

日本生理誌・第20巻3号・昭和33年3月1日発行（毎月1日発行）
〔和昭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20巻 第3号

Vol. 20 No. 3

昭和33年3月1日発行

March 1958

原 著

- 岩崎隼太・吉村寿人：人耳下腺唾液の分泌刺激の種類と Amylase 力価との関係……………163
- 藤 岡 玄 治：人体神経，筋の反復刺激閾値に関する研究……………170
- 山 川 晋 吾：人体神経，筋の反復刺激閾値と通流作用……………181
- 益 子 研 三：女子の体温調節機能の特徴に関する研究
（第Ⅰ報）高温及び低温環境に於ける体温調節反射の性的差異……………192
- 益 子 研 三：女子の体温調節機能の特徴に関する研究
（第Ⅱ報）安静生活時の体温調節機能の季節変動の性的差異……………204
- 藤 本 順 三：顎運動機構の神経生理学的研究 顎反射中枢について……………214

地 方 小 学 会 報

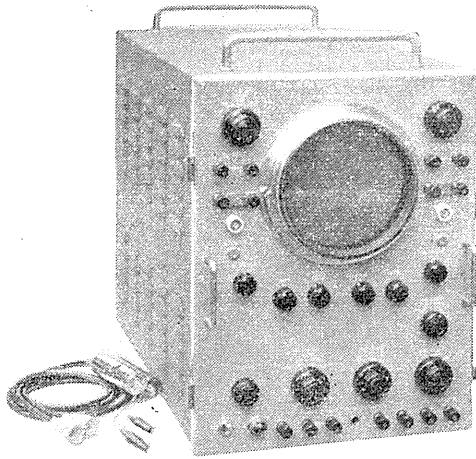
- 第121回生理学東京談話会……………221

- 日本生理学雑誌投稿規定……………223
単位符号の標準……………224

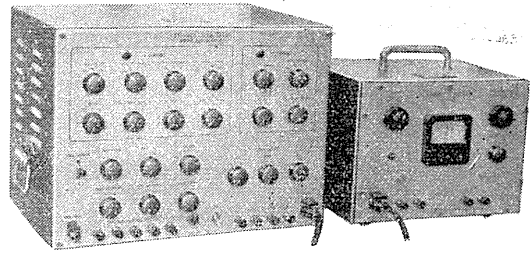
日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan

二現象生体電気現象用
万能観測装置



二チャンネル刺戟装置



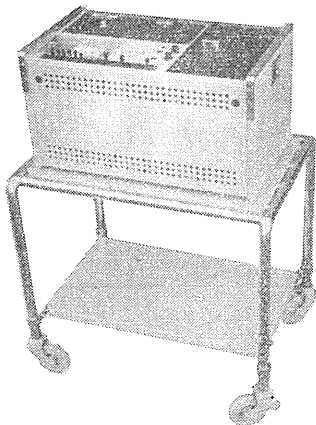
出力電圧：矩形波正及び負 0~100V
 矩形波発生回路及び Isolator 各 2 回路
 矩形波特性：Puls Width ∞, 1000, 100, 10, 0.1msec. 6 段切換及び微調
 Duraton ∞, 1000, 100, 10, 1msec. 5 段切換及び微調
 Freq 1, 10, 100, 1000 10000c/s
 出力電圧：最大 100V (P-P)



東京電気精機株式会社

東京都千代田区神田仲町2の11
 電話 神田(25) 代表 9186~9188

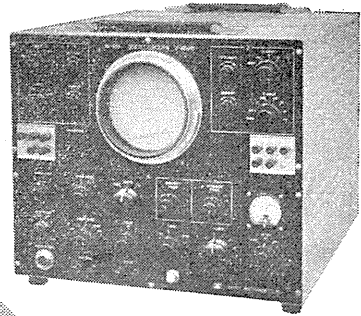
万能記録装置 (MPA-204)



小型二系統
 EKG. EEG. GSR他



万能ブラウン管オシロスコープ (VB-203)



新型高安定度
 EMG. EEG. EKG他

誌名記入型録御申込下さい

製作品目

脳波計・脳波分析装置
 二現象オシロスコープ・オシロスコープ用速続撮影装置
 アネロケータ・電気刺戟装置
 電磁オシログラフ・インク書きオシログラフ

三栄測器株式会社

本社 東京都新宿区柏木1~95
 TEL. (37) 8114~8115
 工場 東京都武蔵野市吉祥寺1635
 TEL. 武蔵野(022) 3265・4941・7825

人耳下腺唾液の分泌刺激の種類と Amylase 力価との関係 612.313.3

Characters of Stimuli of Human Parotid Gland and the
Amylase Activity of its Saliva

岩崎 隼太・吉村 寿人

(IWASAKI-Hayata • YOSHIMURA-Hisato)*

I. 緒 論

唾液の組成が摂取する食物の種類によって異なることは Pavlow¹⁾ 以来一般に信じられていることである。古くは Neilson, Lewis²⁾ は糖質の多い食物は Amylase 力価の高い唾液を、肉類は力価の低い唾液を分泌せしめると主張したが、最近 Squire³⁾ は食習慣の異なる3種の人種についてパラフィンを咬ませた場合の唾液 Amylase 力価を比較し、糖質食に慣れた者は力価が高く、肉食をとった者は低い事を見出した。然し乍らこの実験に於いては唾液分泌速度と Amylase 力価との関係は全然観察されていない。又 Brothers 等⁴⁾ は Bell を以て条件づけた条件反射唾液とウエーファスによる無条件唾液について Amylase 力価をしらべ、条件反射唾液の方が力価の高いことを確めたが、この場合にも唾液分泌速度との関係は測られていない。然し唾液の無機塩組成がその分泌速度によって差のある事は既に教室の高岡⁵⁾⁶⁾⁷⁾、森⁸⁾⁹⁾や著者等¹⁰⁾¹¹⁾が確認した所であり、又 Amylase 力価についても覚道¹²⁾は反射唾液は分泌速度と平行すると述べている。従って食質と唾液組成殊に Amylase 力価との関係を論ずる前に唾液の分泌速度と力価との関係を検討し、Amylase 分泌機転についての知識を明らかにしておく必要がある。これが著者が本研究を企てた所以であって、唾液分泌速度と Amylase 力価との関係を精査しつつ、色々の化学刺激によって唾液分泌を誘発せしめた時の Amylase 力価を測定した。そして唾液の分泌刺激と Amylase 力価

との関係が、果して本質的な刺激種類に対する Amylase 分泌機能の適応によるものか、又は刺激の種類によって唾液の流出速度に差を生ずる為にこれが二次的に Amylase 力価に影響したものであるかについて検討を行った。

II. 実験方法

被検者は健康なる成人男子(教室員)3名(H. I., T. M., S. H.)を選び、唾液の採集は朝食後2時間乃至3時間後に行った。被検者は試験に先だてよく口内を含嗽によって洗い、その耳下腺開口部に Krasnogorski¹³⁾ 氏唾管を密着せしめて流出する唾液をゴム管にて流動パラフィンを入れた目盛付試験管底に導いた。唾液の分泌促進の為に主として化学的刺激を用い、刺激を与えると同時に唾液採集を始め、唾液流出量の多い場合は5分間毎に、又流出量の少ない場合は10分間毎に採集して検査に供した。採集した唾液は直ちにその容積を読みこれを採集時間にて除して唾液流出速度を計算した。かくして得たる唾液資料について Amylase 力価を測定した。加えた刺激の種類と Amylase 力価の測定法は次の如くである。

A) 分泌刺激

- 1) 1% Pilocarpin 0.5cc を皮下注射
注射後30分迄唾液を採集した。
- 2) 5%, 1%及び0.5%の酒石酸溶液の舌上滴下
- 3) 10%, 5% NaCl 液の舌上滴下
- 4) 30%, 10%糖液の舌上滴下
- 5) 梅干, ビスケット, 米飯, 魚(焼スルメ)肉(豚肉)等の咀嚼
試薬の舌上滴下には注射器を用いて溶液を 1cc

* 京都府立医科大学第1生理学教室(吉村寿人教授)
〔昭和32年10月18日受付〕

ずつ舌上一帯に分布する様に滴下した。滴下と滴下の間隔は2分間として20~30分間これを継続し、この間の唾液を採集した。

Krasnogorski 氏唾管は上顎の頬粘膜に密着しているから、採集唾液が滴下液にて汚染されることはない。又固形物を咀嚼する場合には覚道等に従って必ず唾液の採集側の歯にて咀嚼する様にした。ただ固形物の場合にはその量に於いて正確を期し難く、梅干の場合は1個、魚は焼スルメ約半片、肉は焼豚肉 150g、米飯は茶碗一杯、ビスケットは約 50g 位とした。何れもこれを20~30分間咀嚼せしめて、その間の唾液を採集した。

B) Amylase 力価の測定方法

Amylase 力価の測定方法は Hawk, Oser, Summerson¹⁴⁾等が報告せる方法によった。即ち 10% 可溶性澱粉液 5cc, pH 6.6 の磷酸緩衝液 2cc, 及び 1% NaCl 液 2cc を試験管にとり、ここに 1% NaCl 液にて一定倍数に稀釈した唾液 1cc を加えて全量を 10cc とする。本研究に於いてはこれに 100倍稀釈の唾液を用い、又磷酸緩衝液は M/15 の第 1 磷酸加里と第 2 磷酸ソーダの混合液を用いた。かくしてこの混合液を 38°C の恒温槽中で振盪しつつ、混和後 3 分目より始めて 1 分間毎にその 1 滴を多数の試験管にとった沃度溶液中に逐次滴加して行く。沃度液は N/2000 溶液 (沃度一沃度加里液) を用いたが淡黄色を呈し、ここに澱粉混合液を入れると青色に変色する。そこで唾液の代りに 1% NaCl 溶液を用いた同様の可溶性澱粉混和液の 1 滴を沃度液に加えてこれを発色せしめ、その色をさきの唾液加澱粉混和液を入れた沃度液の色と比較して沃

度反応が唾液と澱粉の混和後何分にして消失するか時間を測定した。Amylase 力価の計算は 100 倍稀釈唾液にて 10 分で反応が消失する場合を 100 単位となし、これを基準として反応消失時間は力価に反比例すると考えて比例式にて計算する。例えば反応が 20 分で消失した場合には力価は 50 である。

III. 実験成績及び考案

第 1 図 a, b, c, d は被検者の 1 人 S. H について各種の刺激を与えてより以後の唾液の流出速度とその Amylase 力価との関係を曲線にて

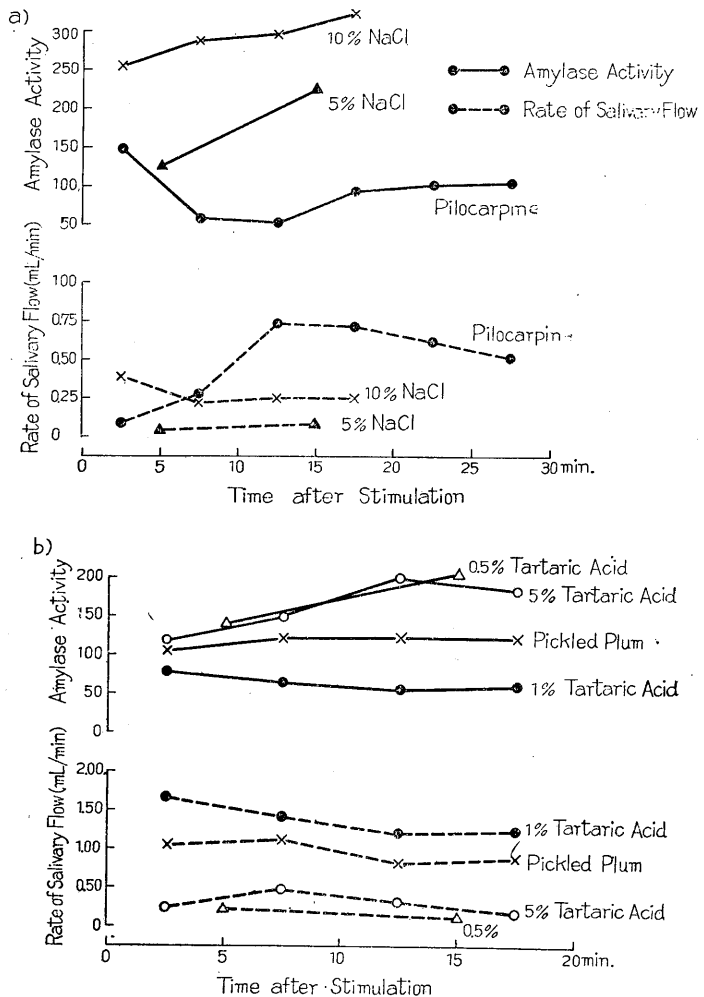


Fig. 1. a, b
Amylase Activity of Saliva Excreted after Various Types of Stimuli (Subject; S. H).

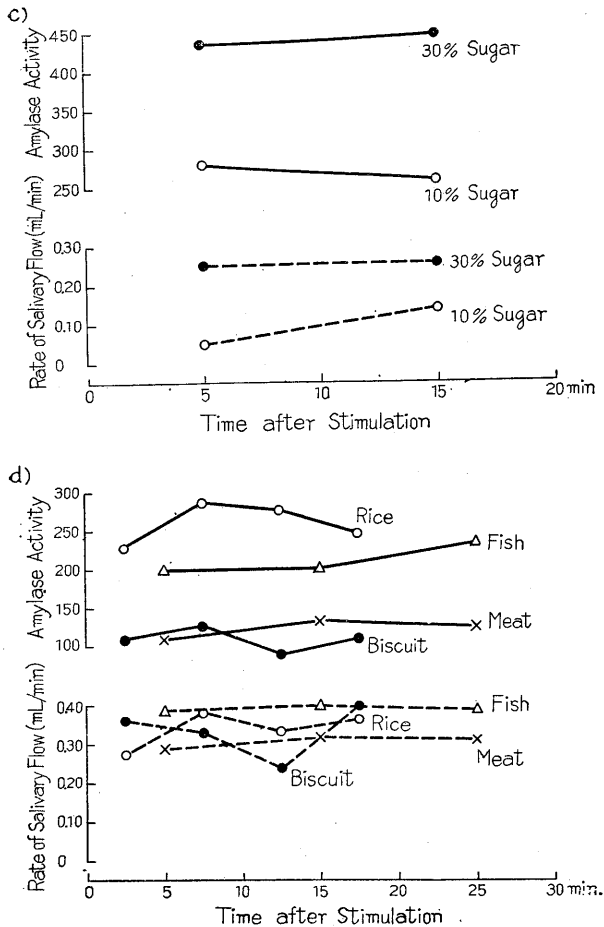


Fig. 1. c, d

Amylase Activity of Saliva Excreted after Various Types of Stimuli (Subject; S. H).

示したものである。但し図の各点は唾液採集時間の中心点の時間軸上に Amylase 力価をとったものである。図に見る如く Amylase 力価は糖液による刺激の場合が最も高く、食塩や食品咀嚼の場合 (c, d) これにつき、酸刺激 (b) や Pilocarpin 刺激の場合 (a) は最も低い。一方唾液の流出速度も刺激種類によって異なり、これは糖液及び食塩刺激の時は最も少なく、食品咀嚼の場合これにつき酸刺激の場合には大きい。この様に刺激の種類によって Amylase 力価が異なると共に唾液流出速度も異なり、この両者に対する影響には逆相関的な関係がある。これと同様な事は第1図 a, b に示した Pilocarpin 刺激や酸液滴下刺激時等の Amylase 力価の経

過にも見られ、唾液流出速度が少ないもの程力価が高い傾向を認める。最もこの様な唾液流出速度と Amylase 力価の逆相関的な関係は第1図 c, d の例に於いては余り明瞭でない。そこでこの様な Amylase 力価と唾液流出速度との関係を更に詳しく吟味する為に各種の刺激による唾液を全部1つの図に集めて両者の関係を Plot して見た。この被検者は先の S. H である。(Fig. 2) 図より明らかな如く Amylase 力価は唾液流出速度が大となる程低下し、一見して直角双曲線型の関係を示している。ここで大切な事は両者の関係は刺激の種類に関せず、総て同じ1つの曲線の上に乗る事実である。この事より刺激の種類による Amylase 力価の差は Amylase の分泌機能が刺激の種類によってそれに都合の良い様に適応して現われたものでなく、唾液流出速度乃至は唾液分泌刺激の強さが刺激の種類により異なる結果、唾液流出速度と Amylase 力価の関係による二次的な影響として刺激の種類による差が現われたものと考えられる事が出来る。言葉をかえると刺激の種類と Amylase 分泌能との間には本質的な関係は無く、本

質的なものは唾液流出速度と Amylase 力価との関係である。その関係とは図示の如く刺激の種類を問わずして唾液流出速度と Amylase 力価が1つの双曲線の関係を示す事である。

そこで何故にこのような関係が生れるかの理由について考えるに、まず唾液に分泌せられる Amylase は唾液腺細胞中に存する Amylase の先駆物質の顆粒より Amylase が溶け出して分泌せられたものと考えることが出来る。今この顆粒より単位時間当りに流出する Amylase 量は唾液水分が腺細胞内をはこばれて分泌せられて行く速度に無関係に一定であると考え、この水分に溶け出す Amylase の濃度は水分分泌速度が速かなる程稀薄となる筈である。

Amylase 力価とは Amylase 濃度に外ならないのであるから、これが唾液流出速度と反比例的な関係を生ずる理由はこれによって一応理解出来る。そこで今もしこの考えが正しいとすれば Amylase 力価 (y) に唾液流出速度 (x) を乗じた Amylase そのものの分泌速度 (\bar{Y}) は、唾液の流出速度に関係なく一定でなければならない筈である。これを実証する為には Amylase 分泌速度 (\bar{Y}) と唾液流出速度 (x) との関係を求めて見ると第 3 図が得られる。ここに見る如く予想とは違って \bar{Y} は一定値に止まることなく、x の値と共に増大する傾向があり、両者の間には良い順相関の関係が成立する。図中に記入した r の値

は相関係数であって、±以下の数字は信頼限界である。又この場合も刺激種類によって \bar{Y} と x の関係が異なる様な事実は余り明瞭でない。

以上の事実はさきに想定した分泌顆粒よりの Amylase 流出速度が時間的に一定であるとの仮定が誤っている事を示すものでなく、この仮定は正しいがその外に Amylase の先駆物質そのものが唾液腺の分泌興奮に伴って新しく產生せられてその量を増すためであると考えることが出来る。即ち近時 L. H. Schneyer and C. A. Schneyer¹⁵⁾ は白鼠を用いて Pilocarpin 注射後の顎下腺の Amylase 含量を測定し、これは無刺激時の Amylase 含量より増加する事より、

Amylase が顎下腺の興奮に伴って新生せられることを立証した。彼等の実験に於いては耳下腺に於いてはかかる Pilocarpin の Amylase 新生作用は著明でなかったが、しかし著者の実験した人体の耳下腺に於いて Amylase 新生が無いとは断言出来ない。むしろ白鼠顎下腺であっても Amylase 新生がうながされる事が明らかになった以上、人体の耳下腺に於いてこれを想定する事は可能と言えるであろう。

そこで上に述べた Amylase 力価と唾液流出速度との関係を求めて見ると次の如くなる。今唾液腺より Amylase が分泌せられるに当っては、先ず細胞内に先駆物質を生じ、これが一定速度にて水溶液として溶け出すことにより分泌せられるとする。唾液腺に刺激が加わる以前に腺細胞内に蓄積せる先駆物質の量を S_0 、刺激が加わってから細胞興奮によって新生せられる量を S、単位の先駆物質より Amylase として流出する 1 分

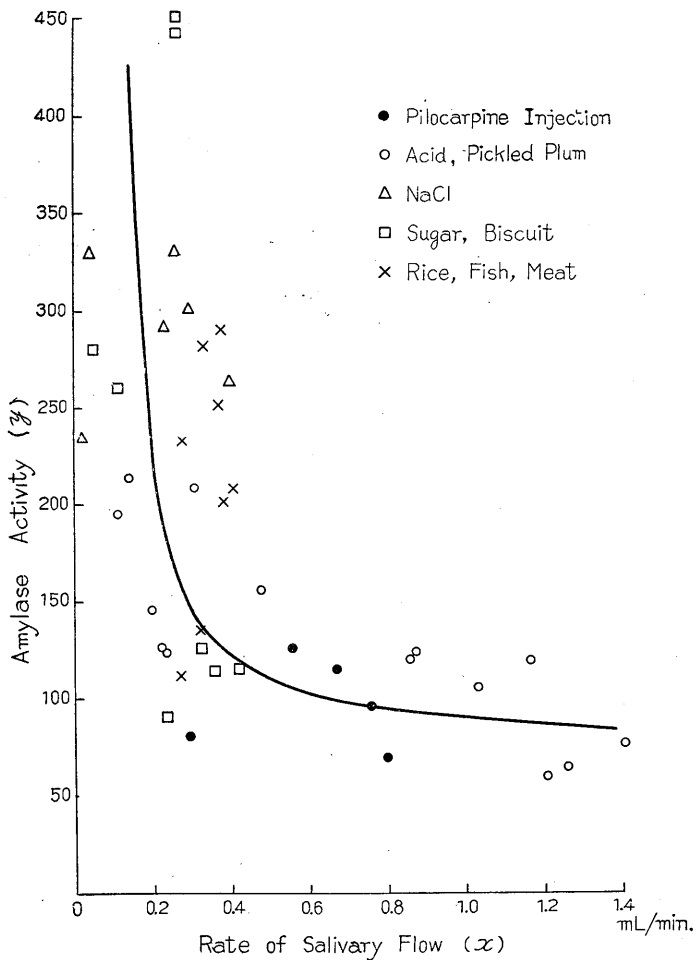


Fig. 2. Amylase Activity and Rate of Salivary Flow. (Parotid Saliva, Subject; S. H).

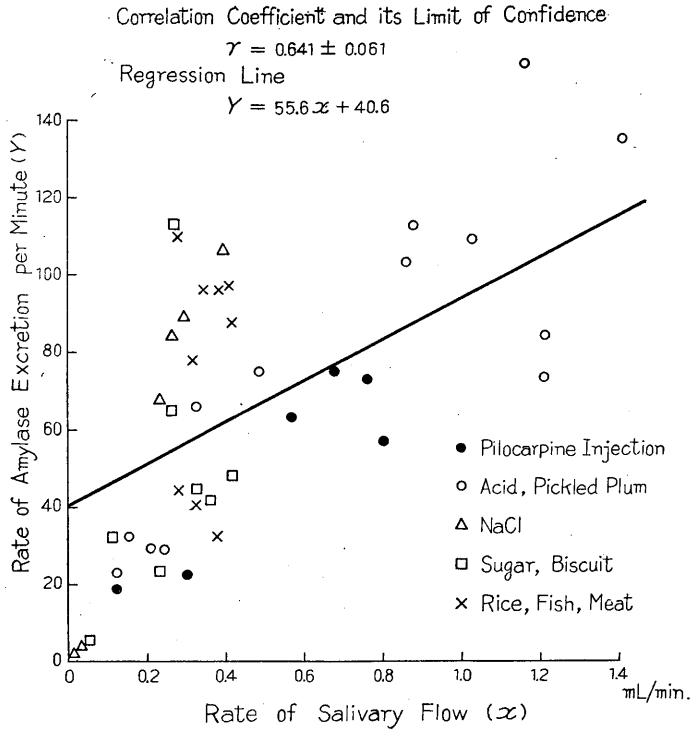


Fig. 3. Rate of Amylase Excretion and Salivary Flow. (S. H.)

示す所以であると考えられる。第3図の成績について回帰線の式を求めると、

$$Y = 55.6x + 40.6 \text{ (S. H)}$$

となるが、他の2例の成績については、

$$Y = 53.0x + 13.0 \text{ (T. M)}$$

$$Y = 66.7x + 15.6 \text{ (H. I)}$$

である。これは各個人によって唾液腺の水分分泌と Amylase 産生能との関係を異にし又細胞内の先駆物質蓄積量が人によって異なるためであろう。此等各例の成績は第4図及び第5図に示されている。

此等の図に於いて注意せられる事は回帰線の周りの各測定点のばらつきは可成り大きく、実験値と理論値との一致が充分良くない事である。これは上に導

間当りの速度を k とすると、1分当りの分泌量 \bar{Y} は

$$\bar{Y} = k(S_0 + S) \dots \dots \dots (1)$$

今唾液腺の水分分泌速度又は唾液流出速度を x とし、この速度が高い程唾液腺の分泌興奮は高く、Amylase 先駆物質の新生も盛んであると考える。従って $S = ax$ である。但し a は唾液流出速度と先駆物質生成速度との比例の恒数とする。これを上式(1)に代入し、且つ Amylase 分泌量 Y を水分分泌速度 x にて除してこれを濃度(力価) y に換算すると次の如くなる。

$$y = Y/x = kS_0/x + ak$$

$$\therefore xy = Y = kS_0 + akx \dots \dots \dots (2)$$

これが第3図に於いて Amylase 力価と唾液流出速度との積 (Y) が唾液流出速度 (x) と順相関を

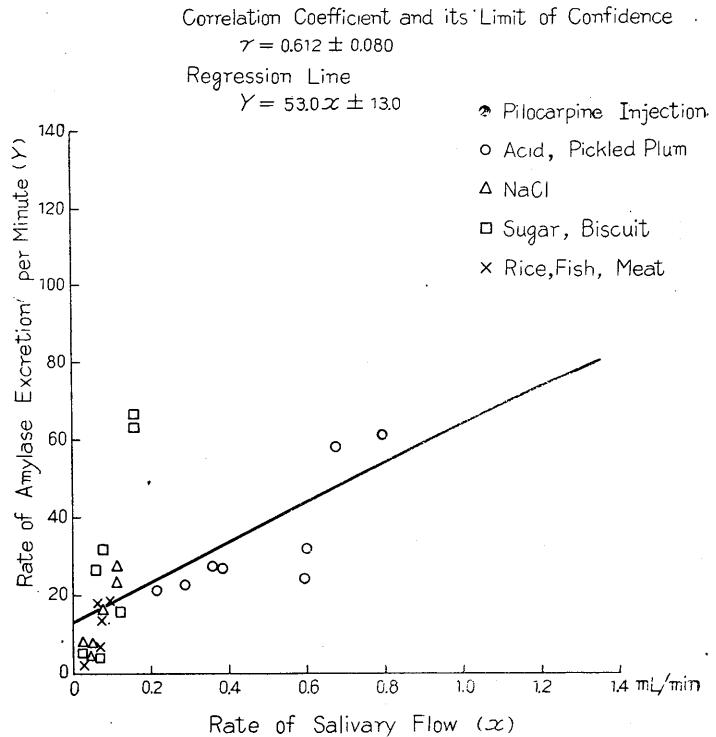


Fig. 4. Rate of Amylase Excretion and Salivary Flow. (T. M.)

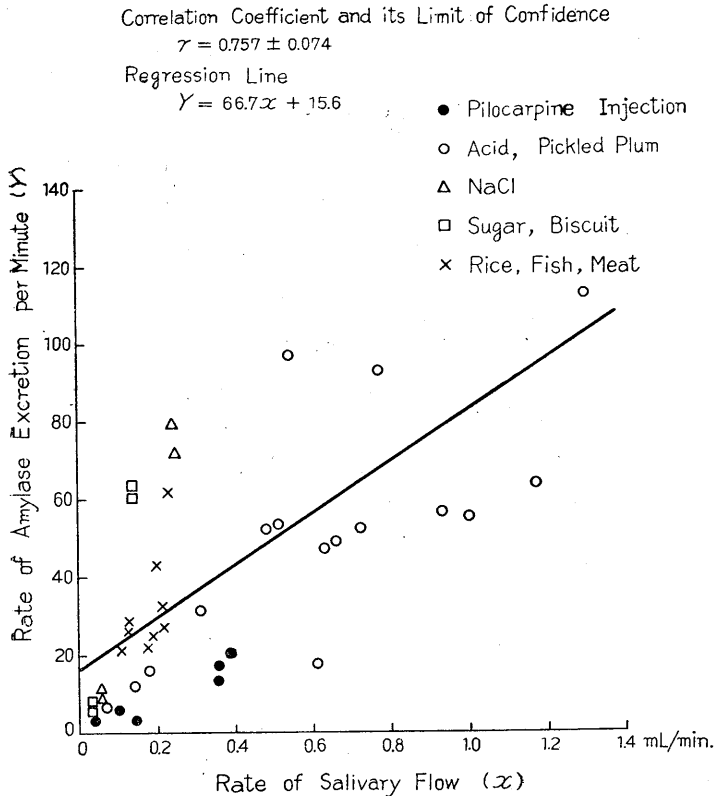


Fig. 5. Rate of Amylase Excretion and Salivary Flow. (H. I).

いた理論式 (2) が完全なものではなく、単に Y と x の定性的な関係を示したに過ぎない事を暗示する。それは例えば上記には先駆物質の新生が水分分泌速度に比例すると考えたが、これは大胆な仮定であって、 $S=f(x)$ 、となす可きである。又 (2) 式を立てる場合には腺刺激以前に細胞中に貯蔵された S_0 が唾液の分泌中に常に残っていると考えているが、恐らく分泌が可なり進んだ後には S_0 は消失すると思われる。其の他多少の刺激の種類と Amylase 分泌との間に直接的な関係があるかも知れない。(2) 式に於いて此等の点を修正すれば更に実験値をよく説明し得ると思われる。但し $f(x)$ の函数の性質がよく判らないし、又 S_0 は分泌刺激後の時間の函数であるから、これを正確に数式化して (2) に入れ込む事は容易な事ではない。

要するに (2) 式は未完成な理論式であるから、実験値との一致が充分でないのである。然し或る程度の定量的関係はこれにて説明し得る

と認めてよいであろう。尙覚道は反射唾液の Amylase 力価は水分分泌速度に伴うと記載しているが、その論文に於いては両者の相関関係を計算して正確に検討したものでないから、これをここに批判する事は出来ぬ。

以上を要するに、耳下腺の Amylase 分泌作用は腺細胞の分泌興奮の強さに関係し、水分分泌速度と密接な相関関係にある。但し腺興奮に伴う水分分泌作用の方が Amylase 分泌作用よりも強いために Amylase 力価としては水分分泌速度の高い程低くなり、両者の関係は略直角双曲線に一致する。従来 Amylase 力価は唾液腺分泌刺激の種類によって異なると信じられたが、これは唾液流出速度と力価との関係を考慮せずして観察された結果である。従って

果して Amylase の分泌と分泌刺激の種類との間に直接的な結びつきがあるかどうかは将来更に厳密な実験によって検討する必要がある。本研究の成績よりすれば、恐らくは従来信じられた刺激種類と Amylase 力価との関係の多くのものが、刺激種類によって唾液腺興奮が異なるためにその唾液そのものの分泌速度を異にし、それと共に Amylase 力価にも差を生じたものであって、刺激の種類に対して Amylase 産生機能が特異的に適応したと見る可きではないと思われる。

IV. 結 論

著者は Pilocarpin 注射、酒石酸溶液、食塩水、糖液等の舌上滴下、各種食物の咀嚼等によって分泌を催起せられた耳下腺唾液を採集し、その Amylase の力価を測定し、これと唾液流出速度 (水分分泌速度) との関係を検討しつつ、刺激種類と Amylase 力価との関係を観察した。

1) 唾液 Amylase 力価は刺激の種類によって差異があるが、然し一方これは唾液流出速度と一定の相関関係がある。即ち Amylase 力価は分泌刺激の種類に関せず唾液流出速度上昇に伴って大体として1つの直角双曲線に沿って減少して行く。

2) 総 Amylase 分泌速度 Y と唾液流出速度 x との間には順相関が成立し大体として、

$$Y = ax + b$$

の関係が成立する。 a , b は恒数であって、力価は Hawk, et al, 法によって評価し流出速度を cc/分にて現わす時は a は 53.0~66.01, b は 13.0~40.6 である。この関係は個人によって若干差があるが、刺激の種類とは殆んど無関係である。

3) 以上の事実を説明するために Amylase の分泌は腺細胞中に貯蔵された先駆物質と唾液腺興奮に伴って新生せられる先駆物質とより、Amylase が一定速度にて水溶液中に溶け出すことによって現われると考えて、上式を理論的に誘導した。

4) 本実験の範囲に於いては刺激の種類と、Amylase の分泌との間には著明な特異の関係は存在しないと考えてよい。従って刺激の種類により耳下腺唾液 Amylase 力価に変化があったとしても、それは唾液流出速度との関係に於いて考察す可きである。

文 献

- 1) Best, C. H. and N. B. Taylor (1950) The physiological basis medical practice. 494 The williams and wilkins company. Baltimore.
- 2) Neilson, C. H. and D. H. Lewis (1908) The effect of diet on the amylolytic power of saliva. J. biol. Chem. **4**, 501-506
- 3) Squires, B. T. (1953) Human salivary amylase secretion in relation to diet. J. Physiol. **119**, 153-156
- 4) Brothers, J. D. and C. J. Warden (1950) An analysis of the enzyme activity of the conditioned salivary response in human subjects. Science **112**, 751
- 5) 高岡 涉 (1952) 唾液の酸塩基平衡に関する研究 (第1報) 日本生理誌 **14**, 504
- 6) 高岡 涉 (1953) 唾液の酸塩基平衡に関する研究 (第2報) 日本生理誌 **15**, 371
- 7) 高岡 涉 (1953) 唾液の酸塩基平衡に関する研究 (第3報) 日本生理誌 **15**, 646
- 8) 森 隆之助 (1957) 唾液の酸塩基平衡に関する研究 (第1報) 日本生理誌 **19**, 1
- 9) 森 隆之助 (1957) 唾液の分泌とその酸塩基平衡に関する研究 (第2報) 日本生理誌 **19**, 813
- 10) 岩崎隼太 (1957) 唾液腺のアルカリ分泌に対する炭酸脱水酵素の意義 (第1報) 日本生理誌 **19**, 143-151
- 11) 岩崎隼太 (1957) 唾液腺のアルカリ分泌に対する炭酸脱水酵素の意義 (第2報) 日本生理誌 **19**, 1239-1256
- 12) 覚道幸男 (1952) 人唾液のアミラーゼに関する研究 (第8報) 医学と生物学 **24**, 131
- 13) Tokumoto Shinjo (1950) The action currents and secretion of the human parotid gland. Tohoku. J. of Exper. Med. **52**, No. 3
- 14) Hawk, P. B., Oser, B. L. and W. H. Summerson (1949) Practical physiological chemistry. 12 th ed. 313-315 Philadelphia Blakiston.
- 15) Schneyer, L. H. and C. A. Schneyer (1956) Apparent synthesis of submaxillary gland amylase during pilocarpin administration. Am. J. Physiol. **187**, 403-406

Summary

The parotid saliva being collected with Krasnogorski's capsule after various types of chemical and physiological stimuli, alterations of the amylase activity of saliva were investigated with consideration of possible relation to the rate of salivary flow as well as of some specific effects of types of stimuli.

