装置

筋線維の短縮及び伸展の状態は光槓桿によってBromid紙に描記して観察したのであるが實際用いた光槓桿其の他の描記装置は木村²⁾、川田¹⁾の用いたものと同一のものを用了。

III. 実 験 成 績

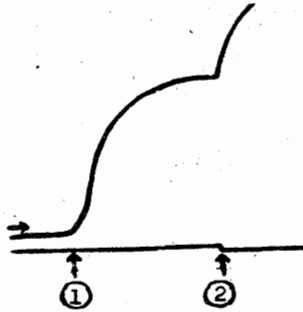
1) NaSCN 短縮に対する電流の作用

筋線維を電極箱及び光槓桿に固定した後NaSCN (5%) 溶液を電極箱のRinger氏液に数滴滴加すれば筋線維は徐々に短縮を起す。此短縮の経過中に陽通電を行えば筋線維は急激に伸展し暫くして又短縮が徐々に進行する(第2図)のが見られた。



第2図

NaSCN溶液による短縮に対する陽通電作用
筋線維: 藁 (♀250g) の *M. add. longus* から分離したもの。室温: 24.0°C. 液温: 23.0°C. ① NaSCN溶液を滴下して短縮が始まる点, ② 陽通電開始。



第3図

NaSCN 溶液による収縮に対する陰通電の作用
筋線維：墓（♀250g）の M. add. longus から分離したもの。室温：24.0°C。液温：23.0°C。① NaSCN (5%) 溶液滴下（収縮が始まる）。② 陰通電開始（一層収縮）。

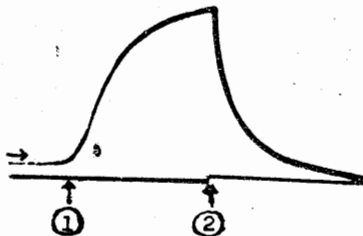
次に前述と同様にして NaSCN (5%) 溶液で筋線維に収縮を起させ此収縮の経過中に陰通電を行えば筋線維はそのときを界として一層短縮した（第3図）。

2) 脱 Ca Ringer 氏液中に於ける NaSCN 収縮と電流の作用

筋線維を電極箱に固定して光楯桿に連絡した後 Ringer 氏液9に対し 3.8% のクエン酸ソーダ溶液を1の割合に混じて Ca を脱った液に浸し次で NaSCN (5%) 溶液を数滴、滴加すれば筋線維は収縮を起す。此収縮の経過中に陽通電を行えば筋線維は急激に伸展しその後は短縮することなくその儘伸展を続けた（第4図）。

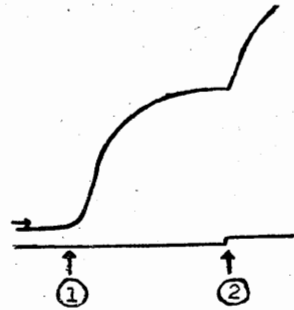
3) 一沃度醋酸中毒筋に起る NaSCN 収縮に対する電流の作用

死後30分の筋線維を 1% の一沃度醋酸 Ringer 氏液に20分浸し中毒させたものを電極箱及び光楯桿に固定した後 NaSCN (5%) 溶液を電極箱



第4図

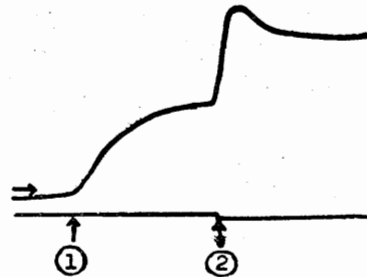
脱Ca Ringer 液中に於ける NaSCN 溶液による収縮に対する陽通電の作用
筋線維：墓（♀250g）の M. add. longus から分離したもの。室温：20.0°C。液温：19.0°C。① NaSCN (5%) 溶液滴下。② 陽通電開始（伸展）。



第5図

一沃度醋酸中毒筋の NaSCN 収縮に対する陽通電の作用

筋線維：墓（♀280g）の M. add. magnus から分離したもの。室温：12.0°C。液温：8.0°C。① NaSCN (5%) 溶液滴下。② 陽通電開始（一層の短縮）。



第6図

一沃度醋酸中毒筋の NaSCN 収縮に対する陰通電の作用

筋線維：墓（♂240g）の M. add. magnus から分離したもの。室温：6.0°C。液温：3.0°C。① NaSCN (5%) 溶液滴下。② 陰通電開始（短縮）。

