

日本生理誌・第17巻4号・昭和30年4月1日発行（毎月1日発行）  
〔昭和27年5月6日 第3種郵便物認可〕

# 日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第17巻 第4号

Vol. 17 No. 4

昭和30年4月1日発行

April 1955

---

## 綜 説

鈴木正夫：通流電極の作用について……………223

## 原 著

引場昭男：ストリクニンの有髓神経線維に対する作用と濃度との関係……………235

上山巖：陽極開放刺激に対する閉鎖時間の影響（刺激電流自身の第3作用）……………241

猪飼道夫：健康人における体肢の交叉性反射……………253

松本良二：圧-発汗反射の中枢性径路について……………263

橋野昇一・小笠原今男・齊藤一郎：電気痙攣と脊髓機能……………271

西本和夫：機械的刺激によるカキ心臓収縮数の変化に就いて……………375

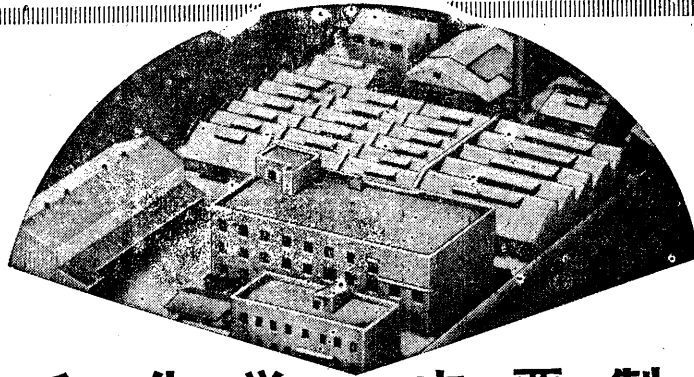
## 地方小学会報

第93回生理学東京談話会……………379

---

日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan



## 興和化学の主要製品

レスタミンコーワ	注・錠・散・軟膏	抗ヒスタミン剤	スメルモンコーワ	糖衣錠 注	喘 息 剤
テブロン-Rコーワ	注	自律神経遮断剤	コルゲンコーワ	錠	威胃予防治療剤
複合ルチンコーワ	糖衣錠 散	高血圧治療剤 脳溢血予防剤	Q & P KONA	糖衣錠	ミネラル入高単位 総合ビタミン剤
アドボンコーワ	注・錠 散	鎮痛鎮痙剤・消化性潰瘍治療剤	ネオシネジンコーワ	注	血管収縮・血圧上昇剤
アベランコーワ	錠	強力消化剤	ホスカコーワ	液・散 軟膏	水 虫 薬

製造発売元 興和化学（興服産業薬品部）東京・日本橋四ノ六 販売元 興和新薬 東京・名古屋・大阪

結晶トリプシン製剤

# トリプシン

「モチダ」



1万H.U.M 5A ￥ 650  
 (包装) 10万H.U.M 1VAL ￥ 950  
 25万H.U.M 1VAL ￥2,200

新  
壊  
死  
組  
織  
融  
解  
剤

トリプシン「モチダ」はスプレーゼ「モチダ」に続いて再び当社の研究技術陣が本邦嚆矢に完成した画期的新酵素製剤である。

一般に壊死組織のある時は何時でも使用され、短時日に消化し、創面も浄化されて新生肉芽を生じ、或は膿汁、喀痰等の粘度を低下、減少せしめ、菌は陰性となつて治癒は著しく促進される。

又、血管内投与により炎症性過程の消失速度を決定する酵素系を活性化して、急性炎症の凡ての症状の消滅により治療を可能にする。

### 一般外科

切断面・骨髄炎・潰瘍・壞疽・柔組織腫瘍・瘻孔・空洞・第二度及び第三度火傷・血腫・感染を伴う挫傷

### 胸部外科

結核性膿胸・術后又は外傷后血胸

### 噴霧吸入

空洞を伴う肺結核症・気管支炎・気管支喘息・気管支拡張症・百日咳

### 血管内投与

血栓性静脈炎その他急性炎症

(御申込次頁文獻集第1欄送呈)



スプレーゼ 製造 発売元 持田製薬株式会社  
 東京都中央区日本橋室町3-1

# TRYPsin

## 綜 説

### 通流電極の作用について 612.861.2

Pri la efikoj de elektrodoj de elektra trafuigado.

鈴木正夫 (SUZUKI-Masao)\*

#### 通流電極の膜に及ぼす 作用 (主として物理的)

神経や筋などの興奮性形体に対し、一定の距離を距てた2つの電極を通じて直流電圧を与えるとき、両極付近に起る当該形体の閾値の変化について、最も有名な言い表わしは Pflüger<sup>1)</sup> (1859) のそれである。すなわちそれによれば陰極付近では閾値の下降が起り、陽極付近ではその上昇が起るというのであって、彼は前者を興奮性増大、後者を興奮性減小と表現した。(興奮性なる概念は橋田<sup>2)</sup> (1932) によれば元來生命などの先科学的概念に直結するものであって、1個の測定値などで表現され得るものではない。従ってこのような用い方は適切ではないが、普通はよく閾値の逆数として用いられている。) これはそれ以前にも種々な成績が挙げられていたのに対し、彼が有名なその著書によってかく表現したのであるが、それ以後は多くの学者によって採用されて不動の鉄則の如く取扱われ、電気治療などにおいても根本の原則として準拠されてきた。しかし通流によって起る電極付近における生理学的性質の変化は、決して恒常に當まるものではない。現に陰極においては通流時間の経るに従い、また強電流にては早くから、下降していた閾値が上昇していわゆる興奮性が減小することが、Pflügerの直後の頃から指摘され、Werigo<sup>3)</sup> (1883, 1901) はこれを詳しく実験して、抑圧的陰極作用と命名した。しかしながらこれに対立すると見るべき事実、すなわち強いまたは永い通流に際し、陽極下にて上昇した

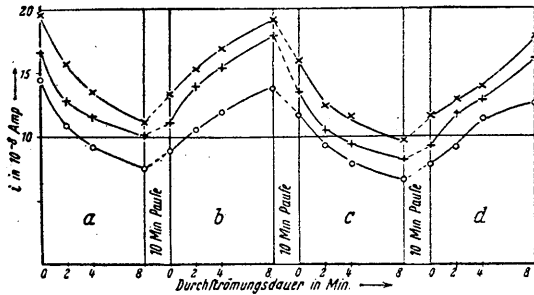
閾値が下降することは容易に観察されなかった。従つて抑制的陰極作用に対しても、後述の如き見透しの利く説明が与えられず、これを理解するために種々の苦しい考え方が行われた (Ebbecke<sup>4)</sup>, 1933, 795頁)。また神経が機械的、化学的などの変質 (Billharz u. Nasse<sup>5)</sup>, 1862) 窒息 (Thörner<sup>6)</sup>, 1922), 低温 (Eichler<sup>7)</sup>, 1933), または麻酔など一般に Wedensky<sup>8)</sup> (1900) のいわゆる Parabiose の状態において、この陰極抑圧作用の著しいことが注目され、そのとき起る細胞膜の弛みによる透過性増加と関連づけられて考えられたりした。

然るに別面にて、興奮性形体への直流が強いか永いときには、陰極と陽極との付近に方向の互いに相反する物理的、ないし物理化学的变化が起ると思わしめる所見が多く挙げられている。Ebbecke<sup>9)</sup> (1922) は神経にて陽極部は見かけの抵抗増大、陰極部は同減小を示し、前者にて膜の固まり、分極性増大、後者にて弛み、分極性減小の起るに よるとしたが、Bethe<sup>10)</sup> (1920) が従前より見ていた神経分極像の所見も、同様の理由によると理解し得る。一方 Woronzow<sup>11)</sup> (1924~5) はアルカリイオンによる神経の伝導遮断が陽極通流により回復し、アルカリ土イオンによるそれが陰極通流によって回復することを見、Höber<sup>12)</sup> (1905) の唱えるイオンの膜に対する作用と、上記の Ebbecke<sup>9)</sup> の見た通流電極の同様の作用との拮抗による事実と考えた。また Mackhuth<sup>13)</sup> (1926) は Woronzow<sup>11)</sup> と同じ場合に神経の興奮性を検すると共に、Bethe<sup>10)</sup> の分極像を観察して神経線維の形態学的変化から、イオンと直流電極が實際細胞膜の固めと弛

\* 千葉大学医学部第1生理学教室

めにより拮抗する事実を確かめた。

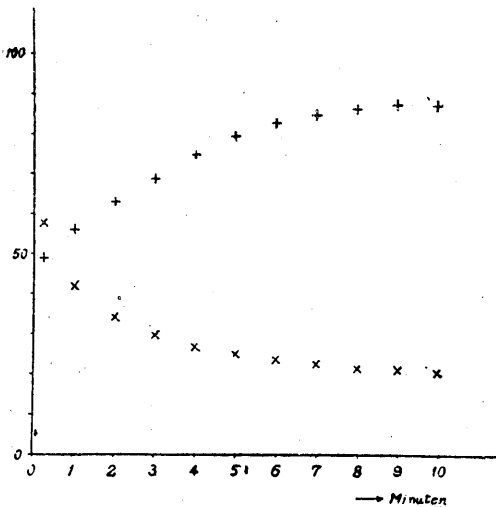
更に神経に永く通流する際に、両極下にて上述の分極性変化の起ることを直接検した電気的測定も少ない。Ebbecke<sup>14)</sup> (1931) は60分を越える長時間の通流の分極原電流および電気緊張 (ET) 電流に及ぼす影響を検し、陽極下にては原電流のわずかな減小と陽極電気緊張 (AET)



第1図

他の永き通流によって受ける電気緊張電流の影響 (Hecht<sup>15)</sup>, 1931)

横軸は時間の経過を分にて盛り、縦軸は電流の強さを  $10^{-9}$ A にて盛る。a と c とは陰極通流、b と d とは陽極通流で、その強さは電気緊張原電流と同一である。各8分の通流間には10分の休止を置く。上の2つの値は陽極電気緊張電流の強さを示す2つの特性値、最下は陰極電気緊張電流の強さ



第2図

長時間における電気緊張電流の変化 (鈴木<sup>16)</sup>, 1933)

横軸は時間を分にて盛り、縦軸は検流計のふれを示す。+は陽極、×は陰極電気緊張電流の大きさの変化。通流電極と記録電極との距離2mm

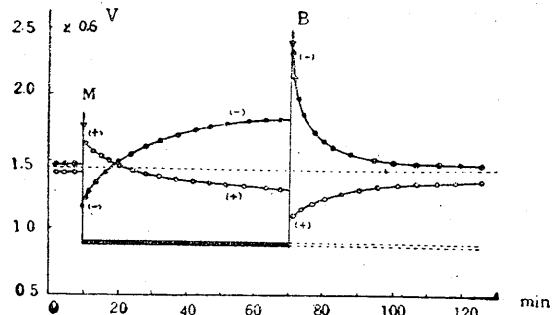
電流の増大、陰極下にては原電流のわずかな増大と陰極電気緊張 (KET) 電流の減小を見、Hecht<sup>15)</sup> (1931) は AET 電流および KET 電流を、別の分極原電流と等しい電流の陽極および陰極通流の下に観察し、両 ET 電流とも陽極通流下にて漸増し、陰極通流下にて漸減することを見た (第1図)。鈴木<sup>16)</sup> (1933) はまた一定の導出電極位置における ET 電流を、通流10分の経過において観察したが、第2図に示す如く、AETは漸次上凸の曲線に沿って増大し、KET 電流は上凹の曲線を描いて漸減する。この3つの実験はほぼ同様の事実を見ているのであるが、ET 電流は衆知の如く神経線維膜の分極による分極電流そのものであり、どの実験にても ET 電流を導出している条件は恒常であるから、分を迫り次序における ET 電流の変化は、膜のその場所において一定原電圧により分極される程度、すなわち分極性の変化を示すものといわねばならない。

これに反して直角的に分極原電圧を与えて、極めて速かにふれる計器にて ET 電流の成立の経過を記録すれば、分極そのことの生成の経過を知ることができる。これは真空管の発達と共に Bogue & Rosenberg<sup>17)</sup> (1934)、Schaefer<sup>18)</sup> (1936) などにより測られたが、大体指数函数的上昇であって、大部分が 1 msec 以内で行われる速かな変化である。最近 Lorente de Nó<sup>19)</sup> (1947) は ET 電流がこの速かな変化をなす部分と、より緩かな変化をなす部分とより成ることを見ているが、その後者といえども大部分が1秒ほどのうちに終る指数函数的上昇であって、上述の分ないし10分で迫り次序の変化とは全く別の現象の現われである。すなわち彼は分極それ自身の生成であり、これは分極性の変化である。鈴木の下で三浦<sup>20)</sup> (1941) は彼とこれとの中間速度の計器を用い、両者を共に測定し、これすなわち分極性変化を示す両極にて反方向の変化の現われる時点は、分極原電圧 1~2V の際は通流開始後4秒、0.2V のときは同じく7秒ほどの時なることを見た。

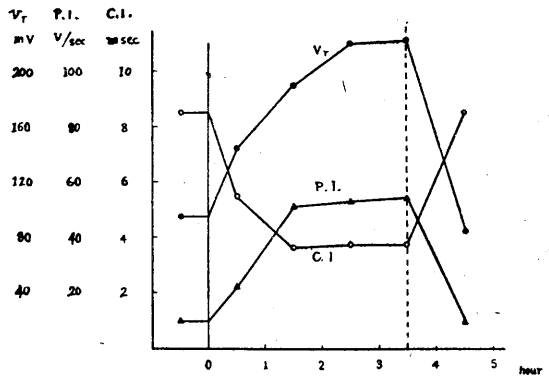
**通流電極の膜に及ぼす作用 (主として生理的)**

永い通流においては以上の如く、両極下の神経部分に方向の互いに相反する、物理化学的变化が膜に生ずることが明かであるから、閾値においても陽極部分にて、陰極の抑圧作用と反方向の変化があっても然るべきであるが、それが容易に認められなかった。もっとも Pflüger 以前にもその反対の所見があり (Cremer<sup>21</sup>) (1909 参照), 又その後の古い文献 (Grünhagen, Tigerstedt, Bürker等-Thörner<sup>6</sup>) による) にも永い通流の陽極にて上昇した閾値の平常に戻り、ないし下降への反転の傾向が見られている。新しい頃には同じ条件下に陽極開放閾値の下降が見られ (Laugier<sup>22</sup>, 1921; Ebbecke<sup>4</sup>, 795頁), 先に陰極抑圧作用の際に挙げた如く変質, Parabioseなどと関係づけられて考えられた。しかしその際には細胞膜の弛みによる透過性増加のみ顧慮され、Woronzow<sup>11</sup>, Höber<sup>12</sup> の見た如く直流電極作用, イオン作用の如き変質においても相対立する両作用の存在することは顧みられなかった。

しかし永いまたは強い通流の陽極下における閾値の低下, 又はそれに相当する変化は存在するのである。近頃にては Scheminzky<sup>23</sup> (1930) 一派検討の転極効果は、刺激電流の相重なる通流効果であるが、陰極による興奮性低下と共に陽極によるその上昇を見たのであり、両極下の神経膜の方向相反する透過性の変化と連関して考察している。杉<sup>24</sup> (1936) は筋刺激において60分にわたる通流による閾値変化を観察したが、第3図に示す如く陰極下にては低下した閾値が上昇し、陽極下にては上昇した閾値が下降し、両極とも電気緊張に相当する変化からそれと反方向への変化への移行を見たことになるのである。山中<sup>25</sup> (1940) は筋および神経刺激にて同様の事実を見、また木村<sup>26</sup> (1950) は下記の坂本より後であるが筋の少数線維束において、陽極通流はその通流の開放またはその



第3図 筋刺激閾値の通流による変化 (杉<sup>24</sup>, 1936) 横軸は時間の経過を分にて盛り、縦軸は閾値 (5 msecの直角電脈) を 0.6V にて盛る。6 $\mu$ A (基電流の1/5) の通流および断絶後の変化を示す。太き黒線の間通流が行われる。黒丸が陰極、白丸が陽極通流による変化



第4図

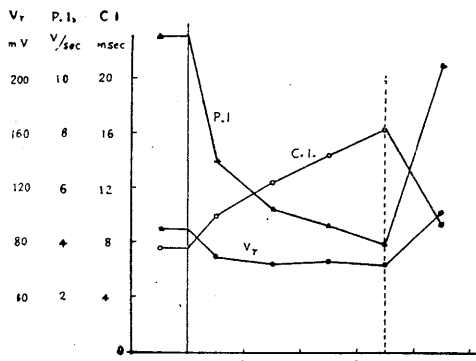
神経の基電圧および直線定数の陰極通流による変化 (坂本<sup>27</sup>, 1944)

横軸は時間の経過を時にて盛り、縦軸は基電圧 (Vr) を mV, 限界傾き (P.I.) を V/sec, 直線定数 (C.I.) を msec にて盛る。通流電圧 80mV にて、0~3.5 時間の通流された。陰極通流により Vr は上昇し、C.I. は減少する

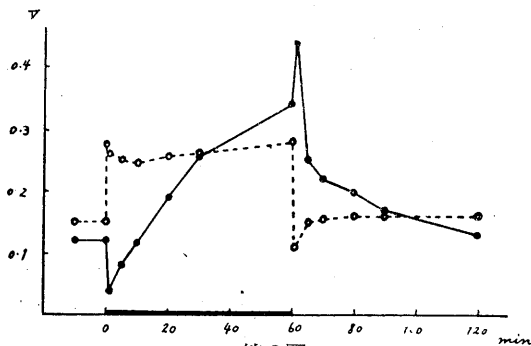
側への陰極閉鎖による短縮を永く続かしめ、また興奮性の減退を回復せしめるように作用することを検した。

鈴木<sup>27</sup>の教室において坂本<sup>27</sup> (1944) は永い通流の、神経の基電圧および直線定数 (電気刺激傾き要素 \* の標示値の1つ) に対する作用を検するに際し、従来の如く通流のまま刺激を加え

\* 元来私がい始めた強まり方要素または強まり要素に対し、日本生理学会用語委員会提案を機として、傾き要素と改めることを提議する。これは各専門学会、文部省内委員会等の合議の上、電気用語としての“勾配”が“傾き”と改定されたのを採用しての案である。

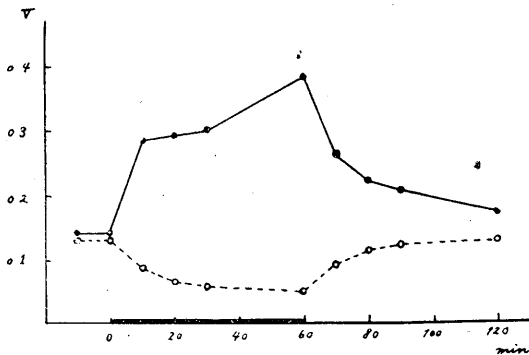


第5図 同上の陽極通流による変化(坂本<sup>27)</sup>, 1944)  
 上図と同様にて通流電圧も80mV.  $V_r$ は通流により  
 下降し, C.I.は増大する



第6図  
 神経刺激閾値の通流による変化, 重合法  
 (安藤<sup>28)</sup>, 1952)

横軸は時間の経過を分にて盛り, 縦軸は閾値 (15 msec の直角電脈) を Vにて盛り. 太い線の中の通流が行われた. 通流中は重合法によって測られた成績. 実線は 0.2V の陰極, 断線は 0.1V の陽極, 通流による変化を示す



第7図 同上中断法(安藤<sup>28)</sup>, 1952)  
 上図と同様, 但し中断法によって測られた成績. 実  
 線は陰極, 断線は陽極通流による変化を示す. 通流  
 電圧はいずれも0.1V

ると, 殊に陽極通流にて不規則な変化の起るのを見, このときは刺激電極にて刺激陰極閉鎖と通流陽極開放とが, 相重って作用することに注意した. そして永い通流中に閾値を決定するに際し, 刺激するときだけ短時通流を中断し, 刺激間隔には通流する中断法を採用した. そして(直線定数に関する成績は後述するが) 基電圧に対し2時間半に及ぶ通流中, 陰極は漸次上昇, 陽極は漸次下降を来たさしめることを証した(第4, 5図). 後に安藤<sup>28)</sup> (1952) は神経および筋刺激において, 誘導電撃および直角電脈を用い1時間の通流電極の閾値に及ぼす作用を見たが, 上述の中断法と通常のいわゆる重合法とを周到に比較した. 第6, 7図は直角電脈刺激閾値の両極通流による変化を示すものであるが, 第6図は重合法, 第7図は中断法の成績である. 図に示す如く中断法によれば, 通流中閾値は陰極下にては漸次上昇, 陽極下にては漸次低下し, 通流を断てばいずれにても順次元に戻るを見る. 然るに重合法によれば, 通流直後陰極にては閾値突然低下して直ちに上昇を始め, 漸増して平常値以上に至るが, 陽極にては突如上昇した閾値が初めは下降を示すがそれが永く続かず, 平常値以上の高位に永く留まるか, 通流末期には緩く上昇さえする. このことは誘導電撃刺激でも, また筋においても同様で, 通流電圧により変化の経過に多少の差異は示すが, 平常値以下に低下せしめることはできず, この点上述の杉<sup>24)</sup>の所見を再現することができなかった.

中断法と重合法とのこの所見の差はいうまでもなく分極電位の存否である. 中断法にては永い通流によって起る両極下の閾値の本来の変化を示すものであろう. それを重合法にては通流を中断せずして測るために存在している分極電位が, 隠蔽し歪曲するためにかかる変化を示すのである. 元來分極電位は従来考えられている如く, 電気緊張の生理学的変化の本原である. 陰極性分極は神経膜の外面に陰イオンが, 陽極性分極は同じく陽イオンが滞留する現象であり, 電氣的刺激は陰極性分極の一定度生ずるこ

とによって起ることは、現在生理学の定説であることから、KETにて刺激閾値が低下し、AETにて上昇することは当然である。重合法にて流通頭初にこの電気緊張に相当する変化の現われるのは、分極電位の存在のためであり、中斷法にては直流頭初といえども出現しない。一方中斷法にて両極下ともに現われる緩徐なる閾値変化は、その経過が Ebbecke<sup>14)</sup>、Hecht<sup>15)</sup>、鈴木<sup>16)</sup> (第 1, 2 図) 等に見た、永い流通の両極下神経膜の分極性変化のそれと、符節を合するように合っていることから、かかる物理化学的変化の生理学的表現と考えることができる。上述の刺激生理学的定説は分極性変化と閾値変化との連関を当然とするのである。中斷法測定における流通とその中斷の時間的關係、分極の生成消滅の時間的経過と分極性変化の時間的経過等を考慮するならば、中斷法にてこの分極性変化に因する閾値変化が、十分計測されてあることをうなずくことができる。

この変化が重合法では分極電位の存在により、電気緊張の閾値変化のため隠蔽歪曲されるのである。その歪曲は図に明かの如く流通時間の経過に従い、陰極にては漸減ないし消失する。しかし陽極にてはその漸減の程度弱く、歪曲が永く続く。この後者の原因は今日未だ明白にし得ないが、少くともこの事実は上に述べた、永い流通の陽極にて、同じく陰極の抑圧作用に対立する閾値変化が、久しい間容易に認められなかった有力な理由の1つであることは疑いない。

これらの考察を基として、鈴木は神経その他の直流通流において、陰陽両極下ともに、閾値その他の生理学的性質に2相性の時間的に相次ぐ変化の起ることを主張した。閾値でいえば最初は従来電気緊張と呼ばれた変化、続いて両極下ともそれと反対方向の変化である。前者は原電圧による神経膜の分極そのことにより、後者は流通の経過に従って起る膜の物理化学的変化、恐らく透過性および分極性変化によって起る。そしてこの物理的にはこの変化、生理的には閾値その他の生理学的変化を来たさしめる直

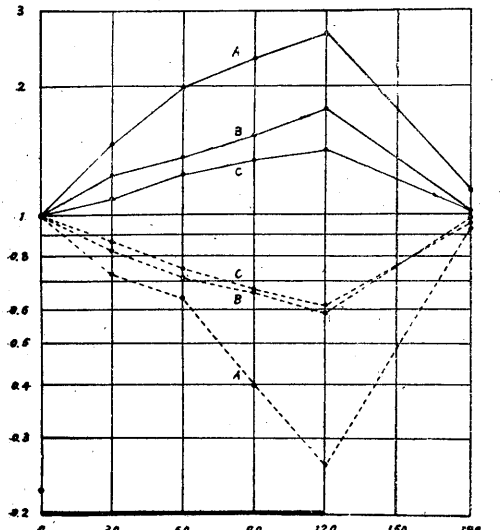
流通電極の作用を、その第3作用と呼んだ<sup>29)</sup> (1949)。すなわち直流通電極の作用の第1には分極作用、第2には刺激作用を算えてのことである。鈴木は予てより神経、筋等の電気刺激の傾き要素を中心とし、強さ、時間などの要素やその他の興奮態度につき広般な研究をしてきたが、種々の環境条件の変化に従い、多くの興奮態度はいずれも相伴って規則的な変化をすることに気づいた。そして己が教室始め内外諸家の成績より帰納して、それら相伴つて変化する興奮態度の側においても、またその変化を起さしめる環境条件の側においても、それぞれ相対立する2群に分類した<sup>30)</sup> (1948) が、その環境条件の対立分類にそれぞれ流通陰極および流通陽極として算え込んだのは、実にこの流通第3作用なのである。流通作用などを環境条件に算えるのを怪しむ人があるかも知れないが、上述の膜の物理化学的変化を来たさしめる意味で十分環境条件たるのみならず、同発表にも述べられている如く、作用の確實、加減の精細、再現の適確などの点より、実験的環境条件として最も適切なものといえることができる。この第3作用の明かでなかった時代には上に述べた如く、陽極のその生理的現われが十分に知られず、電気緊張の生理学的作用についての知識がかなり混乱していたことは、Schaefer<sup>31)</sup> (1940) の第3, 4表 (鈴木<sup>32)</sup>, 1951, 26~87頁に転載) を見ても了解できる。

### 流通電極第3作用

鈴木がかく第3作用を名づけてから、彼の教室からは神経、筋、皮膚等の機能に対し種々この作用が実験された。以前の業績においても坂本<sup>27)</sup>は前に述べた基電圧に対し、陰極流通は上昇せしめ陽極流通は低下せしめる所見と共に、直線定数に対しては、前者が減小せしめ後者が増大せしむることを見ている。この基電圧が直線定数またはλ定数と互いに逆方向の大きさ変化をもつて相伴うことは、多くの環境条件の変動下で起る現象であって、鈴木および石井<sup>33)</sup> (1944) が環境条件下の典型的変化と名づけたと

ころのものであって、ここにもその例を見るのである。また宇野<sup>34)</sup>(1946)は神経における開放刺激閾と閉鎖時間との間の  $i-t$  関係を追求したが、その一部にて直流通流電極の当該関係に及ぼす影響を検した。この関係における時値に相当する値は、 $\lambda$  と直接関係する値であるから、彼もまた通流電極の開放閾と  $\lambda$  とに対する作用を見たことになるのであるが、彼においても陰極通流は開放閾を上昇、 $\lambda$  を減小せしめ、陽極通流は開放閾を低下、 $\lambda$  を増大せしめることが見られている。

第3作用命名以後にては福田<sup>35)</sup>(1953)は神経の絶対不応期に対する本作用を検した(第8図)。それによれば陰極通流は絶対不応期を延長せしめ、陽極通流はこれを短縮せしめる。絶対不応期は従来も神経膜の透過性の増大、膜の弛みと関連して考えられている現象であるから、この所見は上述の第3作用の本体から見て然るべきものである。福田は更に低温下における通



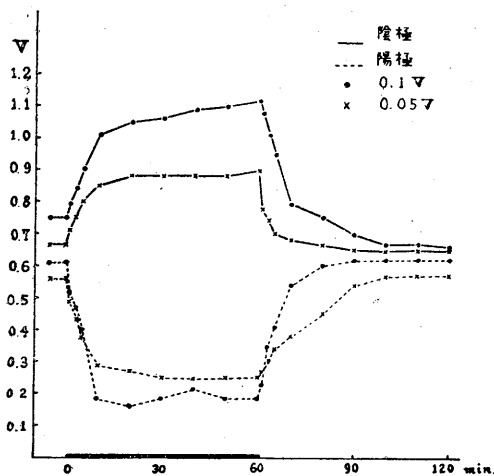
第8図  
神経の絶対不応期の通流による変化  
(福田<sup>35)</sup>, 1953)

横軸は時間を分にて盛り、縦軸は対数尺度である。縦軸にはそれぞれの時点における絶対不応期を通流前の正常値にて除したる、比較値の平均を各通流電圧において記入した。横軸の太線中通流が行われ、実線が陰極、断線が陽極通流を示す。A, B, C はそれぞれ 0.2, 0.1, 0.05V 通流の場合

流作用を見て、低温と電極との作用し方が鈴木<sup>30)</sup>の対立分類と一致することを見た。更に福田は絶対不応期測定に用いた最大筋攣縮高が、通流と共に軽微ながら一定に変化することを見た。筋自体における通流の攣縮高に及ぼす作用は予て杉<sup>24)</sup>により見られ、陰極下にて漸増、陽極下にて漸減して遂に0となることが知られているが、福田の場合は筋には通流されてないけれど、隔壁を隔てて及ぶ通流電圧の影響の現われであったのである。浜中<sup>36)</sup>(1954)は筋に通流して杉の見た攣縮高に対する同作用を確かめ、浸透圧、イオン、温度などを同時に作用せしめて、種々の環境条件の共力または拮抗する現象において大体鈴木<sup>30)</sup>に一致する結果を得た。

上山<sup>37)</sup>(1955)は神経における開放刺激は陽極にて行われることから、刺激電流そのものが開放までの間にその陽極において第3作用を発現することを考えた。果して然らば開放までの閉鎖時間の延長により、開放閾値が低下するはずである。彼は実際 1, 3, 5 秒と閉鎖時間を変えれば、開放閾は 100, 72, 65 の比で低下し、また 1 秒, 3 秒, 1 分, 5 分, 10 分と延長すれば 100, 90, 75, 64, 60 の比で低下することを見た。(先述の宇野<sup>34)</sup>は同じく開放閾と閉鎖時間との関係を見たが、それは  $i-t$  関係であって、主要利用時に相当する閉鎖時間—100msec 以下より短い時間との関係である。)彼はまた安藤<sup>28)</sup>にならって刺激電極に、別の陰極および陽極通流を与え、開放閾のそれによる変化を検したが、第9図に2例ずつを示すが如く、閉鎖刺激と同様であって、陽極効果はより著しいとさえいえる。宮田<sup>38)</sup>は神経上膜除去が第3作用を受けることに差異を与えるか否かを見、また低温下の同関係を検した。本業績は未だ尽くは完成しないが、少くとも常温においては、神経が陰極および陽極第3作用によって示す閾値変化の経過について、上膜除去は著しい差異を与えない。鈴木<sup>39)</sup>(1954)は最近安藤<sup>28)</sup>の成績と宮田のこの所見を併せ誌して、海外へ発表した。