As the stimuli to salivary excretion, injection of pilocarpin, dropping of sugar and acid solution over the tongue and chewing of rice, biscuit, fish and meat were used. Results obtained are as follows:

1) The amylase activity of the saliva revealed an intimate relation with the rate of salivary flow, and a hyperbolic equation existed among the two, regardless of types of stimuli.

2) By multiplying the amylase activity with the flow rate, the rate of amylase excretion was calculated. It showed a high correlation with the rate of salivary flow.

3) No specific affiliation of the amylase activity with the types of excretory stimuli could be detected. Thus the previous studies on the relation of amylase activity to types of stimuli should be reinvestigated with a careful consideration of the influence of the rate of salivary flow.

4) To explain these results, the authors proposed a hypothesis of excretory mechanism of amylase in which the existence of the precursor of amylase stocked in the gland cells and its production by the excitation of gland cells were postulated.

(1st Department of Physiology, Kyoto Prefectural Medical School)

人体神経、筋の反復刺激閾値に関する研究 612. 741. 6: 612. 816. 1

Studo pri sojloj ĉe sinsekva stimulado de nervoj kaj muskoloj en homa korpo

藤岡玄治 (Fujioka-Genji)*

1. 前置き

人体における神経や筋の電氣的刺激は古くから行われ、殊に Lapicque の時値提唱¹⁾、Bourguignon の人体における時値測定²⁾ 以来多くの実験をみるに至った。人体神経、筋を経皮的に刺激する際に、刺激電極の効果を期待するには、十分に大きな電流を通ずる事が必要である。このためには電流が人体を通過する際に電氣的特性を有する皮膚において、与えられた電圧が低下する事が考えられねばならない。皮膚における電圧の低下は、電流が皮膚を通過する時に生ずる分極によって起るのである³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。皮膚における分極は、電流通過にあたり電極下の皮膚に逆起電力が生じ、回路を流れる電流が指数函数曲線をとって減少することである。従って人体を刺激する場合には、この初期における電流を十分に考慮しなくてはならないが、最近皮膚分極を平衡せしめて皮下に直角脈波を与えられる方法が案出された⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

近来低周直角脈波通流が臨床的に応用されて著効をみるに至ったが、その応用として1つには、通流によっても興奮を起さずに長い時間に及ぶ効果を期待するものと、1つには直接興奮性形体を刺激して興奮させる、刺激作用を利用する方法が採られている。本研究は後者における基礎的研究の立場より、人体に反

復刺激を興えて神経、筋の閾値を求め、その際の直角脈波刺激期間及び反復の周波数と閾値との関係をみたのであるが、その際上述の平衡回路法を利用して刺激を行い、筋の最小攣縮を示標として閾値を求めた。また直角脈波を刺激として利用してその閾値を測定する場合、直角波の刺激期間と休止期間の関係を整理しないと理解が難しくなる。

刺激期間に比べ休止期間の長いところから閾値を求め、刺激期間の延長と休止期間の短縮に到る迄の閾値の一連の変化を追求した。この様にして刺激としての直角波期間と、反復刺激としての直角波休止期間のもつ意味を詳細に検討してみた。

II. 実験方法

刺激装置は第1図A、Bに示す。短い刺激期間の直角脈波による反復刺激は、Aの装置によった。陰極結合の multivibrator により直角脈波を共振せしめ、ネオン管及びサイラトロンを作動せしめて短い期間の直角脈波を作った。

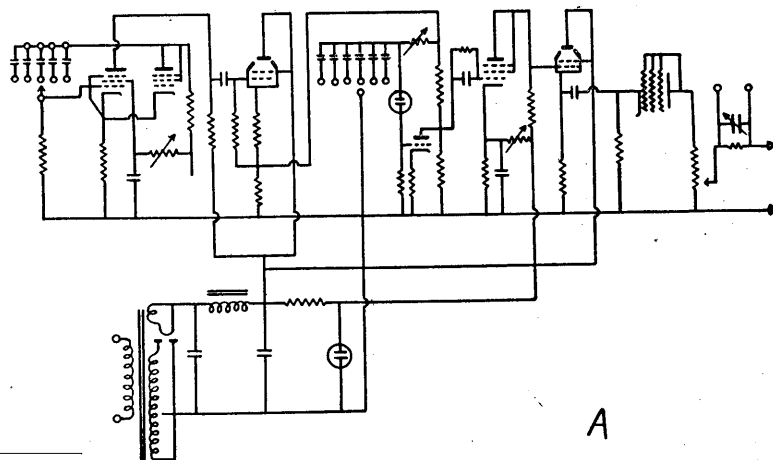


Fig. 1. A
Generato de rektangulaj kurentpulsos de mallongaj pulsdauroj.

* 千葉大学医学部第1生理学教室
〔昭和32年10月26日受付〕

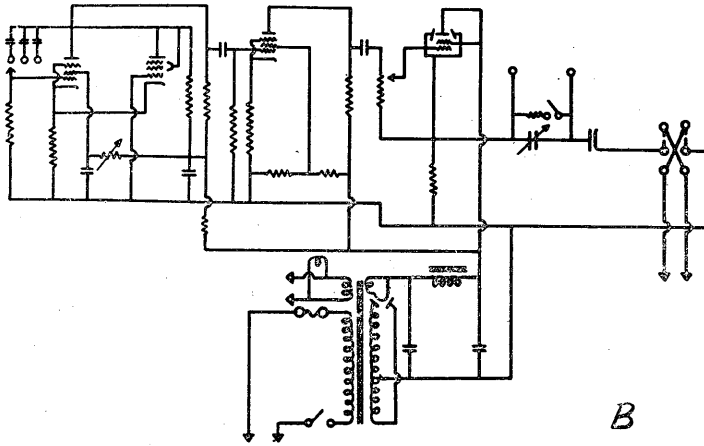


Fig. 1. B

Generato de rektangulaj kurentpulsos de longaj pulsdauroj.

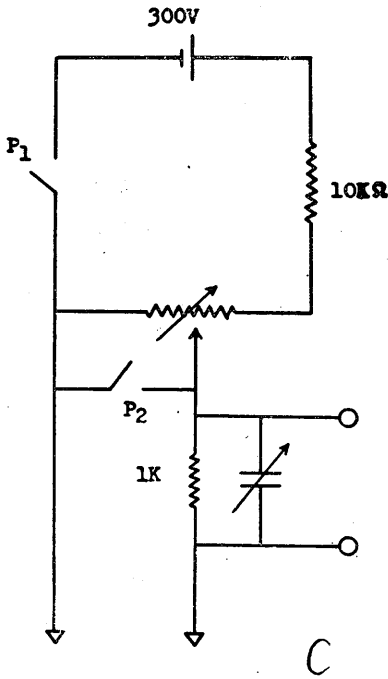


Fig. 1. C

Generato de unuopa rektangula kurentpulsu kun "kompensa cirkvito".

最終段電力増幅後、これを整流して $10k\Omega$ の低抵抗回路より出力せしめた。刺激期間の長い場合は B の装置により、直角脈波の持続時間は multivibrator の screen grid の抵抗を加変することにより調整する。

第 2 図に示すような F_1, F_2, F_3 と 3 種類の周波数の直角脈波の反復刺激を、神経、筋に与

え、筋の最小攣縮を示標としてその時の刺激強度を閾値とした。3 種の脈波は、各々その刺激期間を自由に調節することができる。その際刺激期間が短縮すれば、休止期間はそれだけ延長してくる。例えば F_1 においては、その周期は 560msec であるが、刺激期間は第 1 図 B 装置では 300msec より 90msec 迄加変できるので、休止期間は 260msec より 470msec に変ることになる。

又 A 装置では周期は 560msec と同様であるが、刺激期間は 20msec より 0.1msec 迄加変できる様にしてある。この場合には休止期間は 540msec より 559msec と変るだけで、その相違は余り問題とならない。

F_2 の周期は 260msec であり、刺激期間は B 装置では 170msec より 60msec 迄であるから、休止期間は 90msec より 200msec 迄変ることになる。短期間刺激の場合は F_1 同様 20msec より 0.1msec 迄加変される。

F_3 は周期は 130msec であり、刺激期間が B 装置では 70msec より 30msec 迄短縮するに伴い、休止期間は 60msec より 100msec 迄変る。刺激期間の短いものは F_1, F_2 の場合と同じである。

第 1 図 C は単一直角脈流刺激装置で、出力は A, B と同様 $10k\Omega$ の抵抗によって得られる。これは実験成績 2-b, c において行われるものである。P₁, P₂ は Helmholtz の振子の開放接触を示す。人体刺激である為 300V の電源を必要とした。

神経、筋の閾値を正確に決定する為、A, B, C 装置は平衡回路法⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾によって皮膚の分極の影響を除去し、刺激電圧を増幅して Braun 管に導き、記録し計測した。実験は当教室員及び学生である成年男子を被検者とした。尺骨神経、尺腕伸筋、母指対立筋をその対象とした。電極は普通に用いられているメッキされた真鍮

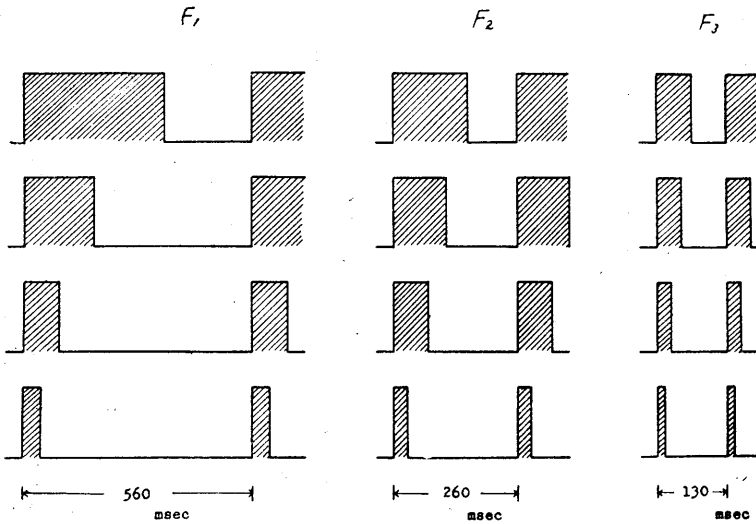


Fig. 2. Tri specoj de frekvenco de uzataj kurentpulsoj.

板で脱脂綿で包み、布で覆って生理食塩水に充分浸して用いた。不関電極は15cm×14cm大の長方形電極で、いずれの場合も下腿外側に密接し、刺激電極（陰極）は直径0.7cmの円板電極を用い、刺激点にあてた。

神経刺激の場合には、刺激電極は肘関節部尺骨神経溝に相当する皮膚上にあて、又筋では上記の筋が最小攣縮を起す部位を慎重にあらかじめ探索し、その部に強からずまた弱からず固定した。被検者は坐位又は仰臥位をとり、緊張を避けるようにした。尺骨神経の場合は小指の最小攣縮を示標とし、筋では刺激電極下の筋の最小攣縮を示標として閾値を測定した。反復刺激の強さを徐々に上げ、筋の最小収縮は反復刺激であるため判別は容易である。F₁, F₂, F₃の周波数とも、休止期間は比較的長くとしてあるので各々の脈波に必ず攣縮が起り、強縮とか刺激の反復に応じない攣

縮の起ることはない。

Ⅲ. 実験成績

刺激期間と閾値との関係

F₁, F₂, F₃の各々異なった周波数の反復刺激において、刺激期間の変化に伴って起こる閾値の変化の関係を第3図に示した。ここにおいてはこれを全体的に判断するため、その横軸の対数目盛りに刺激期間を msec で目盛り、縦軸は閾値を V で目

盛った。

3種の周波数の異った反復刺激において、刺激期間が比較的短い範囲の関係は、従来の単一刺激の場合の i-t 曲線と同様に全体として双曲線関係をとっている。即ち刺激期間が極めて短いときは閾値は最も高く、刺激期間の延長に伴い閾値は漸次下降する。しかし刺激期間が更に延長して約 20msec 以上になると、閾値は再び

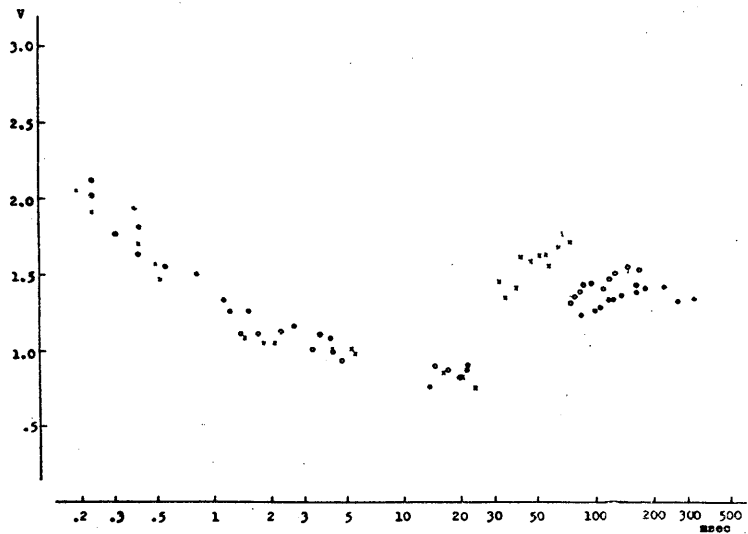


Fig. 3.

Sojlo-stimulaŭra rilato ĉe sinsekva stimulado per kurentpulsoj en tuta sfero de la daŭroj.

La absciso montras stimulaŭron per logaritma skalo. • F₁, ○ F₂, × F₃.

上昇し、刺激期間の延長に伴い閾値は漸次上昇する。刺激期間と閾値との関係における F_1 , F_2 , F_3 による差異は、刺激期間の短い場合に得られた $i-t$ 関係では殆んど認められないが、刺激期間の長い場合の関係では著しく認められる。即ち閾値は F_3 において最も高い値を示して、 F_2 , F_1 と順次に低く、しかもその傾斜は F_3 においては最も大で、

F_2 , F_1 と順次に小である。この様に刺激期間の短いものと長いものとは、周波数の相違によってその関係を異にするので、次の様に項目を分けて成績を検討した。

1. 刺激期間の短い反復刺激

第1図Aの装置によって得られた成績で代表的な例を第4図に示す。グラフの横軸に刺激期間を msec にて目盛り、縦軸に閾値を V で目盛ると、従来の単一刺激の場合の $i-t$ 曲線と同様な曲線が得られ、 F_1 , F_2 , F_3 と周波数が違ってても殆んど同じ関係を示す。

神経の場合 (第4図A) $i-t-t$ 関係は各周波数において夫々直線関係を示すので、いずれも

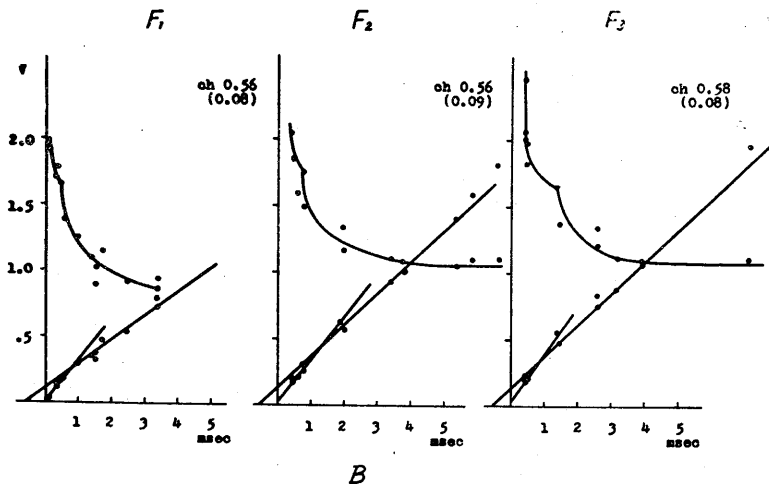


Fig. 4. B Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe mallongaj daŭroj (Muskolo).

Weiss の式¹¹⁾ に従うことがわかる。 $i-t-t$ 直線より時値を測定して、これをまとめると第1表の様に、神経の時値は F_1 , F_2 , F_3 のいずれにおいても大体 0.3msec である。

筋刺激における $i-t$ 曲線 (第4図B) は利用時のごく短いところで曲線は折れ、この $i-t-t$ 関係から2本の直線をひくことができる。従って

Tab. 1. Kronaksio (msec)

Nervo			Muskolo					
F_1	F_2	F_3	F_1		F_2		F_3	
			1	2	1	2	1	2
0.30	0.31	0.29	0.08	0.56	0.09	0.56	0.08	0.58
0.31	0.30	0.29	0.03	0.52	0.06	0.55	0.07	0.44
0.28	0.25	0.30	0.09	0.55	0.10	0.61	0.09	0.55

筋刺激の時値は2つ求められることになる。2本の直線のうち時値の小なる値は、0.1msec 又はそれ以下であり、大なるものは 0.5msec 以上の値をとる。第1表の筋の部分でその値を示した。筋における2種類の時値については考察において論ずる事にするが、本間¹²⁾によれば大きな時値は筋自体の刺激によるものであり、小さな時値は神経筋

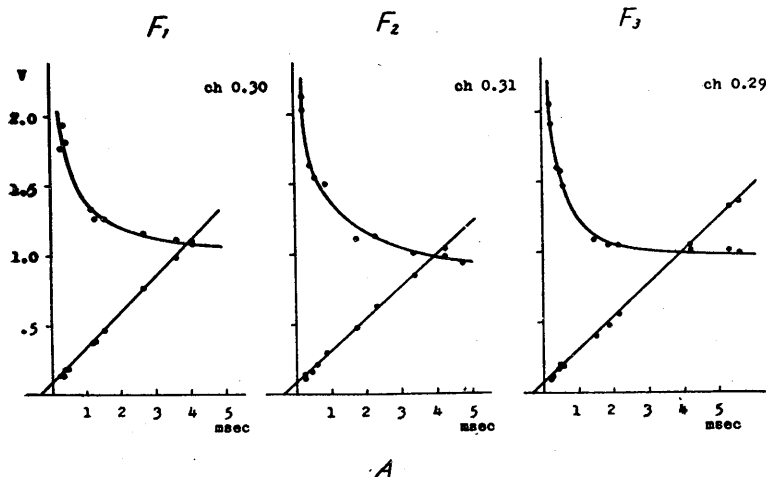


Fig. 4. A Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe mallongaj daŭroj (Nervo).

連接が刺激されたことにより描かれた $i-t$ 関係とされている。

F_1 , F_2 , F_3 と周波数の相違によっても時値が少しもかわりなく測定できるという事は、ここに用いた程度の周波数による反復刺激で $i-t$ 曲線を描くことができることを示すものである。刺激期間が数 msec 以内を変化するだけであるから、各周波数によって差異を示す 130msec より 560msec に至る休止期間により、何等の影響をうけないということを見るのである。人体刺激による $i-t$ 曲線は、従来は単一直角脈流刺激によって測定されてきたのであるが、刺激点の探索、閾値の測定等で多くの困難があった。反復刺激によって、それらと同じ所見を得る事ができれば、それらの困難は除去でき、従って測定 of 正確さをより高める事ができるのである。

2. 刺激期間の長い反復刺激

a. 第1図B装置により刺激し閾値を測定すると、第3図に示した様に刺激期間が20msec 以上に延長するに伴い閾値は漸次上昇する。閾値の上昇は、 F_1 , F_2 , F_3 夫々において異なり刺激期間の延長に伴い、 F_3 が最も高く、またその傾斜度も最も大きい。 F_2 , F_1 はそれに比して閾値は低く、また傾斜も緩かくなる。この関係をもっと詳細にみるため、第3図の横軸の刺激期間 (msec) を通常尺度に目盛ったのが第5図 (神経、筋各々における上段) である。

これを見れば刺激期間の大なるに従い、どの F においても閾値が漸次増大するのを見る。そしてその閾値の増大も、又その経過の傾斜も、 F_3 にて最も大であって、 F_2 , F_1 と順を追って小となってゆくのが見ることができる。そしてこのことは神経刺激にても筋刺激にても同様である。また上述の傾斜は筋においては神経におけるよりやや緩かである。第5図 (なお後の第6, 7図においても) において神経の場合も筋の場合も、下段に描いてあるは、上段と同様の関係に半対数座標を用い、縦軸を対数目盛として描いたグラフであって、後に述べる用途のために作ったものである。

b. しかしこの事実を考えるに当って、刺

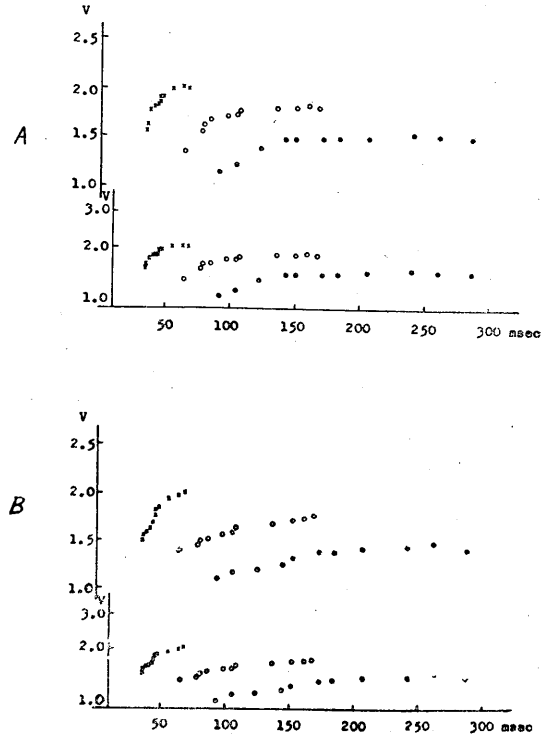


Fig. 5. Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe longaj daŭroj. A...Nervo, B...Muskolo. Ĉe la suba grafiko la ordinato de logaritma skalo.

激期間の延長に伴い閾値の高まる事が、刺激期間の延長ということで起きてくるものであるか、または反復刺激に由来するものかを区別する必要がある。何故ならば F_1 より F_2 , F_3 と周波数が多くなるに伴い閾値の高まり方も大、またその傾斜も大となることは、それに従って休止期間の小なる反復刺激にて見られることに相当し、反復刺激としての原因がより強く加わることになるからである。この原因を検討するために、反復刺激ならざる同様の実験を行った。即ち実験装置第1図Cに従って、単一の直角脈流を与えその刺激期間を第5図と同じ様に50~300msecと加変してその時の閾値を求めてみた。

第5図と同様に図示すると第6図のようになる。これによれば単一刺激においても、刺激期間の延長と共に閾値は上昇する。その傾斜度は神経、筋とも僅少であって、反復刺激における F_1 と略々同じである。このことより反復刺激でなくとも、刺激期間の延長に伴って閾値は上昇

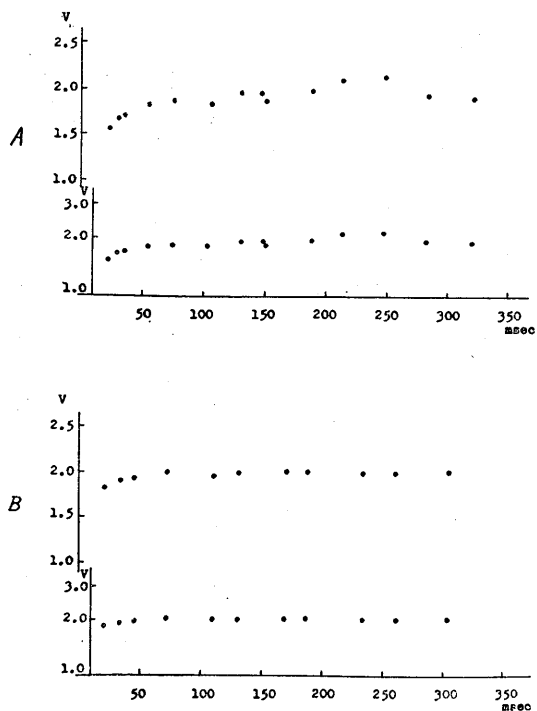


Fig. 6.

Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe stimulado per unuopa rektangula kurentpulso.
A...Nervo, B...Muskolo. Ĉe la suba grafiko la ordinato estas skalumita logaritme.

するものであり、その際の閾値上昇程度が反復刺激の F_1 の周波数の場合と同じであることを知るのである。このことは F_1 の如く周期560msecほどの反復刺激にて、実際に用いた程の刺激期間においては、休止期間が充分長くして単一刺激と同様の関係をなすことを示すものである。一方周波数が多くなるに伴い閾値上昇度が著しくなることは、休止期間が十分に長くないで、反復刺激なるために起る現象と見ねばならない。この方面の関係の検討は先に譲り、今は更に考慮すべきことがある。

c. 単一直角脈流刺激においても、その脈流の期間が延びると閾値が上昇するものであることが判明したが、この様に高い刺激になってくると直角脈流の初期の立上りが刺激をなしているのではないかと疑われてくる。この部分が主として刺激をなすことと、刺激期間全体の電流が刺激をなすこととは意義が異

る。その前者でなく後者であることを立証するために、直角脈流の立上りを漸増の形としてここでは刺激とならないようにし、以後その期間を延長して閾値上昇の割合をしらべた。漸増は平衡回路網の容量を平衡状態より更に一段と加えれば容易に作ることができる⁸⁾。その際漸増の時定数は最初に定めた容量によって一定にしておいて、刺激期間が変わっても立上りの漸増は変わらない刺激方法をとった。その成績を第7図に示すがこれによると、単一漸増脈流刺激においても刺激期間が50~100~200msecと延長するに伴い閾値は上昇する。上昇の割合は第6図単一直角脈流刺激の場合と全く同様であって、閾値の上昇は直角的立上りの有無に関せず、脈流期間の延長に由来するものであることがわかる。

d. 以上単一刺激及び F_1 の反復刺激の知見を総合すると、刺激期間の延長によって閾値は上昇するものであることがわかった。この事は殊に単一漸増脈流刺激における成績にかんが

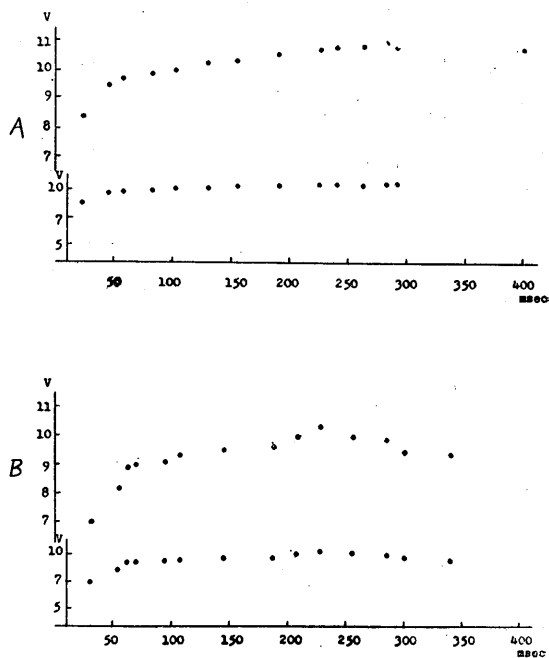


Fig. 7.

Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe stimulado per unuopa eksponentiale kreskanta kurentpulso.
A...Nervo, B...Muskolo. Ĉe la suba grafiko la ordinato estas skalumita logaritme.