の Ringer 氏液中に数滴滴加し筋線維に収縮を起させ此収縮の経過中に陽通電を行えば筋線維は通電とともに伸展を示さないで一層短縮した（第5図）。

又陰通電を行っても筋線維は陽通電の場合と同様に短縮する（第6図）。

IV. 考 按

筋線維に乳酸等を作用させる場合には膜電位が低下し収縮が現れるが陽通電により収縮が消失し膜電位も上昇する。斯様に乳酸の場合には膜電位の低下と収縮とは平行するが NaSCN 溶液の作用の場合には膜電位が上昇し収縮が現われ、尙陽通電によってその収縮が消失に向い、陰通電では更に収縮が強くなる。斯様な事柄がどうして現れるかは充分明かでないが NaSCN

溶液による筋線維の膜電位の上昇と痙縮は直接関係ないものの様に思われ、此の場合の痙縮は他に其の要因を求めなければならないものと考えられる。併し斯様にして起った痙縮も陽通電によって消失するから此の際起った痙縮そのものは乳酸等によって生じた痙縮と同様の原因によるものであろうことは推定出来る。之を要するに膜電位の低下と痙縮とは多くの場合に平行するが外見的には膜電位が上昇しても痙縮を引き起す場合があることは注意すべきことであつて、痙縮の機序を追求する際に見のがすことの出来ない事柄であろう。併し又 NaSCN 溶液の作用の如く膜電位の上昇と同時に痙縮が起った場合にも他の方法によって起った痙縮の場合にも陽通電によって消失させられると云うことは痙縮の直接の要因が同一であることに対して確らしさを与えるものであろう。

NaSCN の作用によって起った痙縮が電流の作用で消失するに際し Ca が存在するか否かによって経過が相当異なることは Ca と痙縮との間に何等か重要な関係がある様に思われるがこ

れ等の事柄は更に一層の研究を要する事柄である。

又一沃度醋酸中毒筋に於ける NaSCN 痙縮は陽通電、陰通電共に一層の短縮を起す事柄は従来の考えからは理解出来ない事柄であり此の問題も亦将来の研究を必要とするものである。

文 献

- 1) 川田深太郎 (1932) 骨格筋線維の電流による短縮性の回復に就いて 日本生理誌 14, 24
- 2) 木村一雄 (1950) 通電による筋線維の短縮性の持続及び回復並に短縮の大きさの変化に関する研究 日本生理誌 12, 92
- 3) 松本政雄 (1951) 骨格筋線維の短縮機序に関する研究 (2) 日本生理誌 13, 5
- 4) 松本政雄・佐竹結実 (1945) Über die Längenänderung ausgeschnittener quergestreifter Muskelfaser, infolge der Einwirkung des elektrischen Stromes. Jap. J. Med. Sci. III, 10, 307
- 5) 沢野正晴 (1951) 骨格筋の痙縮と電位の関係に就いて 日本生理誌 13, 348
- 6) 佐竹結実 (1943) 単一骨格筋線維に於ける攣縮の加重並に持続性短縮に関する研究 日本生理誌 8, 103
- 7) 杉 靖三郎 (1937) 筋の分極性と電気緊張 日本生理誌 1, 32

Summary

That the contraction of the single muscle fiber due to the electric current or chemical agents is lengthened by the anodic current, was reported by Matumoto and Satake. This means that the charge of the membrane of the muscle fiber is outside positive and the increase of positivity causes lengthening and the decrease shortening. However, the fact that the NaSCN solution increases the positivity of the membrane and causes the muscle fiber to contract, is not understood from above. The present work is concerned to the question and inquired into the effect of electric current upon the NaSCN-contraction.

A bundle of several muscle fibers removed from *M. sartorius*, *M. abd. mag.* etc. of a frog was laid through the middle wall of so-called Sugi's separating vessel filled with Ringer's solution. Application of NaSCN-solution and of the electric current was done with the same method, which Kimura or Sawano reported, and the change of the length of the muscle fibers was recorded by means of optical lever on the bromide paper.

The following are the results of the experiment.

1) Anodic current, which was applied during the contraction due to NaSCN, lengthened the fibers and the cathodic current shortened or brought further contraction. The lengthening of the fibers by anodic current was more obvious in the Ringer's solution, which was free from Ca-ion.

2) With the muscle fibers, which were immersed in the Ringer's solution containing 0.1% mono-jodacetic acid, the anodic current could not lengthen them in contracting state with NaSCN and on the contrary caused them to contract further.

(Dept. of Physiol., of Med. School, Gunma Univ.)

