

# 日本生理學雜誌

第 12 卷 第 10 號

昭和 25 年 10 月 25 日 發行

編 集 幹 事

浦本政三郎・久保盛徳・坂本嶋嶺・鈴木正夫

戸塚武彦・林 謙・福田邦三

## 原 著

高木健太郎・長谷川 弘：運動時の呼吸促進について（第3編）筋よりの反射性呼吸促進について.....	243
山 田 達 男：上下發汗反射の動機.....	252
後 藤 昌 義：カエルの網膜の活動電壓に於ける次ぎ次ぎの2つの刺激の効果.....	257
本 間 三 郎：人体皮膚の電氣的分極について.....	261
唐 川 正 典：神經，筋働作流の發現機構に關する實驗的研究（主として其等に於ける「層對電説」（前川）の驗証）（第5報）骨格筋傷害働作流と收縮機械曲線の關係.....	269
唐 川 正 典：神經，筋働作流の發現機構に關する實驗的研究（主として其等に於ける「層對電説」（前川）の驗証）（第6報）空氣中に於ける骨格筋働作流の吟味.....	272
唐 川 正 典：神經，筋働作流の發現機構に關する實驗的研究（主として其等に於ける「層對電説」（前川）の驗証）（第7報）組織的分極性と働作流の変形.....	274
唐 川 正 典：神經，筋働作流の發現機構に關する實驗的研究（主として其等に於ける「層對電説」（前川）の驗証）（第8報）「層對電説」に關する 2, 3 の計算.....	280
佐々木 寛 昌：聽原發作を誘發する刺戟と所謂順應現象.....	284

附. 第12卷第9號正誤表

## 日 本 生 理 學 會

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

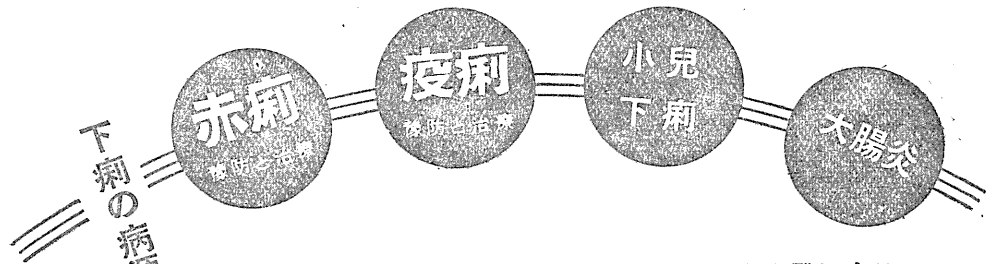
★ 萬有の医薬品 ★

肺炎・梅毒・淋病・化膿性疾患 <b>ペニシリン</b> 油性・水性・軟膏・錠劑 結晶G・ミックス・鹽坐藥	結核化學療法劑 <b>ジュンパス</b> (P A S)
驅梅毒劑 <b>ネオエーラミゾール</b> 靜脈注射劑	肝臟障害・解毒劑 <b>ハンチオニン</b> メチオニン
驅梅毒劑 <b>ネオエーラミゾール</b> 筋肉注射液	神經痛・ロイマチス <b>ギトーザン</b> キノフェン注射液
驅梅毒劑 <b>オスバルザン</b> 内服606號	局部麻醉劑 <b>ハンカイン</b> 鹽酸プロカイン



Banyo

東京・大阪 萬有製藥株式會社 岡崎・札幌



赤痢菌性・大腸菌性疾患に素晴らしい効力を發揮する・・・

フタリデンは血液中に吸収される事なく直接腸管内の病原菌に作用するフタリルスルファチアゾールで幼児に用ひても副作用なく排便中の菌も24時間で急に減少します



日本化成  
(旧三菱化成)

**フタリデン** かせイ

販賣元 中村瀧

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">拂込料 加入者 負担者</div>			受領票																																
番口 座號	加入 者氏	東京壹千代田區 神田駿河台二ノ五 日本醫師會館内	東京壹八四九貳壹番	受付 局日	附印																														
日本醫學會			※ 一金 百圓也																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">日</td> <td style="width: 5%;">口</td> <td style="width: 5%;">數</td> <td style="width: 5%;">金</td> <td style="width: 5%;">額</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>計</td> <td colspan="5"> </td> </tr> </table>						日	口	數	金	額																				計					
日	口	數	金	額																															
計																																			