みても、刺激期間全体の電流が刺激に与って、しかも起す閾値の上昇であることを知る。これは結局加わる電流刺激に対する適応の増大より考えねばならない。Hill¹³⁾はその刺激及び適応の理論において、直角脈流の閉鎖刺激に対し、

$$I = I_0 \frac{1 - k/\lambda}{e^{-x/\lambda} - e^{-x/k}} \dots\dots\dots(1)$$

(ただし I 電流の強さ, I₀ 基電流, x 時間, k 時間要素定数, λ 傾き要素定数) を導出し, λ = ∞ 即ち適応の極めて徐るるとき

$$I = \frac{I_0}{1 - e^{-x/k}} \dots\dots\dots(2)$$

なる興奮法則を示した。

しかし λ が有限なるとき, x は十分に大で, 且つ λ ≫ k なる条件においては

$$I = I_0 e^{x/\lambda} \dots\dots\dots(3)$$

を導出することができる¹⁴⁾。これ刺激期間が延長されるときに生ずる適応による閾値の上昇を示すものである。式 (3) より

$$\log I = \log I_0 + \frac{x}{\lambda} \dots\dots\dots(4)$$

を得る。之は log I と x との間の直線関係を示す。実際第 5~7 図にて閾値の対数を刺激期間に対してグラフした結果を見る時は、それらの最初の部分は直線をなし、それに相当する刺激期間の範囲にて閾値は式 (3) に従う上昇を示すと見る事ができる。実際 λ ≫ k は人体における神経筋の刺激実験にて確められている¹²⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。

これ故第 5~7 図の半対数グラフの直線部分の傾角より単一直角脈流, 単一漸増脈流, F₁ 反復脈波刺激における λ を算出すると第 2 表の如くである。これら 3 者の刺激によっても λ の値は数百 msec で差異は著しくない。神経より筋の値の大きいことは著明である。

反復刺激の周波数が高まると閾値上昇程度が

Tab. 2. λ-konstanto (msec)

Unuopa rektang. pulsa stimulado		Unuopa ekspon. pulsa stimulado		F-sinsekva pulsa stimulado		
Nervo	Muskolo	Nervo	Muskolo	Nervo	Muskolo	
270	520	330	480	142	252	
280	360	440	520			
310	490	320	400	139	172	
340	880	300	480			
360	710	160	320	108	180	
Mezo	312±30.4	592±162.4	310±64	440±64	129.7±14.4	201.3±33.7

Tab. 3. λ-konstanto (msec)

Nervo			Muskolo		
F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
142	78	32	252	157	55
139	91	41	172	135	78
108	83	43	180	130	83

著明であったが、高い周波数即ち短い周期においては刺激期間が長くなると、それだけ休止期間が短縮してこれによる閾値上昇が著しくなる(山川¹⁷⁾)。従ってこの理由による上昇を含む F₂, F₃ における閾値上昇より、上述と同様に λ を測定することは意味をなさないかも知れない。しかし上昇程度を比較する上において F₂, F₃ の反復刺激においても λ に相当する値として、式 (4) によってその値を求めてみた。第 3 表がその値である。F₂, F₃ と周波数が高くなるにつれ λ に相当する値が減少してくるのを見る。即ち反復刺激における休止期間の短縮に伴って閾値上昇の傾斜が急になり、λ が見かけの減少を示すのである。この理由については、反復刺激により刺激が夫々前刺激後興奮性回復の次期に作用するために起ると考えられるが、詳しいことは考察の章において論ずることにする。

IV. 考 察

人体における神経、筋等の興奮性測定は、従来は単一直角脈流または単一蓄電器放電等の刺激によって行われていた。しかしこのような刺激電流によるときは、閾値刺激における最小攣縮が見分け難く、従って刺激点の選定が容易でなく、また刺激投与に対する被検者の不安等もあって、測定に際して微妙な困難が少なくなかった。近來電子管工学の進歩により脈波電流発生が容易となり、反復刺激が行われるようになると、それに対する応答として筋は刺激周波数により強縮または相次いで起る攣縮をもってするため、上述の困難は解消する。またその電流をオシロスコープ上にてその周期と同期せしめて掃引すれば、螢光面上に不動の像を結ばしめることができ、その高さを簡

単に読みとって閾値とすることができる。これらの利点のみならず、低周直角脈波は治療にも応用され、これによる反復刺激の様相も十分明らかにする必要がある。この意味において人体における反復刺激について深く討究する目的で本実験は始められた。ただし本実験にては筋が強縮を起す周波数については観察されず、個々の攣縮が連続して起る周波数に限って実験された。

人体における神経、筋刺激に当っては、外より与えられる電圧が特殊なる電気的特性をもつ皮膚のため、著しく変形された電流となって神経、筋等に作用することを考えねばならない。即ち皮膚の分極に基づく容量成分のため、例えば直角脈波の電圧は、スパイクをもって漸減してはるかに小なる残留電流をなす形の電流となる。この状態を是正して、外より与えられる直角波形の電圧と同様の形の電流を、体内にても作用せしめるために本間⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾は、いわゆる平衡回路法を案出したが、本論文の実験においてはすべての周波数の反復刺激においても、又単一刺激においても平衡回路法を用いて、体内の神経及び筋に正しき直角脈波を作用せしめた。ただし2-cの実験においてのみは、そこに記した理由によって平衡を過度に行い、直角の立上りを更に指数函数的に漸増せしめる形の脈波電流を与えて測定した。

さて先ず F_1 、 F_2 、 F_3 の3種の周波数にて、短きは0.3msecより長きは300msecに至る、すべての刺激期間に対する閾値の変化を見れば、第3図の如く、刺激期間の短い範囲においては、その大となるに従い閾値は漸減して、大体双曲線をなし、この部分では F_1 、 F_2 、 F_3 によりほとんど差異を示さない。然るに期間が20msecを超えて大なる範囲においては、閾値は漸次再び上昇を來たし、その大きさ並びに傾斜は F_1 、 F_2 、 F_3 間で著しく異なるのを見るのである。かくの如く刺激期間の両範囲にて全く相異なる関係を示すので、この両者を別々に実験考察することにした。

実験1において先ず期間の小なる範囲を取

扱う。この範囲における閾値と期間との関係は、従来一般の神経、筋における電気刺激の $i-t$ 関係に相当するものである。その神経におけるものは第4図Aに示す如くである。この関係においては F_1 、 F_2 、 F_3 の間にはほとんど差異を示さない。そして $i-t$ 関係は直線をなすところから、 $i-t$ 関係はWeiss¹¹⁾の式を満足することを知る。このWeiss式より導出される時値の大きさは第1表の示すところであるが、その大きさは F_1 、 F_2 、 F_3 間に全く有意の差なく、そして従来の同一対象に対する単一直角脈流による成績¹⁵⁾¹⁶⁾と一致する。このことはここに用いられた如き周波数と刺激期間とにおいては、反復刺激により単一脈流刺激によると全く同様の $i-t$ 関係を求めることができること、及び F_1 、 F_2 、 F_3 間の周波数の相違は成績に差異を生ぜしめないことを物語るものである。そしてこのことは本章頭初に述べた如き単一脈流刺激における種々の困難を除き、容易に美しき成績を与え得る人体神経、筋興奮性測定方法として、反復刺激を推賞し得る根拠をなすのである。

この範囲の成績にて筋についてのものは第4図Bに掲げられたものであって、これにおいても F_1 、 F_2 、 F_3 間には差異を認めない。そしてこれにおいては $i-t$ 関係が2本の直線部分より成るのである。この2本の直線関係をそれぞれ異なる2つの興奮性の示すところのWeiss式を満足する $i-t$ 関係の表現と見て、それぞれの直線より時値を求めた値を第1表筋の部の1及び2欄に示した。これらの値には F_1 、 F_2 、 F_3 間には差異はない。そして2欄の値は従来の単一脈流にて観察された人体筋の時値¹⁵⁾¹⁶⁾と一致するので、神経の場合と同様に反復刺激の優秀性の根拠となり得る。次に1欄の示す時値であるが、これについては本間等¹²⁾と共に神経筋接続の興奮性の現われと見たい。ここの興奮性は古くLucas¹⁸⁾により β -興奮性として見出されたが、その後多くの研究者にては実証されず、一部には疑いをもって見られたものであるが、最近Praglin(1954)によりまた $i-t$ 関係類似の関係において見出された。本間は1~2の実験

によりこれを確かめているから、この $i-t$ 関係はこのシナプスのそれを示していると見る事ができるであろう。もっとも Grundfest²⁰⁾ は最近、一般にシナプス後部膜興奮性は電氣的に不興奮性であるとの意見を発表しているが、未だすべてのシナプスについて確定したわけではなく、目下のところ前述の本間等の考え方はなお保たれていると考えるのである。

次に実験 2 の刺激期間の長い範囲の取扱いに移る。先ず 2-a においてこの範囲における種々の刺激期間に対する閾値変化を、通常の時間軸に直して得たグラフ (第 5 図) につき観察した。神経にあっても筋にあっても、期間が延長するに従って閾値は漸次上昇し、その高さもまた傾斜度も F_3 にて最大を示し、 F_2 、 F_1 に従い漸減する。この範囲における閾値上昇の原因の第 1 として先ず適応を考えねばならない。適応による閾値上昇の最も著しく起るのは漸増電流刺激であって、Fabre²¹⁾ の楔状波刺激 (Hill¹³⁾, 331 頁) の成績や白沢²²⁾ に始まる昭和医大生理の指数函数上昇電流刺激の成績 (摘出標本) は、本実験の第 3 図に似た所見である。即ち刺激期間の延長に従い、その小なる範囲にて $i-t$ 関係の閾値低下を示し、大なる範囲にて適応による上昇を来している。本実験は直角脈波刺激であるが、これにても適応は考えて差支えないのである。

適応の次に考えねばならぬのは、反復刺激のための休止時間の不足による興奮性の低下である。 F_1 、 F_2 、 F_3 の順序に高まる閾値上昇の絶対値及び傾斜度の増大はその表われでなければならない。この関係を確かめるため、その影響の全くない単一直角脈流刺激を行ったのが 2-b であって、その結果が第 6 図である。これによれば神経でも筋でも、やはり期間の延長に伴って閾値は上昇するが、その程度は大體 2-a の F_1 と同様である。

しかしこの単一直角脈流刺激において、もし最初の直角的立上りが主要刺激をなしておるならば、適応を検すべき実験として適当を欠く事を思い、念のために平衡回路法にて過平衡の状

態として、脈流の立上りを鈍化せしめ、漸増形の単一脈流にて同様に実験した。それが 2-c であって、その結果が第 7 図である。これによれば 2-b におけるとほぼ同様の所見であって、単一直角脈流による刺激も単一漸増脈流刺激と全く同様に、脈流期間全体の延長により閾値の上昇を来たすのを見るのである。

2-b、2-c の成績を 2-a のそれに比較するとき、単一脈流刺激は F_1 反復脈波刺激と大體同様の、刺激期間延長に伴う閾値上昇を起すことを知る。これは F_1 程度の周波数なれば、かかる刺激期間においても反復刺激に際し、休止期間は十分であって、単一脈流刺激と同様の閾値上昇を起し、従ってその上昇の原因は適応にのみ求めることができ、休止期間の不足による興奮性低下は考える要のないことを示すのである。従って 2-d においてはこの適応より閾値上昇を検討したのであった。

直角脈流刺激における刺激期間延長に伴う、適応による閾値上昇を、Hill¹³⁾ の理論より導いた結果は実験成績の 2-d にて述べた通りである。即ちその式 (3) の

$$I = I_0 e^{x/\lambda}$$

の通りであるから、閾値-期間関係を半対数座標に盛り (第 5~7 図下段)、それより λ 定数を算出した結果が第 2 表である。これによれば単一直角脈流、同漸増脈流、 F_1 反復脈波刺激は大體同様の λ を結果する。うちにおいても前 2 者はほとんど同大の λ を示す。何れにおいても筋は神経より大なる λ を呈するが、これは図において閾値上昇の傾斜が筋において緩かであった事に対応する。 F_1 脈波刺激においても筋は神経よりも大なる λ を示すが、両者の数値が単一刺激におけるそれぞれの値よりやや小である。これは図を一見するときには単一刺激とほぼ同様な閾値上昇であるが、計算するとなおいささか小なる λ を結果し、一程度反復刺激としての影響を示していると見えるのである。これらの λ が Solandt²³⁾、また我国⁸⁾¹⁵⁾ で得られた人体神経、筋の λ に比して大なる値を示しているが、これは測定方法を異にしているところに因るのであ

ろう。

F_2 , F_3 の反復脈波刺激においては上述の適応による閾値上昇のみならず、反復刺激の為の休止期間の不足による上昇が現われているので、その上昇の経過から直ちに λ を算出する事は無理であるけれど、比較のため一応同様の計算操作によって算出した λ の値を第3表に掲げた。見るが如く F_2 にては F_1 より、また F_3 にては F_2 より小なる値を呈している。また筋においては神経におけるよりはるかに大なる λ を示している。しかしこの λ の減少は決して真の減少でなく、反復刺激による閾値上昇をも全部適応に帰したための見かけの減少に過ぎない。既に述べたように、第2表において F_1 反復刺激が単一脈流刺激より、やや小なる λ 値を示すのも、この小なる衰われである。

然らばこの反復刺激のための休止期間の不足により、いかにして閾値上昇を来たすかというに、既に一般に知られた如く、神経、筋等の興奮性形体にては、1つの興奮の後に不応期、過常期、次常期なる興奮性の変化があり、それぞれ活動電位のスパイク、陰性後電位、陽性後電位の時間に相当する。そして次常期は種々の実験的条件、殊に反復刺激により著しく増強される(Lloyd²⁴)。又最近の人体刺激及び興奮記録装置の進歩により、神経刺激の際の神経筋間シナプスの興奮性回復経過が明らかとなり、その不応期が推定された(鈴木及び本間²⁵)。 F_2 , F_3 等の周波数にて今用いる如き刺激期間の際は、休止期間が漸く短縮し、相次ぎ来る脈波刺激が、前の興奮の後の次常期またはシナプス不応期に作用することとなり、閾値の上昇を来たすのである。

休止期間の短縮が閾値上昇に及ぼす影響の検討も興味ある問題であるが、山川¹⁷)は私とほぼ同時期に、大体同様の方法によって実験し、この方面を詳しく討究したのでそれに譲ることにする。ただ休止期間が更に短縮すると、個々の反復刺激が前興奮後の過常期に加わり、閾値が却って低下することもあり得る。第3図 F_2 , F_3 刺激のグラフ右端に見える低下はそれの衰われ

と考えることもできる。しかしこの現象を含めて、第5, 6図に見られる閾値刺激期間関係が期間の延長と共に、前述式(3)を逸脱して水平化する現象については、適応の衰退²⁶)をも考慮しなければならない。

V. 総 括

人体神経、筋を直角脈波により反復刺激し、脈波のいわゆる刺激期間と休止期間の意義を観察した。

1. 休止期間が相当に長く刺激期間が短い場合には、刺激期間の延長に従い閾値は低下して*i-t* 関係に相当し、反復刺激によっても単一刺激の場合と同様に、正しい*i-t* 曲線を求め得るし、それより時値を計算できる。

2. 刺激期間が比較的長い場合には、刺激期間の延長に従い閾値は上昇する。これは適応の現われであって、それより λ 定数を求め得る。

3. 反復周波数が高くして休止期間が短縮された場合、閾値の上昇は一層著しい。これは相次ぐ刺激が前の興奮後の興奮性低下を示す次常期に作用するためと考えられる。

4. 人体神経、筋の閾値測定は示標の判定を確実にするため、及び刺激点を容易に発現することから、反復刺激によって行われることが望ましく、本研究により、そのために採用すべき刺激方法を見出すことができた。

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

文 献

- 1) Lapique, L. (1926) L'excitabilité en fonction du temps, Paris, Les Presses Universitaires de France.
- 2) Bourguignon, G. (1923) La chronaxie chez l'homme, (Thèse de Sciences), Paris.
- 3) Gildemeister (1928) Die passiv-elektrischen Erscheinungen im Tiere- u. Pflanzenreich, H. B. norm. path. Physiol (Bethe u. a.) 8-B-2
- 4) 朴沢 進 (1928) Studien über die Polarisation der Haut. Pflügers Arch. **219**, 111, 141
- 5) 橋田邦彦 (1928) Über galvanische Polarisation der Haut u. a., Jap. J. Med. Sci., **III**, Biophysics. **4**, 119

- 6) 本間三郎 (1950) 人体皮膚の電気的分極について 日本生理誌 **12**, 261
- 7) 本間三郎 (1953) 人体神経及び筋の電気刺激閾値測定法-Balancing Network 法による-生体の科学 **5**, 33
- 8) 本間三郎 (1954) Studies on the electric threshold in human nerve and muscle. Jap. J. Physiol. **4**, 314
- 9) 本間三郎 (1956) The stimulation threshold of human nerve and muscle -The Balancing Network Method - Modern Electrotherapy, P. 31, Japan Society for Promotion of Science, Tokyo.
- 10) 本間三郎 (1956) 皮膚分極用刺激回路 医学エレクトロニクス P. 168, 南山堂 東京
- 11) Weiss, G. (1901) Recherches sur l'excitation des nerfs par les courants de très courte durée C. r. Soc. Biol. **53**: 253; La loi de l'excitation électrique des nerfs, ditto **53**: 466
- 12) 本間三郎・大倉淳男・渡部士郎・大浜博利・山川晋吾・藤岡玄治 (1956) The stimulation threshold of human nerve and muscle. -Summary- Modern Electrotherapy. P. 64, Japan Society for Promotion of Science, Tokyo.
- 13) Hill, A. V. (1935) Excitation and accommodation in nerve. Proc. roy. Soc. Lond., B, **119**, 305
- 14) 本間三郎・藤岡玄治 (1956) Polarization by low frequency rectangular pulses. Studies on repeated stimulations. Modern Electrotherapy, P. 78, Japan Society for Promotion of Science, Tokyo.
- 15) 山中 和・渡部士郎 (1956) The electrical stimulation threshold of human nerve and muscle -V-t curve and slope factor, Modern Electrotherapy, P. 49, Japan Society for Promotion of Science, Tokyo.
- 16) 山中 和 (1957) 人体神経及び筋の電気刺激閾値に関する研究 V-t 曲線について 日本生理誌 **19**, 444
- 17) 山川晋吾 (1958) 人体神経、筋の反復刺激閾値と通流作用 日本生理誌 **20**, 181
- 18) Lucas, K. (1907) The excitable substances of amphibian muscle. J. Physiol. **36**, 113
- 19) Pragliin, J. (1954) The excitatin of single striated muscle fibers. J. cell. comp. Physiol. **43**, 331
- 20) Grundfest, H. (1957) Electrical inexcitability of synapses and some consequences in the central nervous system. Physiol. Rev. **37**, 337
- 21) Fabre, Ph. (1927) De l'excitation neuromusculaire par ondes cuneiformes. C. r. Soc. Biol. **184**, 1486
- 22) 白沢一郎 (1951) 神経の指数函数的上昇電流による刺激と活動電流の応答時に関する研究 昭和医科大学生理学教室論文集 **2**, 129
- 23) Solandt, D. Y. (1935) The measurement of accommodation in nerve. Proc. roy. Soc. Lond., B, **119**, 355
- 24) Lloyd, D. P. C. (1955) Nerve after-potential and metabolism. Fulton's Textbook of Physiology. 17. Edit, P. 32, Philadelphia.
- 25) 鈴木正夫・本間三郎 (1957) 電気刺激分析装置について 生体の科学 **8**, 162
- 26) 鈴木正夫 (1951) 電気の刺激作用 生理学講座 2-1-B, 53頁 東京 中山書店

Resumo

Por trovi rilatojn inter sojlaj altecoj kaj stimulaŭroj ĉe sinsekvaj stimuladoj de nervoj kaj muskoloj en homa korpo, rektangulaj kurentpulsosoj de tri specoj (F_1 , F_2 , F_3) de frekvenco (Fig. 2) estis kreataj per generatoro (Fig. 1) kaj aplikataj al homa korpo, utiligante la "kompensan cirkvitojn" de Homma (1953).

Ŝanĝoj de sojloj laŭ tiuj de stimulaŭroj estas tute malsamaj inter ĉe mallongaj stimulaŭroj kaj ĉe longaj (Fig. 3). Tiuj ĉe mallongaj daŭroj prezentas i-t-kurbliojn, similajn al tiuj akiritaj ĉe stimulado per unuopa kurentpulsosoj, kaj montras neniujn diferencojn inter la tri uzitaj frekvencoj. Ili obeas Weiss-an formulon ĉe nervoj kaj muskoloj (Fig. 4), kaj kronaksioj kalkulitaj el la kurblioj (Tab. 1) koincidas bone kun la valoroj akiritaj en la literaturo per unuopa pulsostimulado. Tial tiu ĉi stimulado prezentas tre oportunan kaj taŭgan metodon por mezuri eksciteblecon de nervoj kaj muskoloj en homa korpo.

Ĉe longaj stimulaŭroj la sojloj pligrandiĝas malgrunde laŭ longiĝo de stimulaŭroj, kaj amplekso kaj kruteco de la grandiĝo estas des pli granda, ju pli alta la frekvenco estas (Fig. 5). Stimulado per unuopaj kurentpulsosoj rektangulaj (Fig. 6) aŭ eksponenciale kreskantaj (Fig. 7) ankaŭ montras rilaton similan al tiu ĉe F_1 . Tiu ĉi grandiĝo de sojlo devas esti atribuita al akomodado, kaj laŭ la formulo $I = I_0 e^{x/\lambda}$, etendita el Hill-a teorio, la akomodada konstanto λ estis kalkulita (Tab. 2).

Pli ampleksan kaj krutan grandiĝon de sojlo ĉe F_2 kaj F_3 , tamen, oni devas atribui al pli forte okazanta plimalgrandiĝo de paŭzdaŭro inter ĉiu kurentpulsosoj, pro kiu stimulado pro ĉiu pulso okazas en subnormala fazo de ekscitebleco pro la antaŭirinta ekscitiĝo, kaj malpli grandaj valoroj de λ ĉe F_2 kaj F_3 (Tab. 3) estas nur laŭsajnaj.

(La unua Sekcio de Fiziologia Instituto, Medicina Fakultato, Tiba Universitato)

人体神経, 筋の反復刺激閾値と通流作用 612.741.6:612.816.1

Sojloj ĉe sinsekva stimulado de nervoj kaj muskoloj en homa korpo kaj la tria efiko de elektra trafuigado sur ili

山 川 晋 吾 (YAMAKAWA-Shingo)*

I. 前 置 き

人体の神経, 筋を反復刺激するにあたり, 十分に長い休止期間を持つ直角脈波によると, 筋収縮はその脈波に対応するので, 示標の判定が極めて容易である. 従ってその刺激閾値も正確に求めることができるので, 人体刺激は反復刺激による方が望ましいとされている¹⁾²⁾³⁾. このように反復の間隔が相当長いとき, 直角脈波の時間 (利用時) とその閾値から, 単一直角脈流刺激で求められると同様な $i-t$ 関係が描かれ, Weiss の式⁴⁾ より時値が計算されるのである²⁾. この時値を計算するために用いられる直角脈波の利用時には制限があって, 極端に短いもの即ち 0.05msec 以下の利用時の閾値は Weiss の理論式よりもはずれ, また利用時が長くなるとこれもまた Weiss の式が当てはまらない. 即ち直角脈波の刺激時間が延長するにつれ却って閾値は高まるのである. この閾値の高まりは適応によると考えられるので, 刺激時間と閾値上昇の関係から Hill⁵⁾ の理論に従って λ 定数が測定された²⁾. しかし, 人体刺激においては反復刺激が最も望ましい方法であるから, もし刺激時間が長くなればそれだけ反復の間隔即ち刺激の休止時間は短くなる. 勿論反復の周波数を非常に低いものとすれば間隔は充分長くとれる訳であるが, 周波数が高くなると反復の間隔というもの, 刺激閾値及び λ 定数に影響を与えるものであることが, 藤岡⁶⁾ により見られている. 私は彼に続いて反復刺激に際しての刺激時間及び休止時間の問題を詳細に追求してみた. また本教室⁶⁾ の近時研究の方向に従い別に通流を行っ

て, 閾値の変化及び λ 定数に対するその影響を検討した.

II. 実 験 方 法

第2図Aの真空管発振装置によって, 第1図に示すような F_2, F_1, F_0 なる周期をもつ直角脈波をつくり, この反復刺激によって筋最小収縮を示標として, その際の刺激閾値を求めた. 起動パルスは陰極結合型マルチバイブレーターにより, その周波数及び直角脈波の期間は調整される. 即ち脈波の期間は刺激時間と考え, これを自由に調整することになる. 然し, この場合

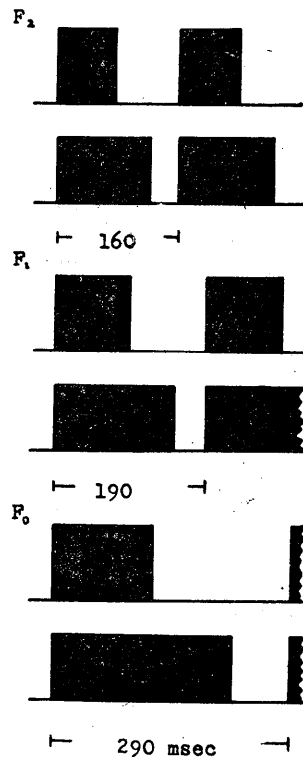


Fig. 1.

Tri specoj de frekvenco de uzataj kurentpulsjoj.

* 千葉大学医学部第1生理学教室
〔昭和32年10月26日受付〕

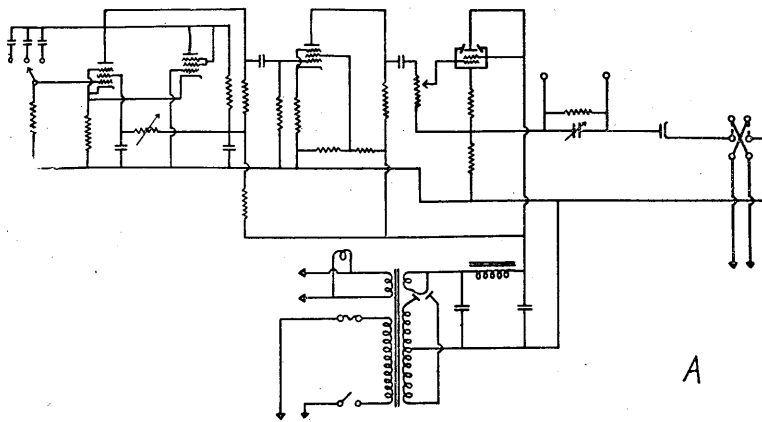


Fig. 2. A Generato de rektangulaj kurentpulsoj.

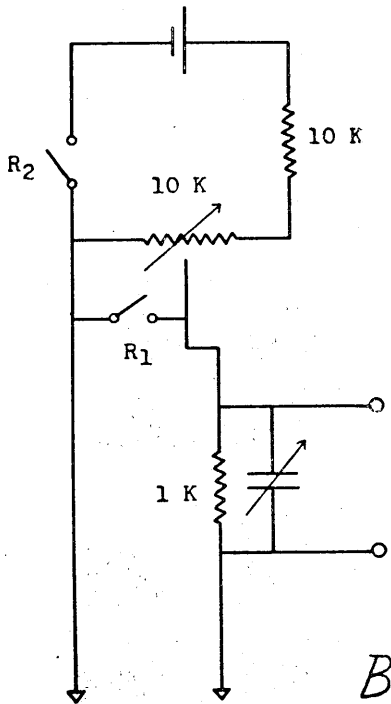


Fig. 2. B Generato de unuopa rektangula kurentpulso kun "kompensa cirkvito".

周波数は一定しているから、この刺激時間が延長すれば、休止時間は短縮されることになる。F₂を例にとると、その周期は160msecであるが、刺激時間を約10段階に分ち、70msecより130msec迄加変し得る様にしてある。従って刺激時間の延長に伴ない休止時間は90msecより30msec迄短縮する事になる。又F₁は190msec、

F₀は290msecの周期で、その刺激時間の増減の幅は前者では80msecより150msecまで、後者では120msecより230msecまでである。直角脈波は一段増幅後さらに電流増幅され、cathode follower (4kΩ) によってほぼ定電圧型に出力される。その後整流され且つ平衡回路網⁷⁾⁸⁾⁹⁾を通して人体に通電される。以上のような

反復刺激の他に、単一刺激をも行ったが、その装置は第2図Bに示した。この場合出力回路だけが反復刺激と同様低抵抗になる様当意した。

実験は当教室員を被検者とし、尺骨神経及び尺腕伸筋をその対象とし、各々5例宛について求めた。不関電極は両者いずれの場合も下腿外側にあて、刺激電極は直径約8mmの銀円板電極を用い、神経の場合は肘関節尺骨溝に相当する部にあてがい、小指の最小攣縮を示標とし、筋では刺激電極下の筋の最小攣縮を示標として、その際の刺激強度を閾値とした。脈波に対応して筋は攣縮するので、示標の判定は極めて容易である。本実験では休止時間の短縮に伴ない筋攣縮の起るような場合は除外した。

III. 実験成績

A. 刺激時間と閾値

F₂, F₁, F₀と3種類の周波数の反復刺激を行い、脈波に対応して起る筋の最小攣縮を示標として、その時の刺激強度を求めた。刺激強度は平衡回路法によって電圧値として測定した。これが閾値であるが、各々のFにおいて刺激時間が変わると閾値は異なってくる。閾値と刺激時間との関係は第3図の通りである。F₂, F₁, F₀とも夫々刺激時間の延長に伴ない閾値は上昇していることがわかる。また閾値上昇の大きさもその傾斜度も、F₂が他の2者に比し最も大で、F₁, F₀と順次小となっている。又神経と筋とでは神

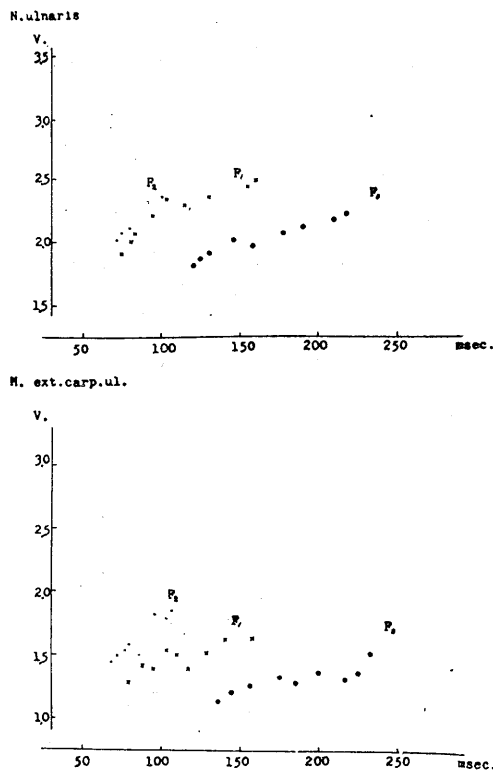


Fig. 3.

Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe sinsekva stimulado per kurentpulsoj.

経に比し筋の傾斜は緩かである。

この点は藤岡²⁾の報告にみられると同様であるが、之等閾値上昇度の相違は、何れも反復刺激による休止時間の関係と考えられる。反復刺激の影響を除外する為、同様な刺激時間をもつ単一直角脈流刺激 (30~300msec) を第2図Bの装置によって作り、同様筋の攣縮を示標として閾値と時間との関係を求めた。成績を第4図に示したが、やはり刺激時間の延長に伴い閾値が上昇する。上昇の傾斜度は丁度 F_0 と同様であり、また筋の傾斜度は緩かである。このことは単一脈流刺激でも刺激時間が延長すれ

ば閾値が高まることを示し、また F_0 は単一刺激と類似の傾斜をとっているから、反復刺激であっても、 F_0 の如く休止時間が十分に大であれば、その影響は少ないものと思われる。

しかし一方において、このような長い刺激時間の単一刺激において、もし刺激が直角脈流の最初の部分にて成立しているならば、全刺激時間の延長に伴って、閾値上昇を観察することは意味がない。そのため最初の部分を漸増の形となして、全刺激時間の電流の作用たることを確かめる必要がある。このため第2図Bの直流単一刺激装置の、平衡回路法の部分の $1k\Omega$ の抵抗を $10k\Omega$ とし、並列の容量を $2\mu F$ に変えて、直角脈流を漸増させた。全刺激とも容量を $2\mu F$ に固定しておき漸増定数は等しくして行った。このように初期において少なくとも刺激が起っているかも知れないという可能性をなくし、その上で刺激時間とその閾値との関係を求めた(第5図)。第4, 5図いずれもその縦軸は対数目盛と普通目盛のものとし、夫に下のものが半対数座標である。第5図も、さきの第4図と同様の傾向か、却って傾斜は高まっている程度であるから、第4図の直角脈流であっても、刺激は刺激の初期に関係するものでなく、閾値上昇は全刺激時間の延長に伴うものであると知ることができる。

従って第4, 5図及び第3図の F_0 刺激における、刺激時間の延長に伴う閾値上昇は適応に

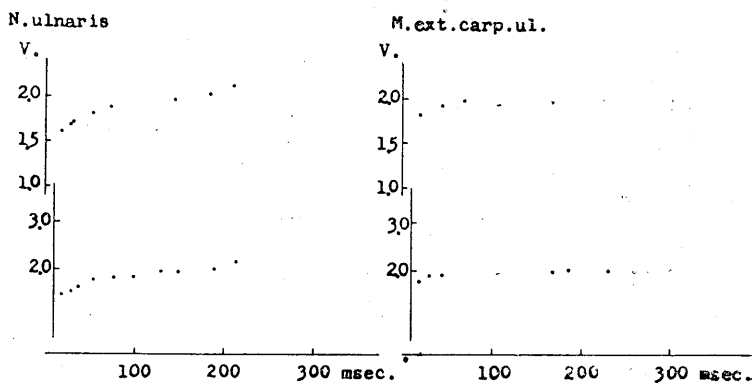


Fig. 4.

Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe stimulado per unuopa rektangula kurentpulso. Ĉe la suba grafiko la ordinato logaritma.

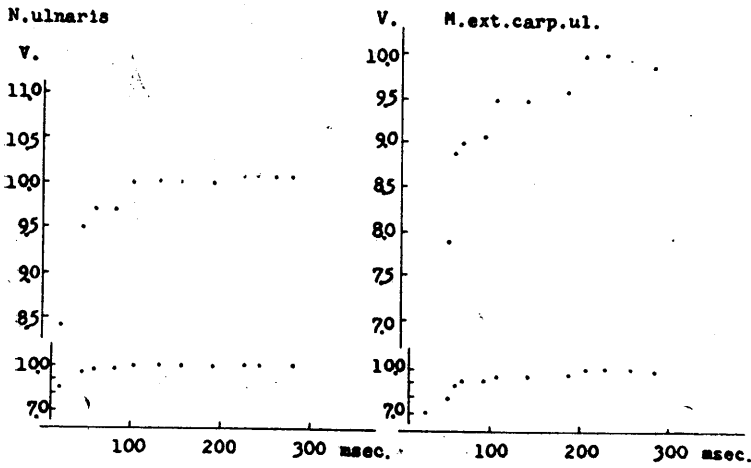


Fig. 5.

Sojlo-stimuldaŭra rilato ĉe stimulado per unuopa eksponenciale kreskanta kurentpulso. Ĉe la suba grafiko la ordinato logaritma.

よると考えることができる。故に本間、藤岡¹⁾及び藤岡²⁾により導かれた Hill⁵⁾ の式の拡張、即ち $I = I_0 e^{t/\lambda}$ より λ を算出することにした。F₁、F₂ に関しては次述の如く適応のみによらざる閾値上昇であるが、F₀ に準じて同様に処理した。即ち第 6

Tab. 1. λ -konstanto (msec)				Sinsekva stimulado			
N. ulnaris				M. ext. carp. ul.			
No./Fr.	F ₀	F ₁	F ₂	No./Fr.	F ₀	F ₁	F ₂
1	500	280	255	1	930	800	410
2	1060	550	360	2	1050	740	560
3	700	285	220	3	1030	410	360
4	800	260	165	4	650	500	380
5	560	390	265	5	1200	520	470
6	890	410	460	6	1100	610	460
7	750	500	280	7	550	470	350
8	1330	470	210	8	800	480	250
9	800	360	290	9	950	250	230
10	310	260	110	10	1480	640	470
Mezo	773±206	376.5±87.5	261.5±69.5	Mezo	974±198	542±124.4	349±80

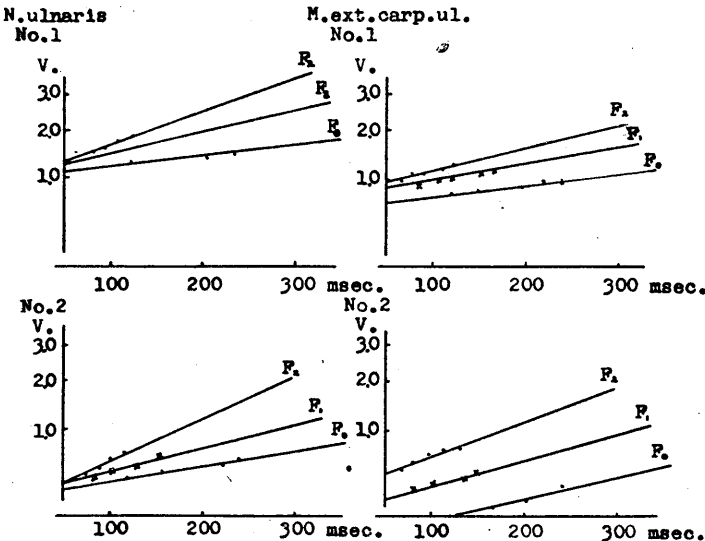


Fig. 6. Duonlogaritma sojlo-stimuldaŭra rilato per sinsekva stimulado.