地方小学会報

第89回生理学東京談話会

時 昭和28年9月19日(土) 午後11時より

所と当番 東京都文京区駒込千駄木町 日本医科大学 戸塚武彦

1. 善如寺秀・真下奏司(群大生理)

鉄と硝酸による刺激生理学的研究(第15報)

強さ一期間一曲線に就いて

生体に対する電流の刺激作用の研究又は電氣的刺激理論の基礎として強さ一期間一関係は重要なものであることは論ずるまでもない。鉄を硝酸中に浸した場合に得られる興奮模型に於ても電氣的刺激が有効でありその際強さ期間関係を求めることが出来るので余等は之に就いて実験したので報告する。

実験に用いた模型は軟鉄線の核を硝酸中に浸したもので陰極として刺激電極(陽極)はニクロム線を用い主として長い核の一部に電流が作用する様にした場合、短い核の全体が一様に刺激される様にした場合等の種々の場合に於いて測定を行った。電氣的連結法は一般に神経・筋等の刺激に於て用いられる2つの電鍵を開放して其の期間電流が流れる如き方法を用い、電鍵の開放はHelmholtzの振子に類似の装置により通電時間の測定はOscillographを用いて行った。

以上の方法によって得られた結果は長い核でその一部を刺激して興奮を起す場合にも又短い核で全体を同時に興奮させる場合に於ても電圧一期間一曲線は大体に於て神経・筋等に於て見られる関係と同様であったが電氣量と期間の関係には時間の小なる点に於て極小及び極大が夫々1つずつ示される場合が多く、energyと期間の関係に於ては1つの極小が見られた。主要利用時は核を浸す硝酸の濃度があまり小でない場合には大体数秒であった。尚興奮性膜を作るために一定時間濃硝酸中に浸し、刺激をする際には別の硝酸中で行った実験(短い核)に於ては硝酸の濃度が小さい程同一通電期間に対する電圧は小さく、主要利用時は次第に長くなり従って基電圧も次第に小となり硝酸の濃度が非常に小なる場合には基電圧は零に接近することが見られた。

2. 小林直哉(群大生理)

鉄と硝酸による刺激生理学的研究(第16報)

不応期に就いて(其の1)

神経、筋等に於ける不応期に関する研究は非常に多い。併し其のよって起る原因に就いては未だ明かではなく唯単に回復が未だ充分で無い状態の如く考えられて居る様である。鉄を硝酸に浸した興奮伝導模型に就いても神経、筋等の場合に類似の不応期が認められるので余は之に就いてその機序を明らかにせんとして種々の実験を始めたのであるが今回は先ず核の外部抵抗を変えたと見掛けの不応期が変わることに就いて報告する。

1) 外部抵抗と不応期; 一定の濃度の硝酸の入った溝に鋼鉄線を一定時間浸漬し、次に核をその溝より出して長さは一定であるが種々の巾及び深さの硝酸の溝の中に浸して刺激し核の全長に伝導する興奮が起るか否かを観察した。其の結果は溝の巾の大なるもの即ち外部抵抗の小なるもの程核の全長に伝導する興奮が起り難い事が見られた。

2) 外部抵抗と伝導速度; 硝酸に浸漬する時間を一定にして核の一端を刺激してから他端迄興奮波の達する迄の時間を測定すれば溝の巾の大なるもの即ち外部抵抗の小なるもの程伝導速度は大である。

3) 外部抵抗と電位の配布状態; 核を浸した溝の硝酸中の一定点に或る電位を与え其の点からの種々の距離に於て電位の大いさを測定すれば溝の巾の大なるもの即ち外部抵抗の小なるものは其の大なるものに比較して電位の配布はなだらかである。

以上の実験成績に就いて考えるに核は同一の硝酸中に一定時間浸漬したのであるから興奮性膜の状態は一定であるわけであるが見掛けの不応期は外圍の電氣抵抗によって異なることが知られる。これは興奮部位から起り未興奮部位に作用する偽作電流の配布に関係するものであって抵抗が小なる場合には興奮部位の近傍に対する偽作電流の密度が小で伝導に不利になる理由であることは電位の配布状態に依って見ても明かである。

神経、筋に於いて伝導を目標とする見掛けの不応期を論ずる場合には上述の事柄は参考に値する重要な事柄であると思う。

質疑 若林 勳 (東大生理)

不応期測定法並に不応期の意味?

応答 膜のない核を硝酸に浸漬して亢奮伝導が核の全長に渡って伝導するのに必要な最小の浸漬時間を以って表した。

質疑 杉 靖三郎 (東京教育大)

1) その活動電流の模型は、模型として適當でない。

2) 液体中で電場の流線を云々する事はむづかしい。

3) 電場の広がり液体でなく適当な抵抗を持つものをえらんで (例えば伊紙-Ringer 液) やる方がよい。

応答 外部抵抗と電位分布時の測定は液にそって行った。

3. 松本政雄・石田絢子 (群大生理)

鉄と硝酸による刺激生理学的研究 (第17報)