西村<sup>40)</sup>(1955)は時間要素に対する第3作用を見んとして  $i-t$  曲線を描いた。 $i-t$  曲線を得る

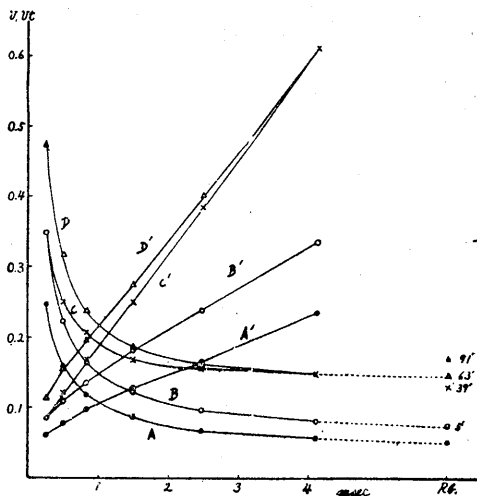


第9図 神経の開放刺激閾の通流による変化 (上山<sup>37</sup>, 1955)

横軸は時間の経過を分にて盛り、縦軸は閉鎖時間1秒の直角電脈の開放閾値をVにて盛る。中断法による成績。横軸の太線の間通流が行われた。実線は陰極、断線は陽極通流による変化を示す。×は0.05V、●は0.1Vの場合

には一定時間を要し、第3作用は時間を追って進展するので、彼は通流後一定の順序で3個の同曲線を描き、同曲線およびit-t曲線の推移によって、基電圧および時値の変化を計測した。第10図に陰極通流の1例を示し、第1表に全計測系列の平均値を掲げる。見るが如く陰極通流は基電圧を上昇、時値を减小せしめ、陽極通流は基電圧を低下、時値を増大せしめ、通流電圧大なるほど著しい。これらの変化および低温下の第3作用の現われ方の差異などのいづれも、鈴木<sup>30)</sup>の対立分類に合致するものを見る。

以上は刺激に関してであるが、本間<sup>41)</sup>(1950)は皮膚の分極性に対する通流第3作用を観察した。すなわち皮膚を通しての電流の示す初期スパイクの分析により、分極定数、初期抵抗、残留抵抗などを算出し、種々の陰極および陽極通



第10図

神経のi-t曲線の通流による変化(西村<sup>40)</sup>, 1955) 横軸は時間を msec にて盛り、縦軸は i および it をそれぞれ V および mVsec にて盛り。A は正常時、B, C, D は 0.1V の陰極通流を始め、10分後より相連続 (t の大→小, 小→大, 大→小の順にて) して計った3個のi-t曲線であり、A', B', C', D' はそれぞれに対応するit-t曲線である。Rb は基電圧であって、通流後記入した分後にて計ったものである

第1表 第3作用の基電圧と時値に及ぼす影響 (西村<sup>40)</sup>, 1955)

温度	通流電圧 (V)	基電圧				時値		
		正常値 (V)	5分値 (%)	40分値 (%)	60分値 (%)	正常値 (msec)	25分値 (%)	50分値 (%)
常温	陽極 { 0.05	0.139	76	68	63	0.47	123	154
	0.1	0.107	61	52	45	0.74	140	179
	0.2	0.099	49	37.5	29.5	0.73	184	312
	陰極 { 0.05	0.088	124	133	135	0.76	89	81
低温	0.1	0.092	132	210	195	0.62	84	52
	0.2	0.074	185	275	333	0.85	91	46
	陽極 { 0.1	0.063	51	38	34	1.03	150	257
	陰極 { 0.1	0.068	129	144	153	1.12	91	82

第2表

第3作用の人体皮膚分極性に及ぼす影響 (本間<sup>41)</sup>, 1950)

	初期抵抗 (kΩ)	残留抵抗 (kΩ)	分極定数 (msec)
陰極 { 3V 5分	18→9	106→30	4.8→7.6
3V 10分	24→19	300→60	3.4→9.5
陽極 2V 20分 {	14→17	356→672	2.5→2.1
	12→16	146→352	4.6→3.6

流のそれらに及ぼす効果を検した。その成績の一部を第2表に示すが、これ陰極下にて皮膚の分極性が减小し、陽極下にて増大することに当

るのである。山中<sup>42)</sup> (1953) はまた皮膚電気反射に対する通流第3作用を検討した。この反射は皮膚の分極性変化を効果器としている反射であるが、彼によれば、その効果器部分たる手掌に陰極通流を施せば、分極性の準位低下して反射による変化も小となり、陽極通流を行えば準位も上昇するし、反射としての変化も増大するが、これ上に見た本間と同一の事実を見たことに相当する。奥田<sup>43)</sup> (1955) は最近人体皮膚に通流する際に無関電極を発疱膏にて表皮を除去した皮膚に当て、関係電極部の変化を通流電流自己の変化により測った。すなわち陰極通流すれば該部の電位下降して抵抗減小し、陽極通流すればその反対の変化が起る (第3表)。これ

第3表  
通流電極下皮膚の分極性変化  
(奥田<sup>43)</sup>, 1955) (通流10分)

	残留抵抗 (k $\Omega$ )			電位 (mV)		
	通流前	通流後	効果率 (%)	通流前	通流後	変化
陰極通流	62.5	36.2	58	9.6	3.2	- 6.4
陽極通流	54.2	43.2	80	5.6	3.6	- 2.0
陰極通流	21.3	24.7	116	3.8	14.5	+11.7
陽極通流	5.8	6.9	119	1.4	4.8	+ 3.4

前者により皮膚分極性減小し、後者により増大することを示すのである。近時 Tobias & Solomon<sup>44)</sup> (1950) は神経幹、Tobias<sup>45)</sup> (1951) は単一神経線維にて一定時間通流するとき、陽極下では線維の縮化や混濁、陰極下では膨化や透明化を見ているが、これ陽極下の透過性減小、分極性増大、陰極下の反対向きの変化に相当する。

上述により電気緊張および第3作用についての鈴木の管見を示したのであるが、直流通流に際しての興奮性変化に関しては、種々異った考え方も行われている。杉<sup>24)</sup> は主として筋につき彼の隔絶法にて観察しているのであるが、第3図に見た如き閾値の変化は筋細胞膜面における分極作用自身に因るとする。彼によれば KET は閾値を上昇、AET は低下せしめるもので、Pflüger の表出を否とするのである。そして通流最初の反方向の閾値変化は、刺激電流と通流電流の干渉のためだとする。陰イオンの集まる時間的傾きとその量が刺激の因子であり、既に

集まった陰イオンは却って興奮を防げると考えるのである<sup>46)</sup>。彼の電気緊張と称する変化と鈴木<sup>24)</sup> の第3作用と唱える変化とは同じ方向であるが、鈴木が膜の透過性、分極性に帰することに杉は強く反対する。その根拠は杉<sup>47)</sup> (1936) の見た筋細胞膜が陰極性分極の場合電気抵抗に相当する値が大となり、陽極性分極のとき小となる実験である。しかしその値は広い筋全体の表面と、切断した面とを浸す溶液間の電位差と電流値から計算された値である。田崎<sup>48)</sup> は鈴木<sup>24)</sup> の第3作用の最初の発表の頃から、単一神経線維にては従来の電気緊張に相当する閾値変化を見るのみで、時間を経るも反方向への反転のないことを注意してくれた。鈴木はこれを重大と考え、一方 Rössel<sup>49)</sup> (1943), Rushbass & Rush-ton<sup>50)</sup> (1949) 以来問題となっている、神経上膜除去神経の現象とも関連して考え、宮田<sup>38)</sup> の実験もその意味で始められた。しかしその後田崎<sup>51)</sup> (1950) の文筆発表によれば、単一神経線維においても通流による閾値変化の経過は、通常の神経と同様なることが分明した。又 Lorente de Nó<sup>49)</sup> は神経の膜電位および分極電位につき、極めて広般な研究をしている。彼は膜電位をその物質代謝と深い関係に立つとの立場で実験した。膜電位には2つまたは3つの Q, M, L などという部分より成ると仮定し、また分極電位には E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>, F などの成分を考え、膜の生体反応たる逆起電力生成を想定する。そして興奮性変化も種々の場合を実験していて、その論議も多端にわたっている。私達の実験は彼の根本想定に関する条件に適っていないので、直接比較ができないが、少なくとも広い範囲において、永い陰極通流に興奮性抑圧の作用あること、また種々の異常条件のため低下した興奮性に対し、陽極通流がこれを上昇せしめ回復にもたらすことは、彼も事実として認めているところである。

### 低周直角脈波電流

大戦後大阪大学放射線教室西岡教授の下で、人体に痛みおよび火傷の危険なくして比較的強

い通流を行い得る、低周直角脈波電流を発生する装置が竹越および五百住によって考案された。すなわち皮膚抵抗の容量部分に打勝つために脈波が考えられ、通流電量を大ならしめるため直角脈波が採用されたのであった。そしてそれを治療に応用せんとするに当って、従来の如く Pflüger の法則によって選ばれた極性の電極は病勢の悪化を来し、その反対の電極が治療効果大なることが認められた。すなわち疼痛や腫脹などは陽極を作用させると悪化を示し、陰極作用を与えると著しく快方に向う。また麻痺や萎縮症においては、陰極を作用させるとその刺激作用にて健全に残っている線維が興奮し収縮を起すが、間もなく筋は収縮性を失いまた著しい苦痛感が起る。反対に陽極を作用させれば陽極閉鎖刺激で筋は収縮し、その収縮は通電数時間に及ぶも疲労を示さず続く。そしてこの通流を繰返すことにより治療効果が挙げられた。彼等はそのときこの現象を説明するに苦しんだのであった。

やがて彼等は鈴木が予てより上に説いてきた通流電極第3作用を唱えていることを知った。すなわちこの作用によって彼等の見た治療効果が説明されるのである。およそ電気治療のためには電流の種々の作用が考えられる。電流の方向に関らない作用、例えば熱作用なども挙げるができるが diathermy や超短波などの場合はとにかく、通常電気治療においては余り重きをなさない。方向すなわち電極の極性に関する作用としては、刺激作用と興奮性に関する作用であろう。刺激作用は麻痺の場合、健全に残った神経や筋を興奮せしめて練習的效果を与えること、およびあるいは求心性神経や逆方向伝導による求心性インパルスが何らかの作用を有して、治療効果を挙げるのである。この刺激作用が陰極で起ることは衆知の通りであるが、人体通流に際しては仮性電極の生成により陽極閉鎖によっても起る。従って治療に当っての電極の選択はそのことを念頭に置いて行ふべきである。次に興奮性に関する作用の問題であるが、これについては上に説いてきた如く、従来は電

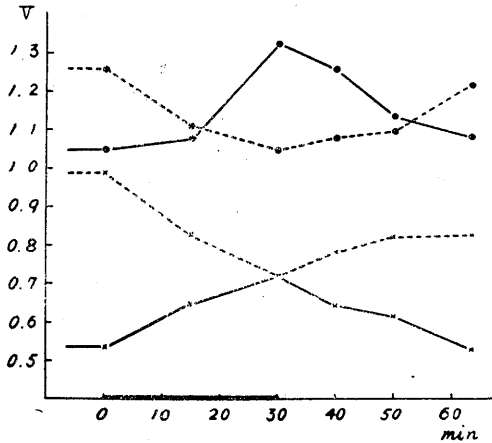
気緊張のみが問題とされたが、永い通流にては両極においてともにそれと反方向の興奮性変化を示す、第3作用が鈴木によって特論された。この作用についても仮性電極の生成により極性を問わない考えが起り得るが、電流密度の関係から使用電極直下の皮膚下の形体の疾患に対しては、何としてもその電極の極性がものをいうのである。

従来の直流による治療に当ては皮膚の抵抗その他のため、電流の強さが弱く従って効果も逆効果も十分現われず、電気治療そのものが等閑視されるに至る原因をなしたと思われる。然るに低周直角脈波使用によって十分の強さの電流を用いるときは、電気緊張による選択は不当であり、第3作用による選択が治療効果を現わすことが明かとなったのである。ここにおいて西岡の教室と鈴木の教室とは相提携して本電流の研究に当ることとなった。1953年からは文部省科学試験研究費の交付を受けて、“電極第3作用と低周波電流による治療的応用”なる共同研究班を構成し、西岡、鈴木以外に東大内科田坂、大阪市大整形外科水野の両教授、多磨全生園田尻博士が班員として加わった。更に1954年には東大整形外科三木、岡山大学外科陣内、千葉大学整形外科鈴木、阪大外科小沢、九大温泉研究所八田等の諸教授、大阪国立病院外科の長田博士が参加されて共同研究班は拡張された。そしてその成績の一部は年報<sup>52)</sup>(1953-4)として発表されてある。一方同電流発生器は Augospel の名の下に大阪平和電子研究所から発売され、

第4表

低周直角脈波通流による人体内神経、筋の閾値変化 (単位V) (井上<sup>53)</sup>, 1954)

周波数	神経									
	10c/s			250c/s			625c/s			
	正常値	変化	%	正常値	変化	%	正常値	変化	%	
陰極	4.7	4.9	110	5.1	6.2	123	5.2	6.3	127	
陽極	5.5	4.3	79	5.5	4.6	83	7.2	5.1	82	
	筋									
	陰極			陽極						
	正常値	変化	%	正常値	変化	%				
	3.1	3.7	129	2.8	2.4	84				



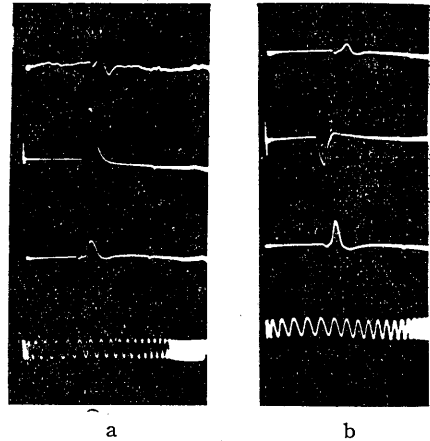
第11図

人体内神経および筋の開放刺激閾に対する低周直角脈波通流第3作用(熊坂<sup>58</sup>), 1955)

横軸は時間を分にて盛り, 縦軸は開放閾(刺激電流につき本文参照)をVにて盛る. 通流脈波電流は250c/s, 1mA, 横軸の太線の間通流される.  
 ・印は神経, ×印は筋の開放閾, 実線は陰極通流, 断線は陽極通流の通流中および断流後の閾値変化を示す

1000に近い医家により実用され, 実用医家の研究討議会も幾度も開かれて, 内外科, 小児科, 皮膚科から更に iontophoresis に利用されることにより眼科, 耳鼻科, 婦人科, 泌尿器科にまで使用が及んでいる。

鈴木<sup>53</sup>の教室においては主として本電流の基礎的研究が受持たれた。鈴木, 本間等<sup>53</sup>(1952)は先の本間<sup>41</sup>の見た皮膚分極性に対する作用につき, 種々の周期, また通流と休止の両時間比などの本電流第3作用を直流のそれと比較し, 直流よりも著しい作用を呈するのを見た。本間<sup>54</sup>(1953)は人体における疾患治療の際の客観的標示値として, 人体内の神経, 筋, 皮膚などの閾値を正確に計測するため, 従来の測定に際しては使用電流に皮膚の電気容量による変形を顧慮しなかった非を改めて, 平衡回路法を考案した。すなわち皮膚の交流抵抗等価回路と同様な回路を体外回路内に配線し, 後者の容量を加減して前者を平衡し, 外から与える直角脈波電圧と同形の直角電流を体内に流して閾値



第12図

直角脈波通流による伝達の遮断(大倉<sup>59</sup>), 1955)

a, bとも上は正常時, 中は遮断時, 下は回復時の活動電流を示す. aでは筋端陰極, bでは同陽極として通流された. a, bとも正常および回復時には2相性であるが遮断時aは単相性を示し, bは全然活動電流を示さない(図に見えるは人工的変形). すなわち遮断の起ったのは通流陰極部なるを知る. 最下は1/500秒の時標

第5表

通流電極作用の神経興奮伝導時間に対する影響(大倉<sup>59</sup>), 1955) (単位msec, 平均値)

	直流通流	直角脈波通流 (250c/s)	直流通流 (別法)	直角脈波通流 (250c/s) (別法) ひきかえる	
陰極	正常	0.76 <sub>6</sub>	0.67 <sub>9</sub>	0.73 <sub>9</sub>	1.17 <sub>6</sub>
	通流	0.84 <sub>1</sub>	0.83 <sub>8</sub>	0.79 <sub>2</sub>	1.24 <sub>2</sub>
	回復	0.78 <sub>5</sub>	0.70 <sub>3</sub>	0.71 <sub>1</sub>	1.21 <sub>3</sub>
陽極	正常	0.78 <sub>6</sub>	0.69 <sub>7</sub>	0.78 <sub>2</sub>	1.21 <sub>9</sub>
	通流	0.70 <sub>6</sub>	0.70 <sub>9</sub>	0.68 <sub>3</sub>	1.13 <sub>3</sub>
	回復	0.77 <sub>6</sub>	0.74 <sub>7</sub>	0.73 <sub>8</sub>	1.20 <sub>8</sub>

第6表

低周直角脈波通流の治療効果(本間その他<sup>61</sup>), 1954)

伊○ 豊 8 50才 左顔面神経麻痺(発病後1週間)

		治療前	7日	14日	21日
閾値	健側	6.25	6.25		6.25
	患側	7.5以上	7.25		6.50V
他覚症	眼瞼運動	不全	全明	やや回復	回復
	額の皺	不健側へ傾く	やや回復	やや回復	回復
	鼻唇溝	患側大垂し	やや回復	回復	回復
	鼻孔角	無	やや回復	回復	回復
	口発音障害	無	やや回復	回復	回復
自覚症	流涙	(+)	軽減	回復	回復
	味覚障害	(+)		殆んど回復	回復
	咀嚼運動	円滑ならず		殆んど回復	回復
	備考	通流電流 +3.0~4.0mA			

を決定するのである。井上<sup>55)</sup> (1954) は本間のこの方法を用いて人体にて2~3の神経および筋の閾値を測定し、刺激点に直角脈波電流を10分間通流することによりいかにそれが変化するかを実験した。第4表にその平均値を示す如く、陰極通流は閾値を上昇せしめ陽極通流はこれを低下せしめること、摘出標本に対して直流通流と全く同様の成績である。本間その他<sup>56)</sup> (1954)、山中<sup>57)</sup> (1955) は平衡回路法にて体内神経、筋に真の直角電脈刺激を与えることにより、そのi-t曲線や時値を測定し、また高頻度脈波の振幅を漸増することにより傾き要素のn定数に相当する値を決定した。熊坂<sup>58)</sup> (1955) はこの方法を利用して人体内神経に真の開放刺激を起すことに成功し、その刺激点に直角脈波通流を施して開放閾に及ぼす影響を観察した。第11図に神経、筋の1例ずつを示すが如く、先に上山<sup>37)</sup>が摘出標本につき直流通流に見たと全く同様の、陰極通流による上昇と陽極通流による低下が見られている。大倉<sup>59)</sup> (1955) は摘出標本につき、高頻度直角脈波電流の閾値高きを利用してかなり大なる電流を刺激作用なくして通流し、陰極通流が興奮伝導の遮断を起すこと(第12図)を実験し、また本電流および直流通流が興奮伝導に及ぼす影響を検した。後者の成績は第5表に示す如く、陰極通流は伝導時間を延長せしめ、陽極通流はこれを縮小せしめている。

前述の平衡回路法は電気治療に際しての効果の客観的観察を目的としたのであるが、奥田<sup>60)</sup> (1953)、本間その他<sup>61)</sup> (1954) は本教室にても臨床的実験を行い、治療の効果を挙げた。第6表

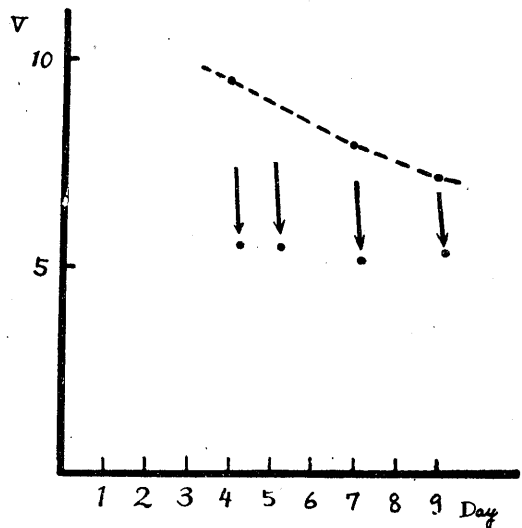
第7表

癩患者皮膚における分極特性値の変化  
(本間その他<sup>62)</sup>, 1953)  
患部値/健常部値×100

	初期抵抗	皮膚抵抗	分極定数	皮膚容量
神経癩	139	163	84.5	72.2
斑紋癩	160	189	61.6	60.5
結節癩	140	194	63.2	60.7

はその1例であるが、見るが如く臨床的症状の改善と共に、異常に高かった患側の神経閾値は健側のそれに近く小となりゆくのである。本間その他<sup>62)</sup> (1953) はまた癩患者の皮膚および神経につき測定および治療を行った。第7表は癩患者皮膚の電気的特性の変化の平均値を示す。またその神経は健者に比し著しく高き閾値を示すのであるが、直角脈波陽極通流を行えばその直後大いに下降して健者に近くなる(第13図)。翌日計ると元に近く戻るが、連日通流を繰返せば閾値は全体に漸減して握力の増加さえ見られる。なお最近鈴木<sup>63)</sup> (1954) は本総説とほぼ同様の内容を簡述した国際発表を行った。

本文中に記した共同研究班に対する文部省科学試験研究費交付に対しては深き感謝をささげる。



第13図

低周直角脈波陽極通流の癩神経閾値に対する作用(本間その他<sup>62)</sup>, 1953)

横軸は日数を示し、縦軸は閾値を表わす。毎日30分ずつ神経部に陽極通流を行う。断線にて連ねられたる値は通流直前、矢で示された値は直後のものである。最初の数日間は閾値が通流前後とも測り得ざるほど高かったが、通流は行った。すなわち通流により著しく低下し、その後元の方に戻るが、通流を重ねれば戻る高さも漸次低下することを見る

## 文 献

- 1) Pflüger, E. (1859) *Physiologie des Elektrotonus*, Berlin, Hirschwald.
- 2) 橋田邦彦 (1932) *医学中央雑誌* 36, 735
- 3) Werigo, B. (1883, 1901) *Pflügers Arch.* 31, 417, 84, 547
- 4) Ebbecke, U. (1933) *Erg. Physiol.* 35, 756
- 5) Billharz, A. u. O. Nasse (1862) *Arch. Anat. Physiol.* 66
- 6) Thörner, W. (1922) *Pflügers Arch.* 197, 159, 187
- 7) Eichler, W. (1933) *Z. Biol.* 93, 527, 541
- 8) Wedensky, N. E. (1900-3) *Pflügers Arch.* 82, 134, 100, 1
- 9) Ebbecke, U. (1922) *Pflügers Arch.* 195, 555
- 10) Bethe, A. (1920) *Pflügers Arch.* 183, 289
- 11) Woronzow, D. S. (1924-5) *Pflügers Arch.* 203, 300, 207, 279
- 12) Höber, R. (1905) *Pflügers Arch.* 106, 599; *Physikalische Chemie der Zellen und der Gewebe*, 5-te Aufl. (1922), Leipzig, W. Engermann.
- 13) Mackhuth, W. (1926) *Pflügers Arch.* 214, 612
- 14) Ebbecke, U. (1931) *Z. Biol.* 91, 221
- 15) Hecht, K. (1931) *Z. Biol.* 91, 231
- 16) 鈴木正夫 (1933) *Jap. J. med. Sci., III, Biophysics* 2, 307
- 17) Bogue, J. Y. and H. Rosenberg (1934) *J. Physiol.* 82, 353
- 18) Schaefer, H. (1936) *Pflügers Arch.* 273, 722
- 19) R. Lorente de No (1947) *A Study of nerve Physiology*, New York, Lockefeller Inst. med. Res.
- 20) 三浦隆蔵 (1941) *日本生理誌* 6, 239
- 21) Cremer, M. (1909) *Nagel's H. B. d. Physiol., Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, IV*, 950
- 22) Laugier, H. (1921) *Thèse des Sciences, Paris*; また H. Cardot et H. Laugier: *J. Physiol. Path. gén.* 15, 1134 (1913) を見よ
- 23) Scheminzky, F. u. a. (1930) *Pflügers Arch.* 225, 145, なお ditto 223, 409 (1929)-225, 265 (1930) を見よ
- 24) 杉 靖三郎 (1936) *日本生理誌* 1, 331, *Jap. J. med. Sci., III, Biophysics* 4, 20\*2 (1938)
- 25) 山中俊雄 (1940) *日本生理誌* 5, 433
- 26) 木村一雄 (1950) *日本生理誌* 12, 91
- 27) 坂本健次郎 (1944) *日本生理誌* 9, 433
- 28) 安藤 毅 (1952) *日本生理誌* 14, 1
- 29) 鈴木正夫 (1949) *要述生理学* 東京 杏林書院
- 30) 鈴木正夫 (1948) *日新医学* 35, 192; *Jap. J. Physiol.* 1, 100 (1950); *Medicina Revuo* 1, 10 (1951)
- 31) Schaefer, H. (1940) *Elektrophysiologie, I*, Wien, F. Deuticke.
- 32) 鈴木正夫 (1951) *生理学講座* 東京 中山書店 2-1-B
- 33) 鈴木正夫・石井恒夫 (1944) *日本生理誌* 9, 573
- 34) 宇野 幸 (1946) *日本生理誌* 10, 1
- 35) 福田 忠 (1953) *日本生理誌* 15, 434
- 36) 浜中健夫 (1954) *日本生理誌* 16, 688
- 37) 上山 巖 (1955) *日本生理誌* 17, 241
- 38) 宮田 誠 (1955) (*日本生理誌* 17に発表)
- 39) 鈴木正夫・安藤 毅・宮田 誠 (1954) *Jap. J. Physiol.* 4, 251
- 40) 西村文夫 (1955) (*日本生理誌* 17に発表)
- 41) 本間三郎 (1950) *日本生理誌* 12, 261
- 42) 山中 和 (1953) *千葉医会誌* 29, 39
- 43) 奥田八雄 (1955) (*日本生理誌* 17に発表の予定)
- 44) Tobias, J. M. and S. Solomon (1950) *J. cell. comp. Physiol.* 35, 25
- 45) Tobias, J. M. (1951) *J. cell. comp. Physiol.* 37, 91
- 46) 杉 靖三郎 (1952) *日本生理誌* 14, 206
- 47) 杉 靖三郎 (1936) *Jap. J. med. Sci., III, Biophysics* 4, 123 \*1
- 48) 田崎一二 (1947) 口頭問答による
- 49) Rössel, W. (1943) *Pflügers Arch.* 246, 543
- 50) Rushbass, C. and W. A. H. Rushton (1949) *J. Physiol.* 110, 110
- 51) 田崎一二・坂口光洋 (1950) *Jap. J. Physiol.* 1, 7
- 52) 電極第3作用と低周波電流による治療的応用 共同研究班 年次報告集 I, 1953, II, 1954
- 53) 鈴木正夫・本間三郎・井上正士・山中 和 (1952) *日本生理誌* 14, 212
- 54) 本間三郎 (1953) *生体の科学* 5, 2; *科学* 22, 650 (1952); *Jap. J. Physiol.* 4, 314 (1954)
- 55) 井上正士 (1954) *日本生理誌* 16, 503
- 56) 本間三郎・山中 和・渡部士郎 (1954) *日本生理誌* 16, 261
- 57) 山中 和 (1955) (*日本生理誌* 17に掲載予定)
- 58) 熊坂年成 (1955) (*日本生理誌* 17に掲載予定)
- 59) 大倉淳男 (1955) (*日本生理誌* 17に発表の予定)
- 60) 奥田八雄 (1953) *千葉医会誌* 29, 392
- 61) 本間三郎・奥田八雄・大浜博利 (1954) *日本生理誌* 16, 395
- 62) 本間三郎・井上正士・渡部士郎・大原一郎・田尻 敢 (1953) *レプラ* 22, 281, 289
- 63) 鈴木正夫 (1954) *Medicina Revuo* 2, 48

## ストリクニンの有髄神経線維に対する

作用と濃度との関係 612.81 : 612.014.46, 612.816.3 : 612.816.7

The Action of Strychnine on Medullated Nerve Fiber: The Relation between its Concentration and Action.