図に示す閾値と刺激時間との半対数グラフ、及び第 4、5 図の半対数グラフの最初の部分の傾斜より λ を算出すると第 1 表の示す通りである。これによれば単一直角脈流刺激及び単一漸増脈流刺激の λ 値はほぼ同じ値を示すので、刺激時間の延長に伴い適応の生じている事が分る。反復脈波刺激の λ 値は F₀ のものが単一及び漸増の脈流刺激の値と大体同じであり、こ

Unuaop rektang. stimulado		
	N. ulnaris	M. ext. carp. ul.
1	720	1020
2	560	600
3	920	740
4	860	1160
5	880	920
Mezo	788±116.4	888±174.4

Unuopa ekspon. stimulado		
	N. ulnaris	M. ext. carp. ul.
1	760	840
2	920	1080
3	1280	920
4	720	880
5	620	1040
Mezo	860±192	952±86.4

の F_0 の脈波にあっては休止時間の長いものであるから、この F_0 の程度の周波数と刺激時間の反復刺激は、単一刺激と同じ刺激効果と見ることができる。

しかし F_1, F_2 となると λ は小となる。神経と筋との差は大体同様であるが、この周波数が高くなると共に λ が小になるのは真に小となるのではなく見かけのことである。それは詳しくは考察の章にて述べるが、このように周波数が多くなると周期が短く、刺激時間が延長すると共に休止時間が充分でなくなる。即ち各脈波刺激による興奮後の興奮性回復が完全でなくなり、次の脈波が次常期に与えられることとなり、そのため閾値が上昇するのである。即ち休止時間の不足のための反復刺激による閾値上昇が加わるのであって、適応によるのみでない。然るにこの閾値上昇の全部を適応に帰した場合の λ が第1表に示されているので、見かけの減少である。 F_1, F_2 の λ が単一脈流刺激や F_0 刺激のときの λ より小なるほど、反復刺激に因する閾値上昇の度が高いことを意味する。故に次には休止時間と閾値との関係を見よう。

B. 休止時間と閾値

第3図に示したように、 F_2, F_1, F_0 においては夫々休止時間の短縮に伴い漸次高い閾値を示していることから、その関係を明確にするために、各 F において刺激時間が一定の際の閾値を測定し、そのときの休止時間との関係を見た。刺激時間が 60msec, 90msec, 120msec の時の閾値を F_2, F_1, F_0 について求めると第7図の如くである。ここでは横軸にそれぞれの場合の休止時間を取り、縦軸にその際の閾値を目盛ったが、神経について云えば刺激時間 60msec のとき、 F_2 では 2.4V, F_1 では 2.3V, F_0 では 2.1V を示し、休止時間の短縮は閾値の上昇を伴うことを示している。この3点を結んでみた。また 90msec, 120msec のときも同様にして求めた。これによると休止時間の短縮に伴い、いずれの刺激時間のもでも閾値は上昇する。しかも刺激時間の長い方が上昇度が高い。即ち神経では刺激時間 60msec のときは 2.1V より 2.4V 迄に

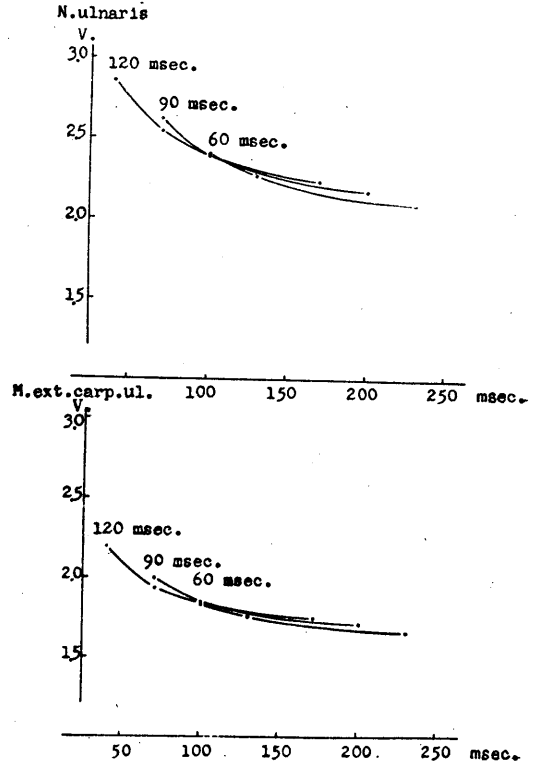


Fig. 7. Sojlo-pauzdaūra rilato čė sinsekva stimuluoto. Čė stimulaūro 60, 90 kaj 120 msec respektive.

0.3V, 90msec の時は 2.2V より 2.6V 迄に 0.4V, 120msec のときは 2.3V より 2.9V 迄に 0.6V の大きさだけ夫々閾値は上昇している。また筋についても 60msec のとき 1.1V より 1.3V までに 0.2V, 90msec の時は 1.2V より 1.5V 迄に 0.3V, 120msec のときは 1.3V より 1.7V 迄に 0.4V の大きさだけ夫々閾値の上昇を示す。なお第7図の60, 90, 120msec で描かれた曲線は途中で交叉している。神経、筋とも休止時間が100msec のとき刺激時間が変わっても閾値は変わらないことを示す。その交叉を境として、休止時間が長いときには刺激時間の長い方が閾値が高く、それより短い休止時間のときには刺激時間の短い方が閾値が高いということを示している。図に示した例においては休止時間が100msecをとれば刺激時間が変わっても閾値は等しいことを示している。

C. 通流作用による閾値変化

直角脈波の反復刺激によって求められた閾値

及びλ定数は、直角脈波刺激時間及び脈波間隔の長短によって影響を受けるものであることを知った。即ち刺激時間の延長は適応によって閾値を上昇せしめ、休止時間の短縮もまた閾値を上昇せしめる。ここで用いた刺激方法は反復刺激であるから、この反復刺激を長時間継続すると、刺激時間間の通流が集積されて、通流としての影響が現われてくるのではないかとということが考えられ

る。通流電極の興奮性に及ぼす作用は、本教室多年の研究題目であり⁶⁾、通流陰極は閾値を上昇せしめ、同陽極は下降せしめる。今人体における反復脈波刺激について、別に通流を与えて閾値の変化や、λ値に及ぼすその効果を検討してみることにした。

通流方法は人体であるため、直角脈波通流 250c/s, 1~2mA, 30分間行った。直角脈波が刺激電極に対して陽極の場合を陽極通流、陰極

の際を陰極通流と呼ぶ。この通流を断った後可及的速かに閾値を測定するのであるが、その測定時間を短縮する意味で、反復脈波刺激の F₂, F₁, F₀とも閾値を各5点だけ求めた。通流後の測定に要した時間は2~3分であった。この関係を第8, 9図に示す。

各図とも左側は通流前の正常値、右側は通流後の値である。横軸は刺激時間を示す。正常時には前に見た如く、全体として刺激時間の延長するにつれ閾値上昇し、F₀, F₁, F₂と休止時間が短くなるにつれ閾値の上昇及びその傾斜度も高まっている。通流後には全体の上昇経過及び休止時間短縮により閾値上昇と傾斜度の増大する関係は同じであるが、まず陽極通流後において、閾値そのものが正常に比べて低下し、傾斜も全体として緩かになってきていることが分る。これは第9図筋についても云われることであるが、これに対して陰極通流下にあつては閾値は高まっ

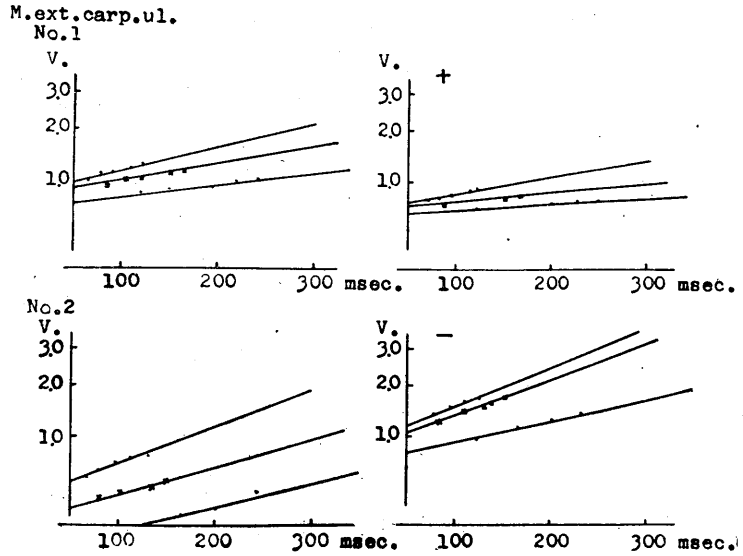


Fig. 9. La sama kiel Fig. 8 (muskolo).

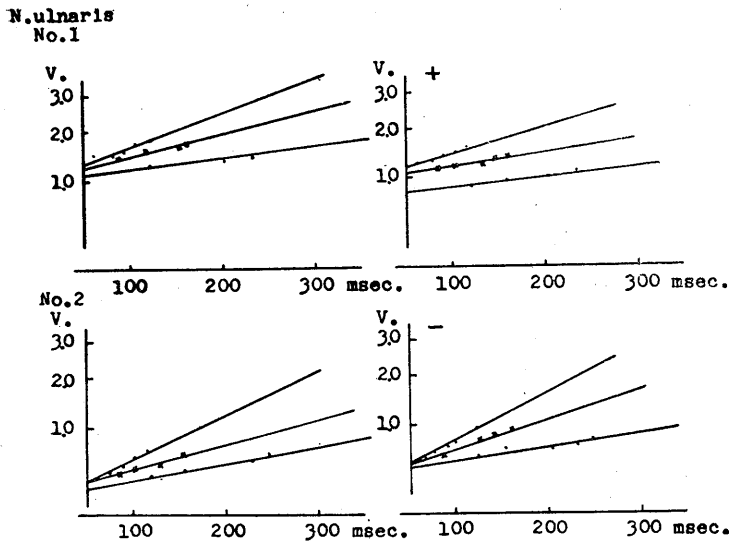


Fig. 8.

Effiko de trafuigadaj elektrodoj sur la sojlo-stimuldaŭra rilato (nervo).

Tab. 2. Šanĝoj de λ pro elektra trafuiĝado (msec)

N. ulnaris							
(+) antaŭ		post		(-) antaŭ		post	
No. 1	F ₀	500	830	No. 1	F ₀	890	560
	F ₁	280	410		F ₁	410	320
	F ₂	255	200		F ₂	460	310
No. 2	F ₀	1060	1300	No. 2	F ₀	750	840
	F ₁	550	950		F ₁	500	400
	F ₂	360	460		F ₂	280	240
No. 3	F ₀	700	1320	No. 3	F ₀	1330	900
	F ₁	285	750		F ₁	470	270
	F ₂	220	280		F ₂	210	180
No. 4	F ₀	800	1180	No. 4	F ₀	800	1780
	F ₁	260	450		F ₁	360	230
	F ₂	165	380		F ₂	290	190
No. 5	F ₀	560	670	No. 5	F ₀	310	1020
	F ₁	390	410		F ₁	260	360
	F ₂	265	180		F ₂	110	190

M. ext. carp. ulnaris

(+) antaŭ				post				(-) antaŭ				post			
No. 1	F ₀	930	1250	No. 1	F ₀	1100	560	No. 1	F ₀	610	450	No. 1	F ₀	460	500
	F ₁	800	800		F ₁	550	580		F ₁	470	350		F ₁	480	470
	F ₂	410	860		F ₂	350	330		F ₂	250	380		F ₂	950	360
No. 2	F ₀	1050	1800	No. 2	F ₀	550	580	No. 2	F ₀	250	390	No. 2	F ₀	230	250
	F ₁	749	1220		F ₁	470	350		F ₁	1480	730		F ₁	640	330
	F ₂	530	760		F ₂	350	330		F ₂	470	255		F ₂	470	255
No. 3	F ₀	1030	700	No. 3	F ₀	800	650	No. 3	F ₀	480	470	No. 3	F ₀	250	380
	F ₁	410	250		F ₁	480	470		F ₁	250	390		F ₁	230	250
	F ₂	360	210		F ₂	250	380		F ₂	1480	730		F ₂	640	330
No. 4	F ₀	650	940	No. 4	F ₀	950	360	No. 4	F ₀	250	390	No. 4	F ₀	230	250
	F ₁	500	690		F ₁	250	390		F ₁	1480	730		F ₁	640	330
	F ₂	380	480		F ₂	230	250		F ₂	470	255		F ₂	470	255
No. 5	F ₀	1200	630	No. 5	F ₀	1480	730	No. 5	F ₀	640	330	No. 5	F ₀	470	255
	F ₁	500	350		F ₁	640	330		F ₁	470	255		F ₁	470	255
	F ₂	470	300		F ₂	470	255		F ₂	470	255		F ₂	470	255

て、傾斜は急となっており、陰、陽通流によって、効果は全く相反していることが分る。

まず傾斜の変化をみると、通流後の各点を結ぶ線はほぼ直線を成しているのだからこれから λ 値を求めて比較することにした。第2表に求めた値を示した。神経についてNo. 4で見れば陽極通流後ではF₀ 800msecが1180msecに、F₁ 260msecが450msecに、F₂ 165msecが380msecとその値は大となり、陰極通流をNo. 3でみると、F₀ 1330msecが900msecに、F₁ 470msecが270msecに、F₂ 210msecが180msecと夫々値は小となっている。すべての測定について λ 値が陽極にて増大陰極にて減少しているとは限らない。また通流による値の変化は各測定例について著しく相違している。これはこの測定においては各例とも通流後5点の閾値について測定したため、測定上の誤差が大きいことに起因

している。測定数を少なくしたことは通流効果の消失しないうちに、値を求め上げてしまうという目的のためであったが、そのために測定の正確さを犠牲にせざるを得なかった。従って第2表はその意味から観察する必要があって、通流効果の大略の方向を知るに止めるべきであろう。その意味からみるならば、やはり、陽極通流においては λ 値は増大し、陰極通流にては減少していると云うことができよう。

次に第7図の休止時間と閾値の関係に対する通流の効果を見るため、刺激時間を90msecとして一定のときの当該関係に対する通流の結果を第10、11図に示した。図について見れば神経にても筋にても、閾値と休止時間との関係即ち曲線の形は通流後も変わらず、休止時間の短縮と共に閾値は上昇する。しかし通流のため曲線全体が上または下に移動する。陰極通流のため閾値は上昇し、陽極通流のため低下するからであ

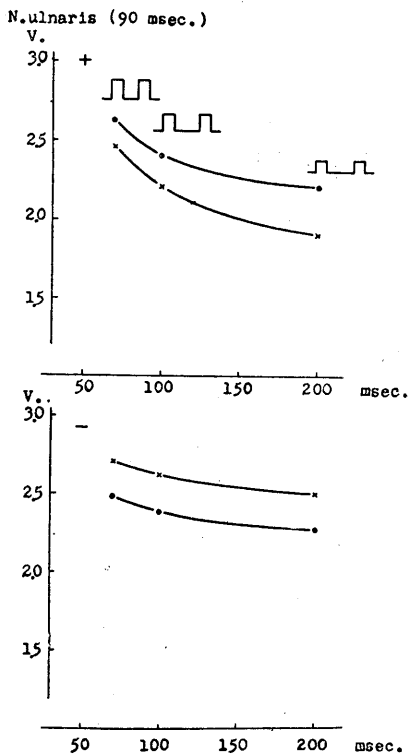


Fig. 10.

Efiko de trafuiĝadaj elektrodoj sur la sojlo-paŭzdaŭra rilato (nervo).

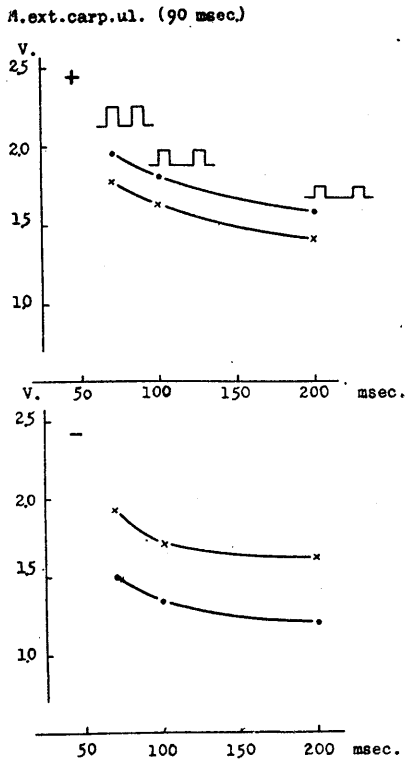


Fig. 11. La sama kiel Fig. 10 (muskolo).

る。即ち神経では陽極通流に当っては、 F_2 では2.6Vより2.4Vに、 F_1 では2.4Vより2.2Vに、 F_0 では2.2Vより1.9Vにとその閾値は低下し、陰極通流では F_2 では1.5Vより1.7Vに、 F_1 では1.4Vより1.6Vに、 F_0 では1.3Vより1.5Vにと夫々閾値は上昇している。筋においても同様で陽極通流では0.1~0.2Vの閾値の低下を示し、陰極通流では0.3~0.4Vの上昇を示している。

IV. 考 察

人体に反復刺激を与えた際の閾値上昇については、その刺激時間と、休止時間との関係が重要な役割を示している。即ち刺激時間の延長に伴い閾値は上昇し、休止時間の短縮に伴い閾値上昇の度合は大となってくる。これらの所見を的確にするために、人体を電気刺激する場合についての特質を考えてみる必要がある。まず直角脈波刺激を与える方法であるが、人体刺激では皮膚を介しているため直角脈波は平衡回路法理論に従って与えられねばならない⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。

平衡回路の電気容量を調節して平衡状態を作るならば、人体内の神経、筋には体外より与えられた電圧の直角脈波と同様に、正しい直角脈波の電流が与えられている事になり、脈波の刺激時間の長短による所見を導き得ることになる。

実験Aにおいてはこの方法により F_0 、 F_1 、 F_2 の3種の周波数の直角脈波反復刺激を与えたところ、第3図に見るが如くどのFにおいても刺激時間の延長に従って閾値は上昇し、その上昇の大きさ並びに傾斜度は F_2 に最大で、 F_1 、 F_0 と減少する。かくの如く周波数大なるに従って閾値上昇の著しいのは、刺激時間の延長に従い脈波間隔短縮の度が大となり、休止時間の不足のために起る反復刺激の結果たる事を疑って、単一直角脈流刺激を行い、同様に刺激時間の延長に従う閾値変化を検討した。然るに第4図に見るが如く閾値は刺激時間と共に上昇し、第3図における F_0 と大体同様な上昇経過を示すのである。

然しながら単一直角脈波刺激において、刺激が脈波の最初の部分において成立するならば、刺激時間全体の関与が無意味となるので、その有無を確かめるために、単一漸増脈流刺激において実験を行った。脈流漸増のためには、平衡回路法における平衡回路の時定数を T_1 とし、皮膚等価回路のそれを T_2 とすると $T_1 > T_2$ ならば神経、筋に漸増電流を与え得るのでその方法に従った。その結果は第5図に示す如くほとんど変らない成績である。従って第4図における単一直角脈流刺激においても、刺激は脈流の最初においてのみ行われず、単一脈流全体の刺激時間に伴う閾値上昇なるを見るのである。

これによって F_0 における直角脈波反復刺激は、単一脈流刺激とほぼ同様なる、刺激時間に伴う閾値上昇を示す事が考えられ、 F_0 の周期と用いられた刺激時間においては、脈波間隔における休止は十分に行われた事を思われ、刺激時間の延長による閾値上昇は一に適応による現象なりと考えられる(藤岡²⁾)。故に藤岡に従い

$$I = I_0 e^{-t/\lambda}$$

を適用する為、閾値-刺激時間関係の半対数グ

ラフを作製するに(第4, 5図下段及び第6図). 単一直角脈流刺激, 単一漸増脈流刺激, F_0 直角脈波反復刺激においては直線関係を呈する故に, 前式は成立する事を知り, 之より λ 定数を算出する事ができる.

このようにして得られた λ 値(第1表)はしかし数百 msec という大きな値を示したのであるが, 人体神経について測定した Solandt¹¹⁾の値に比べて著しく大きいものである. 又本法と同様にして求めた藤岡²⁾の成績に比べても大きい. 藤岡は本法の如き反復刺激による λ 値と, 漸増電流刺激によって求めた値との測定上の相違に起因しているとする. 又本成績がその藤岡の値よりも大であるという事は, 本測定は刺激時間が100msec以上のところの閾値上昇の傾斜より λ 値を測定し, 藤岡は100msec及びそれ以下の刺激時間の閾値上昇度より求めた事に因るのであろう. 閾値上昇の度合は刺激時間と全く比例的なものでなく, 従って λ 値がどの刺激時間の範囲内で求められるべきであるか検討を要する点であらう. この点について藤岡は刺激時間の延長に伴う適応の衰退を考慮しているが, この衰退については鈴木¹²⁾, 正宗¹³⁾の理論も考察に入れねばならない.

第1表においては第6図の F_1 , F_2 のグラフより算出した λ も掲出してあり, これら λ は上述の単一脈流刺激の λ より小なる値を示しているが, これらは単に見かけの減少に過ぎない. 即ち F_1 , F_2 の如く周波数が高くなると, 刺激時間延長に伴い脈波間隔が短縮して, 休止時間が十分ならず, 前の興奮性の十分回復しないうちに, 次の脈波刺激が来るとい事情が重なり, ために閾値上昇が一層著しくなる. それは第3図の成績において F_1 は F_0 より, また F_2 は F_1 よりも閾値上昇の大きさ及び傾斜度が大きくなることより明らかである. 前述の λ は, この休止時間の不足による反復刺激のための閾値上昇をも含めた, 全部の上昇を適応によると仮定して算出された λ であって, この反復刺激に因する上昇の分が多いほど λ の見かけの減少が著しいのである. この休止時間の減少と閾値上

昇の関係を探究するために実験Bを行った.

休止時間の不足による反復刺激における閾値上昇を更に考察するに, 一般に神経, 筋を始め一般興奮性形体にては, 1つの興奮の後の興奮性変化として, 不応期, 過常期, 次常期を経て興奮性は全く回復することが観察され, それぞれ興奮に伴う電気的变化として, 活動電位のスパイク, 陰性後電位, 陽性後電位の時期に相当することが知られ, 殊にその最後のものは, 種々の実験的条件殊に反復刺激により著しく増強されることが知られている(Lloyd¹⁴⁾). これらのことは本実験に用いる如き反復刺激による, 各興奮においても起る事であって, 脈波間隔が短縮して休止時間が不十分となったとき, 次の脈波刺激が前の興奮の次常期に作用する事となり, その興奮性低下に打ち勝つために閾値が上昇するのである. 又最近人体につき刺激及び興奮の記録装置の進歩により, 神経刺激の際の神経筋間シナプスの興奮性回復経過が明らかとなり, その著しい不応期が認められた(鈴木及び本間³⁾). 神経刺激が全神経幹にかかり最小攣縮を目標とする以上, このシナプスの不応期における興奮性低下も, 閾値上昇の一因たり得る. 之等の興奮性低下は最初著しく, その後その度が漸減する経過をとるものであるから, F_1 , F_2 と周波数の高まるに従って, 閾値上昇の大きさの増大する事も, 十分うなずかれる事である.

この休止時間と閾値の関係を見るため, F_0 , F_1 , F_2 の刺激成績よりそれぞれ120, 90, 60msecの刺激時間の閾値を, それぞれの休止時間に対して点づけしたグラフを第7図に示した. 神経にても筋にても, どの刺激時間の閾値も, 休止時間の小なるほど大である. 各曲線は上凹の形を示し休止時間100msecの点にて交又する. 即ち100msec以上の休止時間にては刺激時間長きほど閾値が大であるのに, それ以下の休止時間にては刺激時間長きほど閾値が小である.

この関係をやや誇張して示せば第12図に示すが如くなる. これをもって考えれば長い休止時間における閾値-刺激時間関係(第12図a)は, 上に実験Aにて見た単一脈流刺激, または休止

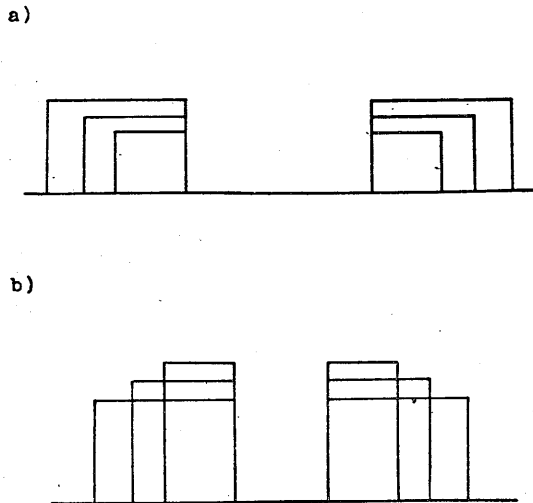


Fig. 12. Skemo de sojlo-paŭzdaŭra rilato.
a...ĉe longaj paŭzdaŭroj, b...ĉe mallongaj paŭzdaŭroj.

時間の十分長き脈波反復刺激の場合と同様に、刺激時間の長いほど閾値は高くなる。即ちこの場合はなお適応による閾値上昇を見る場合に相当する。然るに短い休止時間における閾値-刺激時間関係（第12図b）はこれに反し、刺激時間の短いほど閾値が高く、あたかも $i-t$ 関係を思わせる事実である。即ちここにおいては脈波刺激が前の興奮による次常期またはシナプス不応期に作用し、興奮性が正常よりも低下しているため、短い刺激時間ほど高い閾値を要するのである。これにて適応による閾値上昇と、休止時間短少のための閾値上昇とが、全く異なる機序によることは明らかで、この両者が神経にても筋にても、100msecの休止時間を境として各々が現われるのは興味深い事実である。

反復刺激においては、各脈波電流が刺激時間ずつ集積され、通流の効果を及ぼすことが恐れられる。通流電極の作用は本教室近時の研究主題⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾であるので、実験Cにおいては刺激電流と別の通流を刺激電極に行つて、直角脈波反復刺激に対する影響を観察した。人体の通流には直角脈波が最良の通流方法であり、通流装置も低インピーダンス出力回路が推賞されている⁽¹⁷⁾。250c/sの直角脈波通流によると第8、9、10、11図及び第2表に見るが如く、陰極下では閾値は上昇し、 λ 値は減少し、陽極下では閾値

の低下、 λ 値の増大をみた。これは鈴木⁽⁶⁾の所謂通流電極第3作用の所見に通ずるものであり、先に井上⁽¹⁸⁾が閾値自体の変化に対して見たものと全く同様である。従つてもし反復刺激を時間長く繰返しているならば、この場合は陰極通流に相当する為、漸次閾値が高まってくる事が考えられる。然し私の以上の成績や井上のものは、それぞれ30分又は10分の通流によって起つた閾値変化であるが、本実験における反復刺激の如く刺激直後の攣縮による興奮効果を観察する場合は、この通流作用による閾値上昇を考えに入れる必要はない。

鈴木⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾によれば通流電極第3作用は両極下の神経限界膜の透過性、分極性の変化によって起る。即ち陰極下にては透過性高まって分極性減少し、陽極下では透過性低下して分極性が増大する。従つて一定度の陰極性分極生成によって起る電気刺激の閾値は、当然陰極下にて上昇し陽極下にて低下する。又適応に関しては、鈴木は早くよりその機序をやはり刺激電極下の透過性上昇に歸している⁽¹⁹⁾。従つて陰極下にて λ 減少し、陽極下にて λ 増大するは、これまた当然の帰結となるのである。即ち適応と電極第3作用とは本能的に近親なるものである。第10、11図において休止時間の100msecより大なる範囲の閾値変化、即ち前述の考察により適応による変化となした分については、陽極は変化を減少せしめ、陰極は変化を増大せしめている事を見得るのは、その本能的近親性を物語るものである。100msecよりも小なる範囲即ち次常期に因する閾値変化については、この材料のみにては的確なる事をいう事ができない。

V. 総 括

1) 比較的長い刺激時間 (70~230msec) をもつ直角脈波反復刺激において、刺激時間の延長に伴う人体神経、筋の閾値変化を求めた。

2) 周期大なる (290msec) 脈波刺激にては、単一直角脈波刺激と同様な閾値上昇を来す。これは適応による上昇と考えられ、その経過より Hill の λ 定数を算出し得る。

3) 周期小なる (190msec 及び 160msec) 脈

波刺激にては (2) より著しい閾値上昇を来す。これは脈波間隔短少のため休止時間不足に因する、次常期刺激によるものであり、適応によるものと全く異なる機序によるものである。

4) 刺激電極に陰極及び陽極直角脈波通流を行うことで閾値変化に対する影響を見たが、陰極通流下ではその閾値は高まり λ は減少し、陽極通流下では、閾値は低まり λ は上昇する。これは鈴木の本第3作用の知見と一致し、その影響を理論的に説明することができる。

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鈴木教授、本間助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渡部講師並びに教室員諸氏に謝意を表する。

文 献

1) 本間三郎・藤岡玄治 (1956) Polarization by low frequency rectangular pulses studies on repeated stimulations. Modern Electrotherapy, P. 78, Japan Society for Promotion of science, Tokyo.
 2) 藤岡玄治 (1958) 人体神経、筋の反復刺激閾値に関する研究 日本生理誌 20, 170
 3) 鈴木正夫・本間三郎 (1957) 電気刺激分析装置について 生体の科学 8, 162
 4) Weiss, G. (1901) Recherches sur l'excitation des nerfs par les courants de très courte durée. C. r. Soc. Biol., 53, 253; La loi de l'excitation électrique des nerfs. ditto 53, 466
 5) Hill, A. V. (1935) Excitation and Accommodation

in Nerve. Proc. roy. Soc. Lond., B, 119, 305
 6) 鈴木正夫 (1955) 通流電極の作用について 日本生理誌 17, 223
 7) 本間三郎 (1953) 人体神経及び筋の電気刺激閾値測定法 Balancing Network 法による 生体の科学 5, 33
 8) 本間三郎 (1954) Studies on the electric threshold in human nerve and muscle. Jap. J. Physiol. 4, 314
 9) 本間三郎 (1956) The stimulation threshold of human nerve and muscle -The Balancing Network- Modern Electrotherapy, P. 31, Japan Society for Promotion of Science, Tokyo.
 10) 本間三郎 (1956) 皮膚分極用刺激回路 医学エレクトロニクス P. 168 南山堂 東京
 11) Solandt, D. Y. (1935) The measurement of accommodation in nerve. Proc. roy. Soc. Lond., B, 119, 355
 12) 鈴木正夫 (1951) 電気刺激作用 生理学講座 2-1-B, 53頁 東京 中山書店
 13) 正宗幹夫 (1957) ウサギの経皮筋刺激における傾き要素及び時間要素の研究 神経切除によるその変化について 日本生理誌 19, 519
 14) Lloyd, D. P. L. (1955) Nerve after-potential and metabolism. Fulton's Textbook of Physiology, 17. Edit. P. 32, Philadelphia.
 15) 鈴木正夫 (1948) 環境条件と生体興奮態度 日新医学 35, 192
 16) 鈴木正夫 (1956) 電気生理学より見たる電気治療 電気治療 1頁 東京 文光堂
 17) 鈴木正夫・本間三郎 (1957) 低周波電流による治療 日本医事新報 No. 1679 グラフ版
 18) 井上正士 (1954) 人体神経並びに筋の電気刺激閾値及び通流第3作用に関する研究 日本生理誌 16, 503
 19) 鈴木正夫 (1932) Nutzzeitmessung bei exponential ansteigenden Strömen und ein Erklärungsversuch der Einschleichvorgänge. Pflügers Arch. 230, 363

Resumo

Por trovi ŝanĝojn de sojloj pro tiuj de stimulaŭro kaj de paŭzdaŭro ĉe sinsekvaj stimuladoj de nervoj kaj muskoloj en homa korpo, rektangulaj kurentpulsosoj de tri specoj (F_0 , F_1 , F_2) de frekvenco (Fig. 1) estis kreataj per generatoro (Fig. 2) kaj aplikataj al homa korpo, utiligante la "kompensan cirkvito" de Homma (1953).