抑制及促進現象を示す Synapse の模型

中枢神経系に於ける Neuron と Neuron の間の Synapse に於ける重要な働きとして促進及抑制の現象がある。之等の機序のうち促進については刺激の加重として刺激生理学的の既知の事実から其の理解も容易であるが、抑制については種々の説が唱えられてゐるが何れも苦しまぎれの変なものである。斯様な状態にあるとき山極が彼の研究になる興奮模型を用いて作った促進及抑制の模型は極めて有益なものであるが、此の模型に於ても尙不充分的点があるので余等は山極と大体同様のものではあるが抑制及促進の現象をあます所なく実現すると考えられる如きものを作り、又その機序の概要を明らかにすることが出来たので之について報告する。

模型の構造は1つの神経細胞に相当する鉄塊Cに神経線維に相当する鉄線を熔接したものと神経細胞に相当する鉄塊に対して Synapse を作る2つの線維に相当する鉄線 N_1 及び N_2 を之等に適合する硝酸の溝の中に浸したものである。

1) 促進現象を示そうとする場合には N_1 , N_2 の何れからの Impulse も単独ではCを興奮させる

ことは出来ないが N_1 及び N_2 からの Impulse が同時に又は或る期間内にCに作用すればCは興奮し此処に促進の現象が示される。

2) 抑制現象を現わす模型も促進を示す模型と大体同様であるが N_1 からの Impulse はCを興奮させないが N_2 からの Impulse はCを興奮させるに丁度必要な強さにしておけば N_2 からの単独の Impulse はCを興奮させて之から Impulse を送り出させるが、 N_2 からの Impulse が与えられる以前の一定期間内に N_1 からの Impulse を与えておき次に N_2 から Impulse を送るときはCを興奮させない。即ち N_1 からの Impulse が N_2 からの Impulse の作用に対し抑制効果を示すことが見られる。

質疑 若林 勳 (東大生理)

1) 閾下刺激のあとに抑制期のあることを神経線維で見られましたか。

2) 模型の神経細胞を通して Impulse が廻ってくることはありませんか。

応答 神経、筋等でも同様なことが起ります。

4. 伊藤文雄 (名大第2生理)

Biedermann 氏液による線維性収縮について

藁の M. sartorius を取り出し、杉氏隔絶法及び双極誘導法を以って線維性収縮の偽作流を観察記録した。特にこの実験では線維性収縮の発生点及び伝導方向に注意し、一見非常に at random に見える線維性収縮にも或る統制のあることを見出した。即ち筋の中枢端から約 $1/7 \sim 1/10$ (筋全長の) 点より末梢側に隔壁がある場合には、偽作流は常に興奮が中枢端に始まり末梢に向う事を示している。然しこの点より中枢端で隔絶すれば、この興奮は末梢端より中枢に向っていることを示している。従って前記の点が一応見かけ上の線維収縮の発生点があると考えられる。斯様な方法で筋の一部を圧迫したり切断した場合について、或いは電気緊張下に於ける態度を観察した。これ等を総合すると電氣的に陰性と考えられる部分、即ち陰性電気緊張部は勿論、切断端及び圧迫部は一時的に線維性収縮の発生点となる事がわかった。一方双極誘導に於てもこれと同じような事が認められるが、前者よりはるかに条件が複雑である。例えば各電極を装置するに際して、多少とも圧が加えられた側が一時的な発起部となり、然し又それが筋

に対して shock となって単一仿作流が出れば、その後しばらくは線維性収縮の興奮は shock の加えられた点に向って伝導する等である。

以上の実験で最も興味ある問題は線維性収縮にも或る種の pace maker が存在する事である。種々なる操作によって新たに作り出された発起部がいずれも電氣的に陰性である事は、この点の解明に有力な暗示を与える。

質疑 戸塚武彦 (日本医大生理)

m. sartorius の線維の数をへらして行いましたか。

応答 更に単一線維での実験を試みるつもりです。

5. 中川 孝 (千葉大第2生理)

副腎剔出動物の Shock 耐性

一般に shock 耐性は副腎剔出後著しく減弱すると云われるが、演者はこの耐性減弱が日数の経過と共に漸次恢復しほぼ正常に復するものであることを家兎の下肢緊迫 shock について明らかにする事が出来た。この耐性恢復経過に於て shock による血中好酸球細胞の減少反応, creatine 尿の出現並びに赤血球沈降速度の促進等は正常家兎の場合と異り著しく抑制されて来る事により、副腎皮質機能の代償による shock 耐性の恢復ではない事を知った。此の耐性恢復に際し最も重要と思われる現象は副腎剔出後早期に見られる体温保持機能の低下が剔出後1カ月の経過に於て著しく恢復する事によって示される交感神経機能の恢復する結果にあると考えられる。

9. 長峰武彦 (千葉大第2生理)