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">拂込料 加入者 負担者</div>			受付票																																
番口 座號	加入 者氏	東京壹千代田區 神田駿河台二ノ五 日本醫師會館内	東京壹八四九貳壹番	受付 局日	附印																														
日本醫學會			※ 一金 百圓也																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">日</td> <td style="width: 5%;">口</td> <td style="width: 5%;">數</td> <td style="width: 5%;">金</td> <td style="width: 5%;">額</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>計</td> <td colspan="5"> </td> </tr> </table>						日	口	數	金	額																				計					
日	口	數	金	額																															
計																																			

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">拂込料 加入者 負担者</div>			拂込票																																
番口 座號	加入 者氏	東京壹千代田區 神田駿河台二ノ五 日本醫師會館内	東京壹八四九貳壹番	受付 局日	附印																														
日本醫學會			※ 一金 百圓也																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">日</td> <td style="width: 5%;">口</td> <td style="width: 5%;">數</td> <td style="width: 5%;">金</td> <td style="width: 5%;">額</td> <td style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>計</td> <td colspan="5"> </td> </tr> </table>						日	口	數	金	額																				計					
日	口	數	金	額																															
計																																			

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">拂込料 加入者 負担者</div>			拂込通知票		
番口 座號	加入 者氏	東京壹千代田區 神田駿河台二ノ五 日本醫師會館内	東京壹八四九貳壹番	受付 局日	附印
日本醫學會			※ 一金 百圓也		

※印ノ欄ハ拂込入ニ於テ記載シテ下サイ  
各票記載事項ニ間違ノナイコトヲ確メ下サイ

局番  
號印

金額ヲ訂正シタモノハ受付ヲ致シマセン

一ヶ年保存

金額以外ノ記載事項ヲ訂正シタ場合ハ相當證印シテ下サイ

文字ハ正確明瞭ニ一、二、三、十、數字ハ壹、貳、參、拾ト才書き下サイ



## 運動時の呼吸促進について

(第3篇) 筋よりの反射性呼吸促進について 612.76, 612.288

The Causes of the Augmentation of Respiration during Muscular Exercises.

(昭和25年度科学研究費の補助による)

高木健太郎 (Takagi-Kentaro) ・ 長谷川 弘 (Hasegawa-Hiromu) \*

### I. 前 お き

運動時の呼吸促進についてと題する第1, 第2篇の報告(6,7)で運動時の呼吸促進はCO<sub>2</sub>その他の物質が血行を介して呼吸中枢, 又は従来知られている化学受容器に作用するものでないこと, 又運動中枢の興奮の呼吸中枢への蔓延, 心臓の内圧増加による反射等もこの説明には不十分なことをのべ, 結局筋よりの反射が最も重要なものであろうと結論した. その後この運動筋よりの反射について検討した結果を報告する.

### II. 筋が酸素欠乏の状態て活動する場合の呼吸促進について

第2篇(7)でのべたように筋を他動的にうごかしても殆んど呼吸促進は生じないから, 単に筋がちんんだり, のびたりしただけでは反射を誘発するに足りないことがわかる. 従つて筋が収縮する際の化学変化によつて生じた物質が反射をおこすものになるのではないかと考えられる. それならば筋に酸素の供給が充分な場合と不十分な場合とで呼吸促進の程度に大きな差があるであろうと考えて次の実験を企図した.

#### A. 実験方法

大腿部をゴムで緊縛して下肢の血流を断つて「その場駆歩」をさせた. 又低酸素空気を吸入しながら Ergometer (自轉車を改造せるもの) のペダルを踏ませた. Ergometer の負荷は長く続けても疲労しない程度に軽くした.

呼吸量は我々の考案した呼吸量連続描記装置(8)によつて煤紙上に描記し, 又1つ1つの呼

吸の相対的大さを知るために胸廓の周囲変化をゴム管プノイモグラフ (Marey のプノイモグラフと同じ原理のもので, ゴム蛇管の両端を密閉し, その内圧変化をタンブールに導いたもの) によつて同時に描記した.

低酸素空気はあらかじめゴム袋につくつておいて必要に應じて呼吸弁を通して吸入させた.

肺胞気としては呼気の最終部分を少しずゝ注射器にとつた.

肺胞気及び低酸素空気の組成は Haldane 氏ガス分析器によつて分析して知つた.