引 場 昭 男 (HIKIBA-Akio)\*

### I. 緒 論

ストリクニンは、中枢神経系に反復性興奮を生ぜしめる事が知られ、種々の伝導路、復元の決定にこの性質が利用されて来た<sup>2) 3) 4) 6) 9)</sup>。ストリクニンの神経線維に対する作用に就いては、神経幹に就いては、H. Fromherz<sup>5)</sup>、単一神経線維に就いては、田崎<sup>8)</sup>の報告がある。最近秋山<sup>1)</sup>は、莖の神経線維に於ても反復性興奮を生ぜしめる事を報告している。

著者は、ストリクニンが生理学上特別な意味を有する物質である点にかんがみ、比較的簡単な系である単一神経線維を対象として、ストリクニンの作用機序の解明を試み、多少の知見を得た。

### II. 実験方法

実験材料としては、日本産莖の坐骨神経腓腹筋標本及び縫工筋標本を作製し、その単一運動神経線維を分離し、之を数時間 Ringer 氏液中に静置したものを使用した。偽作流の記録は、田崎<sup>7)</sup>の髄鞘乾燥法に依り、 $Zn-ZnSO_4$  寒天 Ringer 不分極電極を介して電流計に誘導し、陰極線オシログラフに写真記録した。単絞輪性偽作流を得るためには第1図の如く末梢側の橋絶縁板に 3.5% urethane-Ringer を作用させた。基電圧測定、基電圧補償回路の原理は図表中に図示した。尚閾値の測定は、コンデンサーの放電電圧で行った。神経線維に化学物質を作用させるには、適当な濃度の該物質 Ringer 氏液で、橋絶縁板の Ringer 氏液を置換する方法によった。液交換に要する時間は、1分以内で

あった。

作用物質としては、硝酸-ストリクニンの Ringer 氏溶液を用いた。溶液の pH は 5.8~6.4 で対照の Ringer 氏液の pH 6.0 とほぼ同一であったので、特別に pH の補正は行わなかった。

### III. 実験成績

#### 1) 硝酸-ストリクニンの作用と濃度との関係

単絞輪性偽作流を記録し、偽作流の大きさ、持続時間、基電圧に対するストリクニンの作用と濃度との関係を観察した。

1. 一定の濃度の strychnine-Ringer 氏液を作用させる時、その作用は、一般に 10~15 分以内に一定に達する。

2. 低濃度では、基電圧は 5~10% 下降し、偽作流の大きさは、5~10% 以上小となり、持続時間は多少延長した。

3. 高い濃度では、基電圧は上昇し、偽作流の大きさは減少し、持続時間は延長した。そして更に高濃度のストリクニンでは伝導中断に達した。

4. 高濃度のストリクニンを作用させた後、被験液を Ringer 氏液に置換すると、偽作流の大きさの減少、持続時間の延長は不可逆的であったが、基電圧の変化は可逆的で正常レベルにかえる傾向を示した。

この1例を第1図に示した。第2図は第1図と同一の実験を時間経過に就いて観察したものである。この実験では  $2 \times 10^{-8} M$  から  $2 \times 10^{-5} M$  の附近の濃度、特に  $2 \times 10^{-5} M$  の処で、著明な動揺(特にこの場合は、偽作流の大きさにそれが劇しく出ているが)が見られた。この動揺は何時でも見られるものではないが、屢々観察され

\* 東京医科大学生理学教室





に対して、以上の変化を与える操作として、電気緊張が知られている。

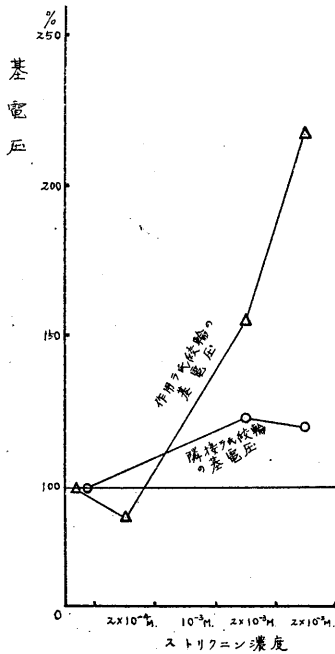
田崎<sup>7)</sup>のデータを表にすると次の如くなる。

	基電圧	偽作流の大きさ	偽作流の持続時間
陽極電気緊張	大	大	小
陰極電気緊張	小	小	大

Dec. 12th. 1953 R.T. 19.0°C

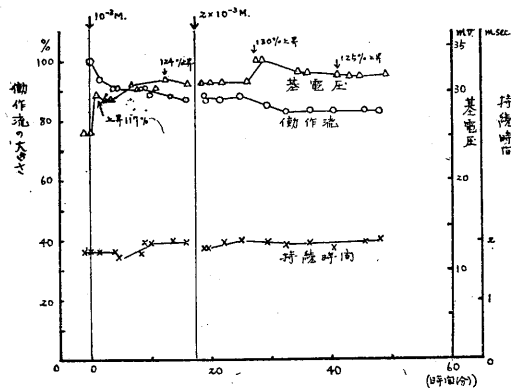
低濃度のストリクニンの作用は、上表の陰極電気緊張による変化とほぼ一致する。然もこの作用は、陽極電気緊張で補償しうるから先ず低濃度のストリクニンの作用は、陰極電気緊張作用によるものとするのが自然である。

	基電圧	偽作流の大きさ	偽作流の持続時間
低濃度 (ストリクニン)	小	小	延長
高濃度 (ストリクニン)	大	小	延長



第5図

Dec. 14th. 1953 R.T. 18.0°C

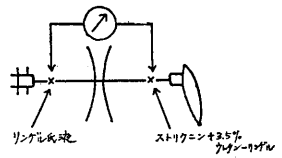


第6図

更に、ストリクニンの隣接ラ氏絞輪に対する影響を見ると、低濃度のストリクニンの場合には、偽作流の大きさは双絞輪性偽作流を見ているので問題に出来ないが、基電圧をもって論ずる時は、陽極電気緊張的に現われており、以上の見解に矛盾しない。

併し、高濃度のストリクニンの作用は、単純に陰極又は陽極電気緊張として説明する事は、上表の対比からも又補償実験の結果からも不可能であった。高濃度のストリクニンの作用が、かく複雑になるのは、ストリクニン本来の性質である陰極電気緊張的作用に更に不可逆的变化——ある種の損傷が附加されるためと考えられる。高濃度の場合にも尚ストリクニンが、陰極電気緊張作用を保持し、それがストリクニン本来の作用と考える根拠は、ストリクニンが隣接部絞輪に対しては低濃度から高濃度にわたって、連続的に基電圧上昇と云う形で作用し、而も基電圧の変化は高濃度の際にも可逆的であると云う点である。

併しこの見解が正しいかどうか、又はこの一種の損傷がどのような性質のものであるか等は、minimal gradient 及び回復過程に対するストリクニン効果の研究等をまづ更に検討すべき問題である。麻酔薬の共存下でもストリクニンが、隣接部



絞輪に対して作用を示す点は一考の価値があるであろう。ストリクニンの作用点が麻酔薬の作用点と異なるのではないかと云う事を、このデータは示す筈であるから。

この実験で、ストリクニンの絶対濃度が勿論問題になるが、ストリクニン作用と絶対濃度との関係は、知り得なかった。

その原因は、ラ氏絞輪に於けるストリクニンの濃度（かりに絶対濃度とよんでおく）は、測定不能であると云う事の他に、ラ氏絞輪の露出状態と履歴によって、外液のストリクニン濃度と、作用との関係が、かなりの巾で動揺する事によるものの如くである。

## V. 結 論

蟾の単一有髄神経線維にストリクニンを作用させ、次の如き結果を得た。

1) 低濃度のストリクニンでは、基電圧は下降し、偽作流の大きさは減少し、持続時間は少しく延長した。

2) 高濃度のストリクニンでは、基電圧は上昇し、偽作流の大きさは減少し、持続時間は延長した。

3) 低濃度のストリクニンの作用は、陽極電気緊張で補償可能であった。

4) 高濃度のストリクニンの作用は、電気緊張で補償不能であった。

5) ある絞輪にストリクニンを作用させた場合の隣接ラ氏絞輪のうける影響は、低濃度でも、高濃度でも基電圧が上昇した。

6) この隣接ラ氏絞輪に対する影響は、ウレタンの如き麻酔薬を共存させた場合にも変化せず、基電圧の上昇、偽作流の大きさの減少を生ぜしめた。

7) 以上のストリクニンの作用は、低濃度の

場合は、陰極電気緊張として理解出来るが、高濃度の場合には、更に一種の損傷現象を考慮しなければならぬ。

稿を終るに当り、久保教授の御校閲、高橋助教授の御指導、丸橋博士の御助言に深く感謝の意を捧ぐ。

この研究の一部は文部省の科学研究費に依つた。

## 文 献

- 1) 秋山欣勇：有髄神経線維に於けるストリクニンによる反復興奮に就いて（日本生理誌に発表の予定）
- 2) Chang, Hsiang-Tung (1951) An observation on the effect of strychnine on local cortical potentials. *J. Neurophysiol.* **14**, 23-28
- 3) Chang, Hsiang-Tung (1953) Similarity in action between curare and strychnine on cortical neurons. *J. Neurophysiol.* **16**, 221-233
- 4) Dusser de Barenne J. D. (1910) Die Strychnine auf das Zentralnervensystem. I. Die Wirkung des Strychnins auf die Reflextätigkeit des Inter-vertebralganglia. *Folia neuro-biol., Ipz.*, **4**, 467-474. II. Zur Wirkung des Strychnins bei lokaler Applikation auf das Rückenmark. *ibid.*, **5**, 42-58. III. Die segmentäre Strychnin-vergiftung der dorsalen Rückenmarks mechanismen; ein Beitrag zur Dermatomerie der hinteren Extremität des Hundes. *ibid.*, 342-359 (31)
- 5) Fromherz, H. (1933) The action of veratrine, curare and strychnine on the response of medullated nerve. *J. Physiol.* **79**, 67-74
- 6) McC. Brooks, chandler & M. G. F. Fuortes (1952) Rotential changes in spinal cord following administration of strychnine. *J. Neurophysiol.* **5**, 257-267
- 7) 田崎一二 (1944) 神経線維の生理学 河合商店
- 8) Tasaki, I. (1949) The changes in the electric impedance during activity and the effect of alkaloids and polarization upon the bioelectric processes in the myelinated nerve fiber. *Biochem. Biophys. Acta.* **3**, 484-493
- 9) Wall, P. D. & N. H. Horwitz (1951) Observation on the physiological action of strychnine. *J. Neurophysiol.* **14**, 257-263

## Summary

The author utilized Tasaki's "bridge insulation" method: Strychnine was applied on a single nerve fiber of a toad.

The following results were obtained;

1) When strychnine concentration was low, rheobase went down, spike height of action current decreased and its duration prolonged to some extent.

2) When strychnine concentration was high, rheobase increased, while, spike height of action current decreased and its duration prolonged considerably.

3) The action of low strychnine concentration was possibly compensated with an electrotonus.

4) The action of high strychnine concentration was not possibly compensated with electrotonus.

5) The influences the adjoining Ranvier's node received when strychnine was placed on a node were as follows :

Regardless of degree of concentration

a) its rheobase went up,

b) spike height of action current decreased and its duration prolonged.

6) The above influences on the adjoining Ranvier's node were observed when narcotic, such as urethane was put together with strychnine and resulted in increased rheobase and decrease in spike height of action current.

7) The above mentioned actions are comprehensible as a catelectrotonic when the concentration is considerably low, however, when it is high, injuring phenomena must also be taken into consideration.

*(Department of Physiology, Tokyo Medical College)*

## 陽極開放刺激に対する閉鎖時間の影響

(刺激電流自身の第3作用) 612.816.1

Influo de fermada tempodauro sur la sojlo de malferma stimulado:  
la tria efiko de stimulantanta kurento mem.

上山 巖 (UEYAMA-Iwao)\*

### I. 緒 論

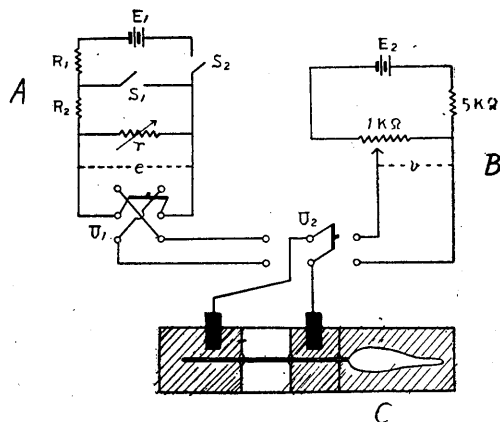
著者の教室においては従来神経、筋等の興奮性形体に対する直流通流電極作用として、生理学的には電気緊張と、それに続いて現われる両極下における電気緊張下と正反対の方向の閾値変化とに注意して来た。そしてこの後のものを永きまたは強き通流によって起された両極下の形体膜の分極性変化によるなし、分極作用(その生理学的現われが電気緊張)を通流電極の第1の作用、刺激作用(現代生理学的知識においては陰極性分極が一定の大きさに達するとこれが起るとされる)を第2の作用と数え、上述の作用を第3作用と名づけている(鈴木<sup>1)</sup> <sup>2)</sup>)。そして同作用の神経の基電圧や直線恒数(坂本<sup>3)</sup>)、皮膚の分極性(本間<sup>4)</sup>)、神経及び筋の閾値(安藤<sup>5)</sup>)、神経の不応期(福田<sup>6)</sup>)、人体内の神経や筋の閾値(井上<sup>7)</sup>)、筋縮高(浜中<sup>8)</sup>)等に対する影響などがいままでに観察されている。

これらの観察に当つては刺激回路とは別の回路の電源から神経に通流し、その一定時刻における閾値なりその他の値を刺激回路からの電流にて測定するのであるが、その刺激は陰極にて起るのであるからいうまでもなく、通流にては陰極または陽極であった部分を刺激電極の陰極として、閾値その他の値を測るのである。然るに直流開放刺激は陽極にて起るのであるから、その開放までに閉鎖されている刺激電流は、その陽極にて第3作用を現わして然るべきである。殊に開放閾値は閉鎖閾値より大であるから、開放閾値測定のために閉鎖する電流は相当の第3作用を示すべきである。この陽極通流の第3

作用は閾値を低下せしむるようにはたらくのであるから、閉鎖時間が延長されるに従い開放閾値は低下することが予見される。本実験はこれを確かめることに始まり、この作用を深く検討したものである。

### II. 実験方法

実験材料はすべてトノサマガエル(カエル)の坐骨神経腓腹筋標本を用いた。主として冬眠中のカエルを保温箱 16°C にて 3~4 日飼育せるものである。標本は液体電極箱に装置して1時間を経、神経の興奮性が安定した状態で実験を始めた。



第1図 実験配線図

実験配線を第1図に示す。図においてAは刺激回路、Bは通流回路、Cは電極箱である。Bは多くの実験には用いず、刺激電流以外の通流を施す実験(5, 6, 7)においてのみ用いた。Cなる電極箱は隔絶により4室からなるセルロイド製で大きさは神経の充分入り得る程度のものである。唯隔絶壁の厚さは1mmのセルロイド板である。電極は0.3×1cmの銀板で塩化銀メ

\* 千葉大学医学部第1生理学教室

ッキを施す。多くの実験にあっては刺激回路の陽極は筋側の隔絶室にあり、従って上行流である。但し閉鎖刺激閾値を求めた実験 6-b には陰極を筋側に即ち下行流刺激とした。電源 ( $E_1$ ) は 100V の蓄電池であり  $S_1, S_2$  は一般には水銀スイッチを使用した。ただ閉鎖刺激実験はそれぞれをロタトリウムの 2 つの接点に連結し、その両点開放の時間間隔を一定にした。本実験は主として陽極開放刺激閾値に及ぼす電流閉鎖時間の影響を見んとするものであるが、その時間を規定する  $S_1, S_2$  の開放の間隔は手動によって変化せしめた。即ち目前のストップウォッチに依り 1, 3, 5 秒, 10, 20, 30 秒, 及び 1, 2, 3 分等と間隔を変化せしめた。  $S_2$  を開放するときの筋の最小攣縮を示標として開放閾値を決定したのである。  $R_1$  及び  $R_2$  は 20k $\Omega$  のラジオ用棒抵抗であり、  $r$  なる無誘導抵抗器を加変する事により 
$$e = \frac{E \times r}{R_1 + R_2 + r}$$
 で閾値が得られる。閾値決定までは熟練しても 4~5 回の刺激回数を必要とするので各刺激に於ける開放までの閉鎖が神経に与える影響の蓄積を除くため、1 回の刺激の度に反対方向に同一時間通流した。即ち転換器  $U_1$  により下行流として通流を行った。この方法は開放刺激につき実験を行った山田<sup>9)</sup> (1951) の場合と同様である。また各刺激の間隔においては少くとも開放までの時間以上休止せしめねばならない。そこで大体は毎回 1 分間の刺激間隔を置いたのであるが、開放までの閉鎖が 5 分以上の場合には少くとも 5 分間位の休止を置いて刺激を繰り返したのである。

通流回路 B においては電源  $E_2$  は 6V, 5k $\Omega$  の前置抵抗をもった 1k $\Omega$  加変抵抗によりポテンシオメトリックに一定電圧を通流する。その電圧  $v$  は実験の開始前に測定して置き 0.05, 0.1V の両電圧を作用せしめた。この通流も刺激電極を通じて行い切換スイッチ  $U_2$  により切換えた。即ち坂本<sup>10)</sup> (1944) の行った通流短時中断法によるもので、先ず刺激回路により正常の閾値を求め、続いて  $U_2$  を切換えて通流を行う。通流中の一定時刻に於ける閾値を求めるためには、各刺激毎にその直前に B を A に切換えて刺激

し、直ちに B に切換えて通流を行うのである。検せられる開放閾は閉鎖時間 1 秒のものであるが刺激間隔は 1 分であるから、閾値決定操作間も第 3 作用はほとんど不変に存続し、且つ 1 秒余の操作間に大いなる変動を示すとは考えられない。実験成績 6-b の陰極閉鎖閾値は刺激を下行流にすることで求め、ロタトリウムの  $S_1, S_2$  開放間隔即ち刺激電流閉鎖時間は 25msec に固定して置いた。この場合の通流と刺激との操作は全く開放閾値と同様である。閉鎖刺激閾値測定の際は筋側の電極が陰極、開放刺激閾値測定ときはこれが陽極であるが、いずれの場合においてもその電極側が通流回路の陰極なる場合を陰極通流、同陽極なるときを陽極通流と云うのである。

塩類溶液の作用は K 及び Ca の作用をみたのであるが、KCl, CaCl<sub>2</sub> の夫々等張液を Ringer と或る割合に混じたものを刺激の行われる室に用いるのである。2/10 と記されたのは K 或は Ca の等張液 2cc に Ringer 8cc の割合の溶液が作用したことを意味するものである。また温度効果の場合は矢張刺激の行われる室を低温または高温の Ringer 液をもって灌流し、其の室の神経の周囲の温度を加変するのである。他の室はいずれも 16°C である。

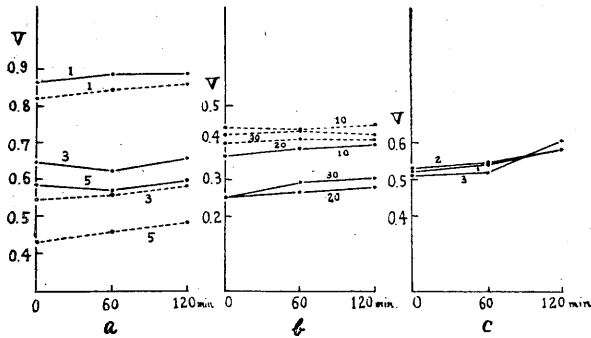
## II. 実験成績

### 1. 陽極開放閾値に及ぼす閉鎖時間の影響

先ず目的の影響の大体を知るため、種々の段階において閉鎖時間を変化して陽極開放閾に対する影響を観察した。即ち第 1 図にて回路 A のみを用いて C を刺激する。  $S_1, S_2$  の開放間隔をストップウォッチにより行い、一定時間ずつ通流する。そしてその時間を 1, 3, 5 秒と変化せしめる場合、10, 20, 30 秒とする場合、1, 2, 3 分とする場合を別々に検した。なお本系列においては測定値の経時的変化の有無を見るため実験開始時 (標本装置後 1 時間経過)、1 時間後、2 時間の値をも求めた。

#### a. 閉鎖時間 1 秒, 3 秒, 5 秒の場合

1, 3, 5 秒の開放閾値の経時的変化の 1 例を



第2図 開放閾経時変化

a, b, c いずれも横軸は分にて盛った時間経過, 縦軸は V にて盛った開放閾を示す。a の 1, 3, 5 はそれぞれ 1, 3, 5 秒閉鎖の開放値, b の 10, 20, 30 は 10, 20, 30 秒のそれ, また c の 1, 2, 3 は 1, 2, 3 分のそれを示す。a および b の断線値については本文を見よ

第2図 a (実線) に示した。閉鎖時間の変化による閾値の変化は著明であって時間が永いほど閾値は低い。経時的変化は取上げるべき知見を示さない。他の例に於ける成績も同様である。なお別の標本にて各回の刺激後に逆方向の電流を与えないで閾値を追求した 1 例を点線をもって示した。大体前のもと同様な閾値低下を見るのである。

b. 10, 20, 30 秒の場合

1 例を第2図 b に示した如く、a ほどではないが明かに時間によって閾値は相違しその永いほど低い。経時的変化はわずかながら漸増の傾向を示す。閾値の絶対値は一般に a の場合よりもいずれも小である。この場合も逆方向の電流を与えない 1 例を点線で示すが、これにおいては閾値は閉鎖時間の延長により殆んど変化していない。a に於ては逆方向の通流の有無はさほど影響を与えなかったが、時間が永くなるに従いその有無による相違は著明となって現われる。そこで以後の実験は全部各回の刺激の後に逆方向の通流を行うことにした。

c. 1 分, 2 分, 3 分の場合

その 1 例を第2図 c に示すが、見るが如く閉鎖時間に従っての閾値の差異は極めて少い。わずかながら 1, 2, 3 分と漸次低下した例もあったが、多くの例では 1 分と 2 分とは等しく 3 分がやや低かった。例によっては 2 分が 1 分より

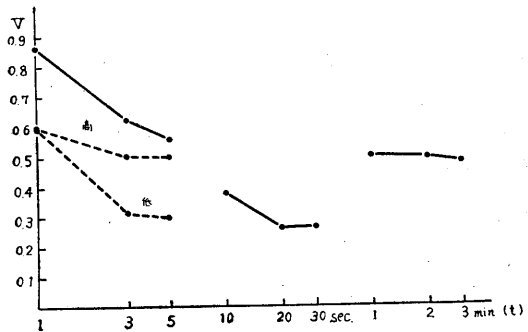
わずかながら高いものもあった。要するに時間に従い低下はあるが極めてわずかだといえる。また経時的変化としては漸次上昇する傾向が、秒の次序の通流におけるものより強く、且つ本系列内でも 2 分, 3 分と長時間の通流ほどその傾向が強い。

a, b, c を通じて経時的変化は a よりも b, b よりも c と少しずつ強まり、閾値漸増の方向をとる。これ刺激通流を加えることにより漸次興奮性が低下することを示すものである。従って実験開始時は興奮性最大の時に相当するを以て、a, b, c ともこの時の値を観察することと

第1表

a (6例)	1sec 0.865	3sec 72	5sec 65
b (5例)	1sec 0.381	20sec 69	30sec 70
c (6例)	1min 0.501	2min 99	3min 96

し、系列毎に全例の平均値を第1表に示す。a, b, c それぞれ別個の標本についての実験であって、それぞれ 1 秒, 10 秒, 1 分の閉鎖における値は開放閾の絶対値にて示し、それに続いて第 2, 第 3 行における値は第 1 行の閾値に対する比較値として % で表わされた変化の大きさである。見るが如く閉鎖時間 1, 3, 5 秒の変異に対しては閾値は 100, 72, 65 の比にて低下して著しい変化を示す。10, 20, 30 秒の変異に対して



第3図 閉鎖時間と開放閾

横軸は閉鎖時間にて目盛は秒および分, 縦軸は開放閾にて目盛は V. 断線値はそれぞれ高温および低温下の成績

は 100, 69, 70 であって低下の程度やや劣り, 1, 2, 3 分にては 100, 99, 96 の比で低下極めて軽微である. 第3図(実線)はこれを図示した. なお a, b, c における1秒, 10秒, 1分の絶対値の比較はカエルの個体差, 実験時期差を考へに入れば不合理なので今を行わない.

2. 陽極開放閾値及びそれと閉鎖時間との関係に対する K, Ca の影響

陽極開放閾値及びそれと閉鎖時間との関係に対する環境条件の影響を見るため, 先ずイオン溶液の効果をアルカリ金属, アルカリ土金属イオンの代表たる K, Ca について実験した. そしてこれを見るための陽極開放刺激としては, 1により閉鎖時間によって最も強く影響される 1, 3, 5 秒の系列を選んだ. 先ず K の作用を見たが, このためには前述の実験方法にて述べた如く陽極室に 2/10 の KCl 溶液を作用せしめた. そのまま約 1 時間 30 分放置すれば閾値は大體安定して余り動揺を示さなくなることを知ったので, この時刻より 2 時間にわたる経過において 1 秒, 3 秒, 5 秒の閾値並びにその変化を観察した.

次に Ca の作用を観察した. このためには 4/10 の CaCl<sub>2</sub> を作用せしめた. 約 2 時間放置すれば閾値が大體安定することを知り, 作用後 2 時間を待って実験を開始した. そしてその後 2 時間にわたり 1 秒, 3 秒, 5 秒の閾値及びその変化を観察した.

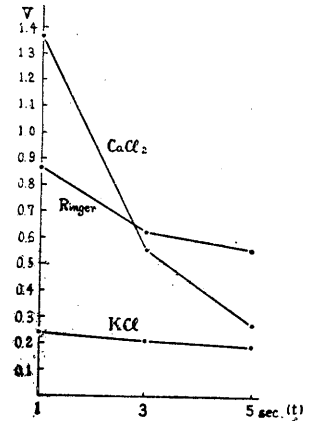
K においても Ca においても, 実験開始後 2 時間における 1 秒閉鎖開放閾の変化は殆どない. また 1 秒, 3 秒, 5 秒の変異に対する変化の大きさも殆ど変らない. 従ってこれらに対する K, Ca の影響としては, イオン溶液作用の完成した実験開始時の成績のみを見れば充分である. その値の全例における平均値を第1表にならして示したのが第2表である. KCl 及び CaCl<sub>2</sub> についての値の下に比較のために, 第1表より

第2表

	1sec	3sec	5sec
KCl (6例)	0.245	86	79
CaCl <sub>2</sub> (6例)	1.363	41	20
Ringer (6例)	0.865	72	65

この閉鎖時間に相当する数値を掲げた. 見るが如く KCl の作用下にて 1 秒閉鎖の開放閾は正常に比してはるかに低下し, CaCl<sub>2</sub> の作用下にて大となる. そして閉鎖時間の延長の影響は正常が 100, 72, 65 の比なるに對して KCl 下にては 100, 86, 76 と緩徐となるに對し, CaCl<sub>2</sub> 下にては 100, 41, 20 と急峻となる. これを明かに示すはその図示第

4 図である. これらの閉鎖時間の延長が開放閾を低下せしめるのは, 刺激電流自身の陽極通流第3作用の現われであるから, CaCl<sub>2</sub> にて閾値が上昇し且つ変化が急峻となり, KCl にて下降して変化が緩徐になることは, 通流陽極作



第4図 イオンの影響  
両軸は第3図と同じ. 正常時および K ならびに Ca イオン作用の開放閾-閉鎖時間関係を示す

用が Ca イオンと同一で K と反対の条件群に算入された, 鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一致する結果である.

3. 陽極開放閾値及びそれと閉鎖時間との関係に対する温度の影響

環境条件の第2として温度の効果を観察した. IIにて記述せる如く刺激の行われる室を低温の場合は 8°C の, 高温の場合は 25°C の Ringer 液を以て灌流して室の温度を保ち, その中に 1 時間放置した神経について実験した. 而して本実験においても 1, 3, 5 秒の閾値変化を追求した. 低温時と高温時と別個の標本によって求めた.

a. 低温の作用

第3表最上の欄に低温における 1, 3, 5 秒の場合の平均値を前表の如く示し, 同表最下欄には比較のため 1 において観察した値を常温として掲げる. 即ち 1, 3, 5 秒と閉鎖時間が永くな

第3表

	1sec	2sec	5sec
低温 (5例)	0.697	53	51
高温 (5例)	0.603	92	87
常温 (6例)	0.865	72	65

るに従い、常温にて 100, 72, 65の比で開放閾が低下するに対し、低温では 100, 53, 51と低下が急峻となるのを見るのである。

b. 高温の作用

第3表中央の欄に高温における数値を示し、これを最下の常温と比較するに、1, 3, 5秒の閉鎖に際し、常温では開放閾の低下が 100, 72, 65なるに比して、高温では 100, 92, 87と著しく緩徐であるのを見るのである。

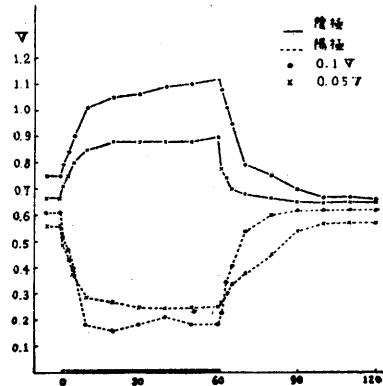
この低温及び高温における開放閾低下の状態を第3図(断線)にて示した。斯くの如くこの低下が低温の下では急峻となり、高温下にては緩徐となることは、前項イオン作用にて見たと同様に、陽極通流第3作用が低温と同一で高温とは反対の条件群に入れられてある、鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一致する成績といえることができる。ただ1秒閾値における絶対値については、低温と高温とで有意の差異を示すべく余りに偏差の多き各例値であったことと、常温についての実験とは時期的の差異があったりして比較に堪えないのである。

4. 陽極開放閾値(1秒閉鎖における)に対する他の通流の電極第3作用

上述 1~3 の実験により、開放閾値測定のために加えられる刺激電流はその陽極において自身の第3作用を現わし、その閉鎖の延長するに従って開放閾を低下せしめることを明かにすることができた。そしてまたその作用の他の環境条件に対する関係が、従来見られた通常の通流第3作用におけると同様なることを見るのである。しかし従来の陰極閉鎖閾に対して見られた通流陽極第3作用の影響(安藤<sup>5)</sup>)においては、通流後5分、10分の辺りにては著しい閾値低下を続ける。然るに実験1にては分の次序において極めて軽微な低下しか示さない。であるから開放閾に対しても、従来の如く他の通流電極作

用の影響を観察することが必要となった。

方法は第1図の通流回路Bを用い、実験方法の条において述べた如く切換スイッチ  $U_2$  により、通流を行ったり閾値を測定したりしたのである。開放閾値は1秒の閉鎖によるものを観察した。開放刺激の行われる陽極側に通流の陰極が作用した場合を陰極効果、陽極の作用したのを陽極効果と呼ぶのである。



第5図 他の通流による開放閾の変化

横軸は時間の経過を分にて盛り、太線間に通流が行われる。縦軸は閾値をVにて示す。以下第10図まで同断。実線は陰極、断線は陽極通流による変化を示し・は0.1V、×は0.05Vの場合

第5図には0.05Vおよび0.1Vの陰極および陽極通流による、開放閾値の経時的変化の1例ずつを示す。これら各種の測定はそれぞれ別個の神経によって得られた成績である。実線に連ねられた変化は陰極効果であって、通流後漸次閾値が上昇し、通流を絶てば下降する。その上昇も下降も通流電圧大ならざれば大体滑かな指数函数的変化であってその時定数は大体7~10分である。通流電圧大なときは閾値変化の度は大きく、上昇が一定時間直線的に上り角をなして緩徐な上昇に移り、60分の通流の後の部分も僅かながら上昇を続ける意味において、定型的の形から外れる傾きがある。断流後の下降でも大体同様である。

点線で示すは陽極効果であって、通流間閾値は低下し、断流後元に返る。その経過は通流電圧大ならざれば大体指数函数的で、時定数も陰極効果と大体同様である。通流電圧大なとき