Adrenaline 作用に対する副腎皮質の意義

副腎に於ける髓質及び皮質は、その特殊形態構成から両者の密接な関連性を予想せしめるが、之が積極的証拠は何等確立されなかつた。之を明かにす可く著者は家兎を用いて血中 adrenaline 様物質の消長と副腎皮質の関連に就いて実験を試み、両者間に次の如き関連性の有る事を知った。

正常家兎にadrenaline(0.2mg/kg)皮下投与後4時間を経過するも尚血中 adrenaliue 様物質は増加して居るが、両側副腎剔出家兎では既に正常に復帰する。副腎剔出家兎に予めcortisoneを(5mg/1kg 前日筋注)投与すれば血中 adrenaline 様物

質は正常家兎の場合と同じ様に持続延長する。かくの如く cortisone は血中 adrenaline 存続を支配する事を知る。adrenaline の血圧効果も又同様に cortisone の存在に支配される。

正常家兎に3週間に亘る adrenaline の反復皮下注射(毎日0.2mg/kg)を行えば adrenaline 注射に依る eosine 好球減少反応は消失するようになる。この時機に於いて adrenaline 投与後の血中 adrenaline 様物質の持続及び血圧効果は、恰も副腎剔出家兎の場合に於けるが如く短縮される。

質疑 飯田精一 (東京医大生理)

Heparin の使用法に就いて

応答 Ringer 液 0.4cc 内に4~5単位含有する様に稀釈し使用した。

7. 水野重恒 (千葉大第2生理)

抗 histamin 剤とカリウム代謝

抗 histamin 剤(以下抵と略す)の作用機転に関しては現在確実な定説なく、Halpen 以来の receptor に関する憶説が行われ、或は中枢作用説が論ぜられている。血清K値の臨牀的意義の重視される今日、しかも抗ヒ剤の適応疾患が多く血清Kの上昇を伴う事からして、抗ヒ剤の生体応用に際してK代謝に如何なる影響が現われるか、特に血清K濃度を中心に追求した結果、正常家兎では大量抗ヒ剤(restamin興和)投与で血清Kの著明な下降を示し、痙攣期、麻痺期を経過して正常に復す。痙攣期に於ては副腎髓質の活動が関与され、初期よりの著明な下降はrestamin 自体のみならず adrenaline 分泌によることを血糖値上昇、血中昇圧物質の証明により知った。副腎髓質を支配する内臓神経切断家兎でも正常家兎同様血清Kの低下、血糖上昇のみ、副腎剔出家兎では不安興奮状態の輕微なものに血清Kの低下をみた。この事よりrestamin 自体に血清K低下作用のある事を知る。副腎剔出家兎で血清Kの低下をみたものに尿中単位時間排泄量の低下をもみられ、血清Kの低下は細胞内移行と考えられ、人体実験に於ても同様血清Kの低下、尿中単位時間K排泄量の増加もなく、消化管内K逃避も唾液に就て検討して考えられなかつた。人血液を同一個人に於て採取し二等分しrestamin 添加血液と対照との比較を37℃ 孵卵器に入れて時間経過によって血清K、血清糖の夫々の濃度を検討するにrestamin

添加血液は明かに対照例に比較し血清Kの上昇を抑制されており、血糖濃度には決定的な影響を与えない事より restamin は赤血球内Kの拡散を抑制する事を立証し、restamin の赤血球K代謝に及ぼした事実より一般体細胞に就てもrestamin 投与時に行はれると仮定せば、restamin 投与時の血清K低下現象も容易に理解し得。

追加 猪飼道夫 (お茶の水女子)

人体に1000倍adrenaline 0.5cc皮下注射をしたときにも血圧増加が5分後に現われ、alcohol 飲用後5分で血圧増加が見られることを経験しているが、只今の御話の如く血中への吸収を考えると時間が少し早いように思われる。

質疑 名取礼二 (慈恵医大生理)

Kの細胞内出入の問題を細胞膜の性質の変化のみで考える他に細胞内の物質系K親和性の変化として理解するみちがありそうに思うが御意見は如何ですか。

8. 高橋 正・苅谷影嘉 (横浜大生理)

重金属塩灌流実験による墓骨格筋の興奮性の変化

墓の骨格筋を生体のまま血管を介して Ringer 液を灌流し、次に Ringer 液の代りに重金属塩を含む Ringer 液に切換えて灌流し、重金属塩が筋の興奮性に与える変化を経時的に求めた。又灌流した場合と比較に始めから神経筋標本として剔出し、筋を Ringer 及び重金属塩を含む Ringer 液に浸けた場合の変化を求めて比較検討してみた。

刺激電流は矩形波電流を用い、生体のまま及び Ringer 液単独の灌流、Ringer 液に重金属塩に溶した溶液を灌流した各々の場合に夫々 強さ-期間曲線を求めて基電圧及び時値の変化を以て興奮性の変化を求めた。