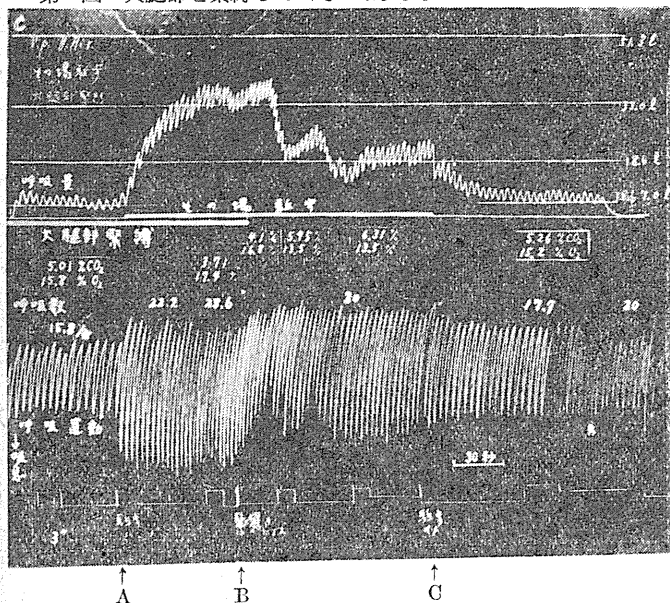
#### B. 実験成績並びに考按

##### 1. 大腿部緊縛実験

先ず対照のために何もしないで「その場駆歩」をすると, 呼吸量は毎分約 20 l 程度に増加して平衡状態になり, そのまゝ終りまで一定して変らない. 所が大腿部を緊縛して血流を遮断しておいて「その場駆歩」をやらせると, 縛らなかつた時の数倍 (少いもので 35 l, 多いものは 60 l) の呼吸促進を生ずる. 第1図はその1例である. 大腿部を緊縛してもそれだけでは呼吸は正常時と殆んどかわらない (呼吸量毎分約 7 l). 図中「その場駆歩」とかいて太い白線で示した間で駆歩をしたもので呼吸量は 35 l 以上になっている (a の部分). 駆歩の終り頃, 大腿部緊縛をとつてしまつてからの呼吸 (b の部分) が正常のその場駆歩の時を示すもので, a, b をくらべれば緊縛時の方が呼吸促進の程度はずつと甚だしい. この際運動筋よりの血液の還流はないから CO<sub>2</sub> 又はその他の代謝産物が血行を介して呼吸中枢や, 頸動脈球に作用したものではない. 大腿部を縛つてもそれより上の腰の筋肉もうごくから全部の運動筋の血流を完全に断つたとはいへな

\* 新潟醫科大学生理学教室

第1圖 大腿部を緊縛して「その場駢歩」をした場合の呼吸曲線



上は呼吸量, 下は呼吸運動 (下向きが吸息) を示す. 大腿部緊縛及びその場駢歩の期間は太い白線で示す. はじめから大腿部を緊縛しておき, Aで駢歩をはじめ. Bで駢歩をしながら緊縛をとる, Cで駢歩をやめる. a, b, c, d は本文参照.

圖の中央部の数字は肺胞氣の組成及び呼吸数を示す.

左から 5.01%CO<sub>2</sub> 3.71% 4.1% 5.95% 6.31% 5.26%CO<sub>2</sub>  
 15.8 %O<sub>2</sub>, 17.4 %, 16.8%, 13.5 %, 13.5 %, 15.2 %O<sub>2</sub>  
 及び 15.8/分, 22.2, 28.6, 20, 17.7, 20.

いが, 肺胞氣をみると, 縛らないで運動したときはCO<sub>2</sub> 4.95%, O<sub>2</sub> 15.75%で, 縛つたときはCO<sub>2</sub> 3.71%, O<sub>2</sub> 17.4% (第1図)で, 縛つたときの方がCO<sub>2</sub>は少くO<sub>2</sub>は多いことは肺を通る血流が, 静脈性の程度が少ないことを示し, 従つて運動筋よりの静脈性の高い血液が大部分戻っていないことを示す1つの證據といえよう. 又緊縛をとるとそれから20秒位たつて (第1図cの部分) 肺胞氣にはCO<sub>2</sub>がふえ, O<sub>2</sub>がへりそれに少しおくらせて (dの部分) 再びいづらか呼吸量がましているが, この時に今まで脚にたまつていた静脈性の高い血液が戻ってきていると考えられるから, このことも縛つている間はこれだけの血液が遮断されていたという證據の1つと考えられる. いずれにせよ大腿部を緊縛して脚の運動をした場合には縛らないで運動したときよりもCO<sub>2</sub>もその他の代謝産物も少く血液が呼吸中樞や頸動脈球を灌流しているわけ