La sojloj montras malkrutan grandigon laŭ plilongigo de stimulaŭroj, kaj amplekso kaj kruteco de la grandigo estas des pli granda, ju pli alta la frekvenco estas (Fig. 3, 6). Stimulado per unuopaj kurentpulsosoj rektangulaj (Fig. 4) aŭ eksponenciale kreskantaj (Fig. 5) ankaŭ montras rilaton similan al tiu ĉe F_0 . Tial tiu ĉi grandigo de sojlo devas esti atribuata al akomodado, kaj laŭ la formulo $I = I_0 e^{t/\lambda}$, etendita el Hill-a teorio, la akomodada konstanto λ estis kalkulata (Tab. 1).

La fakton, ke la amplekso kaj kruteco de la grandigo de sojlo pligrandiĝas kun plialtigo de frekvenco de kurentpulsosoj, oni devas atribui al pliforte okazanta plimalgrandigo de paŭzdaŭro inter ĉiu kurentpulsosoj, pro kiu stimulado pro ĉiu pulso okazas en subnormala fazo de ekscitebleco pro la antaŭirinta ekscitigo. Tial plimalgrandaj valoroj de λ ĉe F_1 kaj F_2 (Tab. 1) estas nur laŭŝajnaj. Por vidi la efikon de paŭzdaŭro, la sojlo-paŭzdaŭra rilato estis ekzamenata ĉe stimulaŭroj de 60, 90 kaj 120 msec respektive (Fig. 7, 12), kaj estis konstatate, ke pligrandigo de sojlo de tiu ĉi deveno okazas ĉe paŭzdaŭroj malpligrandaj ol 100 msec.

La tria efiko de elektra trafuigado (250 c/s, 1~2 mA, 30 min) sur ambaŭ rilatoj estis ekzamenata. Pro la anoda trafuigado sojloj malgrandiĝis kaj λ -konstanto grandiĝis kaj pro la katoda reverse (Fig. 8, 9, Tab. 2). La sojlo-paŭzdaŭra rilato suferis delokiĝon supren pro la anoda, kaj suben pro la katoda trafuigado (Fig. 10, 11).

(Unua Sekcio de Fiziologia Instituto, Medicina Fakultato, Tiba Universitato)

女子の体温調節機能の特徴に関する研究 612.53:616-055.1/2

(第I報) 高温及び低温環境に於ける体温調節反射の性的差異

Studies on the characteristic Features of the Thermoregulatory
Function of Women.

Part. I. Sexual Differences of thermal regulation in heat and cold

益 子 研 三 (MASUKO-KENZO)*

I. 緒 言

人体の体温の恒常性は体温調節機能の発動に依るものであって、体温調節機能には物理的調節即ち熱放散の調節と化学的調節即ち産熱の調節との2つの種類のある事は良く知られた事実である。この様な人体体温調節機能の理論的解明に関する研究は近時 Winslow 一派を始めとするアメリカ学派の協力的研究に依って大いに進歩し、我が国に於いても季節生理研究会に属する研究者に依って幾多の貴重な研究がなされた。然し乍ら此等多数の研究に於いては、従来は男子に就いて求めた研究が主であり、女子に就いては或いは男女の比較に関して行った研究は尠ない。

Hardy and Du Bois¹⁾ (1940) は男子及び女子間の体温調節機能の相違に就いて、女性は男性に比べ高温環境に於いては代謝量は減少し、以って発汗量(蒸発量)も男子に比べ少なくして体熱生産と放熱の調整を得ている事、従って女性は此の代謝値の調節能力によって男性よりも体温調節機能が勝れている事実を指摘した。然し乍ら、これは比較的高温環境下の成績であり、低温環境下にも同様に性差が認められるかどうかは問題である。又果してこれと同様の女性の体温調節機能の優位性が日本人女子に当嵌め得るかどうかとも検討を要する。

曾って福田²⁾ (1953) は日本人女子並びに男子に就いて普通の季節に適した着衣状態に於ける体温調節の様相を比較し、女子の体温調節機能

が皮膚放熱の調節に於いて男子より優れ、これに依って冬の寒さを感じずる事少なく、薄着にて過し得る事、又女子は夏は代謝が抑制される為に発汗も少なく、暑さにも耐え易い事等を報告した。従って日本人の女子に於いても男子よりも体温調節機能が優れている事は概ね正しいと考えられる。

そこで著者はこのような女子の体温調節機能の特徴を更に深く系統的に研究して見たいと考えた。

所で福田²⁾ は着衣時の婦人の安静時の生理機能を見ただけであり、Hardy and Du Bois¹⁾ は比較的温暖な環境下に於いて Calorimeter 内に1時間以上滞在せる場合の熱出納を見たものである。従って此等の先人の実験成績に於いては寒気又は暑気に曝露した場合の生理的な体温調節機能の発動の有様は不明である。若しHardy and Du Bois¹⁾ や福田²⁾ の云う如く、女子の体温調節機能に男子よりも勝れた点がありとすれば、かかる異常環境下の体温調節反射の起り方に就いても、一定の特徴が認められるべきである。かかる見地より著者は男子及び女子を裸体の状態にて一定の快適環境より、高温及び低温環境に入室させ、経過を追ってその熱生産及び熱放散の推移を検討し、異常環境に対する体温調節反射の性的差異を比較研究せんとした。

II. 実験方法

A. 実験操作の概要

実験は昭和28年夏期と昭和29年冬期の2回に互り行い、被験者は夏期は20才から22才迄の健康なる女子(Ok., Hig.), 男子(Ha., To.) 夫々

* 京都府立医科大学第1生理学教室(吉村寿人教授)
〔昭和32年10月31日受付〕

2名、冬期に於いては女子3名 (Fu., Na., Ku.) 男子2名 (Ta., Hi.) で行った。

測定に当っては被験者は早朝起床時に食事を摂取することなく、排尿後、予め室温 25°C 、湿度65%に準備された予備室に入り、其の体重を測定し、裸体にてベッドに安臥する。検者はこれに皮膚温用熱電対及び発汗皿を貼布し、更に直腸温用熱電対を直腸に装置する。かくして被験者に軽い毛布を被せたる後、その皮膚温、直腸温、呼吸瓦斯代謝量、並びに発汗量を測定する。(此の場合被験者が寒けを訴える場合には毛布を追加して寒くない状態を保つ)。此等の測定値は夫々其の後に行われる高温又は低温実験の対照値となるものであるから、30分乃至1時間に互り慎重に反復測定した。かくして後、被験者を予備室より高温または低温の人工気候室(本室)に転入せしめて裸体の儘で2~3時間に互って、その体温調節反射の発動に基づく、下記諸項目の変化を追跡した。高温室の温度は夏期実験に於いてはD. T. 40°C 、W. T. 32°C となし、冬期実験に於いてはD. T. 45°C 、W. T. 31°C となしたが低温室の温度は夏期にはD. T. 17°C 、W. T. 13.5°C 、冬期にはD. T. 15°C 、W. T. 11°C であった。此の様に夏と冬の温度条件を異にした理由は、最初行った夏の実験では高温及び低温時の体温調節反射の発動が不充分である事が判った為に、冬期に於いてはより完全な実験を行わんとした為である。然し夏冬共に男子と女子の被験者を夫々同数宛実験したから、男女の差の検討には支障はない。尙予備室より本室への転入は予備室が不完全なために時間的に手間どる場合が多かったので、後に於いては予備室を用いず、人工気候室の本室そのままを先ず 25°C に保ち、上記諸測定が終った後に、所定の高温度に上昇せしめたり、低温度へ下げて実験を行った。高温への室温の上昇は床下、側壁にある24kW.のHeaterを用いて約15分もかかれば充分であり問題はなかったが、低温への移行は夏期に於いては冷却空気の循環と氷柱によるものであるから約1時間を要した。そこで其の間被験者には充分に毛布を被せて身体を冷却

させない様に保温に努め、室内が所定の温度に達した後に、掛布団をとって一気に寒気に曝露せしめた。

かくして実験を終った後は直ちに体重を測定し、実験前の値と比較して体重減少量を求めた。高温実験に際しては体重は通常発汗によって可なりに減少しているから、これを以って実験中の発汗量を比較する事が出来る。

B. 測定法

測定項目としては上記の如く代謝量、皮膚温、直腸温、発汗量、体重減少量等を測定した。但し低温実験では発汗量の測定は省略した。

代謝量の測定は15分乃至20分毎に5分間の呼吸を採気し、その量を測定すると共に、その $\text{O}_2\%$ 、 $\text{CO}_2\%$ を労研式分析機にて分析し、これより酸素消費量及びR. Qを計算して、これをkcal値に換算した。

皮膚温の測定は文部省科学研究医学関係季節生理班で定められた規格に従い³⁾、吉村、小石の考案せる銅、コンスタンタン熱電対⁴⁾を用いて身体皮膚所定の12点(額部、前胸部、腹部、鼠蹊部、上膊部、前膊部、大腿部、下腿部、手背部、拇指部、足背部、拇趾部)の温度をポテンシオメーターにて5分乃至10分毎に測定した。かくして得たる各部の皮膚温より平均皮膚温を季節生理班所定の方法³⁾に依り算出した。

直腸温は戸田氏記載の直温計⁵⁾を用い、ポテンシオメーターにて測定した。

発汗量は久野氏法⁶⁾によって 20^2cm のセルロイド皿を胸部に貼布し、乾燥空気を通じてその水分を蒸発せしめ、これを塩化カルシウム吸収管に吸収せしめて5分毎の発汗量を測定した。

体重の測定は吉村教授考案の人体天秤⁷⁾を用い5g迄正確にこれを求めた。

III. 実験成績

A. 高温実験

25°C 準備室に於いて体温調節の平衡状態に達した被験者を高温室(45°C)に転入させた後の皮膚温、直腸温、胸部発汗量、代謝量等の時間的経過は第1~3図に示されて居る。図中の実

Table 1. Changes of skin temperatures in hot room.

If the men's mean value is higher than the women's, the difference is given in a positive figure, while in a negative figure for the reverse case. * indicates that the difference is statistically significant at the level of 5%, and ** is significant at the 1% level.

Part of skin	Room (Temp.)		Hot room (D.T. 40°C, W.T. 32°C)			Hot room (D.T. 45°C, W.T. 31°C)			Test of sexual difference by the analysis of variance
	Standard room (D.T. 25°C, W.T. 21°C)		Rise of skin temperature (°C)			Rise of skin temperature (°C)			
	Mean of men (4)	Mean of women (4)	Mean of men (2)	Mean of women (2)	Difference	Mean of men (2)	Mean of women (2)	Difference	
Forehead	34.61°	34.43°	3.73°	3.86°	-0.13°	3.96°	4.22°	-0.26°	
Chest	34.59°	34.31°	2.95°	3.37°	-0.42°	3.82°	4.45°	-0.63°	* *
Abdomen	35.53°	35.19°	2.16°	2.61°	-0.45°	2.75°	3.14°	-0.39°	*
Inguinal region	36.32°	36.15°	2.10°	2.46°	-0.36°	2.23°	2.56°	-0.33°	*
Upper arm	34.23°	33.84°	3.93°	4.65°	-0.72°	4.34°	4.87°	-0.53°	*
Forearm	33.86°	33.50°	4.33°	4.96°	-0.63°	4.67°	5.40°	-0.73°	* *
Thigh	34.28°	34.15°	3.90°	4.29°	-0.39°	4.29°	4.75°	-0.46°	*
Leg	34.14°	33.78°	4.12°	4.70°	-0.58°	4.35°	4.92°	-0.57°	* *
Hand	34.16°	34.22°	4.06°	4.22°	-0.16°	4.38°	4.63°	-0.25°	
Thumb	33.80°	34.05°	4.60°	4.56°	+0.04°	4.61°	4.63°	-0.02°	
Foot	34.20°	34.15°	4.14°	4.50°	-0.36°	4.77°	5.18°	-0.41°	
Big toe	34.05°	34.03°	4.59°	4.63°	-0.04°	5.20°	5.37°	-0.17°	
Mean skin temperature	34.55°	34.32°	3.54°	3.96°	-0.42°	3.98°	4.45°	-0.47°	* *

Table 2. Experimental results in hot room.

1) The figures in the table represent the averaged values of all the subjects at the steady state in the mentioned room temperature. 2) The figures in the column of "increases in the hot room" are the differences of the values in hot room from those in the standard room. 3) The significance of the difference between the men's and the women's values in the two experiments (a and b) was tested statistically by means of the analysis of variance except the sexual difference of the rectal temperature which was subjected to the student's test. 4) * indicates a significant value at the level of 5%, and ** at the level of 1%.

a) Experiments in the room of 45°C.

Room temperature	Standard room (D.T. 25°C, W.T. 21°C)		Hot room (D.T. 45°C, W.T. 31°C)		Increase in the hot room		
	Men (2)	Women (2)	Men (2)	Women (2)	Men	Women	Difference
Mean skin temperature (°C)	34.63	34.39	38.53	38.77	3.90	4.38	-0.48 * *
Sweating from chest (mg/5min./20cm ²)	2.9	2.5	65.5	39.9	62.6	37.4	+25.2 *
Total sweating (g/m ² /hr.)			216	147			+69 *
Metabolism in the lying position (Cal/m ² /hr.)	39.08	32.60	45.80	36.03	6.72	3.44	+3.28
Rectal temperature (°C) (Numbers of subjects)	37.14 (5)	36.97 (3)	38.88 (5)	38.57 (3)	1.74 (5)	1.60 (3)	+0.14

b) Experiments in the room of 40°C.

Room temperature	Standard room (D.T. 25°C, W.T. 21°C)		Hot room (D.T. 40°C, W.T. 32°C)		Increase in the hot room		
	Men (2)	Women (2)	Men (2)	Women (2)	Men	Women	Difference
Mean skin temperature (°C)	34.46	34.26	38.09	38.28	3.63	4.02	-0.39 * *
Sweating from chest (mg/5min./20cm ²)	4.1	3.8	74.0	45.6	69.9	41.8	+28.1 *
Total sweating (g/m ² /hr.)			215	137			+78 *
Metabolism in lying position (Cal/m ² /hr.)	35.28	34.86	39.05	37.32	3.77	2.46	+1.31

線は男子の、点線は女子の成績である。又第1表は各部皮膚温に就いて 25°C 準備室及び高温室 (40°C 及び 45°C) に於いて略平衡に達した時の温度の平均値及び両者の差 (上昇度) であり、且つ表の最後に皮温上昇度の男女差を求めて、これを各皮温別に繰返しのある二元配置法 (高温室温度と男女を夫々要因とする) で検定した。但し 45°C 実験のみは男子2名、女子3名に就いて行ったから、例数を同じにして検定する必要上、女子3名の内の1名の成績はこれを除いて分析した。採択した女子2例は3例の内の両極端の成績を示すものであるから、両者の平均値は3名の平均値に略近い。同様な検討は胸部発汗量、代謝量の夫々に就いても行った。

又直腸温は 45°C 実験に於いてのみ測定せられ、且つ此の場合には男子5名、女子3名に就いての平均値の比較を行った。此等は第2表に一括して纏めたが、その内の a) は 45°C の高温実験の成績であり、b) は 40°C 高温実験の成績である。此等の成績に就いて各項目別に検討してみる。

a) 皮膚温

第1図は高温室 (45°C) 入室後の平均皮温の経過である。入室直後より15分以内に於いては皮膚温は男女共に急速な上昇を認めたが、僅かに女子の皮温は男子の皮温より急速な上昇を示

した。かくして入室後約15分で男女共略最高皮温に達した。其の後、皮膚表面よりの発汗のため、多少の変動はあるが略安定した値を示し、女子の皮温は常に男子よりも若干高い値を認めた。尚 40°C 実験に於いても同様の結果を得ている。第1表はこれを裏付けする成績である。此所に見る如く 25°C 準備室に於ける男女の皮膚温は各部位共に大差はなく、高温室に転入した後は各部位の皮膚温は夫々一斉に上昇しているが、今部位的に此の上昇度を比較すると、男女を通じて上膊部、前膊部、手部、大腿部、下腿部、足部等の四肢の各部に於ける皮温上昇度は胸部、腹部、鼠蹊部等の軀幹部のそれより大なる値を示している (第1表)。これは四肢が体温調節の為の放熱の調節器官として働いている為である。然して此の上昇度を男女別に比較すると、女子の方が男子よりも殆んど全部に涉って顕著であり、殊に四肢温の上昇度の男女差は一般的に軀幹部温の夫れよりも大きい。但しこの内、手足の皮膚温は一般に変動が大きい為に、要因分析法によって男女差は有意とはならなかったが、其の他の皮膚温上昇度の男女差は推計学的に有意である。従って高温に対する四肢の放熱調節は女子の方が男子よりも強く働いている訳である。只此の場合手足の皮膚温の上昇度に男女差が証明出来なかった事である。

之は手足の皮膚温は体温調節機能による血管の伸縮によって大いに影響せられ、当然男女差を証明し得る筈であるが、一方此の部の皮温は変動が激しく、個人差が大きい為に、推計学的な差の有意性の検出が出来なかったのであろう。又頰部の皮温上昇度に男女差の無いのは頰の皮膚血管は伸縮性が少なく、その皮膚温の変化は、主として環境気温変化に依って定まる為に、性差を検出し得なかったも

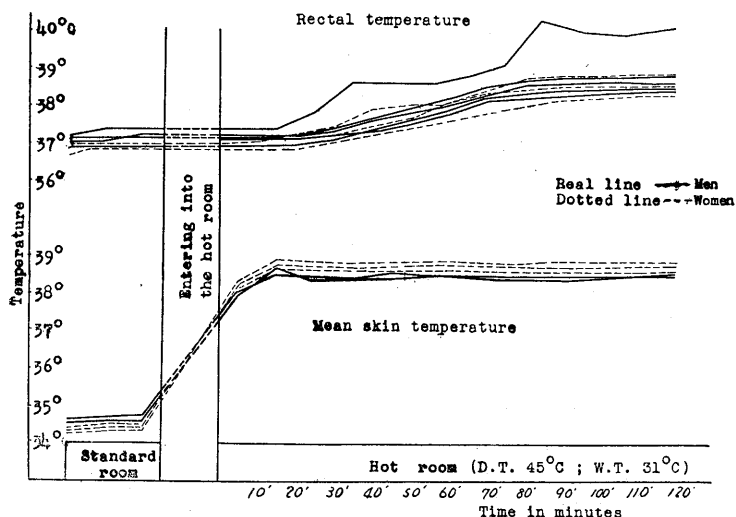


Fig. 1.

Rectal temperature and mean skin temperature in the hot room of 45°C

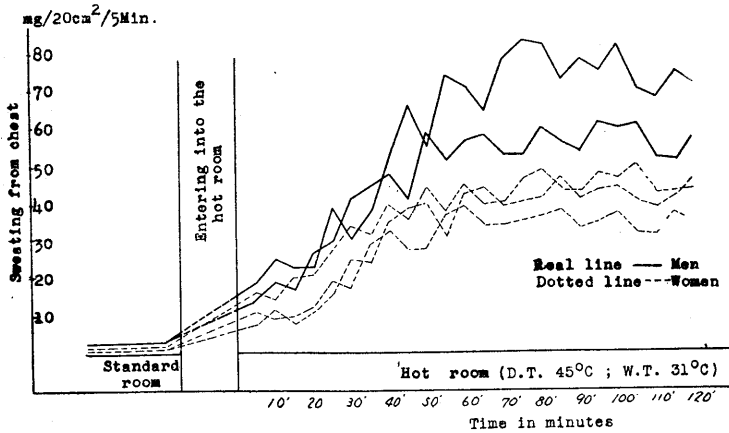


Fig. 2. Sweating (in the room of 45°C)

のである。

b) 発汗量及び総発汗量

第2図は高温室(45°C)入室後の胸部発汗量の時間的経過を示している。入室後男女共に漸次発汗量が上昇し50分乃至60分に至って概ね安定した値を示しているが、男子は明らかに女子よりも有意に高い値を示した。

40°C実験に於いても同様の成績であり、入室後略発汗が平衡する1時間以後の平均値に於いて男女差を比較すると、第2表に示す如く男子は女子よりも有意に高い値を認めた。又総発汗量(体表1m², 1時間当りに換算)は第2表に示す如く、高温実験に於いては明らかに男子は女子に比べ有意に高い値を認めた。

要するに此等成績によってみるに、男子は女子よりも高温室に於ける発汗反射が激しい事を示している。

c) 代謝量

第3図は高温室入室後の代謝量の変化を示したものである。図に示す如く女子の代謝量は男子の代謝量よりも全般に低く、高温室入室前に於いて女子の値は男子の値の91%であって、この差は推計学的に有意である。然して入

室後30分乃至40分頃より男女共に漸次代謝量の昂進を認めた。特に男子の1例に於いては入室後40分頃より90分に至る間他の例に比べて急激な代謝量の増加を認めた。

又40°C実験の代謝量の昂進は女子は男子に比して軽微に見えた。然し要因分析法によって高温室内に於ける代謝量の上昇量(25°C準備室と高温

室の体表面積当り平均代謝量の差)の男女差を検定すると、推計学的に有意の差を検証する事が出来なかった。これは上記の男子の急激な代謝亢進例が全変動の要因として強くひびいてくるからである。只此所で注目すべき事実は、此等の代謝量の上昇は必ず直腸温の上昇が起った以後に現われる事である。従ってかかる代謝量の昂進は高い外気温によって熱が体内に導入せられて体温が上昇し、その結果体内の代謝が昂進したものであろう。

d) 直腸温(体温)

直腸温は体温の指標として測定したものであ

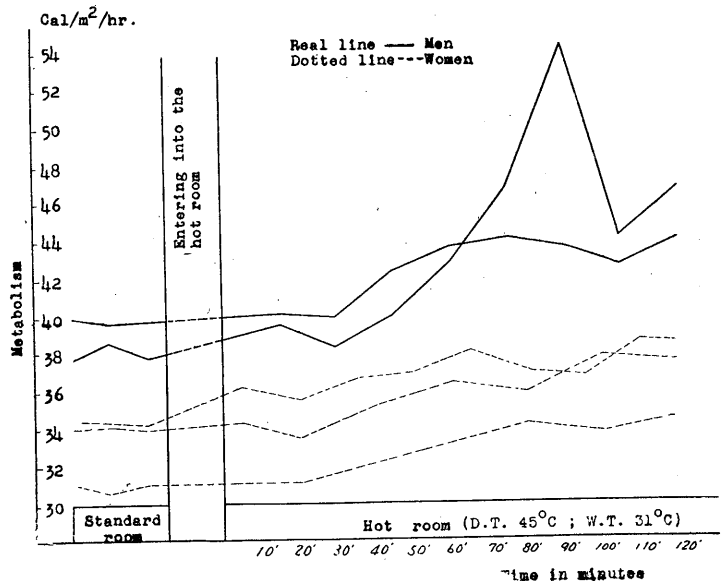


Fig. 3. Metabolism (in the hot room of 45°C)

るが、第1図に見る如く男女共に入室後20分乃至30分以後より漸次上昇し概ね80分以後に於いて安定した値を示した。然して図に見る如く男子の1例は高温室転入後に異常に高い値を示した為に、単に男子2名、女子3名の被験者に就いて男女差の検討を行うことは不合理であると考へ、更に男子3例を追加して実験を行った。此等の成績に就いて直腸温が恒定した範囲で平均値をとり、25°C室に於ける値との差より上昇度を算出して、これを全被験者に就いて平均した。そして平均値の差の検定を行ったのが第2表である。表記の如く男子は2時間の高温室滞在によって平均して1.74°Cの直腸温の上昇を、女子は1.60°Cの上昇を示し且つこの両者の差は推計学的に無意味であった。かかる直腸温の上昇は外部高温の体内導入とそれに基づく体内新陳代謝の昂進によるものであるが、男女共代謝量の昂進する以前に現われていることが注目される。

B. 低温実験

25°C準備室に於いて平衡に達した被験者を低温室 (15°C) に転入させた後の皮膚温、直腸温、

代謝量等の時間的経過は第4、5図に示されている。図中の実線は男子の平均皮温であり、点線は女子の夫れである。又第3表は各部皮温に就いて25°C準備室及び低温室 (17°C及び15°C) 入室後、これが略平衡に達した100分乃至120分の温度の平均値及び両者の差 (下降度) である。表の最後に皮温下降度の男女差を求め、これを各皮温別に繰返しのある二元配置法 (低温室温度と男女を夫々要因とする) で検定した。但し15°C実験のみは男子2名、女子3名に就いて行ったから例数を同じくする必要上、高温実験の場合と同じく女子3名の内の1名の成績はこれを除いて分析した。第4表は低温室に於ける直腸温、代謝量等の測定値に就いて夫々平衡値を求めてその男女差を検定したものである。表には実験前後の体重差をも掲げたが、これは単に参考に供する意味であって高温実験でみた様な水分蒸発量を求める意味はない。以下此等の成績に就いて各項目別に検討してみる。

a. 皮膚温

第4図は低温室 (15°C) 入室後の平均皮温の経過を示している。女子は男子よりも急速な皮

Table 3. Changes of skin temperatures in cold room.

The difference between the men's and the women's mean values is given as positive, when the former is higher than the latter, and negative for the reverse case.

* indicates a significant difference at the level of 5%, and ** at the level of 1%.

Part of skin	Room (Temp.)		Cold room (D.T. 17°C, W.T. 13.5°C) †			Cold room (D.T. 15°C, W.T. 11°C)			Test of sexual difference by the analysis of variance
	Standard room (D.T. 25°C, W.T. 21°C)		Decrease of skin temperature (°C)			Decrease of skin temperature (°C)			
	Mean of men (4)	Mean of women (4)	Mean of men (2)	Mean of women (2)	Difference	Mean of men (2)	Mean of women (2)	Difference	
Forehead	34.67°	34.56°	1.25°	1.33°	-0.08°	1.42°	1.52°	-0.10°	
Chest	34.64°	34.46°	2.43°	3.13°	-0.70°	2.62°	3.43°	-0.81°	**
Abdomen	35.65°	35.43°	3.42°	4.25°	-0.83°	3.55°	4.30°	-0.75°	**
Inguinal region	36.28°	36.16°	3.77°	4.18°	-0.41°	3.80°	4.39°	-0.59°	* *
Upper arm	34.02°	33.75°	4.70°	5.35°	-0.65°	4.70°	5.76°	-1.06°	**
Forearm	33.76°	33.53°	5.26°	6.17°	-0.91°	5.43°	6.47°	-1.04°	**
Thigh	34.15°	33.91°	4.37°	5.50°	-1.13°	4.75°	5.76°	-1.01°	**
Leg	33.98°	33.78°	5.92°	7.22°	+1.30°	6.06°	7.46°	-1.40°	**
Hand	34.18°	34.03°	11.04°	11.99°	-0.95°	11.55°	12.45°	-0.90°	**
Thumb	33.95°	33.65°	13.70°	13.67°	+0.03°	13.89°	14.63°	-0.74°	
Foot	33.90°	33.95°	10.09°	11.35°	-1.26°	10.76°	11.81°	-1.04°	**
Big toe	33.82°	33.81°	15.20°	15.61°	-0.41°	16.54°	16.63°	-0.09°	
Mean skin temperature	34.49°	34.30°	4.83°	5.63°	-0.80°	5.06°	5.94°	-0.88°	**

Table 4. Experimental results in cold room.

1) The figures in the table represent the averaged values of all the subjects at the steady state in the respective room temperature. 2) The "changes in the cold room" represent the differences of the values in the cold room from those in the standard room. 3) The significance of difference between the men's and women's mean values was subjected to the analysis of variance. * indicates a significant value at the level of 5% and ** at the level of 1%.

a) Experiments in the room of 15°C.

Room temperature	Standard room (D.T. 25°C, W.T. 21°C)		Cold room (D.T. 15°C, W.T. 11°C)		Changes in the cold room		Difference of the men's Mean value from the women's
	Men (2)	Women (2)	Men (2)	Women (2)	Men	Women	
Mean skin temperature (°C)	34.51	34.41	29.43	28.36	5.08	6.05	-0.97 * *
Rectal temperature (°C)	37.34	37.15	37.39	37.19	0.05	0.04	± 0.01
Metabolism in the lying position (kcal/m ² /hr.)	39.24	37.25	51.05	44.44	11.81	7.19	+ 4.62
Insensible loss (g/m ² /hr.)			17.9	18.3			

b) Experiments in the room of 17°C.

Room temperature	Standard room (D.T. 25°C, W.T. 21°C)		Cold room (D.T. 17°C, W.T. 13.5°C)		Changes in the cold room		Difference of the men's value from the women's
	Men (2)	Women (2)	Men (2)	Women (2)	Men	Women	
Mean skin temperature (°C)	34.44	34.19	29.60	28.60	4.84	5.59	-0.75 * *
Metabolism in lying position (kcal/m ² /hr.)	38.14	33.97	47.85	37.14	9.71	3.17	+ 6.54
Insensible loss (g/m ² /hr.)			18.6	17.9			

c) Analysis of variance of metabolisms in two experiments (a and b).

Q : Factor of sexual difference.

V : Factor of room temperature.

Factors	Variation	Degree of freedom	Mean square of population variation
Q	45.4105	1	45.4105
R(Qv)	58.5123	4	14.6281

$$F_s = 3.10433 < F_{1,4}^{\alpha} (0.05) = 7.71$$

Factors	Variation	Degree of freedom	Mean square of population variation
Q	123.9525	1	123.9525
R(Qv)	21.7816	4	5.4454

$$F_s = 22.7627 > F_{1,4}^{\alpha} (0.01) = 21.20$$

温の下降を示し、2時間値に於いても女子は男子よりも常に低い皮温を示している。

17°C実験に於いても同様の結果を得たので、図を省略し成績を第3表に掲げた。第3表に見る如く、25°C準備室に於ける男女の皮温は各部位共に大差はないのであるが、低温室に転入した後は各部位共に夫々一斉に下降し、女子の皮温下降度は男子に比べて大部分の部位に於いて有意に大なる値を示している。

只有意差を証明しなかったのは額部、拇指部、拇趾部のみである。其の理由は前記の如く、額の皮温の変化は男女共に僅かであって、その温度はむしろ環境気温変化による放熱量の

変化によって体温調節機能の性差の入り込む余地がない為であり、又指趾温の低下度の性差がないのは指趾温のバラツキが大きいため推計学的な検証が出来なかったものであろう。次に部位的にこの下降度を比較すると男女を通じて上膊部、前膊部、大腿部、下腿部、足背部、手背部等の四肢の各部に於ける皮温下降度の男女差は胸部、腹部、鼠蹊部等の軀幹部のそれより大なる値を示している。此の事は先の高温実験の場合と同様に四肢は軀幹部より放熱調節器官として強く働いている事を示している。又女子の皮温下降度が男子に比べて大なる事は、女子は男子に比べて皮膚血管収縮による放熱の調節能

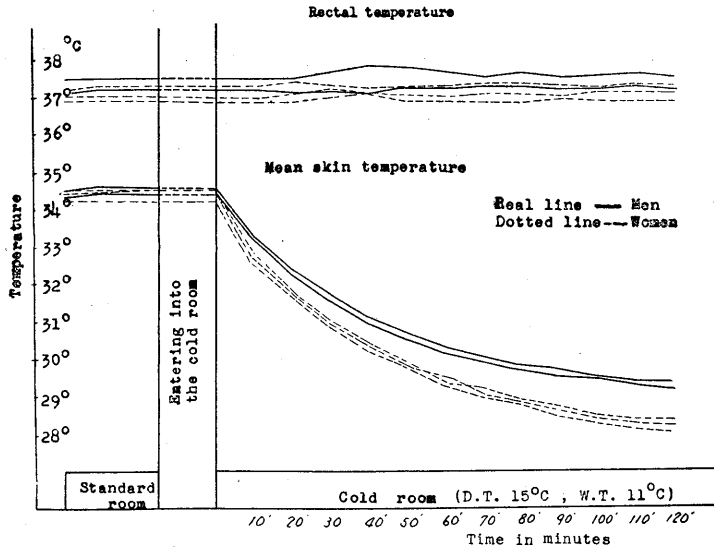


Fig. 4.