A) 基礎実験: 単独の Ringer 液の灌流では4~5時間の間は興奮性の変化は殆どないが灌流前の生体のままと Ringer 灌流中では平均して基電圧は1.3倍と上昇し時値が0.825倍と下降した。

B) Hg: M/5000 を Ringer 液に入れて灌流すると時間的に著明に興奮性が低下し3時間以内に興奮性が消滅する。重金属塩の濃度と興奮性の時間的な変化の割合は比例する。又灌流滴数計により血管が著明に収縮するのが見られた。剔出標本の場合でも M/500~M/1000 の間は濃度に比例す

るが何れも著明に興奮性が低下する。又灌流、剔出標本何れも線維性攣縮を起すものが時々見受けられこれ等は除外した。

C) Cu: M/5000 の灌流で基電圧は著明に上昇。興奮性は灌流中1~2時間で消滅し、血管の収縮は見受けられない。線維性攣縮を起すものが約半数例あった。

D) Zn: M/5000 の灌流で始め1~2時間程度で著明に興奮性が低下するがその後逆に増加する傾向のものもあった。血管収縮はなく僅か拡張の傾向あり、興奮性は3~5時間で消滅した。

E) Al: M/5000 の灌流で興奮性の変化は極めて緩慢で影響は少いが血管は著明に収縮した。興奮性は4~5時間で消滅した。

F) 剔出標本の場合: 隔絶箱の重金属塩+Ringer 液中の筋も灌流実験の場合と同様にHg, Cu, が著明に興奮性を低下せしめ、次でZnが強くAlが著明でない結果が見られた。

追加 丹野楯彦 (横浜大生理)

我々は赤血球膜に対する重金属塩の作用を見た結果、重金属塩が膜に吸着して内部に入らない事を見た。そして重金属塩が表層につくとKの透過膜の弾性の変化が現われるが、興奮性の組織の形質膜にその様な影響があった場合に興奮性という様なものに影響を及ぼさないかどうかという事を知りたい目的で、この様な実験の第1着手として上の実験を試みた。

質疑 若林 勳 (東大生理)

神経・連絡部・筋の3つの系に重金属が作用し、刺激神経は正常 Ringer 液であり indicator が筋の微小な収縮ですからこれで筋の興奮性を判定するには複雑な問題があると思います。

質疑 鈴木正夫 (千葉大生理)

何故 different electrode を筋に置かないのですか。

興奮性と云わないで反応性と云ったらどうですか。

質疑 松本政雄 (群大生理)

図に見られる様に電氣量と期間の関係は時間の小さい所で再び上昇するのですか？。

9. 平安良正 (横浜大生理)

洞房標本を標示とした各種生理的媒質の研究

墓心の洞房標本を標示として種々の Medium の

与える影響を観察した。

1) Na: 0.5~0.9%迄影響がない。0.5%以下に於て収縮高は一時増大し後縮小して来る。0.1%に於て心痙縮状となる。1.0%以上は心筋弛緩の状に進む。

2) Li: 0.15%に於て収縮高を増大せしめる。Liのみにては痙縮状となる。

3) NH_4 : 0.17%より影響をみ収縮は増大し痙縮状に移行する。

Ringer + NH_4Cl に於ては収縮高縮小の後増大しRingerにもどすと一段と更に増し次いで旧に復する。

4) Mg: 0.067%より収縮高の増大を現しHerzblockを来す。

増量に依り心筋弛緩に移行する。収縮頻度の減少をみる。

5) 糖類

a) Saccharose: 3%にて収縮高増大を来す。Saccharoseのみにては痙縮状がみられる。

b) Glucose: 1%にて変化を現わす。収縮高増大し収縮状を呈す。Glucose 5 + KCl 0.014とRingerとを各比に混じた液にて2:8の比液に於て収縮高の増大を来しGlucoseの増量と共に益々収縮高増大す。0.014%KClの増加に依りGlucoseの収縮高の増大は防げない。

c) Xylose: 1.6%より収縮高増大を来すも早くよりHerzblockを来し収縮頻度を減少せしめる。

6) Erythrytole: 1%に於て収縮増大し、Naの減少では痙縮状を呈するも之は透過性によるものならん。収縮頻度も減少せしめる。

7) Glycerine: 1%にて変化が現われNaの減

少で低張液の如き心痙縮状に移行しRinger + Glycerineでは少量で収縮高の増大をみる。心収縮頻度に影響が強い。

8) 尿素: Naの減少で0.6%にて収縮高増大を示しRinger + Ureaでは殆んど変化をみない。

9) Alcohol: Naの減少で0.2%にて収縮高を増大するもRingerにて旧に復する。Alcoholの濃度が増すにつれてRingerにて灌流後の収縮高は縮小を来し心衰弱の状となる。