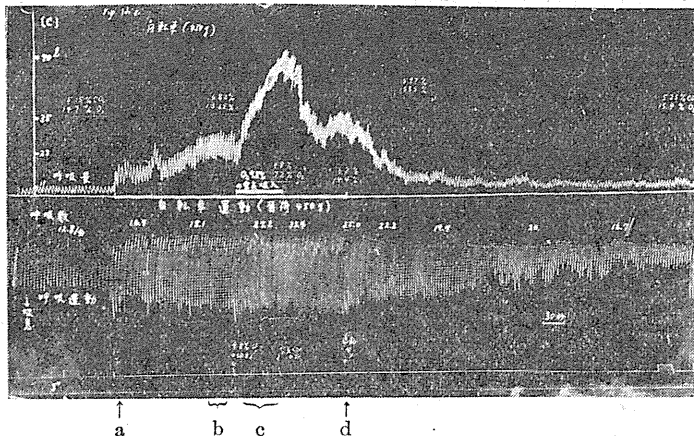
で, 従つてこの際の大きな呼吸促進はCO<sub>2</sub>又はその他の代謝産物の血行を介しての中樞作用でないことは明らかである. 又緊縛をとつたあとにおこるいづらかの呼吸促進 (第1図d) の際にはCO<sub>2</sub>及びその他の代謝産物の多い血液が呼吸中樞を灌流していると考えられるから, この時の呼吸促進が, CO<sub>2</sub>及びその他の代謝産物の血行を介しての中樞作用によるものであり, その程度は緊縛して運動した場合にくらべるとずつと小さい.

又運動中樞からの興奮の蔓延とすれば, 大腿部を縛つたときも縛らないときも同一の運動をしているのであるからどちらも呼吸促進の程度は同じ筈である. 然るに筋が酸素不足の状態で活動した時の方が呼吸促進の程度がひどいのであるからやはり筋の中間代謝産物が関係あると考えられ, 前述のようにこれが血行を介してはたらくものでなければ, 神経を介して反射的に呼吸促進をおこすものとする外なく, 結局筋にはこれ等の物質に対する化学受容器が存在すると思わざるを得ない. 第1図にみられるように運動中に緊縛をとつてもすぐには呼吸量が減少せずに6~9秒おくらせて減少しはじめるのは血行が恢復して十分に筋が酸素供給をうけるようになるまでにこれ位の時間がかかるためであろう. 又一方他の実験例で, 大腿部を緊縛して脚の運動をやり, 縛つたまま運動をやめた場合には運動をやめるとすぐに呼吸量は減少してゆくから, 呼吸促進をおこす物質は筋収縮時にごく短時間生じすぐに次の段階の物質に変化するものと考えられる (図省略).

## 2. 低酸素吸入実験

次に運動筋に酸素不足をおこす一手段として運動中に低酸素吸入をさせてみた. 第2図はそ

第2圖

Ergometer を踏む運動をしながら低酸素空気が ( $O_2$ が9.8%) を吸入した場合

運動の期間及び低酸素空気吸入の期間は夫々圖の中央部の太い白線で示す。aで運動をはじめ、cの間低酸素空気を吸入し、dで運動をやめた。

曲線の説明は第1圖と同じ。肺胞氣の組成を示す數字は、左から

5.15% $CO_2$     6.82%    4.8%    6.2%    5.99%    5.25%  
14.7% $O_2$     13.65%    7.2%    14.4%    15.85%    15.4%

呼吸數を示す數字は

12.8/分, 16.7, 18.1, 27.2, 33.4, 25.0, 22.2, 19.4, 20, 16.7

の呼吸曲線の1例である。Ergometerのペダルをふみはじめると(図中a)呼吸量は直ちにいくらか増大し、その後更にいくらかまして1分30秒位で毎分約23l程度になり平衡に達する(図中b)。(この運動を5分間つゞけてみた実験によると、呼吸量はこのまゝ平衡を保つて終りまで殆んどかわらない。又被験者は殆んど疲勞せず更に長くこの運動をつゞけることができる)。このように呼吸が平衡状態に達した所で低酸素空気が ( $O_2$  9.8%) を吸入させると(図中c)呼吸量は急激に増加して數倍(毎分約70l)にも達する。この呼吸量はこの被験者が力一杯の運動をしたときの呼吸量に近いものである。

逆に先ず  $O_2$  9.8% の低酸素空気を吸入させておいて(この程度で低酸素吸入では呼吸量はせいぜい正常時の2倍(14l)になるぐらいで平衡に達し、長くつゞけても何ともない)呼吸が平衡状態になってから運動させるとやはり毎分70l近い呼吸促進を生ずる(図省略)。