Rectal temperature and mean skin temperature in the cold room of 15°C

力が強い事を示している。

b. 代謝量

第5図は低温室(15°C)入室後の代謝量の時間経過を示したものである。入室後男子に於いては100分乃至130分に至って全例に於いて戦慄状態に入り、それに伴って代謝量も急激な増加を認めた。これに反して女子に於いては入室

後120分乃至130分に於いても代謝量の急激な上昇は認められず、入室後140分乃至160分に於いて始めて戦慄状態に入り、代謝量の昂進を認めた。なお3例中1例に於いては180分の経過中戦慄さえも認め得なかった。

17°C実験に於いても、女子は男子に比べ代謝量の昂進が少ない成績を得たので第4表に掲げた。第4表に見る如く低温実験に於ける代謝量の昂進度合は男子の方が女子より可なり高い値を得ている。ただこれを推

計学的に繰返しのある二元配置法にて検定しても有意の男女差を検定し得ない。これは第5図に見る如く女子1例に於いて男子程度の代謝量の昂進を認めた例がある為に、この例を用いて検定すると個人差が大きくなって、男女差が有意にならないのである(第4表要因分析表(A)参照)。若しこの例を除いて検定すれば明らかに

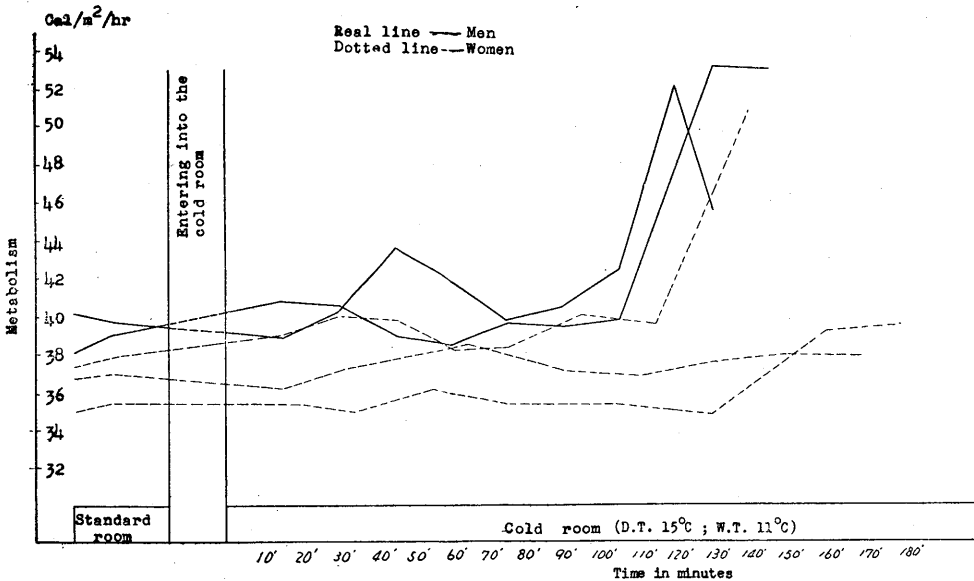


Fig. 5. Metabolism (in the cold room of 15°C)

有意差 (危険率1%) を証明する (第4表要因分析表(B)参照). のみならず女子被験者の内の1例に於いては全経過中戦慄を認めなかった例もあった位である.

従って女子は男子に比べ、皮膚温低下による放熱の抑制能力が強く、同じ寒気に対しても男子程の代謝量の昂進を起さずとも寒気に良く耐え得る事を示している.

c. 直腸温

第4図に示す直腸温は男女共に入室後30分乃至40分の間に僅かながら寒気による初発上昇を示した他は男女共に、この程度の寒気露出によつては直腸温の下降は認めなかった.

IV. 考 察

以上著者は高温及び低温環境に於ける体温調節反射の男女差を検討する為、男女の被験者を同一条件の高温室及び低温室に裸体にて入れて、その皮膚温、直腸温、代謝量、発汗量等の変化を観察したのであるが、今その成績を要約するに、先ず高温環境 (40°C 及び 45°C) に於ける男女の体温調節機能に於いて、著明な性差があるのは皮膚温の上昇の度合及び発汗量であつて、女子は男子よりも皮温上昇度が大きい代りに発汗量が少ない.

又直腸温、代謝量共に高温環境下にて上昇を認めたが、この上昇度には推計学的に有意の性差を証明することは出来なかつた. 然し代謝量そのものは女子の値の方が男子よりも常に有意に低い. この様に女子の発汗性が男子よりも低い事は久野、川畑⁸⁾によつても既に確められた所であつて、その報告によれば、これは男女の汗腺密度や中枢興奮性の性差に基づくものではなく、汗腺自身の分泌能力や興奮能力の差に依るものであり、恐らく此等の差は男女のホルモン環境の差に影響された結果と考えられる. 従つて女子の体温調節機能はこの点で男子よりも劣っている様に見えるが、一方皮膚温が強く上昇して発汗性が低い為の放熱量の減少を補っている. 又女子は代謝量が男子よりも低い、これは体温上昇に伴う代謝量の上昇を来した場合に

於いても同様に女子の値は男子に比して85%も低くなつてゐる. 従つて女子は男子よりも放熱量が少なくても暑さに耐え得る訳である. これが女子が男子よりも発汗性が少なくして然もよく暑さに耐え得る所以であつて、従つて直腸温の上昇度には男女差が現われないのである.

次にこの様な皮膚温の上昇が何によるかにつき考えるに、Hardy (1941)⁹⁾等は女子を裸体にて高温室に入れた場合に 31°C 以上の室温に於いては皮膚の熱貫流率が男子の夫れを凌駕する事を見、これが女子の皮膚温が男子の夫れを凌駕する理由であると考えている.

皮膚の熱貫流係数の変化は皮膚血管の変化に基因する事は諸家の研究に明らかであるから、女子の場合には男子よりも皮膚血管の開張能が勝れているのかも知れない. 然しながら本実験に於いて用いた高温環境は 40°C と 45°C であつて、皮膚温は体温以上に達している. 従つて此の場合には皮膚血管が如何に開張してその温度を上昇したとしても、体温以上に達する訳はなく、本実験に際して皮温が体温以上に上昇した原因は、外界より熱が皮膚に侵入した結果である. 斯様に考えるとこの場合に女子の皮温が男子よりも高い理由は女子の皮膚は発汗が少ない事、皮下脂肪がよく発達してむしろ熱貫流が減じて体内へ熱の侵入が防がれている事等によるものと思われる. 何れにするも皮膚温が高ければ外界よりの皮膚への熱の侵入はそれだけ減ずる訳であり、これが発汗性の低い事による放熱の減少を補う1つの要因となっている事は確かであろう. 従つてこの研究のみでは高温環境に対する体温調節能力、殊に体温上昇を防ぐ能力に於いて女子が男子より勝れているかどうかはわからない. Hardy¹⁾等によれば女子は高温環境に於いて第2化学調節を妨かせる事によつて体温上昇を防ぐと称している. 然しながら著者の成績によれば高温環境下にあつては女子の直腸温は男子と同程度に上昇し、且つそれに伴つて代謝量も上昇している. 従つてHardy¹⁾の言うが如き女子の第2化学調節の存在は甚だ疑わしいと言わねばならぬ.

低温環境下の体温調節能力の性差に於いては女子は男子に比し、皮膚温が強く低下し且つ代謝量の上昇が少ない。然し直腸温の低下は男女共に起っていないのである。低温室内に於いて女子の皮膚温の低下が男子よりも激しい理由は女子が皮下脂肪に富んで皮膚血管収縮による皮膚の熱貫流係数の低下が激しい為と思われる。従って女子は皮膚放熱量を男子よりも強く減少し得る訳であり、これによって代謝量の増加を来す事なく体温の維持が可能なのである。反対に男子では皮膚放熱量が女子よりも大きい為、その劣勢を男子に於いては強く発達した筋肉を活用して代謝量を上昇せしむる事により補っているのである。但し体温は男女共に低下を示さなかった事から、この実験のみにては体温の維持能力の性差は明らかではない。

以上要するに本実験の範囲内に於いては男女の体温調節機能は高温環境下に於いても低温環境下に於いても体温の維持能力の差に於いては差異を見出すことが出来なかった。然しながら一般に寒さ、暑さに対する強さなるものは体温調節機能の寒冷乃至は温熱刺激に対する感受性を以て論ぜられる場合もある。即ち寒さに対する「ふるえ」の発現の早いものを寒がりと言ひ、暑さに対して発汗反射の敏感なものを暑がりと言ふのはこれである。此等は結局皮膚血管の伸縮による体温調節機能の範囲、即ち血管調節域の広さに関係するものであって、血管調節能の広いものは寒冷反射による「ふるえ」や温熱反射による発汗の発現がおそく、寒冷や温熱に対して比較的平気(快適)に耐え得る訳である。この様に単なる皮膚血管の反応によって快適な体温調節機能を維持すると云う点から考えれば、女子は男子よりも優れていると云えるであろう。そしてかかる性差は汗腺機能、皮下脂肪の量の他に皮膚血管収縮機能の性差も関係するかも知れぬ。

要するに体温調節機能の男女差を比較する時、体温維持能力に於いては男女に差はないが快適な体温調節を維持する能力に於いては女子は男子よりも優れていると云い得るであろう。

V. 総 括

高温及び低温環境に於ける体温調節反射の男女差を検討するために、男女の被験者を夫々一定の快適環境(25°C, 無風, 湿度65%)より同一条件の高温室及び低温室へ裸体にて入室せしめ、経過を追ってその皮膚温、直腸温、発汗量、代謝量等の変化を観察して次の成績を得た。

a. 高温環境に於いては

1) 皮膚温は男女を通じて一般に上昇するのであるが、四肢の各部に於ける皮膚上昇度は軀幹部の夫れよりも特に大きい。皮膚温上昇度を男女別に比較すると、女子は男子よりも殆んど全部位に涉って顕著であり、この場合も亦四肢温の上昇度の男女差は一般的に軀幹部温の夫れよりも大きい。従って高温に対する四肢の放熱調節は女子の方が男子よりも強く働いている訳である。

2) 直腸温は男女共に上昇を認めたと、その上昇度を比較するに男女間に有意の差を認めなかった。又此等直腸温の上昇は男女共代謝量の昂進する以前に現われた。

3) 発汗量は入室後男女共に漸次上昇し50分乃至60分に至って概ね安定した値を示した。そして男子は明らかに女子よりも有意に高い値を示した。即ち男子は女子よりも高温環境に於ける発汗反射が激しい事を示している。

4) 代謝量は女子は男子よりも常に低く、上昇の度も男子に比し軽微の傾向はあったが、男子と同様に漸次に上昇する事には変りなく、又推計学的にはこの上昇度には有意の男女差を検証することは出来なかった。又此等の代謝量の上昇は必ず直腸温の上昇が起った以後に現われた。従ってかかる代謝量の昂進は高い外気温によって熱が体内に導入せられて体温が上昇し、その結果体内の代謝が昂進したものであろう。

5) 以上よりして女子は高温環境に於いては発汗反射は男子よりも軽微であつて、この様な放熱量の少ない事は女子が男子よりも産熱量少なく、且つ皮膚温特に四肢温を男子より以上に上昇せしめて、皮膚放熱量を増加せしめる事等

に依って補われる為であって男子と同様によく暑さに耐え得る事が出来る。

b. 低温環境に於いては

1) 皮膚温は男女共に一時に下降したが女子の皮膚下降度は男子に比べて大部分の部位に於いて有意に大なる値を示している。又部位的に見ると、四肢の各部に於ける皮膚下降度の男女差は軀幹部のそれより大なる値を示している。此の事は先の高温実験の場合と同様、四肢は軀幹部とは異なり、体温調節の為の皮膚放熱の調節器官として働いている事を示すのみならず、女子は男子に比べて皮膚血管収縮による放熱の調節能力が強い事を示している。

2) 代謝量は戦慄に伴って上昇するが、男子の方が一般に戦慄が早く始まり、且つ強く現われ、それに伴って代謝昂進の程度も女子よりも強い傾向を示した。ただ女子の1例に於いて男子と同程度の代謝量の昂進を認めた例があるために、推計学的には男女差が有意にはならなかった。

3) 直腸温は男女共に寒気による初発上昇を示した他は、男女共にこの程度の寒気露出によっては直腸温の正常値以下への下降は認めなかった。

4) 以上よりして女子は男子に比べ皮膚温低下による放熱の抑制能が強く、同じ寒気に対しても男子程の代謝量の昂進を起さずとも寒気によく耐え得る事を示している。

c. 要するに本実験に於いて体温調節機能の男女差を比較した範囲に於いては、体温維持能

力については男女差は認められないが、発汗や戦慄を来さずして皮膚血管開閉の調節乃至は皮膚温調節によって体温調節を行い得る能力(血管調節域)は女子の方が強い。このような血管調節域に於いては体温調節機能の変化があっても、これには不快感を伴わず、発汗や戦慄を来すに到って不快な暑熱感や悪感を生ずるものである。従ってこの点よりすれば女子の方が男子よりも寒がりではなく、又暑がりでないとい一般的に云えるであろう。

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、吉村寿人教授に対し深く感謝の意を表す。猶本研究は文部省科学研究費によって行われたものである。

文 献

- 1) Hardy, J. D., and E. F. Du Bois (1940) Nat. Acad. of Sc. **26**, 389
- 2) 福田正弘 (1953) 体温調節機能の季節変動の性的差異 日本生理誌 **15**, 150
- 3) 文部省科学研究医学関係季節生理班 (昭和27年) 日新医学 **39**, 121
- 4) 吉村寿人・小石哲夫・小石秀夫 (昭和25年) 医学と生物学 **16**, 140
- 5) 戸田嘉秋 (昭和29年) 減食の人体体温調節機能に及ぼす影響 **23**, 34
- 6) Yas, Kuno (1934) The Physiology of Humann Perspiration P. 33, J. and A. Churchill, London.
- 7) 吉村寿人・井上太郎; 吉村式人体天秤の一考案(未発表)
- 8) 久野 寧・川畑愛浩 (昭和27年) 女子の発汗性 季節生理 (第23回協議会) 8
- 9) Hardy, J. D., A. T. Milhorat and E. F. Du Bois (1941) Clinical Calorimetry No. 54 (Basal Metabolism and heat loss of young women at temperatures from 22°C to 35°C) J. Nutrition. **21**, 383

Summary

The author has examined thermoregulatory function of both male and female subjects who were asked to enter one and the same experimental hot or cold room from the standard temperature room (D. T. 25°C., W. T. 20.5°C., no wind), and remained in lying for 2~3 hours in naked condition. The temperature of the experimental hot room was D. T. 40°~45°C. (W. T. 31°~32°C), and that of the experimental cold room was D. T. 15°~17°C. (W. T. 11.0°~13.5°C). Outlines of results obtained are as follows:

1. High Temperature Room

The skin temperature rose throughout the body surface, a particularly of the upper and

lower extremities ; the temperature elevation was higher in woman than in man. The maximum rate of perspiration was definitely higher in male than in female.

The rate of oxygen consumption did not decrease in female subjects, as Hardy pointed out, but increased gradually in both sexes following rise of rectal temperature. While no statistically significant difference in sex observed the elevation seemed to be higher in male subjects than those of female.

The rectal temperature rose by $1.3^{\circ}\sim 2.7^{\circ}\text{C}$., but no significant difference noted between male and female subjects. Thus, there seem to be no difference in the thermoregulatory function between the sexes for the maintenance of body heat.

2. Cold Temperature Room

The skin temperature fell throughout the body surface, particularly of the upper and lower extremities, and the fall was more profound in female than in male.

The oxygen consumption rose as the shivering appeared which tends to appear earlier with more force in male than in female.

The rectal temperature showed a slight initial rise after exposure to cold, but never fell at any time during 3 hours of cold experiment in both sexual subjects.

Above facts revealed that the female can resist to cold much longer than the male without shivering and by decreasing the skin temperature deeper and thus saving the heat elimination from the skin.

3. In conclusion, the present studies have found that the female is capable of maintaining the body temperature dominantly by changing the cutaneous temperature in heat as well as in cold. Since the adjustment of surface temperature is governed by vascular action of the skin, the present study has shown that the zone of vasomotor regulation (Winslow) is larger in the female than in male. If the sensitivities to heat and cold are to be compared by excitabilities to sweat and to chill respectively, the male would be more sensitive to heat or cold than the female.

(Department of Physiology, Kyoto Prefectural University of Medicine)

女子の体温調節機能の特徴に関する研究 612.53 : 616-055. 1/2 : 613.1

(第 II 報) 安静生活時の体温調節機能の季節変動の性的差異

Studies on the characteristic Features of the Thermoregulatory
Function of Women

Part II. Sexual Differences of Seasonal Variations in Thermoregulatory
Functions of Resting Subjects estimated under Habitual Clothing State

益 子 研 三 (MASUKO-KENZO)*

I. 緒 言

著者は前報¹⁾に於いて一定の高温及び低温環境下に於いて、男子及び女子を夫々裸体にて入室させ、経過を追って、その熱生産及び熱放散の様相を検討して、一定環境に対する体温調節反射の性的差異を比較研究し、女子は男子よりも寒さに対しては皮膚放熱の抑制能力が強く、同じ寒気に対しても男子程の代謝量の昂進を起さずとも寒気によく耐え得る事、又暑さに対しては女子は男子よりも発汗反射が軽微であり、その代りに皮膚温特に四肢温を男子より以上上昇せしめ、皮膚放熱量の増加によって体温調節を強化している事等を報告したのであるが、これは人工気候室内での裸体時に於ける男子及び女子間の体温調節機能の相違である。

一方福田 (1953)²⁾は普通の季節に適した着衣状態に於ける体温調節機能の季節変動の性的差異に就いて、女子の体温調節機能が皮膚放熱の調節に於いて男子より優れ、これによって冬の寒さを感じることが少なく、薄着にて過し得るに対し、夏の暑さに対しては代謝量を低下せしめ、即ち女子は産熱の制限の能力が男子よりも優れているために暑さにも耐え易いことを報告し、且つ、従来男女の基礎代謝量の差はかかる体温調節機能の性差に基因する所が大きいことを指摘した。この成績を著者の前報¹⁾の成績に比較する時は女子が男子よりも皮膚放熱の調節に優れている点に於いては一致するが、高温環境に於いて女子が産熱量の低下、即ち第 2 化学

調節を行い得ると云う点は著者の成績には見られない。

又福田²⁾は皮膚放熱能の比較の為に皮膚の熱貫流係数 (Du Bois の云う heat conductance) を計算しているが、その計算に用いる身体よりの蒸発放熱量は Du Bois (1936)³⁾ に従って安静時代謝量の 25% と見なし、実測したものではない。著者はこの福田の実験の欠を補って、これを追試すると共に、さきに報告した女子の体温調節機能の特徴が日常生活に於いて如何に反映するかを見究めんとして、1年間を通じて毎月の男女の基礎代謝量、安静時代謝量、皮膚温分布、不感蒸泄量、衣服重量等を測定して、その各月の経過を比較した。

II. 実験方法

実験は昭和27年から28年の1年間に互り3名の健康なる女子被験者 (19~21才) を対照として3名の男子被験者に就いて、各月の皮膚温、基礎代謝量、安静時代謝量、身体蒸発量、衣服重量等を併せ測定した。男子の測定に当っては各被験者別々に、毎月1~3回に渉り、被験者の都合つく限り頻回に測定したが、成る可く被験者の数を増す為に福田が測定せる男子被験者の成績をも採用して女子との比較を行うこととした。

女子の体温調節機能の検査に当っては、先に著者が「性周期と体温調節機能⁴⁾」に於いて報告した如く、女子に於いては排卵を境として低温期と高温期があり、夫々に於いて体温調節機能の発現様相が異なる為に、その測定に際しては各月共に月経後5日乃至10日前後の低温期を選

* 京都府立医科大学第 1 生理学教室 (吉村寿人教授)
〔昭和32年10月31日受付〕

Table 1.

a) Skin segment and the points of temperature measurement.

Skin Segment	Point of temperature measurement	% Ratio of the segment area to the whole body surface
Head	Middle of the forehead	7.4%
Chest	Point of intersection of the mammillar line with the IV rib.	19.0%
Abdomen	Middle of the abdomen (on the level of navel)	8.1%
Inguinal region	Just below the crossing point of the inguinal line with the middle line of the thigh front	8.1%
Upper arm	Middle point of deltoid muscle	8.2%
Forearm	Lower third on the middle line of the inner surface of forearm	6.1%
Hand	Back	Middle point of the back of Hand
	Thumb	Back of the terminal phalanx of thumb
Thigh	Lower third on the middle line of the front of thigh	17.2%
Leg	Upper third on the middle line of the back surface of leg	13.4%
Foot	Back	Middle point of the back of foot
	Big toe	Back of the terminal phalanx of big toe

$$\text{Mean skin temperature} = \frac{\sum (\text{Mean temperature of each segment} \times \% \text{ Ratio of the segment area})}{100}$$

b) Comparison of the mean skin temperature calculated from temperature measurements of 22 points with that from 12 points

Number of subject	22 points method	12 points method	Difference
1	34.74°C	34.75°C	- 0.01°C
2	33.57°C	33.51°C	+ 0.06°C
3	32.76°C	32.79°C	- 0.03°C
4	31.05°C	31.02°C	+ 0.03°C
5	30.45°C	30.43°C	+ 0.02°C
6	35.16°C	35.21°C	- 0.05°C
7	33.75°C	33.67°C	+ 0.08°C
8	32.31°C	32.26°C	+ 0.05°C
9	31.19°C	31.23°C	- 0.04°C
10	29.16°C	29.21°C	- 0.05°C
Mean	32.41°C	32.40°C	+ 0.01°C

Remarks: Calculations were made from Fukuda's data.

び2~4回の測定を行い、その平均値を求めた。

皮膚温測定に当っては、文部省科学研究医学関係季節生理班にて定められた規格に従い⁵⁾、吉村、小石の考案せる銅、コンスタン熱電対⁶⁾を用いて所定の12点(頭部、前胸部、腹部、鼠蹊部、上膊部、前膊部、下腿部、手背部、拇指

部、足背部、拇指部)の皮膚温をパイロメーターで測定を行った。かくして得たる各部の皮膚温を、季節生理班にて定められた⁵⁾各部の皮膚面積の割合に按分して平均皮膚温を算出した。各部皮膚温の測定位置とその按分の比率は第1表に示す。季節生理班に於いては22点の測定を行って平均皮膚温を算出しているが、測定点の多い事は不便であり、又22点法にて平均皮膚温を計算しても12点法で得た成績と大差のない事は第1表で明らかであるので、本研究に於いては12点法を採用したのである。

基礎代謝量は早期空腹時、ベットに臥したるまま、安静時代謝量は朝食後4時間後、夫々Douglas嚢に呼吸を採り、これを労研式分析器で分析して算出した。又体温の測定は覚醒時と安静時代謝量の測定前に夫々口腔温をとり、衣服重量、体重測定は起床後直ちに測定した。身体蒸泄量(肺及び皮膚よりの蒸泄量)は可及的無風の室内で吉村の考案になる人体天秤⁷⁾(感量5g、秤量100kg)を使用し、1時間当りの体重減少量を求めた。発汗なき場合にはこれは不感蒸泄量に相当する。但しここに求めた体重減少量の内には、肺よりのCO₂呼出に基づく体重減少量をも含んでいるから、これを補正する為に、実測の安静時呼吸代謝量の平均値より1時間当りO₂消費量(WO₂)とCO₂呼出量(WCO₂)を算出し、C=WCO₂-WO₂として補正の値を求めた。即ち、このCを実測せる体重減少量より差し引けば蒸発による水分の不感損失量(不感水分蒸発量)を求め得る。

Ⅲ. 実験成績

実験成績は概して福田²⁾の成績と一致したものであるが、その細部に於いては若干異なる所もあり、殊に基礎代謝量や水分の不感蒸泄量については、福田²⁾の成績と可なり異なっている。そこで以下此等測定各項目に就いて、主として福田²⁾の成績と異なる点に就いて説明する。

A. 皮膚温

男女の季節別、部位別の皮膚温の比較や皮膚温分

Table 2. Seasonal alterations of basal metabolism and mean skin temperature under clothes.

1) The figure parenthesized under the metabolism value is % ratio of the women's mean metabolism to the men's. 2) When the men's mean is higher than the women's, the difference is given as positive and vice versa. 3) * indicates a significant difference at the level of 5% and ** at the level of 1%.

	Numbers of subjects		Spring (March, April, May)			Summer (June, July, August)			Autumn (Sept., Oct., Nov.)			Winter (Dec., Jan., Feb.)		
	Men	Women	Men	Women	Difference	Men	Women	Difference	Men	Women	Difference	Men	Women	Difference
Mean skin temperature (°C)	9	3	32.5	32.0	+0.5	34.8	34.8	0	32.6	32.3	+0.3	30.3	29.6	+0.7**
Basal metabolism (Cal/m ² /h.)	9	3	35.8	32.6 (91.0%)	+1.4*	33.8	31.1 (92.0%)	+1.3*	35.6	32.2 (90.4%)	+1.6*	38.2	35.2 (92.1%)	+1.2*
Resting metabolism (Cal/m ² /h.)	3	3	41.7	37.5 (89.9%)	+4.2*	39.4	35.8 (90.9%)	+3.6*	40.7	37.0 (90.9%)	+3.7*	44.5	40.8 (91.7%)	+3.7*
Ratio of resting metabolism to basal metabolism	3	3	1.22	1.15	+0.07*	1.21	1.15	+0.06*	1.21	1.15	+0.06*	1.22	1.16	+0.06*
Weight of clothes (Kg/m ²)	3	3	1.44	0.99	+0.45*	0.61	0.38	+0.23*	0.98	0.66	+0.32*	2.09	1.60	+0.49**

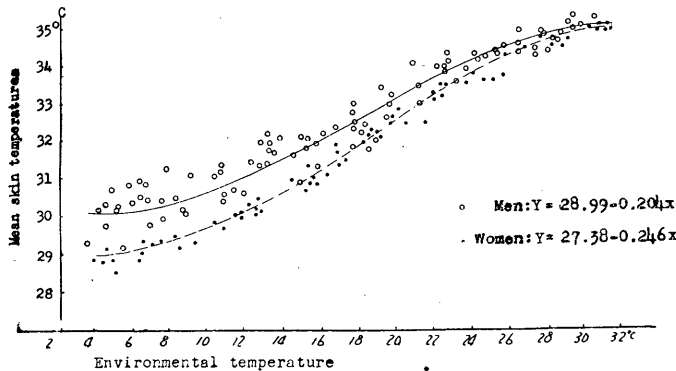


Fig. 1.

Mean skin temperatures of men and women who wear clothes suitable for seasons. (Line are drawn visually to fit the male and female points respectively.)

布の成績等は福田²⁾と同じ成績を得たので説明を省略し、ただ季節別の平均皮膚温の男女の比較を第2表に、又平均皮膚温とその測定時の室内気温との関係を第1図に画いた(男子成績には福田の成績を一部併用する)。第1図に見る如く平均皮膚温は気温と良き順相関を示し、その関係線はS字状の曲線をなすことは福田の指摘した通りである。そこで今、男女の平均皮膚温について、その回帰線を求めた所、

男子: $y = 28.99 + 0.204x$

女子: $y = 27.38 + 0.246x$

が得られる。此の場合男女の回帰係数の差を検定するに、これは0.1%の危険率にて有意の差がある。即ち女子の平均皮膚温は男子の夫よりも

室温低下に伴う低下の割合が大きいのである。然して第2表は春(3, 4, 5月)夏(6, 7, 8月)秋(9, 10, 11月)冬(12, 1, 2月)の四季に涉り、その測定値を全被験者について平均した成績であるが、ここに見る如く、平均皮膚温の男女差が著明なのは冬のみであって、春、秋より更に夏に到る程、差は少なくなっている(第1図参照)。然して夏期に於いては男女差はなくなる。此の事も既に福田の指

摘した所である。尙福田は平均皮膚温が気温と共に変化する温度の範囲(S字の中央部)が、女子の場合には男子よりも低温側にずれると称しているが、著者の成績に於いては第1図に示す様にその傾向はある様に見える。要するに皮膚温の成績は福田と全く同様に、女子は男子よりも低気温に於いて皮膚温を低下させて、体熱の放散を強く抑制させているのである。

B. 基礎代謝量及び安静時代謝量

基礎代謝量及び安静時代謝量の季節別変化の男女差を第2表に掲げた。表に掲げた平均値算出の資料は平均皮膚温の場合と同様である。又測定時の室内気温と基礎代謝量との関係を図示したものが第2図である。但しこの内男子の成

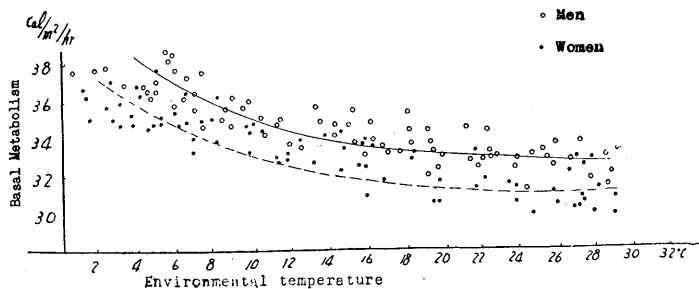


Fig. 2.

Basal metabolism (Lines are drawn visually to fit the male and the female points respectively)

績には福田の成績をも採用した。ここに見る如く男女共基礎代謝量は低温の候に高く、高温になるに従い低下している。然して四季に於ける男女差を求めると、第2表に見る如く、男子は女子よりも常に1.2~1.6kcal/m²/h高く、且つ、この差は推計学的に有意である。然し此等の男子及び女子の測定時気温に対する基礎代謝量の変化の型を標本平均経過の型の検定法によって検定してみると、 $F_5=0.04 < 19.2$ (5%) となり有意の男女差を見出し得ない。また第2表の四季別の男女基礎代謝量の平均値の差乃至は比率を見ても四季による差はないのであって、その比率は90~92% (平均91.4%) である。これを福田の成績と比較するに、基礎代謝量が男女共に冬高く、夏低くなることは福田の成績も著者と同様であるが、福田は気温変化に対する基礎代謝量の変化が男女によって差を生ずるとなす点に就いては一致しない。即ち福田によれば女子の基礎代謝量は外気温約12~14°C 附近より低い気温に於いては殆んど変化は認められず、それより高い環境温では気温の上昇に伴い、漸次減少の傾向があり24°C 附近より顕著に減少している。然し著者の成績では、かかる高気温に於ける女子の産熱量の低下は認めず、男子の場合と全く同様に14°C 附近より以上の気温下にてはなだらか

に低下し、それ以下の低温にては稍々急に上昇する。安静時代謝量の成績も基礎代謝量と同様の結果を得たので図は省略して成績のみ第2表に掲げた。この表に於いて安静時代謝量の基礎代謝量に対する比率を求めて見ると男子の場合には1.21~1.22であり女子は1.15である。福田は男子の値として一律に1.25

を、女子の値に1.15を用いている。しかし必ずしも2つの係数は一定とは限らないのであるから、実測の方が良い訳であり、この点に於いても福田の成績は誤差を含んでいる。

又男子の安静時代謝量に対する女子の安静時代謝量の比率は平均90.9%であって、各季節を通じて略々一定である。

要するに基礎代謝量、安静時代謝量は、女子は四季を通じて男子よりも有意に低い値を得たが、四季による男女の差を検定しても有意の差を認めなかった。

C. 蒸発量

体表面積1時間当りの体重減少量(身体蒸泄量)と室内温度の関係を第3図に画いた。この値は発汗の無い気温下にては不感蒸泄量に相当している。ここに見る如く25°C 以下では男女

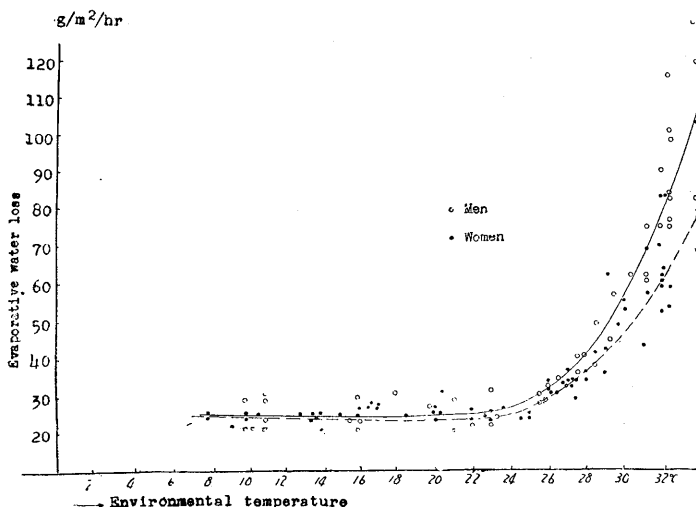


Fig. 3. Evaporative water loss under clothed conditions. (g/m²/hr.) (Lines are drawn visually to fit the male and female points respectively.)

Table 3.

The evaporative loss of water at resting state and the environmental temperature. ($\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

- Subjects are 11 males and 9 females who wear clothes suitable for the respective season. 2. When the men's mean is higher than the women's the difference is given as positive and vice versa.
- * indicates a significant difference at the level of 5% and ** at the level of 1%.