は変化の度も著しく、また通流断流直後の変化が急となり、通流後期に不規則な動揺が現われる傾向がある。

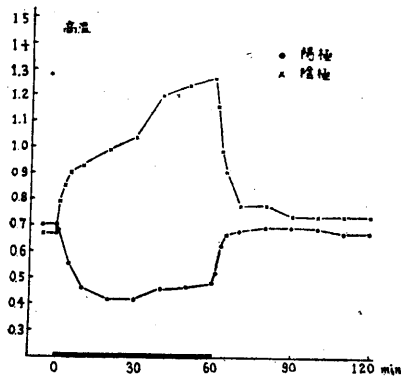
この所見を従来の閉鎖閾に対する通流効果(安藤<sup>5)</sup>)と比較すると、変化の方向及び経過はほとんど同様であるが、開放閾に対しては殊に陽極効果が著しい。そしてこの開放閾に対する他の通流陽極の第3作用は、閉鎖閾に対してと同様に、低下が通流後5分、10分辺りでなお著しい。然るに1にて見た刺激電流自身の陽極第3作用では1, 2, 3分の差に対しては極めて軽微な低下しか示さない。この差異の来由を究めねばならないのであるが、それは後にゆずって、ここでは暫く本装置を用いて、1秒閉鎖の開放閾に対する他の通流電極第3作用の研究を続けることとする。

#### 5. 陽極開放閾値に対する他の通流電極作用と温度

4において見た他の通流電極作用を高温および低温下に観察して、陰極および陽極作用と高温および低温作用との相互関係を明かにしようとした。この場合通流は0.1Vのみを観察した。

##### a. 高温

実験方法にて述べた如く高温に保ったRinger液をもって刺激の行われる室を灌流し、同室における神経周囲を大体 25°C に保たせながら、4と同様の実験を行った。第6図に陰極効果、陽極効果1例ずつを示す。これを第5図0.1Vの場合と比較するに陰極効果は見るが如く常温より著しい。殊に通流期間後半において、常温に



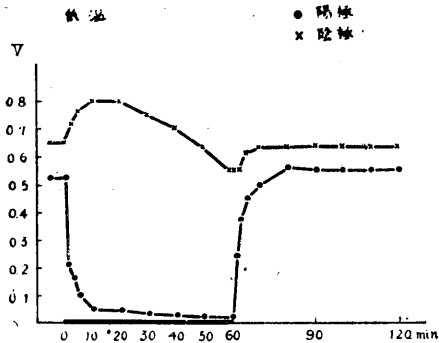
第6図 高温の影響

ては著明でなかった上昇が高度に起る。他の例においてもほとんど同様な変化を見るのである。これに反して陽極効果は常温に比して著しく減弱している。図は面積の都合で縦座標0まで描いてないのであるから一見著しくないが、第6図に比して実は大いに減弱されているのである。そして大体常温にて現われた変化が程度低く現われていると見ることができる。

すなわち陰極効果が高温で増強され、陽極効果が減弱されるのを見るのであるが、これは高温が陰極通流と同一の、そして陽極通流と反対の分類群に算入されている鈴木<sup>1)</sup>の環境条件対立分類に一致する成績である。

##### b. 低温

第7図に低温下における陰極効果、陽極効果



第7図 低温の影響

1例ずつを示す。ここに示す陽極効果は7~8°Cにおけるもの、また陰極効果は10°Cのものである。この異なる低温における例を挙げたことこの理由は次条(6)にゆずるが、ここにおいてはこれら低温下の両極効果を見てこれを常温下の効果(第5図0.1V)と比較するに、陽極効果による閾値下降は著しく増強され、殊に通流末期における閾値はどの例にあっても、0.1Vの半ば以下に下る。然るに陰極効果における閾値上昇は非常に減弱されている。通流末期における変化については次条(6)にて述べる。とにかくこの低温下にては陽極効果が増強され、陰極効果が減弱されていて、これは本条a. で見た高温作用とは対蹠的である。そしてこれは低温が陽極通流と同一で陰極通流と反対の環境条件群を

構成する鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一致する成績である。

この対立分類に一致する高温と低温の成績については、殊に低温に関して、ここに述べるような美事な結果を最初から得たのではなかった。そしてこれを得たのは次条(6)に述べる如き数段階の実験系列を経てのことである。

6. 前条5-bの成績に達するまでの実験

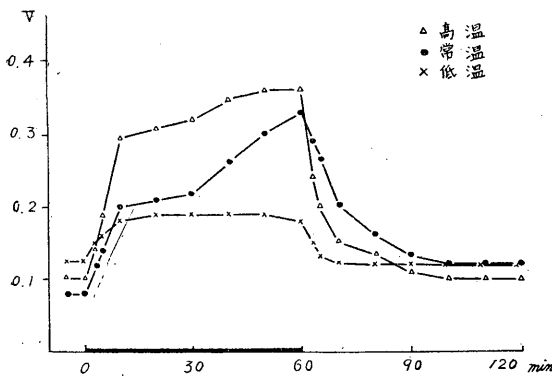
これは幾分本筋から離れるので簡単に述べることにする。

a. 低温7~8°Cにおける陰極効果

5-bにて陽極効果は7~8°Cにて見たのであったから、陰極効果もこの低温で見たところ、1例を第10図(曲線a)に示す如く、陰極効果たる閾値上昇が全然見られず、最初からその下降を示すことあたかも陽極効果を見る如きであった。全例ほとんど同様で最初はその理解に苦しんだのであった。即ち低温下では陰極効果が方向を逆転して陽極効果と同方向となるが如く見えた。そこで同様のことが閉鎖閾値に対する通流第3作用にあるかないかを見るため、一時開放閾でなくて閉鎖閾に対する両極効果を実験した。

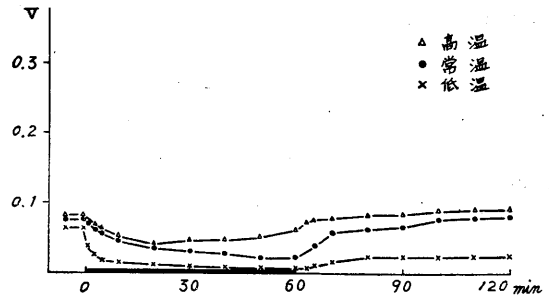
b. 陰極閉鎖閾値に対する他の通流電極作用と温度

大体安藤<sup>5)</sup>の実験の直角電流閾値変化の復試とそれに対する温度の影響の観察であって、実



第8図

他の通流による閉鎖閾の変化およびそれに対する温度の影響(陰極通流)



第9図 同上(陽極通流)

験方法の際に述べた如く筋側電極を刺激回路Aの陰極とし、ロタトリウムS<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>にて25msecの閉鎖刺激を与えて、その閉鎖閾に対する回路Bよりの陰極または陽極通流の影響を中断法にて検し、またそれに対する温度の作用を見たのである。

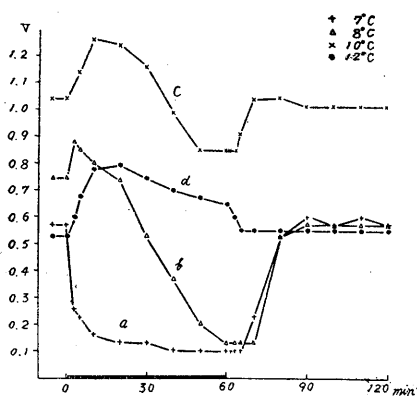
第8図に0.1Vの陰極効果の各温度下(常温16°C, 高温25°C, 低温8°C)の1例ずつを示す。常温における閉鎖閾の変化は全く安藤の観察と一致し、通流期間に漸増して断流後旧に復する。そして高温下にては通流中の変化増強され、低温下にては減弱されるのを見る。また第9図には同様の陽極効果の1例ずつを示すのであるが、これにおいても常温下の変化は安藤におけると一致し通流中は漸減、断流後は漸増して、いずれも大体指数函数的に変化する。そして通流中の変化は高温下では減弱され、低温下では増強されるのを見るのである。

すなわちこの陰極閉鎖閾に対しては、高温は陰極通流効果を強めて陽極通流効果を弱め、低温は陰極効果を弱めて陽極効果を強めるのである。すなわち高温と低温とは両極通流効果に対し、全く鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一致する影響を及ぼすのであって、6-aで見たような低温にて陰極効果が陽極効果の如き閾値低下を来たすことを見ることができない。であるから6-aで見たことは、開放閾値に対する陰極通流作用の上に及ぼす低温の影響として、特殊なものであることを考えざるを得ない。そこでその低温を一層深く吟味することにした。

c. 陽極開放閾値に対する陰極効果に及

### ばす種々の低温の影響

bの末尾に述べた理由によって種々の低温の下に、開放閾値に対する他の陰極通流の作用を5-bと同様の方法にて検討した。即ち刺激電極室灌流の温度を8, 10, 12°Cとして、0.1Vの陰極通流作用の開放閾に対する効果を検するに、実験標本の個体差によって、実験例中には互いに相隣りする温度条件のもの入りまじる様相の変化を示すものもあるが、それらのことを考えに入れて、各条件の代表例と思われるもの1例ずつを第10図に示す。6-aで述べた如く



第10図

開放閾の陰極通流による変化に対する種々の低温の影響

a 7°, b 8°, c 10°, d 12°C の場合

先に 7~8°C にて実験したときは全例においてほとんど、第10図 a 曲線の如く通流の最初から閾値が下降して通流期間中続き、あたかも陽極通流作用の如き観があった。5例中1例だけに通流の最初上昇を見、10分辺りより下降を示したのであった。然るに今 8°C にて実験するに、全例にて第10図 b 曲線の如く。最初閾値の上昇を見、10~20分の辺りより下降して通流中著しい下降を見る。10°C においては同図 c 曲線の如く最初の上昇著しくして、通流後半期においてのみ下降を見るが、全例中半数にてはその下降も著しくない(第7図参照)。更に 12°C にては第10図 d 曲線の如く通流全期間にて上昇を示すが、これを第5図の常温に比ぶれば上昇の度が著しく減弱されている。

これをもって見れば低温には開放閾値に対

し、全体として閾値を低める作用があり、今は陰極通流作用の持つ閾値上昇効果にそれを拮抗せしめて、その上昇を減弱するのがねらいであったが、低温の度が強いときにはその全体として低める作用の効果が強く現われるのを知るのである。従って適当の低温を用いるときは 5-b で見た如き、美事な両条件の拮抗を見ることができる。なお低温ならびに高温の全体として閾値に及ぼす作用については考察の章で更に述べることにする。

### 7. 陽極開放閾値に及ぼす閉鎖時間の影響(同一標本につき廣い範囲の変異を与える実験)

以上 4~6 の実験により開放閾値に対して、別の通流電極第3作用は鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一致する影響を与え、同分類の同一群内の条件と共力、反対群内の条件とは拮抗的作用あることを見た。そして陰陽両極とも閉鎖閾に対してと同様に、通流後5分、10分辺りの時間では変化が相当著しく行われるのを見るのである。一方 1~3 の実験はそこに見た開放閾に対する閉鎖時間の影響が、刺激電流自身の通流陽極第3作用と考えざるを得ないことを示している。然るに 1 にて見た 1, 2, 3 分の差異は極めて軽微な閾値変化しか与えない。これが 1~3 の実験から 4~6 の実験に移った問題設定のいきさつであった。

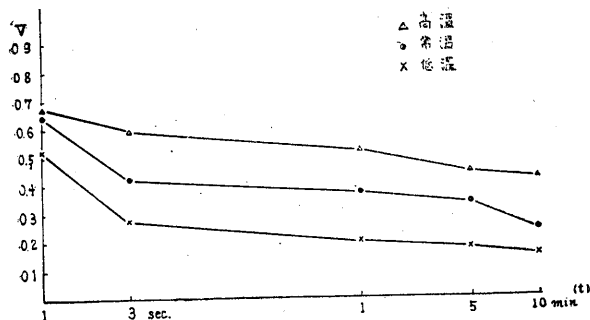
しかし 1, 2, 3 分は 1, 3, 5 秒または 10, 20, 30 秒の如き通流当初の時間変異に対して、4~6 の実験における図の横軸から考えても、余り幅の小さい変異なることが考えられる。また 1 において 1, 3, 5 秒と 10, 20, 30 秒と 1, 2, 3 分との系列間にて、閾値の絶対値が必ずしも閉鎖時間の影響として予期される差異を示さないのは、実験標本の個体差や実験時期の差異によるのであった。で今はこの差異を除外し、且つ広い範囲の閉鎖時間変異にて実験するため、同一の標本にて 1 秒, 3 秒, 1 分, 5 分, 10 分の時間変異における開放閾の変化を検し、且つ高温及び低温のこれに及ぼす影響を見たのであった。5 分, 10 分の開放閾値決定に当っては、各刺激毎に反方向の同時間の刺激電流を加

えてやる要がある (II 参照) ので、この実験は相当骨の折れるものであった。

従って本実験は常温 (16~18°C)、高温 (25°C)、低温 (8°C) それぞれ 3 例ずつを行い、その平均値を 1~3 の際の仕方から従って第 4 表に示した。

第 4 表

	1sec	3sec	1min	5min	10min
低温 (3例)	0.625	52	33	29	24
常温 (3例)	0.611	71	61	53	41
高温 (3例)	0.604	90	75	64	60



第11図 開放閾-閉鎖時間関係および温度の影響  
両軸につきては第 3 図と同断

1 秒閉鎖開放閾の絶対値にはこの場合、温度に従って有意の差異を示すべく余りに大なる偏差があって、平均値において温度による差が現われていない。第11図には温度に従って当然の差異を示した例を 1 つずつ掲げることとする。これを見れば先ず常温において、上述の閉鎖時間変異に対し 100, 71, 61, 53, 41 の比において開放閾値が減小し、分の次序でも 1, 5, 10 分と変異の幅を増大すれば著しく減小することが見られる。これは 4~6 の実験における他の通流第 3 作用の時間経過と全く一致し、この閉鎖時間延長による開放閾減小は、全く刺激電流の陽極第 3 作用なることを示すものである。

温度の作用を見ると高温では 100, 90, 75, 64, 60 の減小であり、常温下に比して著しく減小度が減弱されているを見る。これに反して低温下では 100, 52, 33, 29, 24 の減小であり、非常に増強されている。これは 3 および 5 の実験と同様に、陽極第 3 作用が高温下で減弱され、低温下で増強されて、同作用が前者と反対、後者と同一の分類群に属する鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一

致する成績である。

#### IV. 考 察

前章 III における実験の進め方においてはある程度考察を加えつつ行ったのであるからそれと重複するところは簡単に述べよう。

本実験は前置きにて述べたように、開放閾値測定のために加える電流自身はその陽極において第 3 作用を現わすために、開放に先だてて電流の閉鎖される時間の延長に伴い、開放閾が低下することあるべきを確かめるにあった。それによって実験 1 には同閉鎖時間を 1, 3, 5 秒; 10, 20, 30 秒; 1, 2, 3 分と変異せしめる 3 系列の観察をなし、且つ結果に経時的変化の有無をも検した。経時的変化としては著しきものはないが、殊に閉鎖時間長き系列では、装置後時間経過するほど全体として閾値増大、すなわち興奮性減小の傾を示したので、観察の対象としては、実験開始時すなわち標本装置後 1 時間

にて興奮性一定に達したときのものを用いた。ここにおいては 1, 3, 5 秒; 10, 20, 30 秒の変異に対してはかなり著しい閾値の低下を見たが 1, 2, 3 分に対しては軽微な低下しか見られなかった。そしてこの 1, 3, 5 秒の低下に対し、実験 2 にはイオン作用として KCl 2/10 溶液, CaCl<sub>2</sub> 4/10 溶液の作用が見られ、また実験 3 には高温 (25°C) と低温 (8°C) の作用が検された。そして K イオン及び高温の下にては 1, 3, 5 秒と閉鎖延長に伴う開放閾低下が著しく緩徐となり、Ca イオン及び低温にては著しく急峻となることより、この閾値低下が刺激電流自身の陽極にて示す通流第 3 作用なることが考えられた。

もちろん陽極開放刺激にも i-t 関係があって、その閾値と閉鎖時間との間には一定の関係があり、閉鎖時間大なるに従い閾値は小となる。これについては本教室にて宇野<sup>10)</sup>が明かにしたのであって、この関係は Weiss の式を満足する。しかしこの関係にて時間大となると共に閾値の低下するのは、カエル神経にて msec~10 数

msec の範囲であって、その主要利用時に相当する時間は大体 50msec である。従って今見ている秒、10秒の次序における延長における閾値減小は、 $i-t$  関係のそれでは全くなく、上述環境条件対立分類の各属員条件との共力及び拮抗より考えても、正に刺激電流自身の陽極第3作用たることは明かである。

ただその1, 2, 3分と分の次序における延長に伴う低下が余り軽微であるため、従来(安藤<sup>5)</sup>)見られた閉鎖刺激に対する他の通流の陽極第3作用が、5分、10分の辺りではなお著しく閾値低下に作用する事実と比較するため、開放閾に対する他の通流の第3作用が実験4にて検せられた。ここにおいてはもちろん陽極のみならず陰極の第3作用も観察され、0.05V, 0.1Vの2種の電圧の通流が試みられた。この実験は歴史上やはり最初のものであるが、陰極、陽極両方の作用ともにおいて、閉鎖閾に対するとほとんど同様の方向と経過にて開放閾に対する影響が見られた。殊に陽極第3作用の開放閾低下作用は、閉鎖閾に対してより強く働くことが見られたが、陽極における閾値に対する陽極の作用であるからであろう。

この所見から開放閾は他の通流陽極第3作用により5分、10分の辺りにてなお著しい低下作用を受けることを知る。これより実験1にての分の次序の変異を顧みるに、1, 2, 3分と余りに狭い変異であったことを見るのである。そしてそこでは1, 3, 5秒と10, 20, 30秒と1, 2, 3分と別々の標本にて行ったため、秒と分とにて絶対値の比較ができなかったことを顧み、実験7にては同一標本にて閉鎖時間に1秒、3秒、1分、5分、10分の変異を与えたところ、5分、10分の辺りにてもなお著しく低下作用を有することが見られた。また高温、低温の影響を検したところ、全く鈴木<sup>1)</sup>の対立分類と一致する成績を示して、閉鎖時間延長に伴う開放閾の低下は刺激電流自身の陽極第3作用によるに他ならず、そしてその作用は他の通流の陽極作用と全く同様であることが明かとなった。

これにて本実験の本筋は結末までついたので

あるが、実験4で見たところの開放閾に対する他の通流第3作用につき、温度の影響を見た実験5と6についていささか論ずることがある。すなわち6の諸実験により始めて、5で述べた大観した結果が得られたのであったが、それによれば高温の下では、陰極通流の開放閾値上昇が增強されて陽極通流の同下降作用が減弱され、低温の下では陰極による上昇効果が減弱されて陽極による下降効果が增強された。そしてこれらの変化は鈴木<sup>1)</sup>の環境条件の対立分類にて、高温と陰極通流とが一方の、そして低温と陽極とが他方の分類群に算入されていることから当然期待される、通流と温度という2種類の環境条件の、共力及び拮抗の現われに相当するのである。しかし6-aの如く最初7~8°Cの低温で、陽極効果は增強されて常温下より著しい閾値下降が見られたが、陰極効果にてはその特長たる閾値上昇が全然見られず、最初から低下してあたかも陽極効果の如く見えた。これが最初予期しなかった成績なので、6-bを経6-cにより、7°Cの低温にては低温の閾値低下作用が陰極の上昇作用を打勝ち過ぎたことが分り、適当な低温にては陰極効果の上昇はあるが、それがただ減弱されるだけの変化を認めることができたのである。高温は全体として開放閾を大ならしめ低温は全体として小ならしめる。それが陰極効果、陽極効果と共に作用するとき、高温にては25°Cにて適宜な共力と拮抗が見られたが、低温では7~8°Cにては陰極効果との拮抗にて低温効果が強すぎたのであった。6-bにて見た陰極閉鎖閾に対する通流第3作用に対しての温度の影響においては、7~8°Cの低温にてなお陰極効果の適宜な減弱が見られたのであったから、低温は開放閾に対しては、閉鎖閾に対してより強力に作用すると考えられるのである。

通流電極第3作用については鈴木<sup>1) 2)</sup>、更に鈴木<sup>1)</sup>に詳しく説かれている如く、刺激閾値に対する影響としては従前の文献にて、Werigoの陰極抑圧作用として陰極下においてのみ注意され、陽極下では充分認められてなかった。一方

永いまたは強い通流に際して、陰陽両極下にて互に方向相反する物理化学的变化、恐らくは透過性変化、分極性変化のあることが、Bethe, Mackuth, Ebbecke, 鈴木, 三浦等の観察にて考えられていたのであった。鈴木はこの後者に相等する生理学的変化として、陽極にも陰極抑圧作用と相反する閾値変化あるべきことを期待したのであったが、杉の筋における所見、坂本<sup>8)</sup>の神経における中絶法の創始によって、そこに閾値低下作用あることを確かめて、第3作用についての学説を立てるに至ったのであった。

この従前の文献において、陽極第3作用に相当する閾値変化の明確なる所見が欠如している間も、陽極通流に際しての閾値の若干の変化は観察された。古い文献においては永い通流の陽極において、閾値上昇度の漸減ないし下降への反転さえもの示唆がある(Grünhagen, Tigerstedt, Bürker等—Thörner<sup>12)</sup>に拠る)が、近い頃に見られたのは開放刺激閾の低下であった(Ebbecke<sup>13)</sup> p.797)。特に陽極通流の開放閾に対する低下の影響を見たのはLaugier<sup>14)</sup>であって、彼はこれを開放閾に対する *decalage* と名づけた。しかし彼が観察したのは先行する開放閾測定または数秒間までの陽極通流であって、彼は分極の残尚に重きを置いているようである。そして鈴木<sup>1)</sup>の唱えて私が上にそれを検証したような、第3作用に相当する考えの下でしたことはない。Thörner<sup>12)</sup>は窒息下の神経における開放閾低下を観察し、同時に現われる陰極抑圧作用の強化と共に傷害作用による神経膜の変質(Alteration)に帰した。実際当時は機械的、化学的変性、麻酔、傷害などの作用を変質と唱え、またWedensky<sup>15)</sup>のいわゆるParabioseの一種として種々の観察を説明せんとし、陰極作用をParabioseの一種と見る学者もあった。当時説明に苦しまれていた陰極抑圧作用もそれに帰したのである。またイオン作用(Woronzow<sup>16)</sup>)も変質として取扱われている。しかしイオン作用(Höber<sup>17)</sup>)にも電極作用(Ebbecke<sup>18)</sup>)にも、膜を固める作用と弛める作用との相反する2面があり、それらはあるいは共力しあるいは拮抗

する(Woronzow<sup>19)</sup>, Mackuth<sup>20)</sup>)。かかる見方から鈴木<sup>1)</sup>の通流電極の第3作用が提唱されたのであって、その意味にて開放閾に及ぼす陽極通流第3作用としての影響を系統的に取扱ったものは本実験が最初のものといえよう。

本業績は鈴木正夫教授に対する文部省科学試験研究費にて一部支弁された。

欄筆するに臨み御懇篤なる御指導並びに御校閲を賜った恩師鈴木教授に深甚なる感謝の意を表し、併せて本間助教授の御鞭撻を深謝す。

### 文 献

- 1) 鈴木正夫 (1948) 環境条件と生体興奮態度 日新医学 35, 192
- 2) 鈴木正夫 (1951) 電気の刺激作用 生理学講座 2-1-B
- 3) 坂本健次郎 (1944) 電気刺激強まり要素測定の一新法及び夫による直流通流の神経に於ける該要素に対する影響の観察 日本生理誌 9, 433
- 4) 本間三郎 (1950) 人体皮膚の電気的分極に就いて 日本生理誌 12, 261
- 5) 安藤 毅 (1952) 神経並びに筋に於ける直流通流電極作用の研究 日本生理誌 14, 1
- 6) 福田 忠 (1953) 直流通流第3作用の神経絶対不応期に及ぼす影響 日本生理誌 15, 434
- 7) 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
- 8) 浜中健夫 (1954) 筋攣縮に対する直流通流第3作用と各種環境条件変化のそれに及ぼす影響 日本生理誌 16, 688
- 9) 山田真人 (1951) 筋の陽極開放刺激に関する研究 昭和医大生理論文集 第2巻
- 10) 宇野 幸 (1946) 開放刺激の強さ期間曲線に就いて 日本生理誌 10, 1
- 11) 鈴木正夫・安藤 毅・宮田 誠 (1954) Effects of polarizing electrodes on the threshold of nerve stimulation. Jap. J. Physiol. 4, 251
- 12) Thörner, W. (1922) Electrotonische Untersuchungen am alterierten Nerven. I. Pflügers Arch. 197, 159, II. ditto 197, 187
- 13) Ebbecke, U. (1933) Zur Lehre vom Elektrotonus. Erg. Physiol. 35, 756
- 14) Laugier, H. (1921) Electrotonus et excitation. Thèses de Sciences, Paris. また Cordot, H. et Laugier, H. : J. Physiol. Path. gén. 15, 1134 (1913) を見よ
- 15) Wedensky, N. E. (1903) Die Erregung, Hemmung und Narkose. Pflügers Arch. 100, 1

- 16) Woronzow, D. S. (1927) Über die Einwirkung des konstanten Stromes auf den alterierten Nerven. IV. Pflügers Arch. 216, 32
- 17) Höber, R. (1905) Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Froschmuskels. Pflügers Arch. 106, 599
- 18) Ebbecke, U. (1922) Membranänderung und Nerven-  
 19) Woronzow, D. S. (1924) Über die Wirkung des konstanten Stromes auf den mit Wasser, Zuckerlösung, Alkali- und Erdalkalichlorid-lösungen behandelten Nerven. Pflügers Arch. 203, 300  
 20) Mackuth, E. (1926) Erregbarkeit und Struktur des Froschnerven. Pflügers Arch. 214, 612

### Resumo

La tria efiko de elektrodoj de polariganta kurento estis nomata kaj atentigata de Suzuki (1950). Ĝi estas la efiko ĉe iom longa aŭ forta polarigado de nervo kaj elvokas ŝanĝojn de sojlo de stimuliĝo apud ambaŭ elektrodoj tute malaj ol tiuj sub la elektrotonuso, kiu estis antaŭe pensata kiel la sola efiko de polarigado. Ĉar malferma stimulado okazas ĉe anodo de la fermita kurento, la stimulata nervoparto devas esti suferinta la trian anodan efikon de la stimula kurento mem. Kaj ĉar la tria efiko de anodo estas malaltigado de sojlo, estas atendende ke plilongigo de fermada tempodaŭro povas kaŭzi malaltiĝon de malferma sojlo. La eksperimentado komenciĝis kun konstatao de tiu atendo.

La plilongigado de fermado estas unue provata kiel serioj: 1, 3, 5 sek., 10, 20, 30 sek. kaj 1, 2, 3 min. La unua serio montris rimarkindan malaltiĝon de malferma sojlo, la dua iom malpli notindan kaj la tria tre malrimarkindan (Tab. 1, Fig. 2, 3). La efiko de la unua serio estis mezurata sub ŝanĝoj de iona ĉirkaŭo (Tab. 2, Fig. 4) kaj temperaturo (Tab. 3, Fig. 3 interrompita kurblinio). La rezulto montras sub la bazo de la sinkontraŭanta klasifikado de Suzuki (1949) de ĉirkaŭaj kondiĉoj, ke la vidata efiko estas la tria efiko de anodo.

Due estis observataj efikoj de elektrodoj de alia polarigada kurento sur la malferma sojlo de 1 sek. fermita kurento. Polarigado kun 0.05 kaj 0.1 V montris tre notinban sojlo-altigadon de katodo kaj malaltigadon de anodo (Fig. 5). Tiuj ĉi efikoj ankaŭ prezentis sub ŝanĝoj de temperaturo rezultaton kiu koincidas kun ke suprenomita Suzuki-a klasifikado (Fig. 6, 7).

Laste estis pruvata la plilongigado de fermado: 1 sek., 3 sek., 1 min., 5 min., 10 min. ĉe unu sola preparaĵo. Tiu ĉi serio prezentis tre evidentan malaltiĝon de malferma sojlo ankaŭ en ordoj de minutoj, kiu koincidas kun la ŝanĝo pro anodo de alia polarigado (Tab. 4, Fig. 11). Kaj tiu ĉi malaltiĝo ankaŭ montris influon pro ŝanĝoj de temperaturo atendandan de vidpunkto de Suzuki-a klasifikado.

(1-a Sekcio de Fiziologia Instituto, Medicina Fakultato, Tiba Universitato)

## 健康人における体肢の交叉性反射 612. 833. 7

Studies on the Crossed Extension Reflex in Normal Human Subjects.