肺胞氣の  $O_2$  をみると安静時の低酸素吸入では7.3%, 第2圖の運動時低酸素吸入では7.2%で殆んどちがわらないから、運動時に特に酸素

飽和度の低くなつた血液が中樞に作用して大きな呼吸促進をおこしたとはいえない。むしろ運動時に酸素消費量がましても動脈血の酸素飽和度をさげないように呼吸促進がおこつていように見える。前の大腿部緊縛実験と考えあわせると、やはり運動筋では酸素が缺乏し、中間代謝物質が余計に生じ、これが反射的に呼吸中樞に作用するものと考えられる。

### Ⅲ. 筋收縮時に生ずる中間代謝物質の動脈注射による呼吸促進について

前項の実験によつて筋收縮時に生ずる中間代謝物質による化学的反射的呼吸促進が想像されるから、こんどはそれ等の物質及びそれと密接な關係を有する物質を動脈注射してその反應をしらべた。

#### A. 実験方法

被験動物は主として犬(5kgないし15kg)及び猫を用いた。呼吸運動はゴム管プノイモグラフにより、血圧は上膊動脈を用い水銀マンメーターによつて描記した。

#### B. 実験成績並びに考按

##### 1. NaCN, Lobelin による呼吸促進

筋に於ける化学受容器も從來知られている頸動脈球と同様な性質ではないかと考えて、先づNaCN, Lobelin等による呼吸促進をしらべた。

NaCNについて: 注射液は0.3%のものを2cc用いた。股靜脈に注射すると約12秒の潜伏時をおいて著明な呼吸促進がおこるのは從來知られている通りである。股動脈に注射してもやはり呼吸促進がおこるが、潜伏時はかえつて長く(約16秒)、あらわれる呼吸促進の程度も股靜脈に入れた場合より軽い。従つてこれはNaCNが筋に作用したのではなく筋やその他の末梢部を通りぬけて靜脈に入り頸動脈球に作用したも

のと考えられる。呼吸促進の程度が軽いのは筋を通るうちに薄められるからであろう。

次に筋が酸素缺乏のとき、又は運動してある程度中間代謝物質がたまっているときに NaCN を作用させれば効果があるかと考えて、股動脈をクレンメではさんでしばらく血流をとめておいてから注射したり、筋を電流で刺激して不随意的に運動させておいてから注射してみたりしたがいずれも特別の反応はみられず、普通の動脈注射の場合と全く同じ結果が得られた (図はいずれも省略す)。それで NaCN は筋には作用しないものと考えられる。

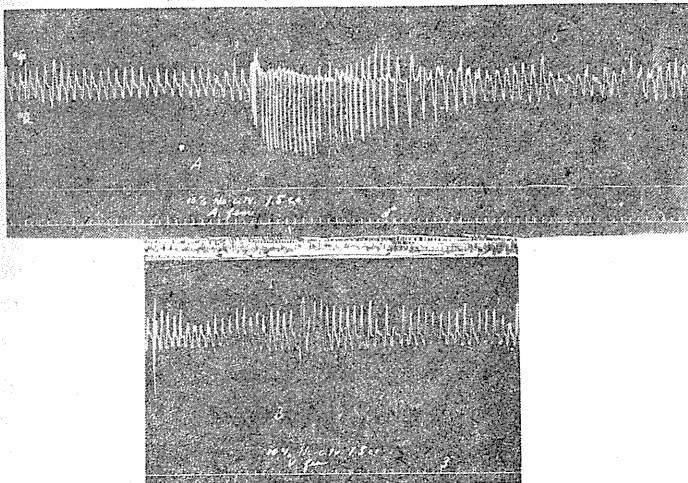
Lobelin も同様で、股動脈に注射するより股静脈に注射した方が潜伏時も短く、程度も激しいからこれもやはり筋に作用するのではなく頸動脈球に作用するようと思われる (図省略)。

## 2. 糖代謝に関係ある物質の動脈注射による呼吸促進について

用いた薬品は Adenyl 酸 Na, 焦性ぶどう酸 Na, Glycerinaldehyde の Na 塩, 枸橼酸 Na, 乳酸等である。

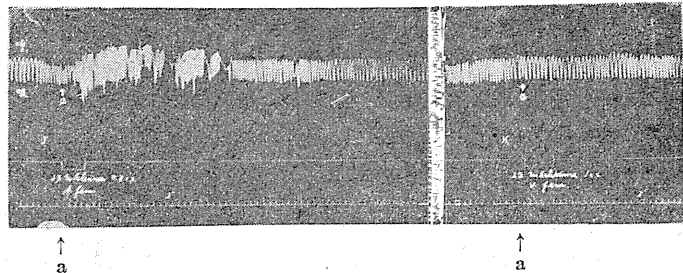
Glycerinaldehyde を除いて他のものはいずれも動脈注射によつて呼吸促進を生ずる。