Environmental temperature	$26^\circ \pm 1^\circ\text{C}$	$28^\circ \pm 1^\circ\text{C}$	$30^\circ \pm 1^\circ\text{C}$	$32^\circ \pm 1^\circ\text{C}$
Male	28.3	33.7	57.1	83.9
Female	27.9	32.0	51.6	63.5
Difference	+ 0.4	+1.7	+ 5.5 **	+ 20.4 **

共に体表面積 1m^2 、1時間当り (1日量 $480\sim 720\text{g}/\text{m}^2$) の減少で殆んど男女差は無く、又気温による変化も極めて僅かである。然し気温が 25°C より以上に上昇する様になると、男女共に急速に蒸泄量が増加し、然も男子の値は女子の値を凌駕している。発汗が加わる為であって、この範囲に於いてはもはや不感蒸泄のみとは云い難い。そこでこの体重減少量より呼吸による CO_2 呼出に基づく補正值 $C = W\text{CO}_2 - W\text{O}_2$ を引去り、1時間当り水分蒸発量を求め、各気温に於いて詳しくその男女差を求めてみた。但し此の場合には被験者数を多少増加して、男子9例、女子6例について検討を行った。その結果は第3表に見る如く 28°C に於いてはまだ男女差を認められないが、 30°C 以上になると気温が上昇する為男女差が著明になり推計学的に有意になる。女子の発汗性が男子よりも低い事は既に前報に於いて述べた所であって、事新しい事ではないが、ここで明らかにしたい事は、この様な高温の範囲に於いては発汗が始って来るから不感蒸泄を発汗より分離して測定することが困難であると言う点である。福田は皮膚の熱貫流係数の計算に際し、不感水分蒸発による放熱量を全放熱量の25%として一定の値を算出し、これを 30°C の気温の範囲で算

出しているが、果してそれで良いかどうかは甚だ疑問である。それはかかる高温域の不感蒸発量が低温時と同一である事あり得ないし、又この高温域範囲にあっては上記の発汗によって皮膚温の測定値そのものが不正確となり、熱貫流係数の計算に不適当となるからである。この事に就いては次項に於いて再び論ずる。

次に 25°C 附近及びそれ以下の範囲について不感水分蒸発量を計算

してみると第4表に見る如く、男女を通じて $16.3\sim 11.7\text{kcal}/\text{m}^2/\text{時}$ の範囲であって、男女間の差は推計学的に有意ではないが、女子の値の方が男子よりも一時にやや低い傾向はある。又男女共に気温上昇と共にやや上昇の傾向があるが、 25°C 以下の範囲では大なる変化はなく、低温に到る程変化は少なくなる。然して安静時代謝量に対する蒸発 kcal の比は男子は $0.28\sim 0.41$ 女子 $0.29\sim 0.44$ であって男女差は殆んどなく、又気温が低い場合は 0.3 前後に一定であるが、 25°C 以上に達すると 0.4 以上に大きくなっている。従って Du Bois や福田が気温の高い範囲迄も同一比率の蒸発量を用いて熱貫流係数を求めている事は一考を要すると思われる。

D. 熱貫流係数

以上述べた平均皮膚温 (t_s) 安静時代謝量 (R.

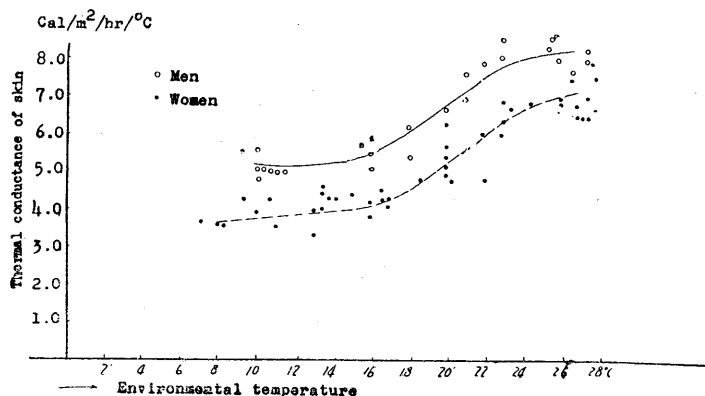


Fig. 4.

Thermal conductance of skin and its sexual differences ($\text{kcal}/\text{m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$) (Lines are drawn visually to fit the male and female points respectively.)

Table 4. Thermal conductance of skin in four seasons, and its sexual difference.

1) The parenthesized figure under the thermal conductance is the percentage ratio of the women's value to the men's. 2) When the men's mean is higher than the women's, the difference is given as positive and vice versa. 3) * indicates the difference between the male and the female values which is significant at the 5% level, while ** indicates the significance at the 1% level.

	Numbers of subjects		Spring (16° ± 1°C)			Summer (25° ± 1°C)			Autumn (21° ± 1°C)			Winter (10° ± 1°C)		
	Men	Women	Men	Women	Difference	Men	Women	Difference	Men	Women	Difference	Men	Women	Difference
Mean skin temperature (°C)	9	3	32.0	31.4	+0.6	34.1	33.8	+0.3	33.2	32.7	+0.5	31.0	29.7	+1.3**
Resting metabolism (Cal/m ² /h.)	3	3	42.0	38.1	+3.9*	39.8	35.5	+4.3*	40.4	36.6	+3.8*	44.2	39.3	+4.9*
Insensible water loss (E) (Cal/m ² /h.)	3	3	13.1	13.6	-0.5	16.3	15.8	+0.5	13.8	13.4	+0.4	12.4	11.2	+1.2
E/R	3	3	0.31	0.36	-0.05	0.41	0.44	-0.03	0.34	0.37	-0.03	0.28	0.28	0
Thermal conductance of skin (K) (Cal/m ² /h°C)	3	3	5.78	4.37 (75.6%)	+1.41**	8.43	6.66 (79.0%)	+1.77**	7.00	5.39 (77.0%)	+1.61**	5.31	3.85 (72.5%)	+1.46**

M.) 及び蒸発量 (E) の値を用い、Du Bois⁸⁾ 等に倣って次の式より皮膚の熱貫流係数 (K) (heat conductance) を計算してみた

$$K = \frac{R \cdot M - E}{t_r - t_s}$$

直腸温 (t_r) は著者の実験に於いては実測してないので全例共 37°C として計算した。かくして得たる熱貫流係数と気温との関係を第4図に書き、四季別の熱貫流係数の男女差を比較したのが第4表である。但しこの場合に男女の平均値の比較をなす為に気温の範囲を限定する必要があるので、各季節に於いて夫々一定気温を中心に 1°C の範囲の値につき平均値を求めた。

先ず図に見る如く熱貫流係数は気温上昇に伴って上昇するが、男女共に 16°C 以下の気温ではあまり大きな変化はなく、それ以上の高温に於いて著明に増加して立上っている。

然し気温が 25°C 以上の温度に達すると熱貫流係数の上昇は頭打ちとなってかえって低下し始めている。これは前記の如く、皮膚が汗によってぬれて来る事や発汗による蒸発放熱量が増す為であって、上記の式中の E の値が非常に大きくなる為である。従って高温範囲の熱貫流係数についてはこの成績では何んとも云えない。

そこで 25°C 以下の気温下に於ける熱貫流係

数の値を男女間に比較すると、図及び表に見る如く、男子の値は常に女子よりも有意に高くなっている。然して図に於いては男女の熱貫流係数の曲線は全く相平行する様に見えるのであるが、試みに男子の値に対する女子の値の比率をとってみると、女子は男子の 72~79% であって気温上昇と共に比率は大となり、女子の値は男子の値に近付いて行く。

福田は前記のように蒸発放熱量を全放熱量の 25% と倣して熱貫流係数を計算し、気温が 12°C 以上の範囲にては気温上昇に伴って上昇するが、その立上りの温度は女子の方が低温側にずれ、且つ Hardy に従って気温上昇に伴う熱貫流係数上昇の幅が女子の方が大きいと述べている。然し著者の成績に於いては必ずしも女子の熱貫流係数の立上りが男子よりも低温域にて現われるとは云えないし、又蒸発放熱量と全放熱量の比率を常に一定に仮定した福田等の計算には賛成出来ない。然し女子の熱貫流係数の気温による変化が男子の夫れよりも比率的には大きく現われる事は福田の成績と一致している。この様に気温に伴う皮膚熱貫流係数の変化が女子に於いて大きいのは、女子の皮膚温の変化が男子の夫れよりも大きい為である。従って皮膚温の項にて述べた様にこれは女子の皮膚は皮下脂肪

に富んでいる為には皮膚血管伸縮による皮膚放熱度の変化が著明に現われるのである。即ち冬期にあっては男女共に皮膚血管が極度に収縮しているから、皮膚の熱貫流は女子の方が悪く、貫流率が低いのであるが、気温上昇に伴って皮膚血流が盛んとなると、血流による対流により皮膚の熱伝導性が増して盛夏には殆んど脂肪の断熱性は失われて皮膚血流による放熱性がその熱伝導の主要因となるのである。これが女子の皮膚の熱貫流係数が高温に到る程男子の夫れに近付く所以であろう。Hardyは裸体の男女に就き比較して 30°C 以上の環境に於いては女子の皮膚の熱貫流係数が男子の夫れを凌駕すると述べているが、著者の実験に於いては発汗の増加の為に 25°C 以上の高温環境の影響を見る事が出来ず、為には男女の値が一致する所迄も到っていない。

要するに著者の実験の範囲に於いては女子の皮膚熱貫流係数は常に男子よりも一定程度低く、且つこれは気温が 16°C 以下 (冬) にては著明な変化はないが、16°C 以上の季節 (春, 秋, 夏) になると上昇を始める。その上昇の割合は女子の方が著明である為には高温に到る程女子の値は男子に近付く。

E. 衣服重量

各被験者の衣服重量を体表面積当りに換算して気温との関係を観察したが、その成績の概要は第2表に示されている。ここに見る如く男女共に夏期には衣服重量は少なく、寒冷の候に大となっているが、全般に女子は男子よりも薄着であって、特に冬期に於いて其の差が大であり、夏期には女子の衣服重量は男子のそれに近付く事は福田の成績と全く一致している。

IV. 考 案

以上著者は日本人女子、男子に就いて、その各季節に適した被服をつけた状態に於ける体温調節機能を皮膚温、代謝量、不感蒸泄量、皮膚の熱貫流係数、衣服重量等の季節変動より観察した。その結果従来の教室に於ける福田²⁾の研究成績を大体に於いて確認したが、若干の点に

於いては全く反対の成績を得た。即ち皮膚温殊に平均皮膚温の季節変動は福田と全く一致し、皮膚温は各季節に伴う気温の変化に従ってS字状の変化をしている。即ち平均皮膚温の変化は高温の夏期、又は低温の冬期に於いては著明ではないが、春秋の候には気温の変化に応じて著明な変化をなし、皮膚血管調節による体温調節が行われている事を物語っている。然して、この変化は女子に於いては男子よりも強く、夏期には男子の皮温と同一であるが気温低下に伴って漸次男子よりも激しく低下し、冬期にはその差が最大となる。この様な女子と男子との皮温変化の差は福田が述べた様に、女子は皮下脂肪が良く発達している為には、血管調節による皮膚温の低下が男子より著明に表われる結果と思われる。此の事実の裏付けとして、熱貫流係数は著者の実験範囲では常に女子の値が男子よりも低い、然しその気温変化による変化率が大きい為には気温上昇と共に、女子の値は男子の夫れに近づく傾向を示すのである。福田はこの場合に女子の血管調節は男子よりも強く行われ、血管調節域の低温限界が男子の夫れよりも低温にのびている事を指摘したが、著者の成績ではかかる事実は認められず、女子の皮膚の熱貫流係数は冬期の低温期に於いても常に男子の夫れと平行して、略々 16°C 以上に到って男女共に熱貫流係数の著明な変化が現われるのである。従って血管調節域の低温限界には男女差はなく、只女子は皮下脂肪が多い為には、皮膚の防熱度が高く、血管収縮に伴う皮温の低下が男子よりも一層はげしく起ってくる為には、冬期に於ける平均皮温の低下が強く且つそれが稍々低温側にのびた様な感じがするに過ぎないのである。

次に、福田²⁾は熱貫流係数の高温範囲の変化が、女子は男子よりも著明であると述べているが、これは皮膚蒸発量を実測しての結果からすれば、高温範囲で算出される熱貫流係数は皮膚が汗にぬれたり、発汗増加による皮膚放熱の増加によって正確な熱貫流係数の算出が不可能であるので著者の成績ではこのことは批判出来ない。ただ前報の成績と今回の蒸発量の測定値よ

り考えれば、女子は高温範囲に於いては男子より発汗性が少なく、その為に高温に於ける放熱量の増加は主として皮膚温の上昇による放熱の増加に依存する他はない。

Hardy⁹⁾等の成績によれば此の場合(高温裸体時)熱貫流係数は男子の夫れを凌駕して増大しているのである。従って恐らく女子の皮膚血管はこの成績より暗示せられる如く男子よりも開張性に富んで、皮膚温を男子より以上に高め得るのである。然し、皮膚面よりの水分蒸発が少ない時には、その皮膚温は必然的に上昇するから、この事は単に発汗性の少ない事による二次的な影響かも知れない。従って此の点に就いては将来の検討にまたねばならない。只ここで注意すべき事はHardy¹⁰⁾が女子は高温環境に於いては第2化学調節が行われると称し、且つ福田²⁾もこれに賛同し、夏期に於いては基礎代謝の著明な低下があると述べているが、著者の成績では基礎代謝の変化は男子と全く同様であって、その比率は夏と冬を通じて(90~92%)同じであった(第2表参照)。又、前報に於いて行った高温実験の成績でも女子の代謝量が高温環境下に於いて下降する様子は見なかった。従って女子が高温環境に於いて第2化学調節を行う事は甚だ疑わしく、恐らく此の様な事はないものと思われる。ただ女子の安静時代謝量は常に男子の夫よりも低いのであるから、これが高温環境下に於いて女子が発汗性少なくて、よく耐え得る1つの理由であろう。

これを要するに、男子と女子の体温調節機能の差は、主としてその皮膚機能の差に基づくものであり、女子は皮下脂肪がよく発達し、又汗腺の発汗性が少なく、これが女子をして男子よりも強く低温下に於いても寒さに耐え、高温環境に於いても発汗を起さずに耐え得る理由である。然してこの様な発汗性の低い事に基づく放熱能力の不足は皮膚温上昇に依って補われているのみならず、女子はその安静時代謝量が男子よりも低い為に男子程に発汗を増大することなく、よく耐え得るのである。

前報¹⁾に於いて著者は裸体の男女を高温室ま

たは低温室に入れて、暑気、寒気に対する体温調節の反応を男女にて比較し、女子は男子に比し、皮下脂肪がよく発達せる為に寒がりではなく、又発汗性が低く、皮膚温上昇が顕著なる為に汗かきでもない事を指摘した。

今、上の成績と本論文にて論じた被服を調節して、夏冬の季節に耐えて生活せる場合の男女の体温調節機能とを比較するに、この場合にも前報と全く同じ性質の男女差が現われていると云えるであろう。

V. 総 括

1年間に互り夫々の季節に適した被服を着て中等作業に服せる男女夫々3名の被験者(男子の被験者は項目によって8名とす)に就いて、毎月定期的に安静時坐位の皮膚温分布、代謝量、不感蒸泄量、及び基礎代謝量等を測定し、此等の成績から更に安静時の平均皮膚温、皮膚蒸発量、熱貫流係数、皮膚蒸発量の安静時代謝量に対する比率、男女の基礎代謝量の比率等を計算し、さきに我が教室で行った福田の業績を批判して次の成績を得た。但し女子の測定に当っては月経後5~10日の低温期を選んだ。

1) 平均皮膚温は男女共に気温に対して略々直線的に変化するが、この直線の傾斜は春秋の候に強く、冬期と夏期には僅かであるからS字状の経過をたどる。然して女子の平均皮膚温は夏期の高気温では男子と大差ないが、気温が低下するにつれて男子よりも強く低下する。これは女子の皮膚防熱度が男子よりも高い為である。然し福田の指摘した様な女子の皮膚血管調節域が男子より低温側にずれている様な事実は認められない。其の他皮膚温分布の季節変動に関する成績は福田の成績と略一致する。

2) 基礎代謝量、安静代謝量は女子は四季を通じて男子よりも有意に低く、且つ両代謝共に相平行して冬高く夏低き季節変動を示す。然してこの場合に福田が指摘した様に女子の基礎代謝量や安静時代謝量が、夏期に男子よりとびはなれて強く低下する様な事はなく、男女共に温暖期の変化は僅かであり、寒冷期に向うにつれ

て少々強く上昇する。従って女子の基礎代謝量の男子に対する比率は季節に無関係に一定であって、その値は平均0.91であった。又安静時代謝量についての比率は平均0.91である。

3) 体表面積当りの不感蒸泄量は 25°C 以下では殆んど男女差はなく、又気温による変化も僅かであるが、25°Cより以上に於いて男女共に急速な増加を認めた。これは発汗が加わる為であって 30°C 以上では男子は女子よりも有意に大なる皮膚蒸発量を示す。これは女子が男子よりも発汗性が低い為である。皮膚蒸発量の安静時代謝量に対する比率 (E/R) は男女共に低温範囲 (25°C) 以下に於いては 0.3 前後であって男女差は著明でないが、これより気温が高くなると (夏) 比率も大きくなり、且つ男子の値は女子よりも大となる。

4) 熱貫流係数は男女共に 16°C 以下の気温下では略一定値に保たれ、気温がそれ以上に増加すると、皮膚血流の増加によって係数が上昇する。但し、気温が 25°C 以上には身体よりの水分蒸発量が増し、発汗が加わるために係数の算出が困難となり、正確な成績は判らない。25°C以下の気温下にあつては女子の熱貫流係数は常に男子よりも低いが、然し、気温の高い程女子の値は男子の夫れに近づいている。男女差の大きな理由は女子の皮下脂肪が男子より発達せる点にありと思われる。

5) 衣服重量は大体に於いて女子は男子に比べて軽装であるが、特に冬期に著明であり夏期にはその差が尠く福田の成績と一致している。

6) 以上要するに着衣状態に於ける女子の安静生活時の体温調節機能には、さきに報告した

寒気及び暑気に対する体温調節反射の性的特徴がよく現われていると言う可きであつて、女子は男子に比し熱貫流係数が小さい為には皮膚放熱を抑制して男子程の代謝量の昂進を起さずとも寒気に対し薄着で耐え得る。又夏の暑さに対しては代謝量が男子よりも低い上に皮膚温上昇による放熱量の増加が著しく、これによって男子よりも発汗を少なくして暑さを凌いでいる。只曾て先人の説えた様な女子の第2化学調節機能に関してはこれを証拠づける根拠を見出し得なかつた。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲の勞を賜つた恩師吉村寿人教授に対し、深く感謝の意を表す。猶本研究は文部省科学研究費によって行われたものである。

文 献

- 1) 益子研三 (1958) 高温及び低温環境に於ける体温調節反射の性的差異 日本生理誌 20, 192
- 2) 福田正弘 (1953) 体温調節機能の季節変動の性的差異 日本生理誌 15, 150
- 3) Du Bois, E. F. (1936) Basal Metabolism in health and disease, P. 62 (Lod and Feliger), Philadelphia.
- 4) 益子研三 (1957) 性周期と体温調節機能 日新医学 44, (11号掲載予定)
- 5) 文部省科学研究医学関係季節生理班 (昭和27年) 日新医学 39, 121
- 6) 吉村寿人・小石哲夫・小石秀夫 (昭和25年) 医学と生物学 16, 140
- 7) 吉村寿人・井上太郎; 吉村式人体天坪の一考案 (未発表)
- 8) Du Bois, E. F. and J. D. Hardy (1941) Temperature Its Measurement and Control In Science and Industry, P. 357, N. Y.
- 9) Hardy, J. D., A. T. Milhorat and E. F. Du Bois (1941) Basal metabolism and heat loss of young women at temperatures from 22°C to 35°C (Clinical Calorimetry No. 54) J. of Nutrition 21, 383
- 10) Hardy, J. D. and E. F. Du Bois (1940) Nat. Acad. of Sc. 26, 389

Summary

The author has undertaken to compare the seasonal variation of the thermoregulatory function between male and female adults who wore seasonal clothings, and were subjected at rest by sitting in the laboratory room of the natural atmospheric temperature. Results obtained are summarized as follows:

1. The mean skin temperature of the male and female subjects are identically the same during summer, while the temperature of the female falls lower than that of the

male during winter. The lower skin temperature of the female owes mainly to the higher thermal insulation of her skin.

2. Both the resting metabolism and the basal metabolism tend to decrease during summer and increase during winter as the atmospheric temperature changes with seasons. The seasonal variation of female metabolism run parallel with the male's, and the second chemical regulation of female pointed out by Hardy could not be observed.

3. No seasonal difference can be found in the insensible perspiration per unit body surface in so far as the environmental temperature is below 25°C., and the perspiration does not alter appreciably in this condition. As the temperature rises higher than 25°C., sweating begins to appear and the total perspiration increases, which is more noticeable in male than in the female.

4. The thermal conductance of the skin calculated by Du Bois' equation increases as the environmental temperature rises, though it seems to be maintained almost constant in cooler environment below 16°C. The female value is always lower than the male's in the temperature range below 25°C., while the difference tends to decrease in higher temperature.

5. It is concluded that the thermoregulatory function of female in normal living conditions is superior to the male's in adapting to seasonal change of environmental temperature by her particular ability to adjust the skin temperature, higher dermal insulation, lower ability to perspire and with less metabolic rate. With this specialized ability, the female sex can resist to cold with less clothes, and endure heat with less sweating than the male.

(Department of Physiology, Kyoto Prefectural University of Medicine)

顎運動機構の神経生理学的研究 612. 823. 5 : 612. 826. 8 : 612. 828

顎反射中枢について

Studies on the neurophysiologic mechanisms of the mandibular movements.
Jaw reflex centers.

藤本 順三 (FUJIMOTO-Junzo)*

I. 緒言

下顎の単なる自由運動も、咀嚼運動もその基本は中脳、橋、延髄などに一連の中枢を有する開口、閉口の両反射である。故に、顎運動の神経機構を解明するためには先ず顎反射機序を明確化しなければならない。

下顎の反射に関する研究は Sherrington¹⁾ の古典的な研究以来、多くの研究者達^{2)~7)} により解剖学的な面より、或いは生理学的立場より夫々追究されている。然し乍ら、その反射回路及び反射中枢の機能特性などについて今日尚種々議論があって不明の点が多い。

著者⁸⁾ は先に顎反射機序を閉口筋と開口筋の活動態度から分析し、更にこれに影響を与える生理的因子について報告した。

本論文は前報に引続き、脳幹に於ける下顎反射中枢の機能的特性、三叉神経脊髄路及び三叉神経起始核部に於ける各咀嚼筋支配の関係及びこれらの反射回路を生理学的に明らかにしたものである。

II. 実験方法

実験には成熟した猫16匹、犬4匹を用いた。主としてイソミタル・ソーダ (体重1kg 当り50~60mg) 麻酔下で除小脳した動物を用いたが、一部は更に橋直前で除脳して行った。

脳幹部誘発電位記録及び脳幹部刺激は総て延髄、中脳部の直視下で、猫には Horsley-Clark の装置を、犬にはそれを一部改良した装置を用い、stereotaxically に行った。

* 大阪大学医学部口腔生理学教室
〔昭和32年11月7日受付〕

開口反射を惹起させるための末梢部刺激は舌尖部に極間距離5mmの双極釣針電極を挿入して行った。刺激はパルス持続時間0.2msec、強度0.2~10Vの単一矩形波電気刺激を用いた。

舌尖部刺激時の脳幹誘発電位測定には20 μ の銀線硝子封入電極を用い、不関電極を反対側頭蓋骨頭頂部に固定して、単極誘導法により記録した。

記録には抵抗・容量結合型5段増巾2素子筋電図増巾器及び2素子陰極線オシログラフを用いた。

脳幹部刺激電極には先端50 μ のステンレス製絶縁被覆電極を用い、不関電極は反対側頭蓋骨頭頂部に埋没固定した。刺激条件は上記舌尖刺激時と同様であった。

刺激効果は側頭筋、咬筋、顎二腹筋の前腹及び後腹に植込式双極電極(5mm間半面のみ絶縁をはがした直径0.1mmのエナメル銅線を縫込んだ)を挿入し、これらよりの誘発筋電図を誘導記録した。

最後に記録誘導部位、或いは刺激部位は記録誘導電極端、或いは刺激電極先端を陰極にして1mA、15秒間の直流通電を行い、電気凝固を行った後、脳をブアン固定液で固定し、脳幹部の連続切片(20 μ 厚)標本を作製し、カルボール・チオニン染色を行い、脳幹部の刺激部位及び誘発電位測定部位を夫々確認した。

III. 実験結果

A) 末梢部刺激実験 (本実験には犬4匹、猫1匹を用いた)

舌尖刺激(2V単一矩形波電気刺激)により惹起した開口反射時の下顎後頭筋(猫の顎二腹筋

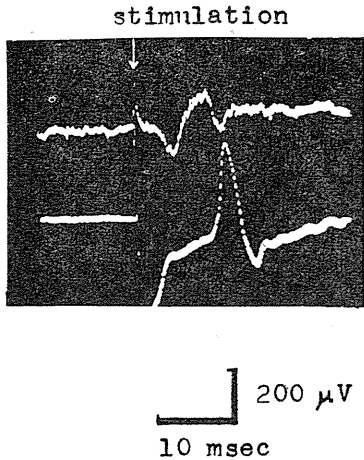
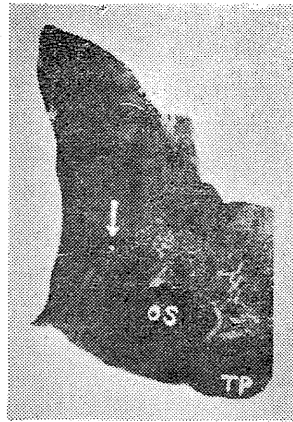


Fig. 1. Evoked potential recorded from spinal trigeminal nucleus and EMG of occipito-mandibularis
 upper : Evoked potential of spinal trigeminal nucleus, latency 3 msec.
 lower : EMG of occipito-mandibularis, latency 9 msec.



で約9msecであり、反応閾値もほぼ同じであったが、その振巾は下顎後頭筋に較べて極めて微小であった。脊髓路核の誘発電位の潜時は3msecであった。

三叉神経中脳核誘発電位は第2図の如く、約12msecの反応潜時をもったslow potentialであった。

三叉神経起始核部の誘発電位は反応潜時が約4.5msecで、第3図の如く、延髄背側表面より3.5mmの所で最大振巾を呈し、またこの深度で自発性放電が最も著明であった。この部を逆に電気刺激すると第4図の如く、4.6msecの潜時をもって咬筋及び下顎後頭筋より同期した放電を認めた。

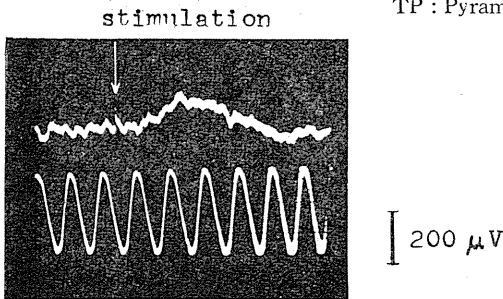


Fig. 2. Evoked potential recorded from mesencephalic trigeminal nucleus
 upper : Mesencephalic trigeminal nucleus, latency 12 msec.
 lower : 60 c/s.

に相当する)活動及び三叉神経脊髓路核の誘発電位は第1図の如くであった。

即ち、下顎後頭筋放電の潜時は9msecで、この時の咬筋放電の反応潜時は下顎後頭筋と同じ

脳幹部刺激実験(本実験には猫15匹を用いた)脳幹部刺激実験は、次の3段階に分けて行った。

1) 三叉神経脊髓路核刺激実験

門(obex)のレベルに於ける三叉神経脊髓路或いは同核の電氣的刺激では第5図に示した如く顎二腹筋より反応潜時4~7.5msecの著明な

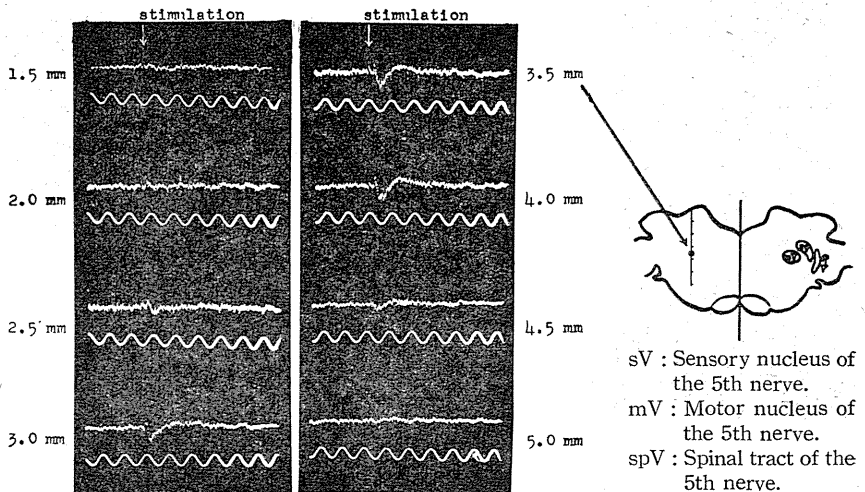


Fig. 3. Evoked potentials from trigeminal motor nucleus
 Numbers beside each record show the distances from the dorsal surface of the medulla.
 All of these latencies are constantly 4.5 msec. Time : 60 c/s.

放電を認めたが、咬筋誘発筋電図は非常に微弱であった。刺激によりこの反応を誘発した延髄部は三叉神経脊髄路及び同核の解剖学的位置に

ほぼ一致した(第5図)。

2) 三叉神経中脳核刺激実験

三叉神経中脳核の電氣的刺激では第6図に示した如く、咬筋より反応潜時 3~5.5msec で誘発筋電図を生じたが、顎二腹筋からは筋電図上、反応は認められなかった。

3) 三叉神経主核刺激実験

四丘体下丘後縁レベルから、このレベルより前2mm, 後5mmの間を縦, 横0.5~1.0mm間隔で三叉神経主核部(起始核及び終止核を含む)

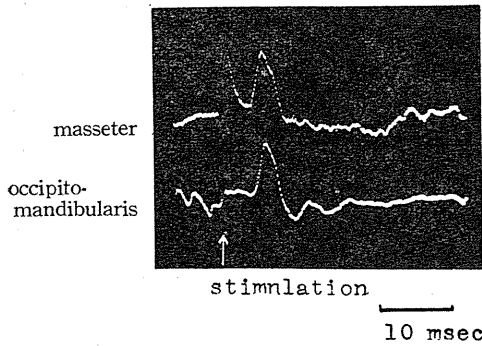
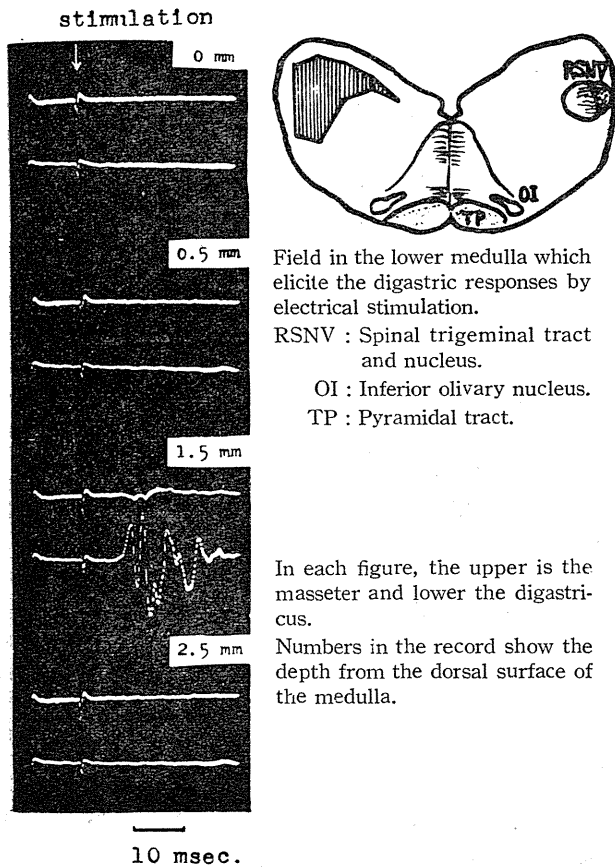


Fig. 4.

EMG of masseter and occipito-mandibularis elicited by stimulation of trigeminal motor nucleus.

latency : 4.6 msec.



Field in the lower medulla which elicit the digastric responses by electrical stimulation.

RSNV : Spinal trigeminal tract and nucleus.

OI : Inferior olivary nucleus.

TP : Pyramidal tract.

In each figure, the upper is the masseter and lower the digastricus.

Numbers in the record show the depth from the dorsal surface of the medulla.

Fig. 5.

EMG of masseter and digastricus elicited by stimulation of spinal trigeminal nucleus.

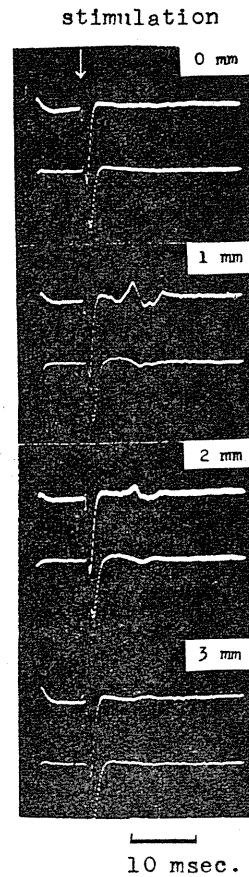


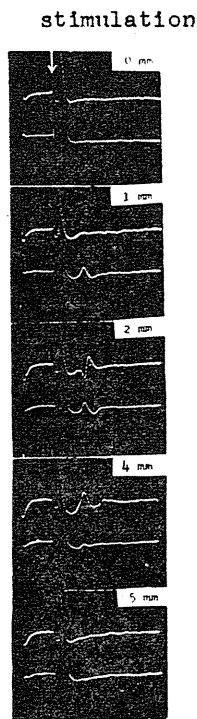
Fig. 6.