猪 飼 道 夫 (IKAI-Mitio)\*

### I. 緒 言

体肢の交叉性反射は従来主として除脳或は脊髄動物において認められているものである。すなわち、動物の一侧後肢の皮膚或は筋の求心性神経を刺激するとき、その後肢が屈曲するとどまらず、対側後肢が反射的に伸展する。時には反射の波及は後肢にとどまらず、前肢にも及ぶ<sup>24)</sup>。また動物の一侧後肢を他動的に屈曲するとき、対側後肢が反射的に伸展することが知られ、Philippon 反射と呼ばれている<sup>7)</sup>。この種の反射様式は動物の種類で多少異り、犬や猫では左右の後肢が伸展と屈曲とを交互にあらわすのに、家兎では左右後肢が同時に伸展或は屈曲をあらわす<sup>24)</sup>。なお、単純反射と異り、反射時間が長いとされている<sup>17)</sup>。

反射の生起する機構については、一侧後肢からの求心性衝撃が反射中枢に及び、この興奮が同側のみならず、対側の運動神経細胞をも興奮せしめるものと考えられている。

この種の交叉性反射は人間においては中枢神経系に疾患のある場合に認められているが<sup>2)</sup>、健康人においては明らかにされていない。著者<sup>13)</sup>はさきに健康人において、一侧下肢の膝蓋腱を叩打するとき、その下肢が反射的に伸展するばかりでなく、対側下肢の反射的伸展と時としては同側肘関節の屈曲及び対側肘関節の伸展があらわれることを報告した。

電気生理学的方法はこの種の反射の研究に有用なものであり、Hoff, H. E. 等<sup>10)</sup>は除脳猫において一侧後肢の知覚神経の刺激は同側後肢の運動神経単位のみならず、対側肢の運動神経単位に衝撃の変化を起すことを認め、Bernhard, C. G. 等<sup>1)</sup>は同様の現象を確認した。健康人につき、Schenck, E. 等<sup>23)</sup>等は筋電図法を用い、一般的

な遠隔作用を認めながら、交叉性反射の存在を確認するに至っていない。著者<sup>14)</sup>はさきに筋電図法を用い、一侧下肢膝蓋腱叩打及び下肢の電気刺激により交叉性反射の存在を確かめたが、本報において更に本反射の様式を明らかにした。

交叉性反射は Sherrington, C. S.<sup>24)25)</sup>により注目されてから、多くの研究者の取上るところとなったが、Eccles, J. C.<sup>6)</sup>の述べる如く、この反射は脊髄内に生起する複雑な相互作用を含むものであるから、そのままの分析は困難であり、より単純な自己受容性反射の形において研究さるべきである。それにも拘らず、著者があえて本反射を健康人に求めたことは、姿勢反射が健康人にいかなる様式で存在しているかと言う人間生物学的な課題の解明を志しているからである。更にその結果が Rehabilitation<sup>9)</sup>への応用的価値をもつとも考えるからである。

### II. 実験方法

被検者には健康成人を煩わし、遮蔽室内にて坐位をとらせ、両側下肢を膝関節にて屈曲した姿勢で下垂せしめ、両側膝関節の運動と両側大腿直筋の筋電図とを記録できるようにした。筋電図の記録には同心型針電極を大腿直筋に挿入し、これを増幅器を介して、オシログラフに導いた。下肢膝関節の伸展、屈曲運動を記録するためには、血圧計マンシェットを利用してこれを光学的タンプールに導き、筋電図記録紙上に導いた。タンプール記録には時間的ずれのないことを確かめて用いた。実験に当り、被検者の両側下肢に軽度の随意的伸展緊張を与えた。緊張の程度は毎秒15~20個の遠心性衝撃が現われるものとし、拡声器によりこれを調整した。刺激には次の3種のものを用いた。

#### 1. 一侧下肢の膝蓋腱叩打

\* 東京大学医学部生理学教室

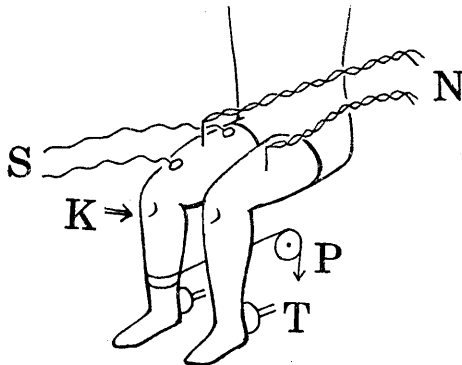
膝蓋腱叩打には叩打槌により最大刺激を用い、叩打の時点は電接装置により筋電図記録紙上に導いた。

### 2. 一側下肢の電氣的刺激

刺激電極として直径 8mm の円形銀板を大腿直筋上の皮膚の運動点の部位に、直径 1cm の円形銀板を膝蓋腱寄りにそれぞれ電気糊ではりつけた。電極を介してインダクトリウムにより最大単一開放電撃を与えた。

### 3. 一側膝関節の他動的屈曲

膝関節を他動的に緩徐に或は急激に屈曲せしめ、間接的に大腿伸筋に他動的伸展を与えた。



第1図 交叉性反射の実験装置

N: 同心型針電極, S: 刺激電極, K: 膝蓋腱叩打装置, P: 膝関節屈曲装置, T: タンブール

## II. 実験成績

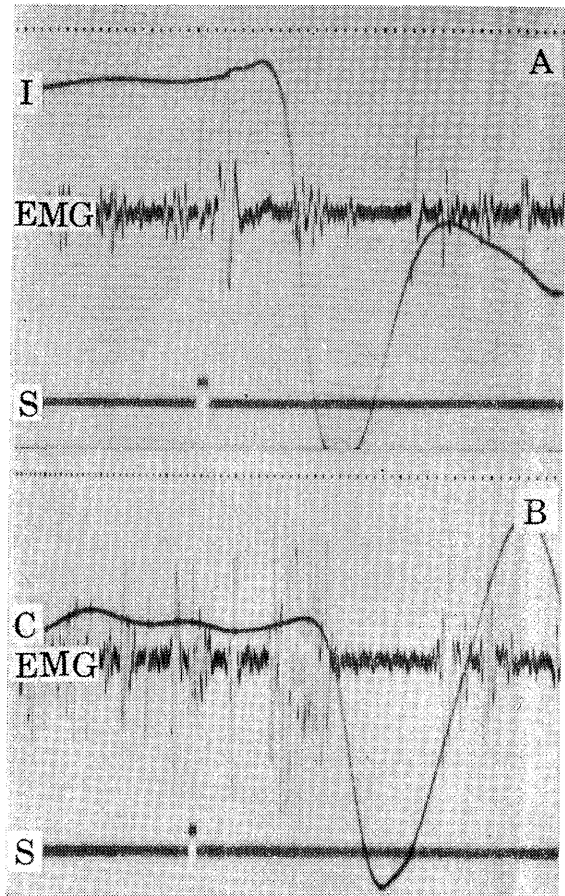
3種の刺激方法を用いて得られた成績を次に述べる。

### 1. 一側下肢の膝蓋腱叩打による成績

一側下肢の膝蓋腱叩打により、同側下肢の膝関節の伸展と対側下肢の伸展が認められる。同側の大腿直筋の筋電図では腱叩打の時点から 20~30msec 及び 90~150msec の 2期に同期性放電が認められる。これを第1次及び第2次放電または興奮と呼ぶ。同側膝関節の伸展は第1次放電よりおくれ、第2次放電より早い。第1次放電と第2次放電の間及び第2次放電の後の一定時間 (60~150msec) 放電が休止する。この放電の休止期は Hoffmann, P.<sup>11)</sup>, Delius, H. 等<sup>4)</sup>, Denny-Brown,

D.<sup>5)</sup>, Creed, R. S. 等<sup>3)</sup> 及び Lindsley, D. B.<sup>16)</sup> の認めている silent period に相当する。

対側の大腿直筋の筋電図では同側のものに比べて、第2次放電が著明であり、第1次放電は不明確である。第2次放電の発現の時期は同側の第2次放電の時期に一致する。対側膝関節の伸展は第2次放電の約 50msec 後に起り、同側の伸展よりも約 80msec おくれる。第2次放電の前後に放電の休止期が認められること及びそれらの時間的關係は同側のそれに類似する (第2図 A, B)。刺激が弱く対側の伸展がおこらないときにも対側大腿直筋の筋電図には同様の放電様式が認められた (第3図)。



第2図

膝蓋腱叩打による同側 (A) 及び対側 (B) 下肢の反射運動曲線と大腿直筋の筋電図。I は同側運動曲線, C は対側運動曲線を示し、曲線の下向きは伸展を意味する。EMG は筋電図, S は叩打の時点を示す

刺激の時点から第1次放電、第2次放電、膝関節の伸展のおきるまでの時間を多くの実験例につき、そのヒストグラムを作ると第4図のようになる。これによりそれらの相互関係を知ることができる。図において同側の第1次、第2次放電及び伸展の潜伏期をそれぞれ、 $r_1$ 、 $r_{2i}$  及び  $R_i$  とし、対側の第2次放電及び伸展の潜伏期をそれぞれ  $r_{2c}$  及び  $R_c$  とした。

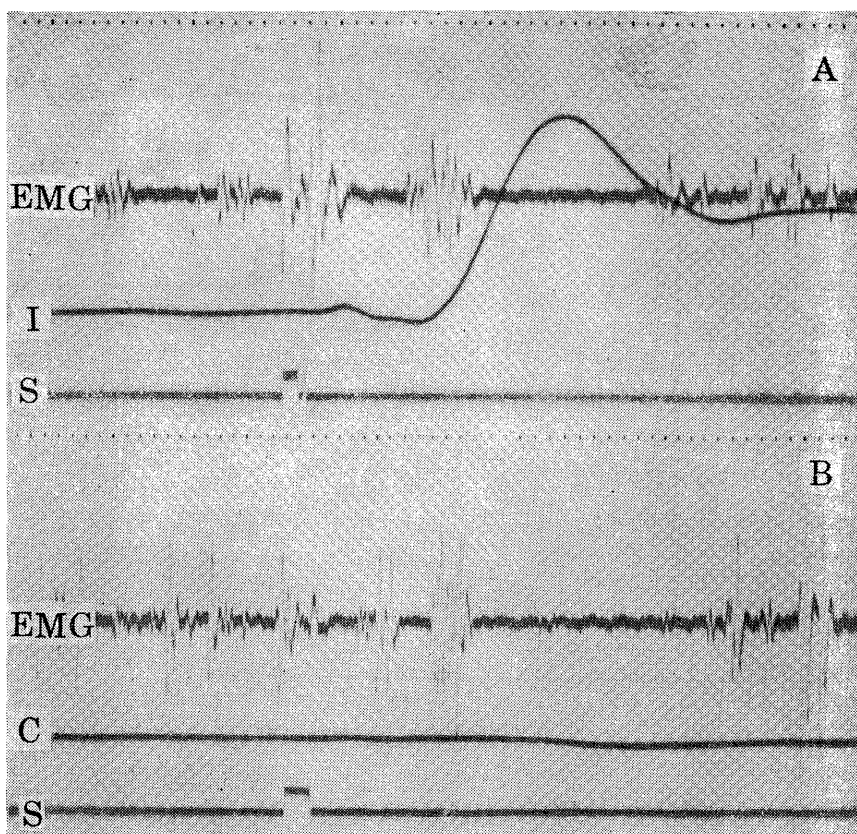
## 2. 一側下肢の電氣的刺激による成績

下肢に全く随意的緊張を与えない条件でも、一側下肢伸展筋上の皮膚から単一電撃を与えると同側のみならず、対側下肢の伸展を生ずる。随意的に軽度の緊張を両側下肢に与えておくと、この現象は著明となる。

同側大腿直筋の筋電図では、刺激前から律動的放電が持続するが、刺激時点から20~30msecで第1次放電がおこり、50~120msecで第2次放電がおこり、第1次及び第2次放電の中間及び第2次放電の後の一定時間(80~150msec)放電の休止が認められる。膝関節の伸展は第1次放電の約50msec後におこり、第2次放電に先行する。この放電の様式は Schenck, E. 及び B. Koehler<sup>23)</sup> が手に刺激電極をあてて刺激した場合の上腕二頭筋の放電様式及び Merton, P. A.<sup>20)</sup> が前腕に電気刺激を与

えたときの母指内転筋の放電様式に類似している。

対側大腿直筋の筋電図は第1次放電が不明確なこと以外は同側のものと同一である。対側膝関節の伸展は第2次放電の約50msec後におこる(第5図)。この場合に皮膚の上から与えた電気刺激は筋に直接刺激として作用することも考えられるが、放電及び伸展の潜伏期から見て、



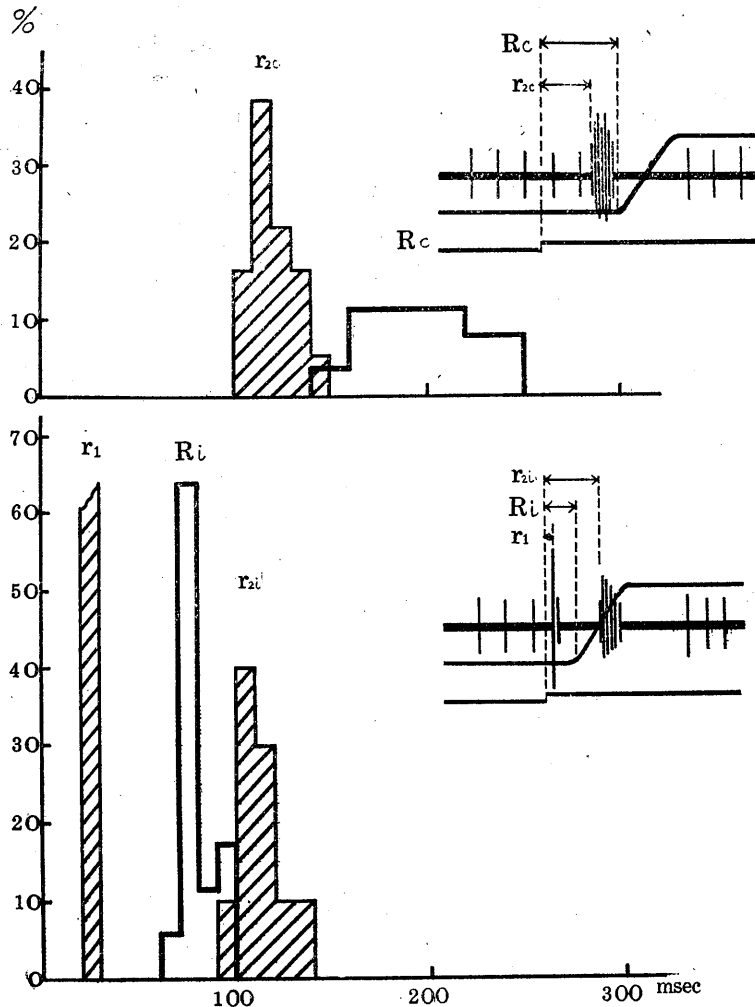
第3図

膝蓋腱叩打による同側(A)及び対側(B)下肢の反射運動曲線(上向きは伸展)と大腿直筋の筋電図。符号は第2図と同じ。対側に反射運動が生じない場合を示す

求心性衝撃を発生させるように作用していると考えられる。

時には、同側膝関節の伸展がおこれることがある。このときは第2次放電の約50msec後におこり、対側の伸展と同時である。これを第6図に示す。

刺激の時点から第1次、第2次放電及び伸展のあらわれるまでの時間即ち潜伏期を同側及び



第4図

膝蓋腱叩打による交叉性反射における潜伏時間のヒストグラム。横軸は潜伏時間、下図は同側、上図は対側を示す。r<sub>1</sub>は第1次放電、r<sub>2i</sub>、r<sub>2c</sub>は同側及び対側の第2次放電、R<sub>i</sub>、R<sub>c</sub>は同側及び対側の反射の反射運動の潜伏時間を示す

対側について、多くの実験例についてヒストグラムを作ると第7図のようになる。潜伏期の符号は膝蓋腱叩打の場合と同じ。

### 3. 一側膝関節の他動的屈曲による成績

両側膝関節を軽度伸展した状態で、一側下肢を膝関節で緩徐に屈曲せしめるとき、対側膝関節は緩徐に伸展する。このとき同側の大腿直筋の筋電図では律動的放電の放電間隔が短縮し、対側ではこれにややおくれで放電間隔が短縮する。この関係を第8図に示す。この現象は

一側下肢伸展筋の他動的伸展による対側肢の伸展筋の反射的興奮を示すものと考えられ、動物に見られる Philippson 反射と同一様式のものである。

これに対し、一側膝関節を急激に他動的に屈曲せしめるときは、対側膝関節は急激に伸展する。大腿直筋の筋電図を見ると、同側では刺激時点から約90msecで律動的放電が消失し、放電の消失は約120msecつづき、再び放電が持続する。対側では刺激時点から約90msecで同期性放電があらわれ、約100msecつづく。対側の伸展は刺激時点から130~150msecで現われる(第9図)。

これらの現象は動物において認められる Philippson 反射と同一様式であり、且つ tonic 様式と phasic 様式の2型をおこすことができたといふことができる(第8、9図)。

## IV. 論 議

除脳或は脊髄動物に見られる体肢の交叉性反射が、健康人において如何なる様式で存在するものであるかを筋電図法と反射運動描記法とを用いて検索し、以上の結果を得た。これを以下項に分けて考察する。

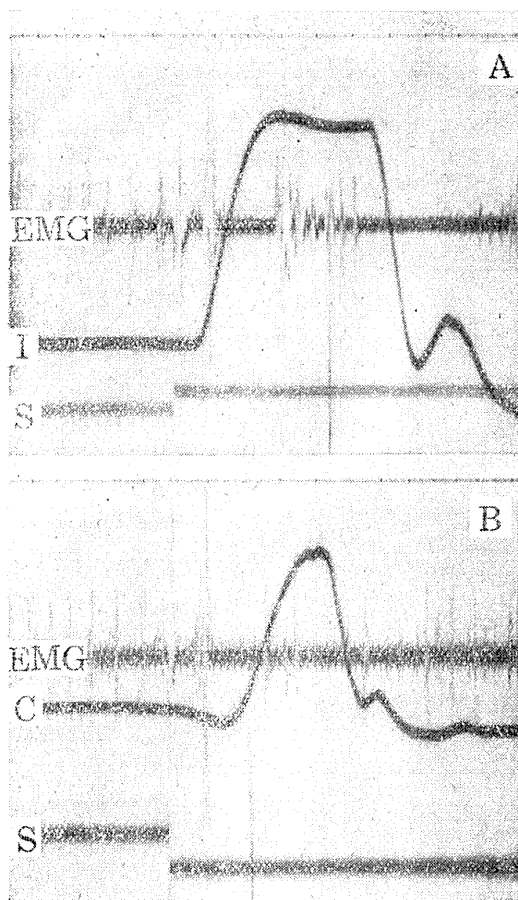
### 1. 反射の様式

交叉性反射は体肢の反射的連関の一種であり、一側体肢の皮膚或は筋の求心性神経からの神経衝撃が monosynaptic 作用により同側筋の

運動神経単位を興奮せしめ、polysynaptic作用により対側肢筋の運動神経単位を興奮せしめる現象である<sup>11)</sup>。

交叉性反射は刺激の種類、刺激部位及び体肢の位置乃至構え<sup>20)</sup>により発現様式が異なることが知られている。著者<sup>15)</sup>はさきに、神経症或はアルコール飲用のさいにその様式が変容することを報じた。

本報に用いた3種の刺激方法によっては、惹



第5図

一側下肢膝関節伸展筋単一電撃による同側(A)及び対側(B)下肢の反射運動曲線と大腿直筋の筋電図。Sは電撃の時点を示す。他は第2図と同じ

起する下肢の反射は両側膝関節伸展筋の同時的興奮という点で同一様式と認めることができる。これは除脳猫等に見られる交叉性伸展反射とは異っている。すなわち、膝蓋腱叩打、膝

関節伸展筋の電気刺激により共に両側膝関節の反射的伸展を見た。また一側膝関節の他動的屈曲により、対側膝関節の反射的伸展を見た。この場合、外見的には一側下肢の屈曲と対側下肢の伸展とが組合わされるが、両側膝関節伸展筋の同時的興奮という意味では前二者と軌を一にする。これは除脳猫において Philippson により認められ、Pi-Suñer 等<sup>22)</sup>により確認されたものであり、Philippson 反射と呼ばれている<sup>7)</sup>。人間においては従来主として中枢神経疾患の場合に限り、その存在が認められたが、健康人においてもその存在は予想されていた<sup>21)</sup>。著者の得た反射様式は除脳動物に見られる交叉性伸展反射とはことなり、相反的神経支配よりもむしろ identical innervation によるもので、galloping 及び sitting の様式と考えられる<sup>17)</sup>。

## 2. 反射時間

筋電図に見られる運動神経単位の活動様式から知られることは、膝蓋腱叩打及び電気刺激において、ともに同側大腿直筋では第1次放電と第2次放電とがあらわれ、膝関節の伸展は第1次放電から約 50msec おくれてあらわれることである。更に対側肢では第1次放電を欠き、第2次放電は同側のものと一致し、対側膝関節の伸展はそれから約 50msec おくれて現われる。これらのことから、同側肢の伸展は第1次放電(第1次興奮)により、対側肢の伸展は第2次放電(第2次興奮)により起ることが推測される。しかし時には同側の伸展がおくれて、第2次放電の約 50msec 後にあらわれることがある(第6図B)のは、同側の伸展は第2次放電によっても起りうることを示すものであり、通常第1次放電により同側の伸展が起るときには、第2次放電の効果が外見上認められないことを示す。

次に第1次、第2次放電の潜伏時間の観察結果から、交叉性反射時間を考察する。第1次放電の潜伏時間は、膝蓋腱叩打及び電気刺激を通じて 20~30msec であるが、第2次放電の潜伏時間は膝蓋腱叩打では両側ともに 90~150msec (平均 120msec) であり、電気刺激では 50~120

msec (平均 80msec) である。膝蓋腱叩打の場合において、第 2 次放電の潜伏時間が電気刺激の場合よりいくらか大であることについてはその理由が不明である。以上の数値から第 1 次放電を monosynaptic 反射の反射時間、第 2 次放電の潜伏時間を polysynaptic 反射の反射時間と考えれば、第 2 次と第 1 次放電の潜伏期の差は polysynaptic 連鎖を興奮が通過するに要する時

反射時間は従来明確なものはない<sup>2)</sup>。

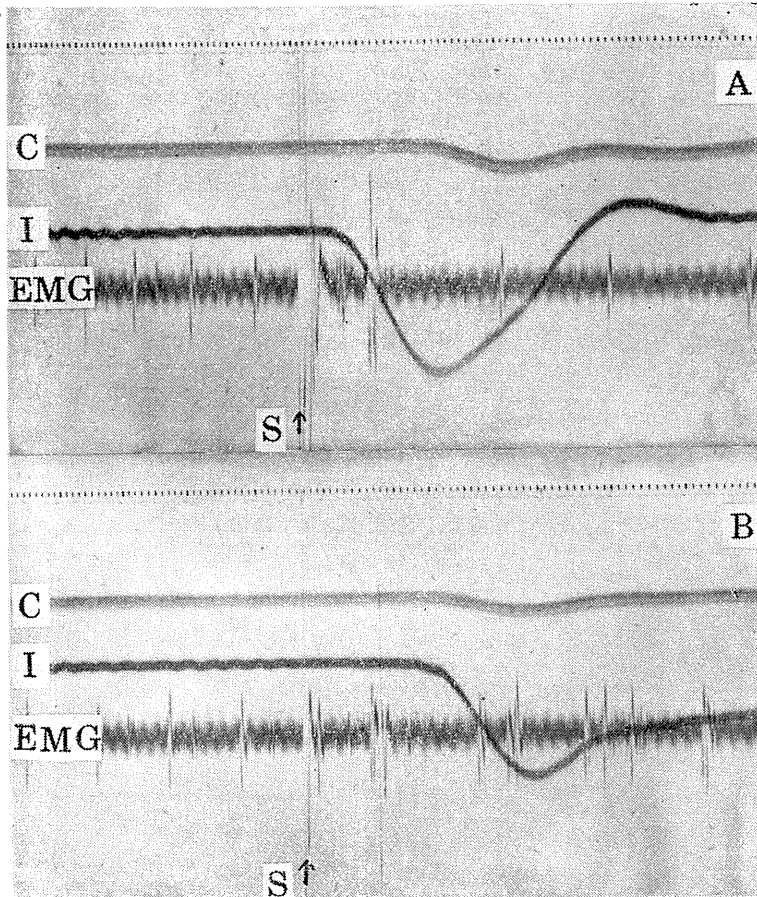
### 3. 放電様式の一般的考察

膝蓋腱叩打により腱反射の現われるとき、刺激の時点から一定の潜伏期の後、同期性放電(第 1 次放電)があり、その後放電の休止が認められることは Hoffmann, P.<sup>11)</sup> 以来注目されていることであり、放電の休止期は Hemmungsphase または silent period<sup>2)</sup> と呼ばれている。電気刺激の場合にも同様の放電様式が認められ<sup>11)</sup> その発現機構が論じられている<sup>1) 3) 5) 19) 20)</sup>。

研究者により、silent period にとくに注目している場合<sup>20)</sup> と、興奮と抑制の一般的経過として取扱っている場合<sup>1) 23)</sup> とがある。

放電の休止すなわち silent period をとくに注目している研究者には、

1) 筋短縮に伴って求心性衝撃の減少によるもの<sup>5) 7) 19)</sup>、2) 腱紡錘からの自己抑制的作用によるもの<sup>3)</sup>、3) 同期性放電につづく運動神経細胞の興奮性の低下<sup>10) 11)</sup> とするものなどがあげられる。最近 Merton, P.A.<sup>20)</sup> はこれを negative feedback と見なし、筋神経環の servo-mechanism と解している。Granit, R.<sup>8)</sup> は立場を高めて、silent period は連関反応における複雑な様式の一部であ



第 6 図

一側下肢膝関節伸展筋単一電撃による下肢運動曲線と大腿直筋の筋電図 I, C は同側及び対側の運動曲線、下向きは伸展を示す。S は電撃の点を示す。上図 (A) は通常の場合、下図 (B) は同側の反射運動曲線がおくれて、対側と殆んど同時におきた場合を示す

間、すなわち交叉性反射の中枢反射時間とすることと見なすことができる。この値は膝蓋腱叩打では約 90msec、電気刺激では約 60msec となる。健康人における交叉性反射時間乃至中枢

り、その全貌がわかってはじめて silent period の意義を解することができると述べている。

これに対し、Bernhard, C. G. 及び P. O. Therman<sup>1)</sup> は除脳猫における観察から、Schenck,

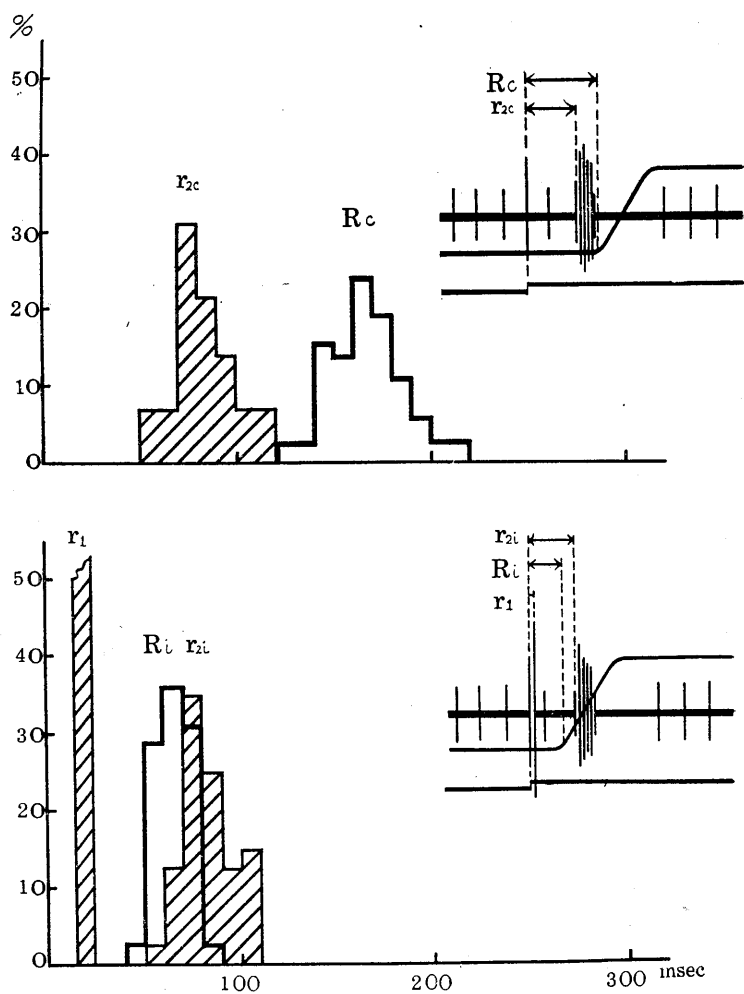
E. 及び B. Koehler<sup>23)</sup> は健康人における観察から、興奮と抑制とが脊髄内において cyclic change を生ずることよるとしている。

著者の実験成績はこれらの説に対して積極的な批判をする資料に乏しいが、上述の所見が刺激側のみならず対側にも同様にあらわれることを見た点において意義があり、且つ放電様式乃至 silent period を論ずるに足るものとする。

一側体肢の刺激により放電の変化、とくに silent period が該肢筋のみならず、遠隔の筋へ波及することについては動物及び人間について幾多の研究があるが、著者の如き交叉性反射を健康人について認めたものはない。動物実験においては silent period の遠隔部位への波及は Denny-Brown, D.<sup>5)</sup> により、膝蓋腱反射のときの silent period が大腿四頭筋のみならず、腓腹筋に認められること、Hoff, H. E. 等<sup>10)</sup> により大腿四頭筋のみならずヒラメ筋に及ぶことが認められている。人間については Hoffmann, P. 及び J. F. Tönnie<sup>12)</sup> により舌-下顎反射のさいに認められた。

興奮の波及が交叉性反射の意味に生ずることについては、除脳動物について Bernhard, C. G. 及び P. O. Therman<sup>1)</sup> は一側後肢の知覚神経を電気的に刺激するとき、同側と類似した放電様式が対側及び同側の前肢に認められることを述べている。しかも Schenck, E. 及び B. Koehler<sup>23)</sup> は健康人については対側への波及は観察することが出来ない

と述べている。これに対し、著者の得た健康人での成績は Bernhard, C. G. 等<sup>1)</sup> が除脳猫で得た成績と全く類似していることに興味がある。すなわち、Bernhard 等<sup>1)</sup> は除脳猫にて一側坐骨神経に単一電撃を与えたときの、両側の上腕二頭と上腕三頭筋の運動系の興奮性の変化を観察し、興奮性の増大は上腕三頭筋にて、20~30 msec と 90~100 msec の二期にあり、50 msec 及び 150 msec に興奮性の低下のあることを示した。同側と対側とで同名筋は全く等しい興奮性



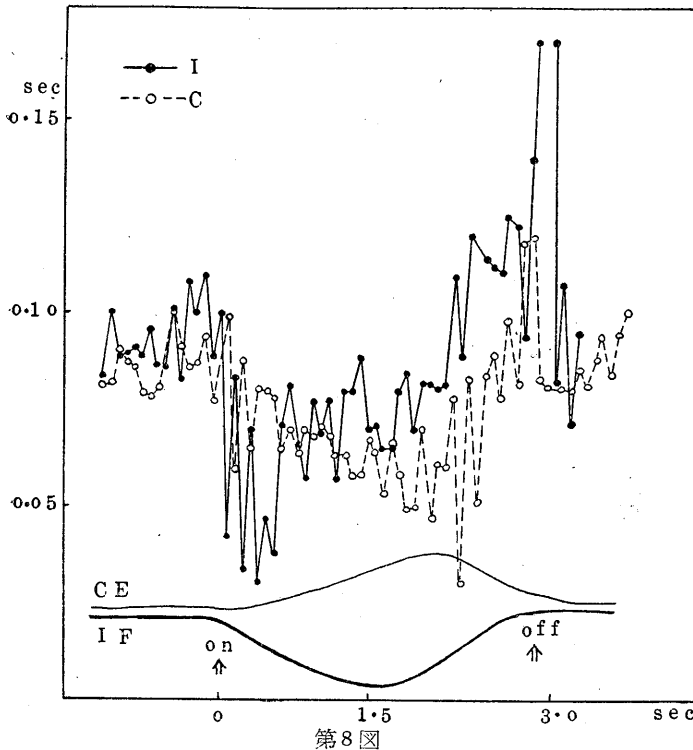
第7図

電気刺激による交叉性反射における潜伏時間のヒストグラム。横軸は潜伏時間、縦軸は頻度を示す。下図は同側、上図は対側を示す。符号は第4図と同じ

の変化を示すと云う。

この所見は著者が健康人で得た成績とよく一致するものであり、Bernhard等の言う2個の興奮性の増大は著者の第1次及び第2次放電に相当し、興奮性の2回の低下は放電の休止期に相当する。これらの結果から、silent period を servo-mechanism とする Merton, P. A. の考え方よりも、脊髄運動神経細胞の興奮性の循環