Ringer + Alcoholにては収縮高は減少を来し頻度も減じて来る。

追加 丹野楯彦 (横浜大生理)

我々の実験の目的はRinger液の中のNaClの代りに他の溶質を加えたときに各種の溶質によって変化の現われる程度の差異があるかどうか。又Ringer液の中に他の溶質を加えた場合の変化が各物質に依る差異があるかどうかを知る目的で行った。

追加 福田篤郎 (千葉大生理)

Serumを入れると長く生きて居てカビが生えてもまだ動いている。

追加 戸塚武彦 (日本医大生理)

剔出した心臓をRinger液中でつるして動かして居ると一時収縮が小さくなって来て後再前よりも大きくなる。之を新しいRinger液にとりかえるとまた小さくなって後大きくなる。このことはRinger液中へ心臓から何物かが出て加わったものと思われる。此物質は煮てもこしても無くならない。此の物は林教授の云う塩縮物質と同じようなものだと思う。

第14回日本醫學會總會會員募集

昭和30年4月京都市において第14回日本醫學會總會が下記により開催されますから御入會下さい。

なお宿舎、參觀、遊覽等の準備の都合がありますからできるだけ早く御申込下さい。

昭和29年6月

第14回日本醫學會總會會頭 松 本 信 一

記

1. 總會日程

第1日(4月1日)

午前(總會開會式)午後(總會特別講演)

第2日(4月2日)

午前(各分科會)午後(各分科會特別講演)

第3日(4月3日)

午前(各分科會)午後(總會特別講演)(懇親會)

第4日(4月4日)

午前(各分科會)午後(總會特別講演)

第5日(4月5日)

午前(各分科會)午後(閉會式)

2. 總會參加會費

A會員 600圓(第14回日本醫學會會誌配布)

B會員 300圓(同上 會誌配布なし)

入會御申込は本年7月1日から受付けますから前記會費の何れかを氏名、住所、連絡先、所属分科會名(主なもの1つ)附記の上京都市(左京局區内)京都大學醫學部附屬病院第14回日本醫學會總會事務所宛御送金下さい。

・本會の振替貯金口座は京都3354番。取引銀行は住友銀行京都支店(口座名第14回日本醫學會總會準備委員會)です。銀行經由御送金願うのが何かと御便利ですから精々御利用下さい。用紙は總會事務所にありますから入用枚數御通知下さいましたら早速お送り致します。

3. 會員特典

(1) 會員徽章、演題總目錄、第14回日本醫學會會誌(但しA會員のみ)、及び京都名所名物案内書贈呈。

(2) 京都國立博物館入場券(醫學關係古美術展開催中)贈呈。

(3) 國有鐵道で特別列車(急行)を編成し、これに乗車の場合は、乗車賃割引、急行料不要、座席確保、なお國鐵普通乗車の場合の割引を交渉中。

(4) 京都市電、市バス優待乗車幹旋(交渉中)。

(5) 懇親會、參觀、及び遊覽參加資格、宿舎並びに映畫、展示會入場券贈呈。なお、懇親會、參

觀、宿舎、遊覽についての詳細は入會御申込後直ちに御通知致します。

(6) 總會特別講演優先入場權

4. 總會特別講演及びシンポジウム

内外人講師による各種演題 27題(下記の通り)

總會特別講演演題

癲癇の病理	内村 祐之氏
視覺の生理	本川 弘一氏
神經路の解剖	平澤 興氏
我國における再生不良性貧血	河北 靖夫氏
最近の血液凝固論と各凝血因子	加藤 勝治氏
日本における心臓外科の歴史	小澤 凱夫氏
先天性心臓疾患の外科	木本 誠二氏
後天性心臓疾患の外科治療	榊原 什氏
喘息の本態及び治療	辻 寛治氏
アレルギー反應の病理	鈴江 懷氏
抗アレルギー劑	三澤 敬義氏
恙蟲病の疫學	佐々 學氏
電子顯微鏡による細菌性ウィールス増殖の研究	東 昇氏
2, 3の向肺性及びその他のウィールス性疾患の診斷と豫防	操 坦道氏
2, 3の向神經性及びその他のウィールス性疾患の診斷と豫防	北岡 正見氏
ステロイドホルモン代謝障礙の病理と疾病	森 茂樹氏
唾液腺分泌の生化學	緒方知三郎氏
ビタミンと肝臟	伊藤四十二氏
抗生物質	井上 硬氏
藥物靜注によるショックの發現機序について	佐々 貫之氏
ジギタリス劑とその應用	眞崎 健夫氏
日本人の榮養(シンポジウム)	美甘 義夫氏