第3圖 上は10%枸橼酸 Na 1.5cc を股動脈に、下は股静脈に注射した場合の呼吸曲線。下向きが吸息



被験動物は犬、♀、10kg、時標3秒

第4圖 左は3%乳酸0.3ccを股動脈に、右は3%乳酸1.0ccを股静脈に注射した場合の呼吸曲線 (夫々 a で入れはじめ)



被験動物は犬、7kg

第3図は10%枸橼酸 Na を 1.5cc 股動脈及び股静脈に注射した場合で静脈注射では殆んど変化がないが、動脈注射をすると注入しはじめてから10秒位の潜伏時をおいて激しい呼吸促進を生じている。他の血圧を同時に描記した例では血圧も上昇し心搏數もいくらか増加するのが認められた。

第4図は3%乳酸を 0.3cc 股動脈に、1.0cc 股静脈に注射した場合の記録で、被験動物は同じく犬である。枸橼酸 Na の場合と全く同様で静脈注射では変化なく、動脈注射ではそれより少量であるにかゝらず著明な呼吸促進がみられる。

Adenyl酸Naについては、10%溶液 2cc を犬の股動脈に注射すると明らかに呼吸促進をおこす場合と、全然効果のない場合とあり不定であった。併しあらかじめ低酸素空気 ( $O_2: 8\%$ ) を吸入させておきながら注射するとこんどはずつと著明な呼吸促進がみられた。

焦性ぶどう酸 Na についても全く同様で、10%溶液 2cc を股動脈に注射するといくらか呼吸促進がおこり、低酸素空気を吸入させながら注射すると効果が著しいことが注目される (図はいずれも省略す)。

これは低酸素空気吸入のときには筋がいくらか酸素不足の状態になり、既にこれ等の物質と似たものが出来かゝっていると

ころえ更に加重するためとも、又注入物質が仲々酸化除去されないためとも考えられる。

とにかくあらかじめ酸素缺乏の状態にしておくところ等の物質の効果が増すことは、糖の中間代謝物質に対する化学受容器の存在を考える上に好都合なことである。

Glycerinaldehyde は全然効果がなかつた。

以上によつて動脈注射をすれば呼吸促進をおこす物質のあることを確かめ得たが更にこれ等の物質の作用部位や、作用機轉に関して確かめるべく次の実験を行つた。

### 3. 前項にのべた呼吸促進の吟味

前項にあげた物質のうち枸橼酸 Na と乳酸が最も効果が著明であつたからこの兩者について吟味を進めた。

#### a. 作用部位について

第3図及び第4図をみてわかるように動脈注射をすれば呼吸促進を生ずるが、静脈注射では殆んど変化がないのであるから作用部位は呼吸中樞或は頸動脈球やその他從來知られている化学受容器でないことは明らかであるが、更に作用部位が筋肉か又はその他の末梢部であつて神経を介して反射的に作用するものであることを確かめるために腰椎麻酔によつて脊髓の傳導性を断つて動脈注射を試みた。枸橼酸 Na でも乳酸でも麻酔前は著明な呼吸促進を生ずることを確かめておいて、次にペルカミンによつて腰椎麻酔をしてから同量の動脈注射を行つたが、いずれも全然呼吸促進は生じなくなつた(図は省略)。従つてこの呼吸促進が反射性のものであることは確實である。

次に作用部位が筋ではなく、皮膚にきている神経末端に疼痛を興えるために呼吸促進をおこすのではないかを検討するために、下肢の皮膚を全部除去してしまつておいて、10%枸橼酸 Na 1.0cc を股動脈に注射してみたが著明な呼吸促進を生じたから皮膚からの反射ではない(図省略)。従つて筋肉そのものからの反射と考えなければならぬ。

#### b. pH, 滲透圧について

乳酸は3%にすると pH は約 1.2 位であつた

が10%枸橼酸 Na は pH 7.6 で弱アルカリ性であるから、これ等の動脈注射によつておこる呼吸促進は單に pH によるものでないことは明らかであるが、酸性溶液であれば乳酸以外のものでも呼吸促進をおこすかどうかをみるために、Ringer 液に塩酸を加えて pH の小さい溶液を作つて注射してみた。市販の濃塩酸を Ringer 液で 160 倍に薄めたものでは全然呼吸に変化なく、80 倍に薄めたもので僅かに変化が認められた(図省略)。兩方の場合とも注射液の pH は 1.2 以下であつたから單に pH の小さい液で呼吸促進がおこるのではなく、乳酸の特殊な作用と考えられる。