EMG of masseter and digastricus elicited by stimulation of mesencephalic trigeminal nucleus.

Numbers in the record show the depth from the dorsal surface of the medulla.

In each record, the upper is masseter and lower digastricus.

The latency of this response is 5 msec.



5 msec.
Fig. 7.

EMG of digastric and masseter elicited by stimulation of upper medulla. Numbers in record show the depth from dorsal surface of the medulla. The upper is masseter and lower digastricus.

を刺激した。その1例は第7図の如くであり、浅層部（延髄背面より1mmの所）刺激では顎二腹筋活動のみが生じ、深層部（延髄背面より4mmの所）刺激では咬筋活動のみが生じた。この時の反応潜時は咬筋、顎二腹筋共に2~3msecであった。

三叉神経主核及びその周辺で、刺激により上記各咀嚼筋に活動を生じさせる点の分布は15例の実験から第8図の如く図示出来る。即ち、これらの点は大部分重複した分布範囲を示したが綜括的にみて咬筋に誘発筋電図を生ぜしめる部位が顎二腹筋のそれに較べて吻、外、腹側に偏して分布していた。

上記各部の刺激実験では反応は総て同側性であり、反対側には誘発筋電図を認めなかった。

咬筋と側頭筋及び顎二腹筋前腹と後腹とを夫

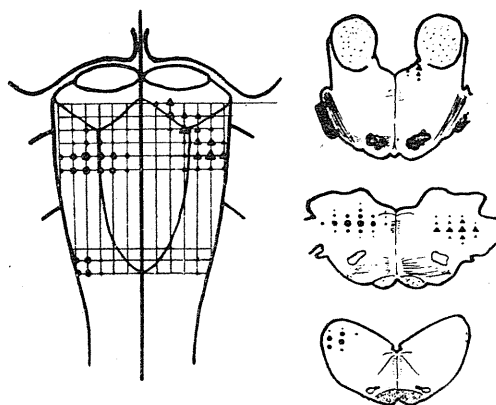
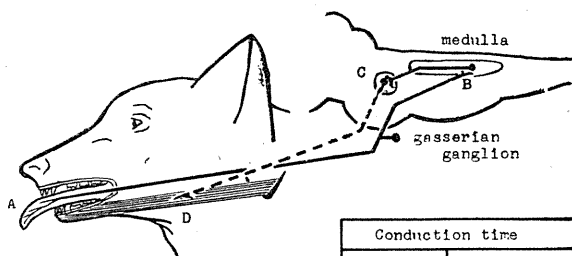


Fig. 8.

Distribution of masseter and digastricus activating points in the upper medulla.

▲ : Spot which elicits response of masseter.
● : Spot which elicits response of digastricus.
Spots which elicit the masseter's response are distributed more ventrally than those of the digastricus.



- A : Tip of tongue.
- B : Trigeminal spinal nucleus.
- C : Trigeminal motor nucleus.
- D : Occipito-mandibular muscle.

Conduction time	
A → B	3 msec.
B → D	(6 msec.)
A → C	4.5 msec.
C → D	4.6 msec.
A → D	9 msec.

Fig. 9.

Jaw opening reflex arc and conduction time.

々比較したが、出現頻度、反応閾値、反応潜時には著明な相違を認めなかった。

IV. 考 察

本実験では最初動物に長時間一定の状態を保持させる目的で、総て長時間麻酔剤イソミタール・ソーダ麻酔下で、除小脳して行ったが、手術の侵襲による状態悪化が加わり、実験経過を追って動物の状態が悪くなる傾向があるため、途中より短時間麻酔剤アミパン・ソーダに切換えた。アミパン・ソーダ使用により動物の状態はイソミタール・ソーダ使用時よりもむしろ長

時間一定の状態を保持することが出来た。

用いた刺激強度は大部分に於いて 0.2~4V であったが、動物の状態悪化に際しては 10V まで刺激強度を上昇させた。しかし、10V をこえると刺激電流の滑走が大となるため、本実験では用いなかった。

本実験結果は舌尖を刺激して開口反射を生じさせた時、延髄に認められた誘発電位が三叉神経脊髄路核で潜時 3msec、三叉神経起始核で 4.5msec であった。この際、下顎後頭筋の反射潜時は筋電図より 9msec と確認出来た。三叉神経起始核を刺激したときの下顎後筋反応潜時が 4.6msec であり、更に脊髄路核刺激時の顎二腹筋反応潜時は猫で約 4msec であったから、犬では約 6msec であろうと推理される。上記結果より開口反射は三叉神経知覚枝を求心路とし、三叉神経脊髄路核を経て、三叉神経及び顔面神経の起始核へ行き、それより遠心性線維を顎二腹筋に送るという従来の解剖学的所見が確認されたことになる。著者の得た結果を総括して図示すると第 9 図の如くなる。

開口反射時に咬筋放電が極めて微弱ではあったが、下顎後頭筋(顎二腹筋)放電に同期して認められた事実及び三叉神経脊髄路核の刺激により顎二腹筋放電に同期して咬筋が微弱ながら放電を示した成績から、次の神経機構が考えられる。即ち、顔面あるいは口腔からの一般知覚を伝える三叉神経線維が三叉神経起始核に於いて開口筋群支配の細胞と同じく、極く僅かであるが開口筋群支配の細胞とも生理的な連絡を有するということである。

Thelander⁹⁾ が三叉神経脊髄路と三叉神経中脳根との間に繋がりがあることを組織学的に証明しているが、著者は上記実験から、この回路の生理学的意味を明らかにしたものと思う。換言すれば、開口反射回路は一部咬筋にも繋がりを持つということがわかった。

先に⁸⁾、開口反射に際して、中枢状態により咬筋放電が出現したり、出現しなかったりすることを明らかにしたが、これらは同一知覚インパルスに対する起始核細胞の発火状態によるこ

とが充分うかがえる。

McKinley & Magoun¹⁰⁾¹¹⁾ は猫を用いての実験より三叉神経の知覚線維の伝導速度が 40~50m/s であると述べているが、本実験結果の脊髄路核誘発電位の潜時が 3msec であったことは、これに用いた動物(犬)の舌尖よりの三叉神経の長さが約 15cm であることより、大体に於いて彼等の結果と一致する。更に Harrison & Corbin¹²⁾、Brookhart & Livingston¹³⁾ 及び King & Meagher らの成績ともほぼ一致している。

本実験結果 A 及び B に於ける起始核刺激による下顎後頭筋(顎二腹筋)反応潜時の 1.5~2msec の相違は A では犬を、B では猫を用いたためによる神経線維の長さの相違によるものであり、三叉神経線維の伝導速度は犬と猫とではほぼ一致しているものと理解される。

以上の事実より、三叉神経脊髄路核が開口反射の中枢として働いている事を確認することが出来たものと考えられる。

脊髄路核は主として痛覚及び温度覚の伝導に関与する事が Weinberger & Grant¹⁵⁾ により臨床的に明らかにされており、又 Olszewski¹⁶⁾ の組織学的研究からもこの点は確かめられている。故に生体防禦機転の 1 つである開口反射に脊髄路核が関与していることは当然のことと考えられる。

主として触覚及び一部自己受容性インパルスを伝えるとされている三叉神経終止核が開口反射にどのように関与しているかについては現在尙明らかでない。

舌尖刺激時に中脳核より 12msec の潜時で誘発電位を認めた。之は開口反射により咬筋及び側頭筋等の閉口筋群が伸展され、之等の筋中の筋紡錘より自己受容性インパルスが中脳核に達したものと考えられる。これは中脳核が咬筋、側頭筋、翼突筋と三叉神経起始核とに繋がりを持つという Thelander⁹⁾ 及び Szentagothai¹⁷⁾ の解剖学的研究および Corbin & Harrison¹⁸⁾、Cooper et al.¹⁹⁾ 及び 河村等²⁰⁾ の機能的な研究成果からも推測出来る。

然し一方、Rioch & Lambert²¹⁾ 及び Bremer²²⁾

が下顎（閉口）反射弓には中脳核が関与せず，三叉神経終止核に行く求心性神経がその求心路であることを報告しているが，この回路が反射にどのような役割をはたしているものかは今後尙追求すべき点であろう。

脳幹部刺激実験では三叉神経脊髄路刺激は顎二腹筋活動に密接な関係を有し，三叉神経中脳核刺激は咬筋，側頭筋放電を生ぜしめることを確認した。

これらの結果からも，閉口反射は脊髄路核を介するものであり，下顎（閉口）反射は主として中脳核を介するものであることが窺われる。

三叉神経主核刺激（終止核と起始核は組織学的に隣接しており，刺激効果の判定が困難なため，これらを包含して主核と規定した）によって閉口筋（咬筋）活動を起す部位が開口筋（顎二腹筋前腹）活動を生ぜしめる部位よりも吻側に偏し，外側に優位であり，更に腹側に偏していたことは Szentagothai²³ が線維変性法により，三叉神経起始核内の各咀嚼筋支配領野を決定した仕事とほぼ一致する。

この結果より，三叉神経核を総合的に観ると第8図に示した如く，咬筋を支配する部位は中脳核を含めて三叉神経核の前半部で且つやや深層部を占め，顎二腹筋支配領野は顔面神経起始核，三叉神経脊髄路核も含めて，三叉神経核の後半部で且つやや浅層部を占めることが明確化した。

然し乍ら，組織学的に三叉神経起始核内の各咀嚼筋支配領野を決定した Szentagothai の仕事の厳密な機能的な裏付には未だ尙若干の実験一即ち，三叉神経運動枝を刺激して逆行性誘発電位測定一を行わねば正確な事は言えない。

V. 結 論

除小脳及び徐脳動物について，下顎の開口反射の回路及び反射中枢の機能特性を電気生理学的に研究した。得た成績の大略は次の如くである。

1) 舌尖刺激による閉口反射時，三叉神経脊髄路核部に於いて3msecの潜時をもった誘発電

位を認め，三叉神経起始核部に於いては4.5msec潜時の誘発電位を認めた。又この時，中脳核部では潜時12msecの誘発電位が認められた。

2) 三叉神経脊髄路核部の刺激により顎二腹筋に，三叉神経中脳核刺激によって咬筋に誘発筋電図が生じることを確認した。三叉神経主核部の刺激で咬筋活動を生じさせる点の分布は顎二腹筋に活動を誘発する点の分布に較べて，幾分吻，外，腹側に偏していた。

3) 上記結果より，閉口反射及び閉口反射回路について考察し，更に三叉神経起始核内の機能特性について言及した。

稿を終るに臨み，御校閲を賜った吉井教授並びに本研究に終始御懇篤なる御指導，御鞭撻の勞を賜った河村助教に衷心より感謝の意を捧げます。

（本論文の要旨は，第33回及び第34回日本生理学会総会（1956，1957）に報告した。）

文 献

- 1) Sherrington, C. S. (1917) Reflexes elicitable in the cat from pinna, vibrissae and jaws. *J. Physiol.* **51**, 404-431
- 2) Cardot, H. & H. Laugier (1922) Le réflexe linguo-maxillaire. *C. R. Soc. biol.* **86**, 529-530
- 3) Lubinska, L. (1930) Sur les voies sensibles de réflexe linguo-maxillaire et sur leur excitabilité. *C. R. Soc. biol.* **103**, 774-776
- 4) Schoen, R. (1931) Untersuchungen über Znnngen und Kieferreflexe; der Kieferzungenreflex und andere proprioceptive Reflexe der Zunge und der Kiefernuskulatur. 1. Mitteilung. *Arch. exper. Path. u. Pharmacol.* **160**, 29-48
- 5) Harrison, F. & K. B. Corbin (1942) The central pathway for the jaw-jerk. *Am. J. Physiol.* **135**, 439-445
- 6) Greenberg, R. & E. Gellhorn (1943) Studies on the linguo-maxillary reflex. *Am. J. Physiol.* **139**, 417-422
- 7) Hoffman, P. & J. F. Tönnies (1948) Nachweis des völlig konstanten Vorkommens des Zungen-Kieferreflexes. *Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol.* **250**, 103-108
- 8) 藤本順三 (1958) 顎運動機構の神経生理学的研究（閉口反射について）*日本生理誌* **19**, 1263-1271
- 9) Thelander, H. E. (1924) The course and distribution of the radix mesencephalica trigemini in the cat. *J. Comp. Neuro.* **37**, 207-220
- 10) Mc Kinley, W. A. & H. W. Magoun (1942) The

- bulbar projection of the trigeminal nerve. *Am. J. Physiol.* **137**, 217-224
- 11) Magoun, H. W. & W. A. McKinley (1942) The termination of ascending trigeminal and spinal tracts in the thalamus of the cat. *Am. J. Physiol.* **137**, 409-418
 - 12) Harrison, F. & K. B. Corbin (1942) Oscillographic studies on the spinal tract of the fifth cranial nerves. *J. Neurophysiol.* **5**, 465-482
 - 13) Brookhart, J. M. & W. K. Livingston (1953) Functional characteristics of afferent fibers from tooth pulp of cat. *J. Neurophysiol.* **16**, 634-642
 - 14) King, R. B. & J. N. Meagher (1956) Studies of trigeminal nerve potentials in normal compared to abnormal experimental preparations. *J. Neurosurg.* **13**, 176-183
 - 15) Weinberger, L. M. & F. C. Grant (1943) Experiences with intramedullary tractotomy. II. Immediate and late neurologic complications. *Arch. Neur. Psychiat.* **49**, 665-682
 - 16) Olszewski, J. (1950) On the anatomical and functional organization of the spinal trigeminal nucleus. *J. Comp. Neuro.* **92**, 401-409
 - 17) Szentagothai, J. (1948) Anatomical consideration of monosynaptic reflex arcs. *J. Neurophysiol.* **11**, 445-454
 - 18) Corbin, K. B. & F. Harrison (1940) Function of mesencephalic root of fifth cranial nerve. *J. Neurophysiol.* **3**, 423-435
 - 19) Cooper, S., P. M. Daniel & D. Whitteridge (1953) Nerve impulses in the brainstem of the goat. : Short latency responses obtained by stretching the extrinsic eye muscles and the jaw muscles. *J. Physiol.* **120**, 471-490
 - 20) 河村洋二郎・岸 欣一・藤本順三・船越正也 (1957) 顎運動に関する脳幹機構についての研究 第16回日本脳神経外科学会
 - 21) Rioch, J. McK. & E. F. Lambert (1934) The jaw-jerk and its afferent path. *Am. J. Physiol.* **108**, 50-54
 - 22) Bremer, F. (1923) *Compt. rend. des séances et mémoires de la société de biologie* **88**, 135. Cited by *Am. J. Physiol.* **108**, 50-54, 1934
 - 23) Szentagothai, J. (1949) Functional representation in the motor trigeminal nucleus. *J. Comp. Neuro.* **90**, 111-120

Summary

The brainstem mechanisms of the jaw-opening reflex and the functional characteristics of this reflex center were studied electrophysiologically. This experiment was performed on decerebrated and decerebellated dogs and cats. The results obtained are as follows.

1) The jaw-opening reflex was induced by stimulation on the tip of the tongue, and in this case, evoked potentials were recorded from the region of the trigeminal spinal nucleus, trigeminal motor nucleus and the mesencephalic trigeminal nucleus. The latencies of these potentials were 3 msec., 4.5 msec., and 12 msec. respectively.

2) Activation of the digastric muscle was recognized electromyographically by electrical stimulation of the region of the spinal trigeminal nucleus, but by stimulation of the mesencephalic nucleus only the masseter was activated.

But by electrical stimulation of the trigeminal motor nucleus region both the masseter and the digastricus were activated.

There were some differences in the distribution of the points in the trigeminal motor nucleus which activated the masseter and the digastricus, the points which activated the masseter being distributed somewhat more rostro-ventro-laterally than those of the digastricus.

3) Finally some considerations were made on the central mechanisms of the jaw-opening and jaw-closing reflexes and on the functional characteristics of the trigeminal motor nucleus.

(*Department of Oral physiology, Dental School Osaka University*)

地方小学会報

第121回生理学東京談話会

時 昭和32年9月3日(火) 午前10時より

所と当番 横浜市金沢区社会教育会館 畠山一平

1. 坂本嶋嶺 (順天堂大学第1生理)

人の門歯の痛覚器における適応に関する研究

被検者の一方の手を石鹸でよく洗って乾したのち、1lの Ringer 槽に入れる。槽は、Ringer を満した管で1つの不分極性電極に、他の不分極性電極は、細孔電極(孔径約1mm)および Ringer を含んだ綿によって門歯につながる。不分極性電極は、表面積100cm²の銀電極で、1lの Ringer 槽に浸され、1組の電極だけの抵抗は2乃至4万Ω, 10.7μsec 乃至 60secの直流搏動に対する、人および1組の電極の抵抗は、綿と歯の間の接触面の大きさによって変るが、時間的に一定であって、0.176乃至0.774MΩであった。まず Nullversuch を用いて得られた電圧(v)-期間(t)曲線上の、主要利用時(t_H)と時値との間の、t_H 寄りの、適当な2点から定数(p)を定め、24.4乃至41.2、その中間の値32.8を得た。rheobasic current の t_H における適応は

$$a = \frac{1}{1 - S \left[\frac{1}{pv/t_H \sqrt{\pi}} + \phi(p\sqrt{t_H}) - 1 \right]} - 1,$$

$$S = \frac{p^2 t_H - t_0}{\phi(p\sqrt{t_H})} \cdot \text{そして } S = 4.83 \text{ と見做す (日}$$

本生理誌19巻, 34回総会抄録参照)。v-t 関係を定めた場合には、或る t に対する閾の動揺が3%以内であったが、それが1%以内の条件においては、t_H の平均値が 8.5sec になった。p=32.8, t_H=8.5として、rheobasic current を流した場合に形質膜からの距離 z=0 における、刺激作用をひき起す ion の濃度変化 c' の t=∞ の値は

$$\frac{1+a}{\phi(p\sqrt{t_H})} \times \phi(p\sqrt{\infty}) = \frac{1+a}{\phi(p\sqrt{t_H})} = 1.00594, \text{ 最}$$

大適応の下限=0.00594。

最大適応の上限を求める為に、或る t の直流搏動に対する閾の動揺が3%以内の条件において60~80sec 間、直線的漸増電流を流して、電流の強さの閾を定め、これを流基と比較した。しかるに両者は一致した。

p=32.8, t_H=8.5として 1+a=1.00000156, 最大適応の上限=1.03×1.00594-1=0.0361。すなわち最大適応は、0.00594と0.0361の間にある。

2. 井川幸雄・秋山 博 (慈恵医大杉本生理)

尿中クエン酸排泄量の生理的変動

クエン酸が尿中に正常成分として含まれていることは、すでに1921年 Amberg によって確められたがその生化学的意義が明らかにされたのは、1940年Krebsによるクエン酸回路という栄養素の最終酸化過程の発見以来である。我々は尿中クエン酸排泄量が次の様な条件下での変動を測定して、クエン酸の生理的意義を検討した。

1) ブドウ糖 50g 経口投与; 投与後30分尿中クエン酸排泄量は 5.41mg で投与前値 4.75mg に比して+14%の増量をみた。なお投与後60分尿では 4.49mg (-5%) の陰性相に入った(3例平均)。

2) Insulin 5 単位静注; 静注後30分尿で排泄量は 8.36mg で前値 6.04mg に対して+38.4%の増量を示し、その後漸次低下し陰性相に入るのが見られた(7例平均)。

3) 運動負荷(自転車 Ergometer 3分間全力回転); 激運動負荷により尿中クエン酸排泄量は増量し、30分尿では +129.6% の値を示すが、その後60分から180分に亘り著明な陰性相に入る。{前値 4.37mg, 30分尿 10.1mg (+129.6%), 60分尿 3.22mg (-27.0%), 90分尿 3.04mg (-30.5%), 120分尿 3.48mg (-50.2%)}

以上の如く、ブドウ糖負荷、Insulin静注、運動負荷等の糖質代謝の亢進する場合に、その中間代謝産物たるクエン酸の生体内産生は増し、従って尿中排泄量も増量することは容易に推定される所であるが、運動負荷後に著明な排泄量の減少が見られることは一考を要する。一般にクエン酸は生体内で alkali 塩として存在し、alkali 保持作用をもっているため、運動による metabolic acidosis に際しては、alkali 保持の目的で、腎よりの排泄が抑制されるのであろう。実験的にも。

4) 塩化アンモン 10g, 重曹 10g の内服によって実験的 acidosis, 及び alkalosis を惹起させると、夫々著明な排泄量の減少 (投与後90分で -74%) 及び増量 (投与後90分で +165%) を示した。

3. 今村護郎・川村 浩・時実利彦 (東大脳研) 旧古皮質系 (PACS) の電気生理学的研究

4. 相沢弘子 (横浜医大生理)

生体の頭部電気容量曲線について

本年の日本生理学会総会に於いて教室の島山が生体の電気容量曲線について発表した。今回最も興味深いと思われる脳循環と関係のある生体の頭部の電気容量曲線について報告する。被検者を仰臥せしめ静置の状態で行板蓄電器を頭部に密着固定させ記録すると一般の動脈脈波と良く似た波形が得られる。得られた曲線が何を意味するかを検討する1つの手段として極板を頭部に密着固定した場合と極板を一方だけ頭部から離して固定した場合の曲線を比較すると、後者に於いては動脈脈波と異り心弾図に似た波形となる。又同一人で頭部電気容量曲線と膜圧力計による頸動脈脈波を同時描記させると両者の波形は良く似ており、前者は後者より稍おくれて現われる。このおくれが脈搏の伝播によって起るものと仮定するとこの2つの曲線のずれの時間的差と2つの動脈間の距離を測定する事により脈波伝播速度が得られる。その結果は7.63~11.40m/secでこれは他の方法による健康成人平静時の値と大体一致する。以上の事からしてこの曲線は頭部の太い動脈の脈波が主成分であると思われる。又この曲線が主として頭蓋内部のものであるか頭蓋外の血管によるものか追求する方法の1つとして極板を左右に固定した場合と前後に固定した場合とを比較してみたが両者の波形は大差がない様である。尚著者等の用いている装置により電気容量曲線を記録するとその曲線の基線の動揺をもあわせて記録出来るので頭部循環血量の増減をもある程度知る事が出来る。1例として息をこらえた際のそれについての結果を共覧する。又興味ある1例として期外収縮患者の曲線が臨牀的所見とよく一致している事を併せて報告する。

5. 中山 孝 (横浜医大生理)

鼯の腎臓血管に及ぼす Adrenalin, Acetylcho-

lin. Noradrenalin の作用について

冷血動物に於ける腎臓血管の血管運動性調節の本態は尚明らかでは無く、Adrenalin, Acetylcholin 等の液素性物質やホルモンの腎臓血管に及ぼす作用には未だ定説が無い。島山・加藤によれば血管灌流標本に於いては、薬物濃度、灌流圧、灌流時間に考慮を払う事が必要とされて居るので、この3者に注意を払い、Adrenalin, Acetylcholin, Noradrenalin の腎臓血管に及ぼす作用を検討した。体重 130g から 300g の主として雄の鼯を用い、動脈系と門脈系に分けて実験を行った。流出カニューレから滴下する滴を島山・加藤の受滴器に受けこれを島山考案のThyratron 発振方式による時間間隔連続縦軸描記装置に連絡した。Adrenalin, Noradrenalin は三共製薬, Acetylcholin は第一製薬の製品を用いた。各薬品は実験直前にRinger氏液で各種の濃度に稀釈して注入し、注入前後に流出液の滴間隔をストップウォッチで測定した。灌流は3時間に亘って行った。動脈系を灌流してAdrenalin を投与した例に於いては、反応のある場合には総べて滴数減少を示し、減少効果は時間と共に増大するか、又は一旦増大した後、減少するものが大部分で、順次減少する例は極めて少ない。Adrenalin 濃度は濃い方が、灌流圧は低い方が反応が大きかった。Acetylcholin を投与した例に於いては反応のある場合、滴数減少を示す事は少なく、殆んどが滴数増加を示し、而も3時間内に於いては、時間と共に増加効果は大きくなり、初期に反応が無くとも注射を反復する中に出現する例が多い。Adrenalin の如く滴数減少効果が時間と共に増大する事は見られず、多くは増加効果に転じた。Noradrenalin は Adrenalin と同様である。門脈系に於いては Adrenalin, Acetylcholin, Noradrenalin は共に、滴数増加を示す例と滴数減少を示す例とが有って各薬物特有の効果が見られず、而も動脈系に比して血管反応が小さい。従って門脈系に於いては何れが収縮性であり、何れが拡張性であると云う事は出来ないが、動脈系に於いてはAdrenalin, Noradrenalin は収縮性であり、Acetylcholin は一部に収縮性を認めるが、本来拡張性であると思われる。又腎臓灌流標本に於いても、他のそれと同様、薬物濃度、灌流圧、灌流時間の3者は密接な関係を有する。

日本生理学雑誌投稿規定

1. 原稿は新仮名遣い平仮名交りの横書とする。句読及び括弧は1字に相当する空間に書かれない。
2. 原稿は日本文の他に、Typewriter 紙に1枚以内の欧文の Summary を附せられたい。
3. 原著は当分の内、刷上り8page以内とし、印刷費用は最初の2pageを本会で、それ以上及び挿図、表は著者負担とする。
4. 学会総会並びに地方部会の講演抄録は1題につき800字以内とし、掲載料は頂かない。学会開催の当番幹事に於いて取りまとめて編集部に送られたい。
5. 原著原稿の第1枚にはその上半分をあげ、下半分に表題、欧文表題、著者名及び同ローマ字、所属、国際十進分類による番号、表及び挿図の数等を次の形式に従って書き、上半部の余白には別刷請求部数等の編集者への注意事項等を附記せられたい。

(原著) (図3, 表2) (別刷80部)
筋注法及び神経注法による骨格筋の
収縮性について 612.741.3
Method of Intramuscular Injection
to Test the So-called Salt
Contraction of Skeletal Muscle of Frog
足立千鶴子 (ADACHI-Chizuko)*

* 財団法人林研究所

(抄録)

戸塚武彦・上田篤次郎 (日本医大生理)
赤血球沈降速度に関する研究
1. 液柱の高さを変化させた場合の……

学会総会並びに地方小学会の抄録は原稿用紙の第1行目に抄録者名、括弧に入れて所属、第2行目に演題、第3行目から抄録文を上形式に従って書かれない。学会抄録には挿図は遠慮せられたい。

6. 原稿には挿図、または表を組み込むべき場所を指定し、図及び表の説明文は本文と同じ原稿用紙に欧文の Summary と同一の国語で書き、その場所に挿入せられたい。
7. 原稿の項目分けは第一章、第一節等とすることなく、次の順に従って分けられたい。
I. …… A. …… 1. …… a. ……
8. 脚註はなる可く遠慮せられたい。
9. 挿図原稿は別紙に認め、必ず第何図の番号を附せられたい。亜鉛凸版の原稿は白紙又は青色方眼紙に墨汁を以って明瞭に書かれない。図中の文字、数字も可及的に縮小した場合に読まれる程度の大きさに墨汁で書かれない。図版の縮少率は編集部に委せられたい。写真は特に明瞭のものに限る。
10. 外国文は明瞭なローマ字で Typewriter で書く事。文中の外国語、固有名詞はローマ字で書かれない。外来語、動植物学名等は片仮名で書かれない。〔例〕スペクトル、ガラス、トノサマガエル
11. 数詞はアラビア数字を用いる。〔例〕第1図、100m、3つの〔例外〕一般に数百の、500万 (なる可くは 5×10^6 とせられたい)。
12. 引用文献は末尾文献表の番号を片括弧を附して右上肩に附せられたい。
〔例〕(Hofmann, F. B.³)……F. B. Hofmann³)によれば…… ……と云う報告がある³)
13. 末尾文献表は論文中に引用せられたものに限る。索引である場合にはその事も明記せられたい。文献番号、著者氏名、括弧に入れて年号、成るべく論文表題、雑誌名、巻数 (数字の下に2本線)、頁数、単行本の場合は発行所等の順に、次の例に従って書かれない。文献表の配列は論文中に出現した順か、又は著者名のA、B、C順に整理して番号を附し、之を本文とよく照合せられたい。欧文の文献は必ず Typewriter で書き、2人以上の著者名の頭文字の位置は下の例に倣って書かれない。
〔例〕文献
1) Bailey, P. and F. Bremer (1921) Experimental diabetes insipidus. Arch. int. Med. 28, 773
2) Freund, H. (1922) Über Wärmeregulation und Fieber. Erg. inn. Med. 22, 77
3) Lenti, C. (1937) Evapolazione temperatura cutanea durante il lavoro. Arch. di Fisiol. 37, 326
4) Pieron, H. (1931) Le Problème Physiologique Sommeil. Paris: Masson et. Cie.
5) 正路倫之助・小菅武夫・川畑愛浩・藤本富太郎 (1939) 満洲に於ける冬期の気候に対する人体の適応力 日本生理誌 3, 80
6) Sueoka, S. (1931) Experimentelle Untersuchungen über das Wärmeregulationszentrum. Jap. J. med. Sci. III. Biophysics 2, 91

単 位 符 号 の 標 準

一般に *c. g. s.* 単位とし、その基本単位の 10^3 を *k*, 10^6 を *M*, 10^{-3} を *m*, 10^{-6} を μ として符号の前につけます。単位符号の後に点はつけません。(*g.* でなく *g*).

1. 長さ $\mu\mu$, $m\mu$, μ , mm , cm , m , km 等.

[注意] 1) 米, 厘, 籽, 基米等はいりません.

2) $\mu \times 10^{-3}$ を $\mu\mu$ と書く人が時にありますが, 之は $m\mu$ です. $\mu\mu$ は $m\mu \times 10^{-3}$ です.

3) $m\mu/10$ を $\overset{\circ}{A}$, $\mu\mu/10$ を X と書きますが, この単位は用いないことにします.

2. 面積 mm^2 , cm^2 , m^2 , $a = m^2 \times 10^2$, $ha = a \times 10^2$ 等.

[注意] 1) $qm = m^2$, $qcm = cm^2$ 等はいりません.

2) cm^2 は $(cm)^2$ です. mm^2 も $(mm)^2$ です.

3. 容積 m^3 , mm^3 , ml , l 等.

[注意] 1) 立, 珥等はいりません.

2) mm^3 は $(mm)^3$ です.

3) $cc = ml$ は用いない様にしたいと思ひます.

4. 質量 μg , mg , g , kg 等.

[注意] 1) 瓦, 珥等はいりません.

2) $\gamma (= \mu g = mg \times 10^{-3})$ は用いません.

5. 時間 hr , min , sec , $msec$ 等.

[注意] 1) 本文中でジ, フン, ビヨウと読む時には, 時, 分, 秒等と日本字を用いても構いません.

2) $\sigma (= msec = sec \times 10^{-3})$ は用いません.

3) 表等の中で他の物と混同しない時には h ,

m , s , ms , μs 等を用いても構いません.

6. 力 $\mu dyne$, $dyne$, $Mdyne$ 等.

7. 圧力 $Mdyne/cm^2 = bar = 0.987atm$, $mbar$

$dyne/cm^2$, kg/cm^2 ,

cmH_2O , $mmHg$

$atm = 760mmHg = 1013mbar$ 等.

[注意] 1) 封度 ($lb/inch^2$) なる単位は用いません.

2) $/cm^2 = cm^{-2}$ 孰れでも宜しい.

8. 仕事 erg , J , kJ , $kg \cdot m$ 等.

9. 熱量 cal , $kcal$ 等.

[注意] $kcal = cal \times 10^3$ を Cal と書く方式は用いませ
ん.

10. 温度 $t^\circ C$, $T^\circ K = (t + 273.2)^\circ C$ 等.

11. 電気諸単位は一般に大文字を用います.

volt: μV , mV , V , kV , MV 等.

ampere: μA , mA , A , kA 等.

ohm: $m\Omega$, Ω , $k\Omega$, $M\Omega$ 等.

watt: μW , mW , W , kW , MW 等.

farad: $\mu\mu F = pF$, μF , mF , F 等.

henry: μH , mH , H 等.

coulomb: mC , C 等.

gauss: Γ , $\mu\Gamma$ 等.

mho: $m\sigma$, σ , $k\sigma$ 等.

[注意] $\gamma (= 10\mu\Gamma)$ は用いません.

12. 光 *lumen*, *lux*, *lambert*, *phot*, *M. K.*, *C. M.* 等.

13. 音 *db*, *phon*, *wien* 等.

14. 周波数 $Hz = c/sec$, c/min , kc , Mc 等.