1. 日本人の榮養の現況

國民榮養調査成績

發育期榮養

大瀧 敏雄氏

詫摩武人氏、近藤正二氏

2. わが國に於ける最近の食糧事情

肺結核の内科的療法

肺結核の外科的療法

癌の化學療法

癌の放射線療法

前癌狀態

尾崎 準一氏

座 長

熊谷 岱藏氏

青柳 安誠氏

杉浦 兼松氏

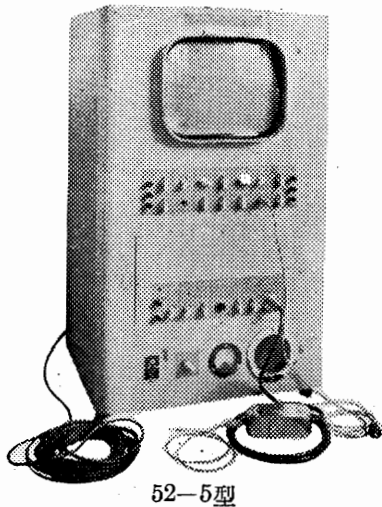
中泉 正徳氏

久留 勝氏

以上(順序不同)

外に外國學者の講演豫定

筋電計

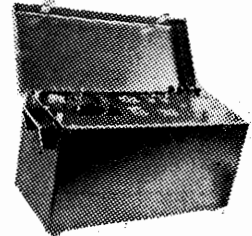


52-5型

- 携帯用 52-1型 ブラウン管径 75mm
 52-2型 ブラウン管径120mm 単掃引装置付
 52-3型 ブラウン管径120mm 単, 複掃引装置付
 ●据置型 52-5型 ブラウン管径 17吋 単, 複掃引装置付

記録装置

バイプレター (二個装置) 最大入力 200MA
 周波数 0~1000c/s
 振幅 1000c/s20MAの時 10mm
 フロマイド フィルム 35mm×25M
 回転速度 2 10 20cm/s
 刻 時 1/50 sec



記録装置

*カタログ贈呈
 郵要¥30



筋電計 (マイオグラフ) 発売元
 電気測定器 真空管 電気部品

東京電気精機株式会社

東京都千代田区神田仲町2の11番地
 電話下谷 (83) 6525



局方製品

パンクレアチン
 含糖ペプシン
 アニンナカン
 タンナルビン
 次硝酸ビスマス
 次炭酸ビスマス
 次没食子酸ビスマス
 スルファミン
 アセトスルファミン
 サルチル酸ナトリウム
 ヘキサミン
 薬用石炭末
 カリ石炭末

東京都中央区日本橋室町4の5

製造發賣元 ミクニ化学産業株式会社

基礎麻酔及び誘導麻酔に

成分 5.5イソアミル エチル パルビツール酸ナトリウム 水に容易に溶解する
用途 前麻酔、基礎麻酔、誘導麻酔には麻酔量の節約、患者の術前の不安を除去、痛覚域の引上げ、反射刺激性を減少、麻酔の円滑な導入、術中の興奮発生の防止、麻酔剤の副作用の緩和術後の疼痛の除去に優れた効果を奏現します
用法用量 患者の容態、症候、年齢、神経系の状態等の個人的反応によつて決定されます
 通常薬効の鋭敏性を必要とする場合は静脈内に、持続効果を望む場合、或いは不安、興奮、拒絶症状が強く 静脈注射が困難なときは筋肉内注射が適当です
 ☆基礎、誘導麻酔には0.3~0.8g静注 ☆手術前後の不安・苦痛除去には0.5g

0.25g（注射用蒸溜水
2.5cc添付）各5管入
 0.5g（注射用蒸溜水
5.0cc添付）各5管入

イソミタルソールダ

京都市中京区壬生下溝町38 日本新薬株式会社 札幌・東京・大阪・富山

GIS-9

主要製品



Banyu

バイシリン
ペニシリン
ホウエーラミザール
コートン
ハイドロコートン
オーレオスライシン

（持続性二基ペニシリン）
 （各種ペニシリン製剤）
 （砒素 駆 梅 剤）
 （米国メルク社製コーチゾン）
 （米国メルク社製ハイドロコーチゾン）
 （抗糸状菌性抗生物質）

（結核治療抗生物質）
 （ペニシリン・ストレプトマイシン合剤）
 （肝臓強化メチオニン製剤）
 （局 所 麻 酔 剤）
 （持続性局所麻酔剤）
 （強 力 駆 虫 薬）

ジドロステロイドマイシン
マイシンリン
強バンチオニン
バンカイニン
ロンカイニン
パンパラジン

東京都中央区日本橋本町2-7

萬有製薬株式会社

大阪・岡崎・札幌・福岡