次に前に用いた枸橼酸 Na は 10% という相當濃いものであるから滲透圧が高くてそのため疼痛を生じて呼吸促進をおこすものかどうかを検討するために、その他の藥品について濃厚溶液を作つて注射してみた。

Glutamin 酸 Na の 1/4 飽和溶液 2.0cc

MgSO<sub>4</sub> の飽和溶液 2.0cc

CaCl<sub>2</sub> の 20% 溶液 2.0cc

NaCl の 20% 溶液 1.5cc

Ringer 液 2cc 等を股動脈に注射してみたが 20% NaCl 溶液以外のものでは全然呼吸促進はおこらなかつた。たゞ 20% NaCl 液でいくらか呼吸促進がみられたが、枸橼酸 Na にくらべてごく軽度であり、一方枸橼酸 Na は 2.5% まで薄めても呼吸促進をおこすから單に滲透圧のちがひにより疼痛を生じ、そのために呼吸促進がおこるのではなくやはり枸橼酸 Na の特殊作用と考えられる。又、枸橼酸 K や枸橼酸でも枸橼酸 Na と全く同様の作用がみられる。

#### c. 動脈注射実験の總括

1) AdenyI酸 Na, 焦性ぶどう酸 Na, 枸橼酸 Na を動脈注射すれば呼吸促進がおこる。後 2 者に於て最も著明である。

2) 他の物質、例えば MgSO<sub>4</sub>, Glutamin 酸 Na, CaCl<sub>2</sub> 等では濃厚溶液でも呼吸促進はおこさないから滲透圧のちがひによる疼痛のための呼吸促進ではない。

3) 塩酸で pH の小さい溶液を作つて注射し

ても効果がないから單なる酸性溶液の作用でもなく、結局枸橼酸 Na, 乳酸等の特殊な作用である。

4) 動脈注射をすれば呼吸促進を生ずるが、靜脈注射では効果なく、又腰椎麻酔によつて脊髓の傳導性を遮断しておけば動脈注射をしても無効であるから、脊髓を通る反射性呼吸促進である。

5) 皮膚を除去しておいても効果があるから受容器は筋肉内にあるにちがいない。

### Ⅲ. 筋の求心性神経の刺戟実験

#### A. 実験方法

被験動物は犬及び猫。

呼吸はゴム管プノイモグラフにより描記。

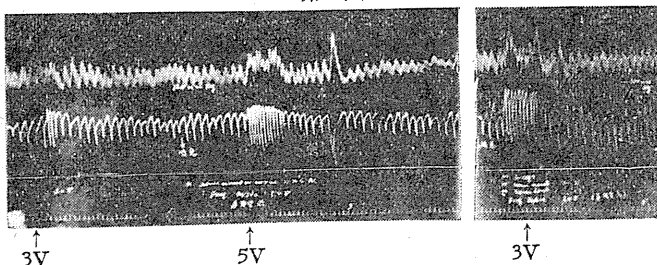
刺激には、Zimmermann型刺激電流選擇器による直角電流、及び、真空管で制御された蓄電器の放電電流を用いた。

刺激した神経は M. semimembranosus, M. semitendinosus 及び M. biceps femoris に入る神経で、いずれも N. ischiadicus のごくもとの方からわかる神経である。実験終了後神経の行方を追跡して確実に筋肉に分布することを確かめた。

#### B. 実験成績並びに考按

第5図の左のものは M. semimembranosus に入る神経を切断してその中樞端を 3.0V 及び 5.0V の直角電流 (頻度 30/秒) で刺激した場合で、呼吸促進、血圧上昇、心搏數の増加がみ

第5圖



左: M. semimembranosus に入る神経を切断してその中樞端を強さ 3.0V 及び 5.0V、頻度 30/秒の直角電流で頻數刺激する。

右: M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. biceps femoris に入る神経を切断し、その中樞端を 3本同時に 3.0V、30/秒の直角電流で刺激する。

上は血圧、下は呼吸運動 (下向きが吸息)。

られる。

第5図右の方は M. biceps femoris, M. semimembranosus 及び M. semitendinosus に入る神経を 3本一緒にして 3.0V の直角電流 (頻度 30/秒) で刺激したもので、同様の結果であるが同じ 3.0V でも関係する神経の數が多くなると呼吸促進の程度も著しいことがわかる。