であること、2) 同側の筋短縮がおくれる場合にも silent period の様式に変化のないこと(第6図)、3) 対側に筋短縮が生じないときにも対側の silent period が存在する(第3図)などである。これに関し Lindsley, D. B.<sup>16)</sup> が膝蓋腱叩打のときにも、反射があらわれぬにも拘らず、神経衝撃の間隔がのびることを見ていることも注意すべきことである。



第8図

一側膝関節の緩徐な他動的屈曲による両側の大腿直筋放電間隔の変化。縦軸は放電間隔、横軸は時間経過を示す。放電間隔を示す実線(I)は同側、波線(C)は対側を意味する。図の下部の曲線IFは同側の他動的屈曲、onはその開始、offは復位を示し、CEは対側の反射的伸展を示す

的变化(cyclic change)という Bernhard 等の考え方の方が無理がないように考えられる。Merton, P. A. は silent period の発現に筋短縮を必要条件としているが、著者の成績のうち、これに合致しないものを見ることができる。すなわち、著者の成績において、1) 筋短縮の時期は両側において異っているにも拘らず、silent period の時期と期間は両側において殆んど同じ

著者の以上の実験を通じて、拮抗筋(大腿二頭筋)の筋電図を記録したが、放電の変化は認められなかった。従って silent period の機構には相反的神経支配が拮抗筋との間にあるためとは考えられない。この点は Bernhard 等の成績と異なるものであるが、これは Schenck, E. 等<sup>23)</sup>も述べているように、随意的緊張を与えている人体実験では除脳動物の如く、相反的神経支配に従わないのであろう。

#### 4. Philippson 反射の放電様式

一側膝関節の他動的屈曲では、膝関節伸筋及び膝蓋腱が他動的にひきのばされる筈であるが、動物実験の結果<sup>21)</sup>からは、腱受容器は対側の伸筋に抑制効果を与えるものであるに対し、筋の anulo-spiral spindle endings は対側伸筋に促進的効果を与え、これが Philippson 反射を起すものであるとされている点から考えると、本実験の

場合にも、主として筋受容器のはたらきが優越していると推測される。

膝関節を緩徐に屈曲するとき、同側大腿直筋の放電間隔は直ちに短縮しはじめ、その後徐々に短縮の程度を減少し、屈曲を弛めると放電間隔は増大し、旧に復する。対側の大腿直筋の放電間隔は同側のそれにおくられて同様の変化をする。放電間隔の短縮は運動神経単位の興奮性の

増大を示す。

膝関節の急激な屈曲では屈曲の開始から、約 90msec 後に律動的放電が消失し、これに対し対側では同側の屈曲の開始から約 90msec 後に同期性放電があらわれ、同期性放電の初めから約 50msec おくれて対側肢の伸展がおこる。同側大腿直筋の律動的放電が約 90msec 後に消失することは、lengthening reaction<sup>7)</sup> と見なすことができる。同側の放電の休止と対側の放電の増大とが殆んど同時にあらわれることは、交叉性の相反的神経支配の様式に一致するように見える。この点から見れば、第 3 の刺激方法による反射は前 2 者と異るとも考えることができる。

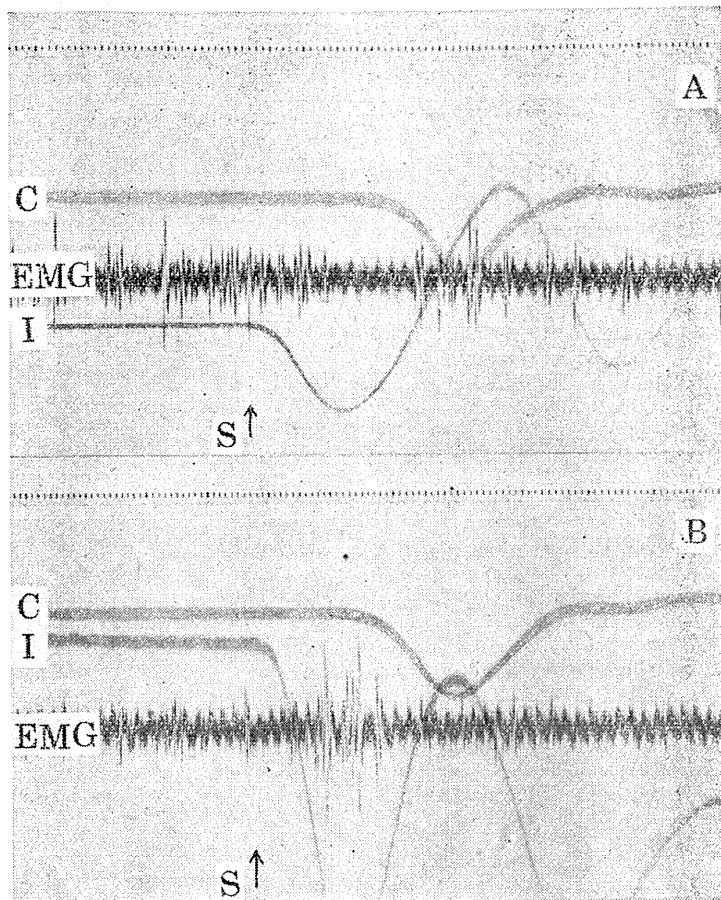
## V. 結 論

体肢の交叉性反射については除脳或は脊髓動物に於て認められたものであるが、健康人に於ては認められていない。

著者は健康人に於て 3 種の刺激方法を用い下肢の交叉性反射を確認し、且つその場合の運動神経単位の放電様式をしらべ、次の結果を得た。

1. 一側下肢膝蓋腱叩打により、同側下肢のみならず対側下肢の反射的伸展を見た。同側大腿直筋の筋電図では、潜伏時間約 30msec 及び約 120msec の 2 群の同期性放電を認めた。対側では約 120msec の同期性放電を認めた。第 1 次放電は monosynaptic 反射を示し、同側の膝関節の伸展を惹起し、第 2 次放電は polysynaptic 反射を示し、対側膝関節の伸展を惹起すると考えられる。

一側膝関節伸展筋上の皮膚に刺激電極をおき、単一電撃を与えるときも、膝蓋腱叩打のと



第 9 図

一側膝関節の急激な他動的屈曲による 両側大腿直筋の筋電図と膝関節の運動曲線

上図 (A) の EMG は同側大腿直筋の筋電図、下図 (B) の EMG は対側大腿直筋の筋電図を示す。I, C は同側及び対側の運動曲線を示し、I の下向きは他動的屈曲、C の下向きは反射的伸展を意味する

きとほぼ同様の結果を得る。第 2 次放電の潜伏時間は前者に比して短く、両側において約 80 msec であった。

これらの結果から、交叉性反射の中樞反射時間を 60~90msec と算出した。

2. 一側膝関節の他動的屈曲により対側膝関節は反射的に伸展する。これは除脳動物における Philippson 反射と同一様式のものである。なお、他動的屈曲の速度を緩徐或は急激にすることにより、tonic 様式と phasic 様式のものを得た。

3. これらの交叉性反射の発現機構を究明す

るため、運動神経単位の放電様式を従来の動物実験の成績と比較して考察し、さらに silent period の発現機構に論及した。

本研究は文部省科学研究費の援助によった。福田邦三教授からは絶えず有益な助言を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

#### 文 献

- 1) Bernhard, C. G. & P. O. Therman (1947) *Acta Physiol. Scand.* 14, Suppl. 5, 1-17
- 2) Böhme, A. (1929) *Bethes Hbh. nor. u. path. Physiol.* 10, 973-1017
- 3) Creed, R. S., Denny-Brown, D., J. C. Eccles, E. G. T. Liddel, & C. S. Sherrington (1932) *Reflex Activity of the Spinal Cord.* Oxford Univ. Press, Lond. 55-56
- 4) Delius, H. & P. Hoffmann (1934) *Z. f. Biol.* 95, 229-234
- 5) Denny-Brown, D. (1928) *Proc. Roy. Soc. Lond.* 103, B, 321-336
- 6) Eccles, J. C. (1953) *The Neurophysiological Basis of Mind.* Oxford Univ. Press, 182-189
- 7) Evans, C. L. (1952) *Principles of Human Physiology.* Churchill, Lond. 269
- 8) Granit, R. (1950) *J. Neurophysiol.* 13, 351-372
- 9) Hellebrandt, F. A., A. M. Parrish, & S. T. Houtz (1947) *Arch. of Physical Med.* 28, 76-85
- 10) Hoff, H. E., E. C., Hoff, P. C. Bucy, & J. Pi-Suñer (1934) *Am. J. Physiol.* 109, 123-132
- 11) Hoffmann, P. (1920) *Z. f. Biol.* 70, 515-524, (1934) *Erg. d. Physiol.* 36, 15
- 12) Hoffmann, P. & J. F. Tönnie (1948) *Pflügers. Arch.* 250, 103-108
- 13) 猪飼道夫 (1947) *日新医学* 34, 11-17
- 14) 猪飼道夫 (1951) *お茶の水大学自然科学報告* 2, 148-152
- 15) 猪飼道夫 (1952) *日本生理誌* 14, 217-218; (1953) *日本生理誌* 15, 103; *お茶の水大学自然科学報告* 4, 128-133; (1954) *日本生理誌* 16, 315
- 16) Lindsley, D. B. (1934) *Am. J. Physiol.* 109, 181-191
- 17) Lloyd, D. P. C. (1950) *Fulton's Text book of Physiol.* Saunders, 85-96
- 18) Magnus, R. (1924) *Körperstellung.* Julius Springer.
- 19) Matthews, B. H. C. (1933) *J. Physiol.* 78, 1-53
- 20) Merton, P. A. (1951) *J. Physiol.* 114, 183-198, (1953) *Spinal Cord, A Ciba Foundation Symposium,* Churchill, Lond. 247-260, (1954) *J. Physiol.* 123, 46-47
- 21) Morson, S. & G. Phillips (1937) *J. Physiol.* 88, 199-212
- 22) Pi-Suñer, J. & J. F. Fulton (1928) *Am. J. Physiol.* 83, 548-553
- 23) Schenck, E. & B. Koehler (1949) *Pflügers. Arch.* 251, 504-512; (1950) *Pflügers. Arch.* 252, 423-444
- 24) Sherrington, C. S. (1906) *Integrative Action of the Nervous System.* Yale Univ. Press, New Haven.
- 25) Sherrington, C. S. (1910) *J. Physiol.* 40, 28-121

#### Summary

Studies have been made on the influence of mechanical and electrical stimulation of the knee extensor muscle of one side on the mild voluntarily maintained rhythmical discharge of a single motor unit of m. rectus femoris of both sides. The recording of the action potential from the muscles was made with concentric needle electrodes and in addition the mechanical changes were recorded.

It was shown that a tap on the knee tendon or a maximal single induction shock applied to the knee extensor of one side evoked extension of knees and alternately recurring facilitation and inhibition of the knee extensor motor activity of both sides. The records of electromyograms demonstrate that the rhythmic activity following the stimulus is characterised by two maxima of activity (after about 20~30 msec. and 80~100 msec. respectively) separated by a period of inactivity on the ipsilateral side, and by one maximum of activity (after about 80~100 msec.) on the contralateral side. Reflex extension of the ipsilateral or the contralateral side follows the first and the second burst of impulses respectively. It was estimated from the present data that crossed reflex time was about 60~90 msec. in normal human subject.

On the other hand, it was shown that a forcible slow passive flexion of one of the mild voluntarily extended knees increased the frequency of the rhythmic impulses of the knee extensor motoneurons of both sides. Following a forcible rapid passive flexion of one of the mild voluntarily extended knees there are a silent period on the ipsilateral knee extensor muscle. Accompanying this inhibition is a synchronised burst of impulses and corresponding extension of the knee on the contralateral side. This is obviously skin to Philippon's reflex.

(Department of Physiology, School of Medicine, University of Tokyo)

## 圧-発汗反射の中枢性径路について 612.792.8.612.408

On the Central Pathway of the Pressure-sweating-reflex in Cats.

松本良二 (MATSUMOTO-Yoshitsugu)\*

### I. 緒言

1905年 Bechterew, W.<sup>1)</sup> は猫の脳皮質運動領野に近接した皮質部を電氣的に刺激して、四肢足蹠に発汗の起るのを認めた。この発汗は特に刺激と反対側の足蹠に著明であった。Winkler, F.<sup>2)</sup> も以上の実験を確証している。Karplus, J. P. and A. Kreidle<sup>3)</sup> は視神経交叉部の後で漏斗状部の側方、灰白結節を電氣的に刺激して、四肢足蹠が強く発汗するのを認め、これは自律性機能を持っている視丘下部の神経核を刺激した為であると考えた。以上の実験結果は発汗を肉眼的観察、或はリトマス紙に起る変化によって判定したものである。Wang, G. H. and C. P. Richter<sup>4)</sup> は灰白結節を、Wang, G. H. and T. W. Lu<sup>5)</sup> は脳皮質運動領野や嗅神経根を、Langworthy, O. R. and C. P. Richter<sup>6)</sup> は脳皮質運動領野の前内側部及びその後外側部の皮質を夫々電氣的に刺激し、四肢足蹠から皮膚電流反射の起るのを認めた。Wang, G. H. and T. W. Lu<sup>5)</sup>, Langworthy, O. R. and C. P. Richter<sup>6)</sup> はその際みられる反射が後肢よりも前肢に於て著明であったと報告し、前者は同側足蹠に於て著明に、後者は反対側足蹠に於て著明であったと言う。

以上発汗に関する中枢及び伝導路の問題は動物実験に於ては多少の手懸りがあるが、人体に於てはただ主として臨床症状から推定するに當るのである。私はさきに報告した皮膚電氣抵抗測定法<sup>7)</sup> により動物の皮膚電氣抵抗を測定することにより、高木<sup>8)</sup> の所謂 圧-発汗反射が動物に於ても存在するかを検討し、更にこの方法により中枢神経系に於ける 圧-発汗反射の伝導路を探究せんとして次の実験を試みた。

\* 新潟大学医学部生理学教室 (高木健太郎教授)

### II. 実験方法

皮膚電氣抵抗の測定方法は前回<sup>7)</sup> 人間に於ける方法と同様であるので省略する。

実験は1951年7月より1953年10月に亘り、家兔につき1例、65匹の猫につき185例試みた。夏季は通常室温で、その他の時は適宜発汗室<sup>10)</sup> を使用し、D. 22.0~38.0°C, W. 17.5~33.5°C, 主として30°C 前後の室温で行った。勿論一連の実験の際の室温、湿度は一定に保つよう努力した。実験動物は無麻酔か、ウレタン注射、エチルエーテル吸入による軽麻酔の状態で使用した。

### III. 実験成績

#### A. 家兔に於ける実験

家兔の左右略対称の軀幹側部3箇所を選び、剃毛、清拭して、この部の皮膚電氣抵抗を D. 24.5°C, W. 22.0°C の室温で、側臥位、無麻酔のもとで185分間に亘り測定したが、仰臥位の場合との変化がなかった。

#### B. 猫に於ける実験

##### 1. 側臥位に於ける実験

緒方、市橋<sup>11)</sup> は猫につき無麻酔のもとで体位の転換による発汗反応を研究し、その過半数例に於て上側となった前肢足蹠に発汗増進の傾向を、下側となった前肢足蹠に減退の傾向を見、人体に於ける半側発汗反応ほど顕著且つ規則的ではないが大體同様な傾向を認めたという。

著者は予めよく馴らしておいた猫4匹、5例について全くしばらく側臥位をとらせ、室温 (D. 24.5~30.0°C, W. 21.0~28.0°C) で2~5分毎に四肢足蹠の皮膚電氣抵抗を測定した。前肢に於てはその大部分の例に於て非圧迫側 (上側になった側) 足蹠の皮膚電氣抵抗は圧迫側 (下

第1表

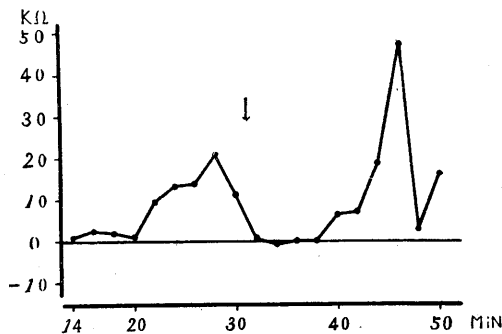
体位変換が皮膚電気抵抗の変化に及ぼす影響  
(ネコに於ける実験)

	非圧迫側の皮膚電気抵抗( $R_{np}$ )が圧迫側のそれ( $R_p$ )より小さいもの $R_{np} < R_p$	圧迫側の皮膚電気抵抗( $R_p$ )が非圧迫側のそれ( $R_{np}$ )より小さいもの $R_p < R_{np}$	不明のもの	計
前肢	4	0	1	5
後肢	2	1	2	5

側になった側)足趾のそれよりも小さかった(第1表)。これに反して後肢に於ては半側発汗は前肢程著明でなかった。また側臥位時で実験中室外で犬が吠えた直後には四肢足趾の皮膚電気抵抗は両者とも著明に減少し左右の差は見られなくなった(第1図)。

## 2. 吊下げた姿勢に於ける実験

身体のどこにも圧迫のかかっていない仮想的状態を Zero-Condition とすると、生理的には胎児がこれに近い状態にあると考えられるが、生後は殆んど全く見られない状態である。高木<sup>80)</sup>はこの Zero-Condition で片側に圧迫を加えると半側発汗は左右相互抑制的に起るといふ。そこで実験中は出来るだけ身体のどこにも圧迫のかかっていない状態に近くあることが望ましいので、猫の体の出来るだけ小さな一部を



第1図

左側臥位時の前肢足趾の皮膚電気抵抗値の左右差の曲線 (D. 28.0°C, W. 28.0°C)

左側の皮膚電気抵抗値が右側のそれより大きいときを(+)とした。生後約2ヶ月の仔猫♀。↓印の所で犬が吠えた声で起きあがろうとする

支えることによって体を空中にうかせた状態で実験を試めた。

a. 無麻酔のもとで猫8匹、19例についてその四肢を紐でしばって空中に吊り下げ(室温 D. 22.0~35.5°C, W. 17.5~32.0°C, 大多数例については約30°C), 左右どちらか一侧の体片側にクリップ数個を掛けて圧迫し、5分毎に四肢足趾の皮膚電気抵抗を測定したが、19匹、25例の対照実験の成績と比較して圧迫が皮膚抵抗に明かに影響を及ぼすとは云えない成績であった。

b. 高木等<sup>9)</sup>は左右どちらか片側の体部に外科的処置を受けた患者、例えば胸廓成形術、腎臓摘出術、開腹術等を受けた患者が背位、又は椅坐位にて何ら体部に非対称の圧迫を加えられなくとも左右側に発汗差が著明にみられ、創傷が比較的新鮮である間、そしてそれがある程度以上の大きさを持っており、発汗に適当な条件が具備されるときには殆んど1例の例外もなくその創側の発汗は反対側のそれに比べて明瞭に少いことをみた。これは創傷のある間はその部分の皮膚が引張られ、これが圧迫と同様に偽いておこる現象と考えた。猫についてもその左右どちらか片側の皮膚を大きく切除、縫合しておけばこの手術が四肢足趾の皮膚電気抵抗に影響を及ぼすことが想像されるので次の実験を試みた。

予め左右どちらか片側の皮膚を大きく切除、縫合した4匹の猫についてその四肢を紐でしばって空中に吊り下げ(室温 D. 23.0~37.0°C, W. 20.5~32.0°C, 大多数の例については約30°C), 手術当日より術後39日迄の間に無麻酔21例につき、5分毎に四肢足趾の皮膚電気抵抗を測定した。

前後肢共その約半数例に於て非手術側足趾の皮膚電気抵抗が他側のそれよりも小さかったが、その他の例に於ては反対の結果かもしくは左右差が明かでなかった。

c. 以上猫を吊り下げた状態で足趾の発汗を電気抵抗法でしらべたが、圧迫の方法が通常のクリップ法又は切創法であっても、その成

績はまちまちであったからこれを対照として、伝導路を研究することは不可能であった。この様に成績がまちまちに出たのは、足をしばって吊り下げたために、足の局部に体重による牽引力が強くなり、これが圧迫として四肢に平等に伝わるからであろうと考える。

この実験法の欠点を除くために頭頂部の左右略対称の部位で頭蓋骨に穿孔し、脳膜外に不銹鋼線を通し、この綱線で猫の体を空中に吊り下げた2匹の猫につき、無麻酔2例、ウレタン注射麻酔2例、エチルエーテル吸入麻酔2例、合計6例について(室温D. 32.0~33.0°C, W. 27.8~31.0°C)四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定した。

1匹の猫は鋼線挿入中あやまって一側脳膜に穿孔したところ全実験中前後肢共非損傷側足蹠の皮膚電気抵抗が小さかった。

この状態で片側体側部にクリップを掛けて圧迫すれば、前肢では大部分の例に於て、後肢では半数の例に於て圧迫効果は不明であった。それ故に、足に対する圧迫ばかりが原因ではなく、吊り下げられた姿勢そのものにも関係があるらしい。

### 3. 仰臥位、及び腹臥位に於ける実験

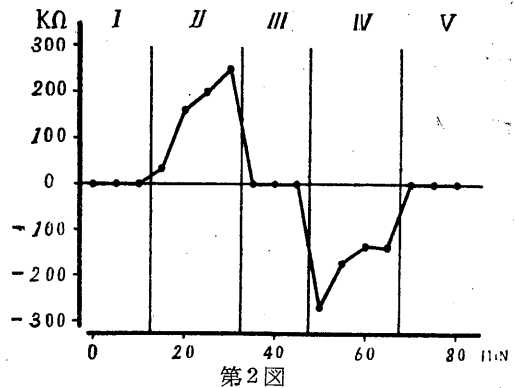
a. 緒方、市橋<sup>11)</sup>は猫を仰臥位に固定することは猫にとっては異常な体位であり好ましくない体位であることを指摘しているが、他に良い体位がないので止むなく仰臥位をとらせ、無麻酔の猫2匹につき2例、ウレタン注射麻酔を施した猫10匹につき11例、エチルエーテル吸入麻酔を施した猫24匹につき69例(室温D. 24.5~35.0°C, W. 23.0~33.5°C, 大部分の例については約30°C)、体片側にクリップを数個掛け、5分毎に四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定した。第2図にその1例を示した。

この成績では過半数例に於て前後肢共非圧迫側足蹠の皮膚電気抵抗が圧迫側足蹠のそれよりも明かに小さかった。即ち圧迫の効果が見られる。

b. 2匹の猫につき四肢足蹠の発汗を和田、高垣氏法<sup>12 a, b)</sup>で観察した(室温D. 33.0°C, W. 24.0°C, 及び D. 36.0°C, W. 27.0°C)。仰臥位

をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、片側体部に数個のクリップを掛けたが、肉眼的に殆んど左右差を認めなかった。

c. 前述 2. b. の理由で1匹の猫で片側体側部の皮膚を大きく切除、縫合し、術後第6日目に(室温D. 26.0°C, W. 24.8°C)、仰臥位をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、5分毎に四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定した。その結果は前肢では非手術側足蹠の皮膚電気抵抗が



第2図 仰臥位時の前肢足蹠に於ける皮膚電気抵抗値の左右差の曲線

左側の皮膚電気抵抗値が右側のそれよりも大きいときを(+)とした。室温D. 34.5°C, W. 24.0°C  
I. III. V. は圧迫しないとき, II. は左側体片側にクリップ4個掛けて圧迫したとき, IV. は右側体片側にクリップ4個掛けて圧迫したとき

術側足蹠のそれより小さかったが、後肢では左右足蹠の皮膚電気抵抗に左右差なく手術による影響は不明であった。

以上の3.の結果からみると、仰臥位をとらせて、片側の皮膚をクリップで圧迫すると、過半数に於て人と同様な発汗反射が明かに前肢にあらわれることを知った。しかし後肢にはっきりしない場合もかなりあった。そこでこの姿勢と圧迫方法を採用して次の実験を企てた。

### 4. a. 後根切断実験

圧迫の求心性衝撃は脊髄後根を通して脊髄内に入るものと考えられるので、これを確かめるため数本の片側後根を切断して次の実験を試みた。

予め1匹の猫に於てC<sub>5</sub>~Th<sub>3</sub>にわたる間の片側後根を切断し、術後第3日目(室温D. 34.0°C,

W. 32.5°C) に仰臥位をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、5分毎に四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定した。

切断側の側頸部から側臀部に互って数個のクリップを掛けて圧迫しても、非切断側に数個のクリップを掛けて圧迫しても前肢では皮膚電気抵抗に及ぼす影響は不明であった。後肢ではどちら側を圧迫しても、非圧迫側足蹠の皮膚電気抵抗が圧迫側足蹠のそれよりも小さかった。

b. 高木<sup>80)</sup> は圧-自律神経反射の経路は恐らく通常の圧覚の経路と同じく後索を上行するものであろうという。このことを確かめるため片側の後索を C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の高さで切断した猫3匹につき (室温 D. 33.0°C, W. 23.0°C), 術後直ちに仰臥位をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、体片側の側頸部から側臀部にかけて数個のクリップで圧迫し、四肢足蹠の皮膚電気抵抗を5分毎に測定した。前後肢共左右どちら側を圧迫しても、また切断側であるか否とに拘らず、圧迫とは反対側の発汗が増加する結果が得られた (第2表)。

第2表

	非切断側を圧迫			切断側を圧迫		
	非圧迫側の皮膚電気抵抗 (R <sub>np</sub> ) が圧迫側のそれ (R <sub>p</sub> ) より小さいとき R <sub>np</sub> < R <sub>p</sub>	圧迫側の皮膚電気抵抗 (R <sub>p</sub> ) が非圧迫側のそれ (R <sub>np</sub> ) より大きいとき R <sub>p</sub> > R <sub>np</sub>	計	非圧迫側の皮膚電気抵抗 (R <sub>np</sub> ) が圧迫側のそれ (R <sub>p</sub> ) より小さいとき R <sub>np</sub> < R <sub>p</sub>	圧迫側の皮膚電気抵抗 (R <sub>p</sub> ) が非圧迫側のそれ (R <sub>np</sub> ) より大きいとき R <sub>p</sub> > R <sub>np</sub>	計
前肢	1	1	3	2	1	3
後肢	2	1	3	1	2	3

以上、後根及び後索切断実験からは、圧反射の求心路がここを通るという確証は全然得られなかった。後索はともかくとして、後根を通らずにどこを通るか甚だ疑わしい結果であるが、恐らく後根の切断数が少なかったためではないかと思われる。

c. 大脳皮質のストリヒニン塗布刺激実験  
室温 (D. 27.5°C, W. 25.0°C) で腹臥位をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、0.5cm<sup>2</sup> の瀘紙に1%ストリキニーネ液を浸したものを片側大脳皮質運動領野に貼布した後、5分毎に四

肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定すると、非貼布側足蹠の皮膚電気抵抗は貼布側足蹠のそれよりも小さかった (第3図)。第3図Ⅱは単に片側の頭蓋を開き、脳膜を切開したときであるが、このとき反対側足蹠に著明な発汗が見られた。このことは常に観察された事実であって、脳膜から発汗への影響を考えざるを得ない。前述の吊り下げ実験 (2. c.)

のとき、銅線によって脳膜を傷つけたときも、明かに対側足蹠の発汗がたかまったのもこの理由によるのであろう。

以上の実験は大脳皮質の刺激は主として対側足蹠発汗を促進することを示している。

d. 側索

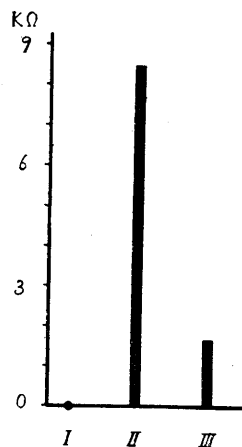
切断実験

頸部C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub>の間で対側側索を切断し室温 (D. 33.0°C, W. 24.0°C) で仰臥位をとらせ、エチル

エーテル吸入麻酔を施し、5分毎に四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定した。非切断側前肢足蹠の皮膚電気抵抗は切断側前肢のそれよりも小さかった。次に片側体部にクリップを掛けて圧迫すると、前後肢共、切断側にクリップした場合には影響は殆んど見られなかったが、非切断側をクリップした場合には、圧迫側足蹠の皮膚電気抵抗は非圧迫側足蹠のそれよりも稍大きかった。

e. 脊髓半側切断と大脳皮質刺激実験

片側大脳皮質運動領野を刺激して左右足蹠の皮膚電気抵抗に左右差がみられれば、頸髄を半



D 27.5°C W 25.0°C  
第3図

腹臥位時の前肢足蹠に於ける皮膚電気抵抗値の左右差の平均値を示す

右側の皮膚電気抵抗が左側のそれよりも大きいときを (+) とした

I. 手術前

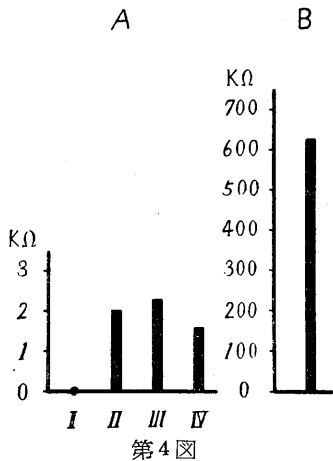
II. 右側前頭部開頭時

III. 1%ストリキニーネ液を右側大脳皮質運動領野に貼布後

側切断した後片側大脳皮質運動領野を刺激して四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定することにより発汗の遠心性線維が交叉するか否かを確かめることが出来ると考えられるので次の実験を試みた。

3匹の猫につき室温 (D. 33.0~35.0°C, W. 23.0~31.0°C) で腹臥位をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、5分毎に四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定した。

片側前頭部で開頭、脳膜切開しても、また片側の前頭葉運動領野を5~10数秒間電氣的に刺激し1分~数分後に四肢足蹠の皮膚電気抵抗を測定しても、全例に於て全四肢とも術前よりも小さかった。しかし前肢では全例に於て手術側の皮質を刺激した場合は反対側の足蹠の抵抗は同側よりも小さかった。後肢では2例に於て前肢と同様の変化がみられたが、1例に於ては反対の成績を得た。



第4図  
腹臥位時の前肢足蹠に於ける皮膚電気抵抗値の平均値を示す  
室温 D. 34.5°C, W. 24.0°C. 左側の皮膚電気抵抗値が右側のそれよりも大きいときを(+)とした  
A I. 手術前  
A II. 左側前頭部で開頭直後  
A III. 左側前頭部で脳膜切開後  
A IV. 左側大脳皮質運動領野を電気刺激後  
B. 左側 C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の間で左側頸髄を半切断した後左側大脳皮質運動領野を電気刺激後

頸髄C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の間で半側の脊髄を水平切断し、同側大脳皮質運動領野を電氣的に刺激すると、前肢では同側足蹠の抵抗は反対側に比して大きかった(第4図)。後肢については切断前に刺激側足蹠の皮膚電気抵抗が非刺激側足蹠のそれより小さかった例であるが、切断後の刺激実験ではやはり刺激側足蹠の抵抗

が反対側足蹠のそれより小さかった。

次で非切断側の大脳皮質運動領野を刺激すると、前後肢共刺激側足蹠の抵抗は非刺激側足蹠のそれよりも小さかった(第5図)。

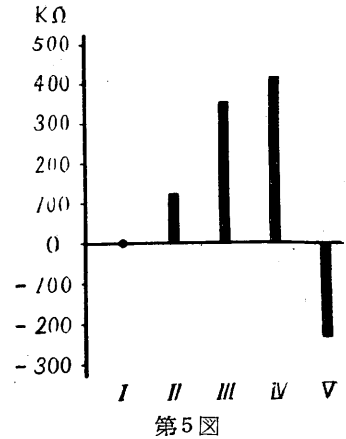
f. 頸髄 C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の間で脊髄を半側切断し、手術後30分より室温 (D. 34.5°C, W. 23.0°C)

で仰臥位をとらせ、エチルエーテル吸入麻酔を施し、足蹠の抵抗を5分毎に測定すると、前後肢共非切断側の足蹠の抵抗は切断側足蹠のそれより大きかった。手術後30分より行った圧迫実験では圧迫が抵抗に及ぼす影響は不明瞭であった。

術後第3日目、室温 (D. 34.5°C, W. 22.5°C) で行った同様実験

では左右の関係は逆転し、前後肢共切断側足蹠の皮膚電気抵抗が非切断側足蹠のそれより大きく、一側体部をクリップして圧迫した実験では非切断側を圧迫した時、圧迫の影響が見られる。即ちその側の抵抗が高くなる。切断側は圧迫した時、圧迫が皮膚電気抵抗に及ぼす影響は不明であった。

他の例に於ても手術後30分では圧迫の影響は見られないが、術後第3日目、第5日目 (室温 D. 34.5°C, W. 29.5~31.0°C), 非圧迫の実験では前後肢共切断側足蹠の皮膚電気抵抗が非切断側足蹠のそれより大きかった。

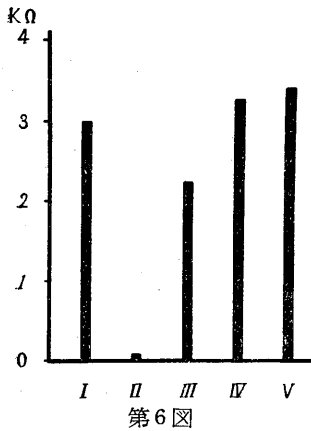


第5図  
腹臥位時の前肢足蹠に於ける皮膚電気抵抗値の左右差の平均値を示す  
室温 D. 33.0°C, W. 31.0°C. 左側の皮膚電気抵抗値が右側のそれよりも大きいときを(+)とした  
I. 手術前  
II. 左側前頭部で開頭直後  
III. 左側前頭部で脳膜切開後  
IV. 左側大脳皮質運動領野を電気刺激後  
V. 右側 C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の間で右側頸髄を半切断した後左側大脳皮質運動領野を電気刺激後

術後第3日目、第5日目、第7日目の前肢に於ては、同様の圧迫の影響が明かにみられ(第6図)、術後第7日目、後肢について行った圧迫実験では稍不明瞭となった。

IV. 考 察

猫の足蹠の電気抵抗は聴覚刺激があった直後には左右共に著明に減少し、発汗は亢進し、左右に差異がなくなった。Schwartz, H. G.<sup>13)</sup>も



頸髓 C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の間で右側半切第5日後、室温 D. 34.5°C, W. 31.0°C。仰臥位時の前肢足蹠に於ける皮膚電気抵抗値の左右差の平均値を示す。右側の皮膚電気抵抗値が左側のそれよりも大きいときを(+)とした  
I. III. V. 圧迫なし  
II. 左側体片側にクリップ6個掛けて圧迫したとき  
IV. 右側体片側にクリップ6個掛けて圧迫したとき

聴覚刺激或は皮膚刺激を与えることにより猫の足蹠の皮膚電気抵抗が減少することを見ている。以上の事実から猫の足蹠の発汗は聴覚刺激により亢進することがわかる。

だから猫の足蹠の発汗は温熱性発汗というよりは人の精神性発汗と同様なものと考えの方がよいようである。

第1図にみられるように側臥位で非圧迫側足蹠の電気抵抗が圧迫側足蹠のそれより小さいことから非圧迫側足蹠の発汗が亢進していることがわかるし、第2図の皮膚の圧迫実験からこれが皮膚に加わる圧迫が原因であるといえる。この点人の精神性の半側発汗と同様に考えることが出来るようである。

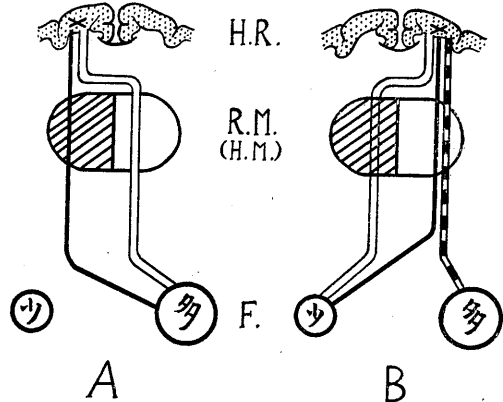
また前肢と後肢では圧迫、温度その他に対する発汗性のちがうことからその中枢に於ては前肢、後肢に対してそれぞれ分担が別れているものと思われる。この点もまた人に於ける発汗中

枢と同様に見なすことが出来よう。

ウレタン注射麻酔を行った時より適度の軽いエーテル吸入麻酔を行った時の方が圧-発汗反射が明瞭に認められることから、発汗中枢は大脳皮質よりも下部、おそらく視丘下部あたりにあり、緊張的に大脳皮質から抑制的影響を受けていることが想像される。

脳膜に達する様な大きな手術的侵襲が加えられたり、大脳皮質運動領野が物理的或は化学的に刺激された時には全体として足蹠抵抗は小さくなるが、反対側の足蹠抵抗の方が同側よりも小さくなっている。即ち片側の大脳皮質運動領野が何等かの方法で刺激されれば反対側足蹠の発汗は亢進する。このことは大脳皮質に発汗中枢が存在すると考えるよりもむしろ大脳皮質は更に下位にある本来の発汗中枢に対して調整的に作用していると考えられる。

頸髓で脊髄を半側切断して、その側の大脳皮質運動領野を電氣的に刺激すると、反対側の足蹠抵抗の方が小さくなった(第7図A)。



第7図

頸髓を半側切断して大脳皮質を刺激したときの足蹠発汗

×印は刺激点、多少は発汗量を示す

H.R.: 大脳皮質. R.M. (H.M.): 頸 髓. F.: 足蹠.

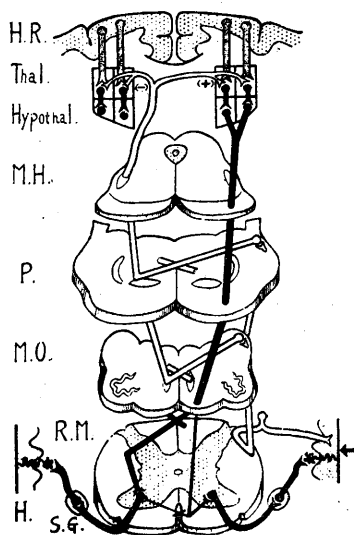
斜線: 半側切断を示す

次に切断と反対側の皮質運動領野を電氣的に刺激すると、両足蹠とも抵抗が減少するが、その側の足蹠抵抗の方が小さくなった(第7図B)。

以上の結果から発汗の遠心性線維は第7図に示すように一部は頸髓 C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> より上部に於て

交叉しており、一部は C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> より下方で交叉しており、また他の一部は同側を交叉せずに下行していると考えられる。

更に頸髄 C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> の高さで脊髄を半切した猫の反対側体部を圧迫すると、圧発汗反射がみられるが、切断側の体部を圧迫しても圧発汗反射はみられない。即ち圧迫に対する求心性線維は同側脊髄を上行し、C<sub>4</sub>~C<sub>5</sub> 以上に於て恐らく1回交叉し、反対側の中枢に達し、ここから相互神経支配的に作用しているものとする。



第8図

H.R.	大脳皮質	Thal.	視丘
Hypothal.	視丘下部	M.H.	中脳
P.	橋	M.O.	延髄
R.M.	脊髄	H.	皮膚(足蹠)
S.G.	交感神経節	←印	圧迫を示す

以上を総合して第8図の様な経路が考えられる。図中、求心性線維が中枢に達する途中、小脳を経由するかも知れないがここではそれを省略した。

### V. 結 論

1. 皮膚電気抵抗測定器を用いて猫の足蹠に於ける皮膚電気抵抗を測定することによって、猫に於ける 圧-発汗反射を研究した。

2. この方法で猫についても人と同様に 圧-発汗反射を確認出来た。

3. 猫に於ける 圧-発汗反射の経路を皮質刺激、脊髄半側切断と皮膚圧迫とを組合せて研究し、次のような結果を得た。

1) 圧-発汗反射の求心性経路は恐らく後根より脊髄に入り、同側の脊髄(後索ではないらしい)を上行し、頸髄より上位に於て反対側に交叉して発汗中枢に対し、その側の発汗中枢には抑制的に、他側の中枢に対しては促進的に作用する。

2) この発汗中枢は大脳皮質より影響を受けており、一側の中枢からの線維は a) 主として始め同側を下行し、頸髄より上で1度交叉するもの、b) そのまま脊髄を下行し、頸髄以下に於て交叉するもの(以上 a, b は錐体路系とよく似ている)、c) 中枢から全く交叉せずに同側の汗腺を支配するもの、の3つが存在する。

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 恩師高木教授に対し 深く感謝の意を表すると共に、種々の御援助を戴いた長谷川漢講師並びに教室員諸氏に謝意を表する。

### 文 献

- 1) Bechterew, W. (1905) "Der Einfluss der Hirnrinde auf die Thränen Schweiß und Harn absonderung." Arch. Anat. u. Physiol., Physiol. Abth. 297., Brain. 53, 179 より引用
- 2) Winkler, F. (1908) "Die Zerebrale Beeinflussung der Schweißsekretion." Pfügers Arch. 129, 139, Brain. 53, 179 より引用
- 3) Kalplus, J. P. and A. Kreidle (1909) "Gehirn und Halssympathicus I. Mitteilung Zwischen hirn basis und Halssympathicus." Pfügers Arch. 129, 139, Brain. 53, 179 より引用
- 4) Wang, G. H. and C. P. Richter (1928) Action currents from the pad of the cats foot produced by stimulation of the tuber cinereum. Chin. J. Physiol. 2. 279-283
- 5) Wang, G. H. and T. W. Lu (1930) Galvanic skin reflex induced in the cat by stimulation of the motor area of the cerebral cortex. Chin. J. Physiol. 4, 303
- 6) Langworthy, O. R. and C. P. Richter (1930) The influence of efferent cerebral pathways upon the sympathetic nervous system. Brain. 53, 178-193
- 7) 松本良二 (1954) 皮膚電気抵抗測定による人体発汗の研究 日本生理誌 16, 470
- 8) 高木健太郎 a) (1948-1949) 半側発汗の動機について

- て 日本生理誌 11, 137-141, b) (1948) 半側発汗の原因について 医学と生物学 13, 438-439, c) (1952) 生体に於ける反射性の興奮と抑制 脳と神経 4, 201-207, d) (1951) 皮膚圧迫の自律神経機能に及ぼす影響 生体の科学 2, 255-262
- 9) 高木健太郎・広川 潔・細野耕爾・島田久八郎 (1950) 手術後の発汗異常について 臨床外科 5, 414-417
- 10) 高木健太郎・高橋善策 (1951) 簡易な発汗室の製作について 医学と生物学 18, 25-27
- 11) 緒方維弘・市橋貞三 (1935) 発汗に及ぼす体位の影響 満州医学誌 23, 1127-1154
- 12) a) Wada, M. and T. Takagaki (1948) A simple and accurate method for detecting the secretion of sweat, Tohoku. J. exper. Med. 49, 284, b) 和田正男・高垣敏一 (1949) 人の汗腺の奮興性の測定 日本生理誌 11, 223
- 13) Schwartz, H. G. (1934) Reflex activity within the sympathetic nervous system. Am. J. Physiol. 109 593-604

### Summary

Sweating reaction were experimentally investigated in cat's footpads by means of electrical skin resistance method, and the followings were found:

The sweating of cat's pads can be considered as the mental sweating like that of men, and the cutaneous pressure evokes the similar reaction on its sweating to that in human pressure-sweating-reflex.

The central pathways of this pressure-sweating-reflex was studied by several experimental procedures. The main center of this reflex seems to exist in the subcortical region and divides itself for four parts, each of them corresponding to fore- and hindlimbs of the both sides. Afferent paths enter the cord through dorsal roots and ascend in the homolateral side, but probably not in the dorsal column, of the cord and end at the sweating center after crossing at the higher level than cervical portion. Through this afferent paths, the ipsilateral parts of the center suffer from inhibitory influence and the contralateral parts from facilitatory one reciprocally. Moreover the center is influenced inhibitory by the cerebral cortex.

From the center most of the efferent paths descend the brain to cross over to the opposite side at the level higher and lower the cervical portion of the cord and innervate the sweat glands of the contralateral side, The remainder continues down uncrossed and control the ipsilateral side.

*(Department of Physiology, Niigata University School of Medicine)*

## 電気痙攣と脊髄機能 612.014.424.4:612.832

### Reflex Function of the Spinal Cord just before, During and After Electric Convulsion.

(本論文要旨は昭和27年第5回近畿生理談話会及び昭和27年第8回筋電図研究会総会に於いて発表した)

橋野昇一・小笠原今男・齊藤一郎  
(HASHINO-Shoichi・OGASAWARA-Imao・SAITO-Ichiro)\*

#### I. 緒 言

先に吉井及び橋野<sup>1)</sup>は電気痙攣の種々相につき筋電図的分析を試み、痙攣前期にはD型、第一間代期にはP型、強直期にはT型、第二間代期にはC型、及び痙攣後の硬直期又は振盪様運動期にはR型の特徴的な筋電図が現れる事を認め、D型は比較的簡単な伝導系路を通して現れる反応であり、P型は複雑な中枢機構の興奮により現れ、T型は reverberating circuit の活動が主として現れたもの、C型はこれに制止機構が関与した筋電図型であり、T型後半及びC型の前半又は後半にD型活動が参加する事があり、R型はD型と同じ中枢の活動によって生じる筋電図型であるが、これがリズムをもつ場合(R<sub>2</sub>型)は、そのリズム源はC型と異り、より下位の中枢興奮によるのであろうと考察した。本論文に於ては、これらの各痙攣期に於て、腱反射及び防禦反射を筋電図的に調べ、これによって痙攣各期の脊髄機能を探索しようとするものである。

なお私達<sup>2)</sup>は先きに電気麻酔と脊髄機能について実験報告した事がある。

#### II. 実験方法

約2kgの実兔を腹位に固

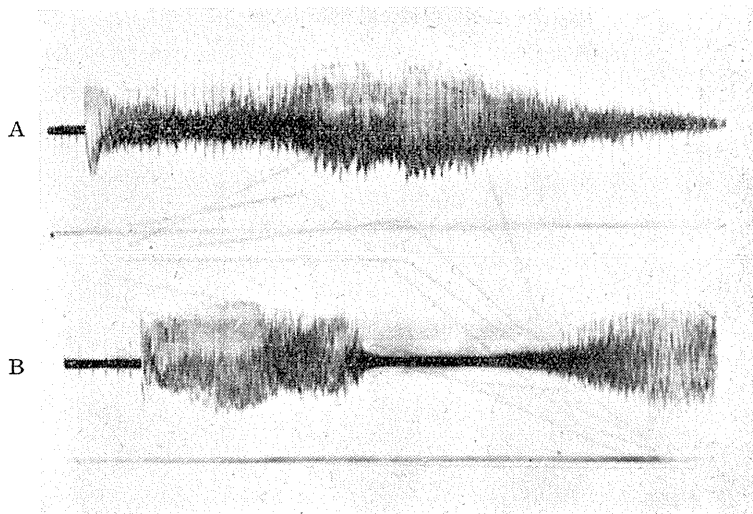
\* 大阪大学第2生理学教室  
(吉井直三郎教授)

定し、両側頭部に交流30V, 1sec 通電し、又は5~7Vの持続通電を行って、予め期待していた痙攣型筋電図が現れると通電を停止し、その間及びその後の腱、及び防禦反射を検査した。腱反射はアキレス腱を腱と直角の一定の方向より一定の強さで毎秒約2回の早さで機械的叩打を行い、その時の m. soleus の筋電図を表面電極で誘導して電磁オシログラフに撮った。防禦反射は m. soleus の筋腹とアキレス腱の中間部を強く圧迫刺戟する事によって得られ、腱反射と同様の方法で筋電図を撮った。

#### III. 実験成績

##### A. 痙攣各期に於けるアキレス腱反射筋電図

痙攣前期には既に橋野が発表した如く、D型及びP型筋電図が出現する。その時期に於て腱

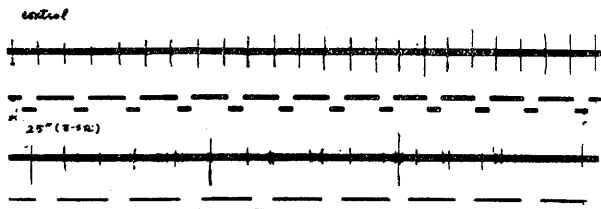


第1図 痙攣前期のアキレス腱反射

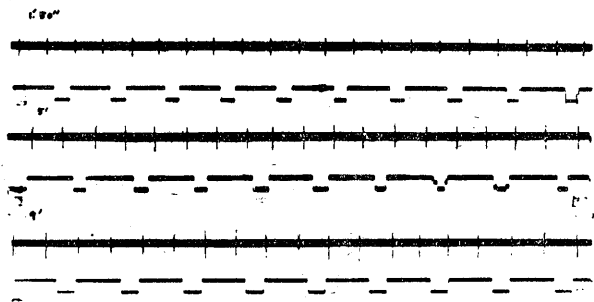
A : D型 EMG を持続的に出現せしめた時の腱反射の増大を示す  
B : electrical silence の時は腱反射が出現しない事を示す

反射を誘発する如くアキレス腱に叩打を与える時、アキレス腱反射の筋電図は次の如き変化を示す。即ち通電前に於て認めた所のほぼ一定した腱反射の spike potential は D 型及び P 型発現時に於てはその振幅を増加する。但し D 型及び P 型筋電図の振幅が強くと現れている時には腱反射の筋電図はその中に混入して明瞭には区別されない(第 1 図 A)。

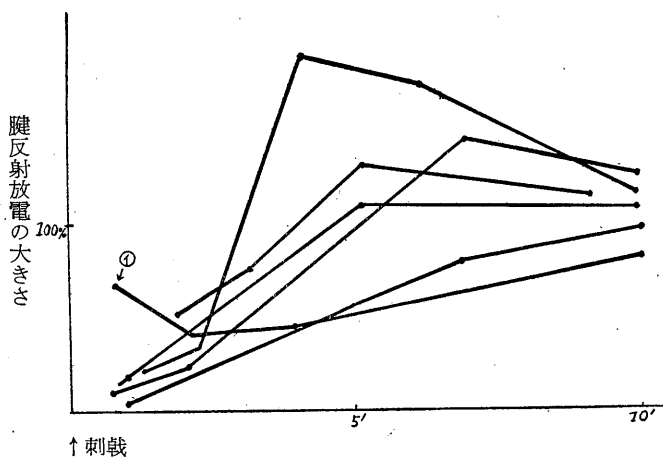
P 型に次いで electrical silence の時期がある



第 2 図 対照腱反射(上)と R 型 EMG 出現中の腱反射(下) R 型出現中は腱反射が不規則である事に注意



第 3 図 痙攣後の腱反射の回復状態



第 4 図 痙攣終了後の腱反射放電の振幅(5つの平均)の回復経過(対照を 100%とす)。① R 型が長くつづく場合

が、この期間には腱反射は殆ど或は全く消失する(第 1 図 B)。これに次いで強直性痙攣の T 型筋電図が現れるが、その時の腱反射は T 型が最大振幅の筋電図であるためにその出現の有無は不明である。これに続いて現れる C 型筋電図は T 型の断続した如き型を示すのであるが、この各棘波叢の interval に腱叩打を加えると、この間代性痙攣の interval に於いては宛も強直性痙攣直前の electrical silence の時期と同様に腱反射の spike は完全に現れない。

T 型及び C 型筋電図が消失して痙攣が終り、R 型放電が現れている時にアキレス腱を叩打すれば、腱反射は不規則な振幅で現れる(第 2 図)。

次いでその振幅は減弱又は増大して、約 10 分後には対照の腱反射筋電図のそれにかえる(第 3 図)。もし R 型が出現しない時は痙攣中消失していた腱反射筋電図は次第に回復し、場合によっては一旦対照以上の振幅となり、約 10 分後には元の腱反射筋電図に復する。これらの腱反射の spike potentials の時間的経過は第 4 図に示される如くである。

**B. 痙攣各期に於ける防禦反射筋電図**

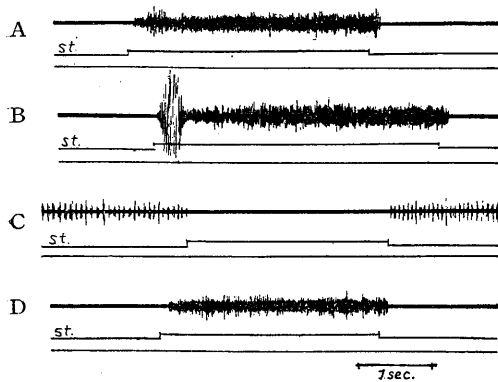
対照時の防禦反射筋電図は第 5 図 A に示す如く、比較的低電位で刺戟中続いている。場合によっては逃避運動が現われ、それに一致して筋電図的にも初めに高電位の burst が出現する事がある(第 5 図 B)。

痙攣前期はその出現が短時間である事と不安定であるため適確に防禦反射筋電図を検査する事は不可能であった。痙攣中、即ち T 型及び C 型筋電図が現れている時期では腱反射と同様、防禦反射の誘発を確認する事が出来ない。痙攣後硬直又は振顫様運動が出現中の時期即ち R 型筋電図の出現時は、防禦反射が現れないのみならず、こ

の刺激によって却ってR型筋電図が消失し、electrical silence となる(第5図C). R型筋電図が消失した後暫くは防禦反射は現れないのであるが、痙攣終了後約2分経過すれば、防禦反射は次第に回復して正常に復する(第5図D).

#### IV. 考 按

私達は電気痙攣出現前後の脊髄機能を明かにする為アキレス腱反射及び防禦反射をm. soleus



第5図 防禦反射の筋電図

A, B, C, D は本文参照. st は圧迫刺激の位置を示すの筋電図を記録する事により検べた. その成績は腱反射は痙攣前期に昂進し、痙攣期に消失し、痙攣運動終了後の硬直又は振顫期には昂進又は抑制されたる後次第に回復する. 又防禦反射は痙攣期に消失、硬直又は振顫期には防禦反射を誘発すべき刺激によってこの反射が現れないのみならず自発性放電(R型)さえ消失した. R型放電消失後暫くして防禦反射機能が回復した.

この両事実を先に報告した電気麻酔と脊髄機能なる論文と比較すれば、極めて興味ある事実に気付くのである. それは教室の堀口が得たる電気麻酔<sup>9)</sup>なる状態は一般に茲に述べたR型放電状態及び無放電状態の組合せと見られるのであるが、前者の状態は無痙攣のまま痙攣後の硬直期に入った如き中枢状態であり、後者の無放電状態とはT型直前に現れる無放電状態、又はC型の各放電叢の間隔に相当する無放電状態と同じ意義を有するものと推察させるのである. しかも電気麻酔が吉井教授<sup>4) 5) 6) 7) 8) 9)</sup>の考え

る如く中枢網様体を中心とした脳幹網様系の活動に原因するものとすれば、強直性間代性痙攣後の硬直、及び振顫期はこの脳幹網様系に興奮が残存せる状態、換言すれば大脳が痙攣活動から不応期に入った後も中枢以下には中枢亢奮状態が残留している状態であり、無放電状態は同じくこの中枢機構に生じた制止過程に帰因すべきであると想像せしめるのである. この中枢状態に於いては脊髄運動中枢の亢奮如何によってはR型が時に synchronization を示すこと(Rs型)がある事実については堀口が既に報告<sup>3)</sup>した. 更に本論文に述べた如く、R型放電時に防禦反射が誘発されないのみならず、R型放電が同刺激によって消失する事も、R型放電の下位中枢である脊髄が求心性衝撃によって恰も電気麻酔時の無放電状態の如き完全な抑制状態になる事実も注目されねばならない. 要するに脳幹網様系の活動に帰因すると考えられるD型又はR型放電状態は、一方では大脳活動を促進して強直性間代性痙攣への前段階であり、他方では少くとも脊髄運動中枢が容易に抑制状態にもたらされ得る所の前段階である事を推察せしめるものがある. 然して私達は脳波研究の経験<sup>7) 8)</sup>から、脳幹網様系の活動に関連して、単に脊髄運動中枢が抑制されるのみならず、大脳活動(特に求心性回路や積分回路)も又抑制されて所謂電気麻酔になるのであると信じている.

#### V. 結 論

1. アキレス腱反射は痙攣前期に亢進し、痙攣発現と同時に消失し、硬直期又は振顫期には抑制又は昂進され、痙攣終了後約10分にはアキレス腱反射は正常値に回復する. 特に強直性痙攣発現の直前及び間代性痙攣の休止期に認められる無放電期には腱反射も亦完全に抑制されている事は注目すべき事実である.

2. 防禦反射は痙攣期のみならず、痙攣後の硬直又は振顫期に於ても消失する. そののみならず、それ迄自発的に出現していたR型放電も亦この刺激によって消失する. 痙攣終了2分後には防禦反射は元の機能状態に回復する.

3. 電気麻酔の筋電図型 (R型放電及び無放電状態) が脳幹網様系の通電によって現れると考える吉井の仮説が本実験によって新しい支持を得た事を考察した。

#### 文 献

- 1) 吉井直三郎・橋野昇一 (昭和29年) 電気痙攣の筋電図 筋電図 (その臨床的応用) 53-61 永井書店
- 2) 堀口 隆・橋野昇一・小笠原今男 (昭和28年) 電気麻酔と脊髄機能 日本生理誌 15, 368-370
- 3) 堀口 隆 (昭和27年) 電気麻酔に関する研究 (2) 特に其の筋電図について 日本生理誌 14, 464-467
- 4) 吉井直三郎 (昭和27年) 頭部通電による痙攣及び無反射状態について 痙攣研究 23-24 医学書院
- 5) 服部鎮男・綾井治一郎・堀口 隆 (昭和28年) クロナキシーより観たる電気麻酔 日本生理誌 15, 81-86
- 6) 吉井直三郎 (昭和28年) 痙攣の生理 脳と神経 5, 57-67
- 7) 吉井直三郎・堀内 冷・東田昭二・八木正和・近藤竜輔 (昭和29年) 脳幹網様系の機能について 第51回日本精神々経学会総会 (名古屋) 昭和29年4月5日報告
- 8) 吉井直三郎・子安義彦・堀内 冷・東田昭二・村尾 哲 (昭和29年) 電気痙攣と電気麻酔 第12回日本脳神経外科学会総会 (名古屋) 昭和29年4月9日報告
- 9) 吉井直三郎・子安義彦・長田博之・中島政郎 (昭和29年) 皮質と皮質下の脳波より見た相互関係 第3回日本脳波学会総会 (名古屋) 昭和29年4月4日報告 脳神経領域 7, 220

#### Summary

For the purpose of studying the functions of spinal cord just before, during and after electric convulsion, the authors tried the experiments of tendon and avoidance reflexes on rabbits, revealing that tendon reflex was facilitated in the pre-convulsive (or P-type EMG) period, but disappeared in the tonic (or T-type EMG) and also clonic convulsive (or C-type EMG) periods. The avoidance reflex disappeared also in the tonic and clonic convulsive periods. While R-type EMG appeared in the period of post convulsive rigidity or tremor, tendon reflex was either facilitated or inhibited. The avoidance reflex was not only suppressed in the presence of R-type EMG, but also the R-type EMG itself was completely diminished by the nociceptive stimulus. In about 10 minutes after disappearance of the R-type EMG the tendon reflex regained to the normal activity, but the avoidance reflex recovered in about 2~3 minutes.

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

機能的刺激によるカキ心臓収縮数の変化に就いて 612. 172. 6

On Respons of the Oyster Heart to a Local Mechanical Stimulation.

西 本 和 夫 (NISHIMOTO-KAZUO)\*

I. 緒 言

軟体動物の心臓の pace makers が一定の部位に局在して居るか、又は心臓全体に彌散しているかは未だ明らかでない。高槻<sup>7)</sup>は正常時では心耳尖端から収縮波が起るが、この部分には何等特殊な筋肉構造が認められないといひ、安藤<sup>10)</sup>は心筋を組織学的に検索して耳室隔壁に近い心室壁で瓣の基部に一筋群を発見し、結紮実験及び截断実験等から、この部が刺激伝導路の一部として重要であることを示唆した。本論文は心筋各部に機械的刺激を与えて、その際生ずる反応を観察することにより、上記の問題に何等かの解決を見出そうとして試みた実験の報告である。

II. 実験方法

1. 実験動物は、広島湾で採集した軟体動物、弁鰓類中のマガキ (*Ostrea gigas Thumberg*) を用いた。カキの心臓は、先ず殻を破り肉柱を切断し、一側の殻を全く除去した後、囲心腔を被う膜を切除すれば、簡単に露出される。而して外科的侵襲を出来るだけ防ぐ為、セلفインによる懸垂、切断、結紮等はさけ、in situ に於て50~100 $\mu$ の外徑を有するガラス針の尖端を心臓の一定位置に刺入して機械的刺激を与え、その時起る心臓各部の収縮運動に就いて、その数及び状態を肉眼的には或は活動電圧を描記して観察した。収縮数は、秒時計を以て収縮開始時より1分間の頻度を測定した。

2. 活動電圧の描記に際しては、波形は全く問題とせず、spikeの現われ方の多少又はその変化の状態を観る為と比較的時定数の短かい(0.1秒)容量結合型四段増巾器を用い、初2段を遮

蔽室中に入れた。尚描記装置としては、日本光電社製の Braun 管 Oscillograph を用い、35 mm カメラで撮影した。誘導は富田<sup>8)</sup>による外徑10~15 $\mu$ の低抵抗微小電極を用い、無関電極は、銀-塩化銀電極を用いた。

III. 実験成績

1. 耳室隔壁附近を刺激した時の心室収縮数の変化  
ガラス針の尖端を(外徑50~100 $\mu$ )を軽く耳室隔壁に刺入して機械的刺激を加えると、心室の収縮数に著明な変化が起った。即ち、第1表に示す通り、17例中、収縮数の増加したもの82

第1表

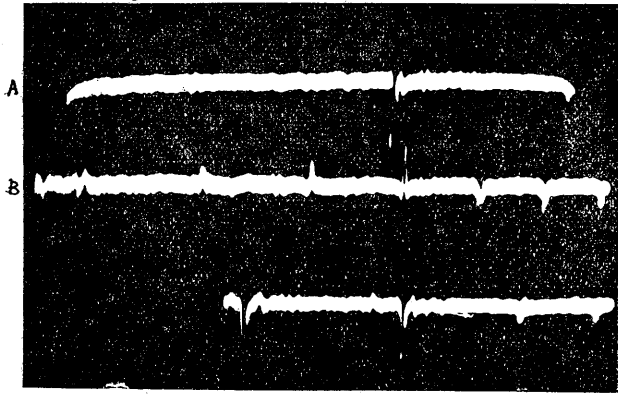
一側の心耳、心室或は耳室隔壁附近を刺激した時の心搏動数(心室収縮数)の変化

例	C	K'	In%	V'	In%	S	In%	T(°C)
1	11					20	82	15
2	26	33	27			34	30	10
3	28					31	11	〃
4	17	19	11			20	18	〃
5	52					40	-23	〃
6	6					10	66	〃
7	7					10	43	〃
8	36					40	11	〃
9	9					9	0	〃
10	12	14	17			20	66	〃
11	6					20	232	〃
12	16	16	0	16	0	20	25	27
13	7	7	0	8	14	18	157	〃
14	22	20	-10	21	-5	32	45	〃
15	7	12	70	12	70	22	215	25
16	49					36	-26.5	27
17	27	14	-11	24	-10	39	44.5	〃

C 対照の収縮数  
K' 刺激部位(心室)  
V' 刺激部位(心耳)  
S 刺激部位(耳室隔壁附近)  
In% 刺激後の心搏動増加百分率  
T 温度(°C)

耳室隔壁附近の刺激により心搏動は、著明な変化(多くの場合は増加)を受けて居る

\* 広島大学医学部生理学教室



第1図 心耳刺激後, Spikeの増加する状態を示す Oscillogram  
A: 対照. B: 心耳刺激後約5秒  
始め小さかった Spikeが次第に大きくなって行く状態及び頻度の増加が示されて居る. 而して, ここに出て居る Spikeは, 全て心耳の収縮に一致するものである

%, 無変化のもの6%, 減少したもの12%であった. 然るに, 心室に同様の刺激を加えた8例では, その50%が増加を示し38%が無変化, 12%が減少であった.

又, 第1図に示すものは, 心耳刺激後, 数秒の潜時を経てから現われた活動電圧の Oscillogram である. この時, 肉眼的には心耳の一部が限局性の小さな週期的収縮を行い, その収縮が次第に大きくなって行くのが観られた. 図中Aは対照の正常曲線, Bは上述の刺激直後の曲線で, 上述の小さな収縮に一致して極めて微小な振幅の活動電圧が生じ, それが次第に大きくなり, 遂に一定の大きさになるのが観察される. それと同時に活動電圧の頻度の増加も認められる(第1図参照).

## 2. 一側心耳の刺激による同側心耳及び心室の収縮数変化

実験 1. に於て心耳に機械的の刺激を加えた時は, 他の2ヶ処に加えた場合に比して, 心室の収縮数に変化を及ぼす事が少なかったので, この時心耳自身の収縮数には如何なる変化が起って居るかを追求してみた. その結果は第2表の通り, 心耳の変化は心室の変化に較べて遙かに大である. しかしこの場合, 心耳の収縮は, 刺激直後には極めて微弱な, 且頻度の高いものである. 且, その収縮は, 30~60秒で可成旧に復

するものである.

## 3. 心臓各部の機械的の刺激による心耳及び心室の収縮数変化

実験 1. 2. の結果を確める為, 更に多数例に於て一側の心耳, 心室及び耳室隔壁を各別に刺激して, この時の同側心耳, 心室の収縮数の変化を観察した. その結果は第3表a及びbに示されて居る. 耳室隔壁(S)の刺激に際しては, 耳室共に増加したものが90%を占め, その殆どの例が増加して居る. 而して第3表bに示される様に, 心耳を刺激した時心室に現れる変化と, 心室を刺激した時心耳に現れる変化とは, その程度を問題とせず, 増加を+

減少を一, 無変化を土で表示すれば, 両者が全く一致して居る. 而してその程度も表aの如くさした相違も認められない. 即ち+にしる, -にしる変化を起したものの総和は77%であった.

耳室隔壁(S)の刺激により同側の心耳及び心室は著明な収縮数の変化を受けて居る.

心耳の刺激によっては, 心耳は多くの場合,

第2表

一側心耳刺激による同側心耳, 心室の収縮数の変化

例		C	V'	In%	T (°C)
1	V	26	49	88	27
	K	26	26	0	〃
2	V	28	33	18	〃
	K	30	24	-20	〃
3	V		60		〃
	K		36		〃
4	V	25	20	20	〃
	K	28	28	0	〃
5	V	23	55	139	〃
	K	26	19	-27	〃
6	V	24	48	10	〃
	K	26	?		〃

C 対照の収縮数 /分

V' 刺激部位 (心耳)

In% 刺激後心耳の収縮数の増加百分率

T 温度 (C)

V 刺激直後の心耳の収縮数 /分

K 刺激直後の心室の収縮数 /分

心耳 (V') を刺激すると被刺激心耳は, 多くの場合, 著明な収縮数の増加を示し, 且此の時, 同側心室の収縮数も或程度の影響を受けて居る

著明な収縮数の増加を示し、且心室もある程度の変化を受けて居る。

心室の刺激によっては、心室は、心耳を刺激した場合の心耳程には大きな収縮数の変化を起さないが、しかし、概して増加の傾向を示す。又、この時、心耳の収縮数もある程度の変化を受けて居る。

耳室隔壁附近の刺激では、心耳、心室共増加した例が圧倒的に多いが、無変化のものも、減少したものもある。又、心耳、心室共、同じ程度の頻度で増加するものであることがわかる。

心耳の刺激では、心耳の増加例は、尙相当に高率であるが、S刺激時程ではなく、従って、無変化例、減少例は、後者に較べて多くなって居る。

心室刺激では、増加例は約2分の1であるが、減少例が比較的が多い。

2. 心耳刺激時に心室に変化を起した例の増減例及び無変化例の比率は、心室刺激時の心耳のそれに等しくなっている。

#### IV. 考 察

以上の実験を総括してみると、次の様なことが云える。即ちカキの心臓は機械的刺激に対して極めて強く反応し、その収縮数を変化さすが、この変化は刺激部位及び観察部位に依り区々である。しかし、実験1に示す様に耳室隔壁の刺激では、82%に於て心室収縮数の増加を示し、又実験3.では90%に於て耳室両者の収縮数が増加して居る。即ち此の点に加えた刺激は心筋の両方向に向って伝達され且収縮数を増加さす傾向にある事が明らかであ

第3表 a.

心耳、心室或は耳室隔壁附近を刺激した際の、同側心耳及び心室の収縮数の変化

例	C	S	In%	T(°C)	C	V'	In%	T(°C)	C	K'	In%	T(°C)	
1	V	6	14	133	27	20	24	20	27	23	21	-8	27
	K	16	36	125		16	14	-12		12	17	75	
2	V	19				24	44	83		26	24	-7	
	K	19	34	79		14	16	14		13	17	30	
3	V	22	45	104		16	37	131		17	28	60	
	K	9	17	88		16	19	19		22	28	27	
4	V	9	11	22		22	16	-27		22	22	0	
	K	9	11	22		22	18	-18		22	22	0	
5	V	24	48	100		26	26	0		26	26	0	
	K	16	17	6		26	27	4		27	28	4	
6	V	14	35	150		26	24	30		21	21	0	
	K	13	21	61		20	20	0		20	21	5	
7	V	19	26	37		25	36	44		22	22	0	
	K	19	24	26		21	20	-5		24	23	-4	
8	V	26	26	0		21	41	95		20	18	-10	
	K	27	26	-4		21	20	-5		20	18	-10	
9	V	22	31	40		5	25	400	10	28	31	10	
	K	22	30	36		5	7	40		32	39	22	
10	V	24	26	8		2	10	400		8	14	75	10
	K	20	26	30		4	4	0		7	9	29	
11	V	19	47	147		13	14	8		0	4	∞	
	K	9	17	88		12	10	-16		4	3	-25	
12	V	32	31	-3		10	17	70		17	16	-6	
	K	30	82	7		6	6	0		11	14	27	
13	V	23	32	39		9	10	11		14	12	-14	
	K	20	32	60		11	10	-9		11	9	-18	
14	V	24	36	50		10	13	30		13	10	-23	
	K	20	30	50		12	13	9		8	6	-25	
15	V	9	10	11		7	9	30		27	21	-22	
	K	9	10	11		8	8	0		27	21	-22	
16	V	21	24	14		14	42	200		9	12	33	
	K	25	26	4		12	13	8		9	14	55	
17	V	21	26	24		12	19	58		20	22	10	
	K	21	23	9		14	11	-21		18	20	11	
18	V	17	20	17	10	11	11	0		17	14	-18	
	K	17	20	17		7	6	-14		13	12	-7	
19	V	27	34	26									
	K	26	30	15									
20	V	21	27	29									
	K	21	26	24									
21	V	6	13	117									
	K	8	14	75									
22	V	10	12	20									
	K	6	7	17									

C, V', K', S, In%, T, V, K 等の記号、は第1及び2表と同様な意味を持つて居る

る。而して、心耳或は心室に加えられた刺激は心室或は心耳の収縮数に影響を及ぼし、両者共に増加33%、減少44%の変化を起して居る(第3表b)。この数の完全な一致は恐らくは偶然と思われるが、しかし心耳から心室へ、或は心室から心耳への興奮伝播が同じ位の強さで行われ得ると云う事が想像される。無効の例が何故生

第3表 b.

心耳、心室或は耳室隔壁附近を刺激した時、収縮数に変化を来した例数の百分率

		+	±	-
		(%)	(%)	(%)
S	V	90	5	5
	K	95	0	5
V'	V	83	10	7
	K	33	23	44
K'	V	33	23	44
	K	55	6	39

+ 増加を来した例

± 変化を示さなかつた例

- 減少を示した例

S, V', K', V, Kの記号は第1, 2及び3表に同じ

じるかに就いては更に検討する必要があると思われる。耳室隔壁の刺激によって耳室の収縮数が共に増加する傾向を示した事は、この部がこの種の心臓の自働能を保つ上に1つの主要な点となって居るのではないかと思われる。仁木<sup>9)</sup>は蛤の心臓で心室後部より収縮波が起る事を示唆して居るが、本実験に於ても亦、pace makerは必ずしも静脈側にのみ存せず、心室隔壁に存在する可能性を示唆して居ると考えられる。又、本実験に於ては、心臓を露出した時すでに吾人の心臓に於けるBlockの如き状態を呈して居る例が大多数で、心耳と心室との収縮数は必ずしも一致せず、且どちらが大なりとも決定しがたく、又どちらの収縮が先になるかを決定する事も出来なかつた。

心耳を刺激すれば心耳の収縮数が大となり、心室を刺激すれば心室の収縮数が大となる。且、この時両者の収縮数が一致する事は殆ど無く、従ってどちらが自働的収縮に於ける支配的地位

にあるのかは決定し難たい事であり、むしろ心臓全体が脊椎動物例えば蛙の心臓に於ける静脈洞の如きものではないかと思われる。

## V. 結 論

1. カキの心臓は機械的刺激に対して鋭敏に反応する。

2. 耳室隔壁の刺激によっては、耳室ともに収縮数の増加を示す傾向にある。又、心耳或は心室の刺激によって、心室或は心耳の収縮数は増減いずれかの影響を受ける傾向にあり、且心耳から心室へ、心室から心耳への影響力はほぼ等しい。

3. 以上の事実より、カキ心臓の耳室隔壁は刺激発生部位の1つとして認めてよいと思う。

## 文 献

- 1) 福原 武 (昭和25年) 生理学実験法 121 南山堂
- 2) 福原 武 (1949) 心臓の自動能 米子医学 1, 4
- 3) 内山孝一 (1932) 心臓生理学概論 綜合科学出版協会
- 4) Hebbel, E. Hoff (1950) Events of the cardiac cycle. Text book of physiology, By Fulton, W. B. Saunders Company.
- 5) Calson, A. J. (1904) Am. J. Physiol. 12
- 6) C. Ladd Prosser (1952) Circulation of body fluids. Comparative animal physiology. By Prosser W. B. Saunders Company.
- 7) 高槻俊一 (1949) 牡蛎 枝報堂
- 8) 富田恒男 (1950) 低抵抗毛細管電極の製法とその応用 日本生理誌 12, 83
- 9) 仁木偉彦 (1949) ハマグリ心臓の生理学的研究 第4報 活動電流に関する研究 動物学誌 59, 6
- 10) 安藤義夫 (1952) カキの心臓に於ける一結節に就いて 広島医学 5, 12

## Summary

The insertion of the tip of a minute glass capillary into the auricular septum of an oyster caused the increase of heart beat, both in atria and ventricle.

But the stimulation of atria, mainly results the increase of the beat of atria and the stimulation of ventricle results the beat of ventricle to increase. However, a change in frequency of ventricle that appeared when atria was stimulated was equal very nearly to a change in frequency of atria that was come out by similar stimulation at ventricle (See in Table 1, 2, 3 & Fig. 1).

In the previous communication, Ando<sup>10)</sup> observed a node like structure at the atrio-ventricular septum.

And the present author, from the several observations as stated above, supposes that a region in the atrio-ventricular septum plays some important rôle on the pace maker activities of the oyster heart.

(Dept. of Physiol. Med. Facul., Univ. of Hiroshima)

## 地方小学会報

### 第93回生理学東京談話会

日時 昭和29年2月27日(土)午後1時より

場所と当番 東邦大学医学部本館二階西講堂 中村 勉

#### 1. 早川 勇 (群馬大生理)

##### 鉄と硝酸による刺激生理学的研究 陽性後変動に就いて (1)

神経刺激の後、特に反復刺激の後にはその部位の電位が一時高まる事は古くから知られ Positive after potential (P.A.P.) と名付けられている。併しそのよって起る原因については殆んど不明であり之に関する研究も至って少ない。余は鉄を硝酸に浸した興奮模型に於て神経に見られる P.A.P. と類似の現象が起ることを見出したので之に就いて行った実験の結果を報告する。

硝酸中に2本の鋼鉄線の核を相対して浸し各核の硝酸外に出た端を電圧計に導き一方の核に刺激を加えて之を興奮させれば Spike が現れるがその後 Spike とは反対の方向に振れを生じ大体約30~60msec の後電圧計の振れは旧に復する。即ち P. A. P. が観察される。その大きさは条件によって同一でないが大体 Spike の十数分の一であり継続時間は Spike の期間の数倍以上に及ぶ。

次に此の電位の原因は興奮した核自身にあって、偽作電流等により他の電極に生じた分極等のためでないことは種々の方法で確めることが出来た。

P. A. P. は種々の条件で異なるがそれらの主なものは(1)一度興奮させてから次に興奮させるまでの時間によって異なり興奮から興奮までの時間が長いほど P. A. P. は著明である。(2) 温度が高いほど P. A. P. は著明であり 0°C 附近に於ては P. A. P. は殆んど観察されない。(3) 核を浸す硝酸の濃度によって異なるがこの関係は目下実験中である。

以上は今日まで得られた結果であるが此等の事柄から模型に於ける P. A. P. の起る機序に就いて考えてみると核が一度興奮してから回復が起った直後は被刺激過程が非常に低いがやがて上昇しはじめるため次に興奮が起るときには、被刺激過程が上昇した点から興奮が起り回復する際は再び被刺激過程の最も低い点まで戻るためであると推定

される。

#### 2. 小林直哉 (群馬大生理)

##### 鉄と硝酸による刺激生理学的研究 回復力と不応期に就いて

神経筋等が興奮した場合やがて元の静止の状態になるが斯様にもとの状態にもどす作用即ち回復力と興奮伝導との間に直接的な関係があると云うことは神経や筋に就いては報告されていない様であるが鉄と硝酸による興奮模型に於て核の周囲の液の回復力と興奮伝導特に不応期との間に密接なる関係が認められたので之等に就いて報告する。

実験方法としては種々の濃度の硝酸中に鉄線を浸して興奮性の膜が出来る迄の時間を測定し、又其等の硝酸の中に於て他の硝酸に浸漬して興奮性の膜を作った核を入れて直ちに核の一端を刺激して興奮伝導が起るか否かを実験したのであるが一定濃度の硝酸中に鉄線をどれだけの時間浸漬すれば次に入れた硝酸中で興奮波が末端迄達するか、その最小の時間を求め之を仮に不応期として測定した。其の結果は硝酸の濃度の高い程鉄線に興奮性膜が出来る迄の時間は小、即ち回復力は大であり、又不応期は長いこと、云いかえれば其の液の回復力と不応期は平行する事が知られた。次に一定の濃度の硝酸中に鉄線を入れて興奮性膜が出来る迄の時間を他の方法で測定したのであるが其の際線を入れる前に興奮性膜を有する他の核をその中で興奮せしめたり又は他の鉄線を入れて興奮状態をしばらく持続させてその後直ちに其の中に鉄線を入れて膜が出来る迄の時間即ち回復時間をはかり、又其の液中で一定の状態にある核の興奮伝導の難易を観察した。其の液中で一度興奮を起した直後には斯様にしなかつた硝酸中に比較して回復時間は小であり興奮伝導は起り難いことが認められた。以上の結果より回復力の異なる液の中では興奮伝導は起り難く又一度興奮した核の周囲の液は非常に回復力が増大して居ることがわかる。これに依って核が一度興奮した直後には不応期が見

られるが此の要因の1つは核の周囲に興奮によって発生した回復力が、興奮が回復した後尙相当残存して居るために興奮伝導が起り難くなって居ることに基づくものであることは確である。神経筋等の不応期の成因を考える場合にも上述の如き事柄を考えることによって不応期の原因に対する解決が得られるのではないかと思われる。

### 3. 松本政雄・田中喜信 (群馬大生理)

#### 鉄と硝酸による刺激生理学的研究 抗刺激作用と回復力

硝酸中に鉄球又は鉄線を浸して作る興奮模型に就いて神経・筋等を刺激する際に見られると同様に考えられる Accommodation 即ち電氣的刺激其の他の閾上の刺激を単独に加えれば興奮が起るが、前以って閾下の刺激を加えて之を次第に強めて行けば遂に閾上刺激に対しても興奮が起らなくなる現象を見出したので之を仮に抗刺激作用と名づけたが之と回復力とが同一原因に基づくものであることを認めた。今回は之等の事柄に就いての概要を報告する。

鉄を硝酸中に浸して之に刺激を加えれば被刺激過程が進行しはじめるがこの状態に於ては興奮性膜が次第に消失して行き鉄と硝酸との反応が極く僅か乍ら起り始め其の附近には次第に酸化作用のある物質が増加して行く。この酸化作用のある物質は鉄の表面に興奮性膜を形成する作用のあるものであるがこの物質の消失は相当ゆるやかであるから刺激作用の持続に伴って蓄積が起り閾下の刺激作用が長く続けばそれだけ多量に蓄積が起り之がために刺激閾が上昇する。斯様に刺激閾が上昇した状態にあれば通常の状態では閾上の刺激も興奮を起し得ないことになる。之が所謂 Accommodation の状態であり抗刺激作用が現れたと解することが出来る。尙興奮模型にあまり強くない閾上の刺激電流を持続的に加えるときは一度興奮が起るがやがて回復する。初めにその電流で興奮が起りその同じ電流が持続しているにもかかわらず回復するのは興奮が起ったため酸化作用のある物質即ち抗刺激作用を現わしたと同じ物質が多量に発生し之がため回復が起ることになる。以上の現象は興奮模型で得られた結果であるが神経等の Accommodation 又は直流の閉鎖時のみに一度興奮が起る現象等も同様な現象と考えればよく理解さ

れる。

### 4. 相沢豊三 (東邦大第2内科) 脳循環に就いて

### 5. 渋谷武夫 (横浜医大生理) 腎機能に関する分光学的研究

腎糸球体の灌過及細尿管の吸収に就て分光分析の可能な Na, K, Li 等の塩類に就て観察した。

#### 1) 実験材料及実験方法

囊 (重さ 250~300g) の腎臓を使用, 動脈より 27~30cm H<sub>2</sub>O 圧, 門脈より 6~12cm H<sub>2</sub>O 圧にて灌流す。

輸尿管に硝子管を挿入尿を採取した。

#### 2) 予備実験

動脈側より墨汁 Ringer 氏液を注入して組織標本を観察すると糸球体に墨汁が充滿しているが、門脈側より同様液を灌流しても糸球体には墨汁が浸入していない。

#### 3) 本実験

(イ) 動脈側より 0.73%NaCl, 0.95%KCl, 0.53%LiCl の3者の内1種類即 Na を灌流し門脈より3者の等量混合液を灌流すると尿には Na のみを見る。

(ロ) 次に門脈側より3者混合液を、動脈側より3者の内2種類を灌流せし時は、動脈側より灌流したもののみを尿中に見る。

(ハ) 次に動脈側より Na, K, Li の3者混合液を灌流し門脈側より3者の同様混合液を灌流した場合はその尿の組成は3者共存する。

(ニ) 次に動脈側より2者を門脈側より2者を灌流すると尿には門脈側灌流液と同様の組成が分析される。

(ホ) 又門脈側より Na のみを灌流すると (動脈側より3者混合液を灌流して) 尿中には Na のみを証明する。

#### 4) 結論

以上の実験結果より生成される尿の組成は恰も門脈を流れる灌流液の持つ類似の組成を持つものの如くに観察される。然し門脈より尿が生成されない事は予備実験及本実験の始に於て明かなる故此処に現われた現象は細尿管に於て再吸収せられたものと考えねばならない。

此の細尿管に於ける再吸収は動脈側に含まれて

いて、門脈側に含まれていないものを再吸収する事が判る。即門脈を流れる灌流液により支配される事が判明した。

#### 6. 市河三木 (横浜医大生理)

胃の働作電流 (第31回日本生理学会総会号を参照されたい)

本年名古屋に於る生理学会総会と同じものを発表させて頂きましたので講演抄録については学会号を参照して頂きたいと存じます。

#### 7. 猪飼道夫 (お茶水女子大生理)

##### 健康人の Philippson 反射について

Philippson, M. (1905) は除脳動物において一側下肢を膝関節において他動的に屈曲するとき、他側後肢が反射的に伸展することを認めた。この現象を Philippson 反射と言う。この反射は除脳猫については多くの学者によって追試確認されているものであるが、健康人についての明確な報告がない。著者は健康人について機械的描記法及び筋電図法を用いて、この反射の存在を確かめた。被検者を椅子に掛けさせ、両下肢を下垂し、大腿直筋に同心針電極を挿入し記録装置に導いた。下肢の運動は空気伝導法により筋電図と同一記録紙上に導いた。実験に当たり、両側下肢を膝関節にて軽く随意的に伸展させておき、一側下肢につけた牽引装置で、緩急両様の速度で膝関節に他動的屈曲を与えた。この場合の両側膝関節の運動及び両側大腿直筋の筋電図により反応様式をしらべた。

1) 緩徐な他動的屈曲。一側膝関節を緩徐に屈曲するとき同側大腿直筋の motor unit の放電間隔が短縮するに止らず、これにややおくれて他側大腿直筋の放電間隔も短縮する。時として機械曲線において他側膝関節の伸展を見る。

2) 急激な他動的屈曲。一側膝関節を急激に屈曲する時、他側においてはそれより約118msecおくれた大腿直筋の同期的放電と、約180msecおくれた膝関節の伸展が現われる。この値は、一側膝蓋腱叩打の際に見られる他側下肢の反応のそれと符合する。同側においては屈曲の直後に大腿直筋の放電の休止が見られる。

以上の実験により健康人においても Philippson 反射と同じ様式の反射が存在し、且つそれが tonic 様式と phasic 様式とに検出できることが明らか

となった。更にこれを著者が先に行った電気刺激、膝蓋腱叩打の場合と比較考察した。

#### 8. 福田篤郎・鈴木董三 (千葉大第2生理)

##### メラノホーレンホルモン分泌機序について

蛙の皮膚色彩を変化せしめるメラノホーレンホルモンの分泌は、間脳より抑制的神経調節を受け、光覚刺激に左右されると云われ、亦副腎からの Adrenaline 分泌も背景反応に関与すると云われるが、その機序は明かでない。私共はトノサマ蛙を用いて背景反応並びに蛙を乾燥せしめると、背景の色調如何に拘らず褪色する乾燥反応を解析して、この際には Adrenaline 分泌が主役をなすことを明かにした。即ちこの際血中 Adrenaline 様物質の増加をみ、Ergotamin, T. E. A. B, Bendylimidazolin は褪色現象を著るしく遅延せしむるが、背景反応時には正常蛙と褪色時間に差異を認めなかった。亦視床下部切断蛙に於いては Adrenalin 褪色効果のない所から、Adrenaline の作用は恐らく間脳に仿いてメラノホーレンホルモンの分泌を中枢的に抑制するものと思われる。低温時に於ける正常蛙、脳下垂体前葉別出蛙、両側副腎焼灼蛙、並びに視床下部切断蛙に於ける背景反応消失に関しては未だ解明されていないが、私共はこの際何れも Adrenaline に対する感受性が低下していることを知り、Adrenaline 作用点に関する共通阻害因子を考え、実験的解明を試みた。即ちかかる背景反応消失現象は甲状腺製剤の連続投与によって反応の出現及び Adrenaline 感受性を恢復する事実から、甲状腺機能低下に基因するメラノホーレンホルモン分泌抑制中枢の興奮性低下によるものと考えられる。かかる推定の下に甲状腺別出を行えば、背景反応 Abrenaline 褪色反応を抑制し甲状腺製剤投与により恢復する。甲状腺機能はメラノホーレンホルモン分泌抑制中枢の機能を支配すると考えられる。従って分泌抑制中枢の感受性は光覚刺激に対し亦 Adrenaline に対しても甲状腺の充分な仿により維持されるものであると解される。唯視床下部切断時の着色は甲状腺製剤投与により恢復し得ぬが之は抑制伝導系の遮断によるものと推定される。

#### 9. 酒井敏夫 (慈大生理名取研)

##### 水処理筋による筋収縮機構について

剔出墓骨格筋を蒸留水中に浸漬すると、所謂水硬直を起し、筋は短縮する。この水短縮は、 $\text{pH} \approx 8.0$  で最も強いことを以前報告した。今回は  $\text{pH}$  3.0 より 10.0 までの間について実験したところ、4.0 以下及び 10.0 以上では短縮せず伸展し、水短縮の強いところは、5.5, 8.0 の双峰性の山が見られた。等電点よりやや alkali 側で谷を生ずる。この  $\text{pH}$  による水短縮は、正常筋の  $\text{pH}$  による影響とは全く逆の型をとり両者の筋短縮機構を同一視することは出来ない根拠となる。水処理筋の新鮮な時に、 $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  を作用させると、適当の濃度で  $\text{Ca}^{++}$  は短縮に、 $\text{Mg}^{++}$  は弛緩因子となり antagonist の現象が見られる。上述の如く、 $\text{pH}$  の変化に対する両者の作用関係も全く同様であった。水処理筋には  $\text{Ca}^{++}$  は短縮に、 $\text{Mg}^{++}$  は弛緩に作用するが、その時に於ける水の移動は両者共細胞外に押し出される。 $\text{Ca}^{++}$  では、筋短縮のそれに並行するが、 $\text{Mg}^{++}$  では、酸側で特意的に妨ぐらしい。水処理の時間を延長(24時間)すると、著しい ion 効果は減弱し、Glycerin 処理筋のそれに類同して来る。即ち、線膨張係数の符号は、 $50^{\circ}\text{C}$  まで (+) で、それ以上の温度で始めて逆転する。Glycerin 筋は、その逆転温度がやや高温で  $60^{\circ}\text{C}$  前後である。主筋は  $30^{\circ}\text{C}$  前後であるから、標本筋を理想状態にするためには、逆転点を  $30^{\circ}\text{C}$  に接近させる事が望ましい。理想標本筋は、St.Györgyi, E. Bozler 等 Hysteresis を解いた Dehysteresis にふして、最近弛緩の機構を究明しているが、未だ生筋の性質にまで近づけ

ることには道遠い感がある。標本の性質を調らべる一方法として、筋長-温度曲線をとることに依り線膨張係数の符号から 1 つの考察を試みた。

#### 10. 細谷雄二 (大阪市医大生理)

##### Kolmer の滴状顆粒について

曾て Kolmer (1909年) は網膜色素上皮 (桿体の周囲に) に特種の滴状顆粒を検出し、これが視紅の光分解及び再生に応じて増減することを観察した。Detweiler (1942年) 等によれば、この Kolmer 顆粒の主成分は Retinene であるというが、しかし、この顆粒は組織染色切片製作中にできる人工産物に過ぎぬという Walls (1939年) の反対もあって、まだ一般に確認されたものではない。

演者等は木村の重層遠心法 (Jap. J. Physiol. 3 25, 1952) によって、鼠、兎、亀等の新鮮な色素上皮から黄金色油球と無色油球を分離することができた。この黄金色油球は先年来細谷等の研究しているもので Xanthophyll と Vitamin A を含み、石油エーテル易溶性であるが、無色油球は黄金色油球よりも小さく直径  $1\mu$  以下のものが多く、石油エーテルには溶解しにくい。従ってこの溶解性の差からも両種の油球を分離することができる。目下、無色油球のみを集めて、その性状を検索中である。

演者等の考では、この無色油球は Kolmer の滴状顆粒に該当すると思うが、前実験者等はその顆粒は類脂体固定及び鉄ヘマトキシリン染色によらざれば検出できぬと主張しているから、今後詳細な実験を行って両者の異同を究めたい。