刺激電流の形をかえて、真空管によつて制御された蓄電器の放電電流を用いてもみたが全く同様の結果を得ることができた。

用いた神経が筋に分布するもので、皮膚へは行っていないことを確かめることができ、又用いた神経を残して他の坐骨神経を根本の方で切断して、たとえ電流滑走が他の皮膚神経に及んでも中樞の方へは傳わらないようにして刺激しても同様の呼吸促進がみられるから、この実験は筋から発する求心性神経の刺激で呼吸促進をおこすことができることを証明するといえる。

### Ⅳ. 總 括

運動時の呼吸促進が血液の CO<sub>2</sub> の作用でないことはよく知られて居り (Krogh, Lindhard 3, Nielsen 4, Benyinger 1, 長谷川 6, 7) 乳酸の中樞作用もその原因とは考えられない (Benyinger 1)。

Benyinger (1) は酸素缺乏の状態では運動すると特に激しい呼吸促進がくることから、何か未知の中間代謝産物ができるからであるといふその作用部位は呼吸中樞であると考えている。

併しこの考えでは運動をしはじめる時と殆んど同時といつてもよい位の非常に短い潜伏時間で呼吸促進がおこることを説明することはできない。Krogh, Lindhard はこれは大脳の運動中樞の興奮が呼吸中樞に影響を及ぼすからであるといふ (3), Tiitso, Pehap (5) は運動時の心搏數の増加についても同様に運動をはじめてすぐ次の心搏周期が既に平靜時より短いこと、特に運動をさせるための用意のかけ聲だ

けていくらか心搏周期が短くなることから、大脳からの影響であるといっている。

我々は今回大腿部を緊縛して脚に血液の供給がないようにして運動させると通常の数倍の呼吸促進を生ずるを実験した、従つて Benyinger のように酸素缺乏が重要な役割をすることを知り得たが、この場合の呼吸促進は、大腿部緊縛実験の考按でのべたような理由によつて筋よりの反射によつて生ずるものであり、反射を誘発するものは筋に於ける化学的刺激であると考へたい。この際には脚の緊縛で相當の苦痛が伴うから、所謂 Schmerz hyperpnoe があるともいえるが、その次の低酸素空気吸入実験では脚には全然苦痛はなく非常に呼吸促進を生じているから、Schmerz hyperpnoe 以外の何かであると考へねばならない。

こゝで化学的刺激の源として考えられるものは糖の分解する際に生ずる中間産物であるから、次にはそれに関係の深い物質（Adenyl 酸 Na, 焦性ぶどう酸 Na, 乳酸, 枸橼酸 Na）を動脈注射によつて筋に作用させてみたが、明らかな呼吸促進をおこすことを知つた。特に枸橼酸 Na と乳酸が著しい効果を有し、又動脈注射実験の總括でのべた理由で、pH や滲透圧の関係でなく、この兩物質の特殊作用であり、作用部位は筋、反射経路は脊髄を通るものであることを確め得た。実際の運動の際に作用する物質が前記のものであるかどうかは未だ不明であるが、とにかく前記の物質に應じて反射的に呼吸促進をおこす性質が筋にあることは明かである。一方 Adenyl 酸, 焦性ぶどう酸, 乳酸は糖の分解の途中で生ずる物質であり、又枸橼酸は Krebs の Cycle の中の Iso-citronensaure より容易に生じ得るものである。従つて実際の運動の際にもこれ等の物質、又はその他の中間産物が單獨、又は共同して作用することは考へ得ることである。

更に進んで筋の求心性神経を電氣的に頻數刺激を行えば呼吸促進をおこし、刺激の強さが等しくても関係する神経の数がませばそれだけ激しい呼吸促進をおこす。同時に心搏數の増加、

血圧上昇も認められた。

以上を要するに運動時には筋收縮の際に生ずる糖の分解産物が筋の中にある化学受容器に作用して反射的に呼吸促進をおこすことが想像される。

運動時の呼吸促進には潜伏時がごく短いことも筋が收縮すると直ちに分解産物が生ずるのであるから、これから反射的におこるとすれば容易に考えられることである。この際に高位の脳の運動中樞からの影響による点もあることは、Krogh, Lindhard や Tiitso, Pehap の実験に照らしてその存在を否定することはできないが、これだけで運動中の呼吸調節を全部説明することは彼等もいつているように無理な点がある。即ち運動があまり激しくない間は運動量、酸素消費量、CO<sub>2</sub>排出量と呼吸量が大体平行することや、運動中肺胞 CO<sub>2</sub> が殆んど一定に保たれ而も平靜時の値とそれほどちがわないことなどは、呼吸調節に化学的裏づけがなければ説明が頼りなくなるが、我々はこの裏づけとなるものは筋よりの化学的反射であると考へる。運動があまり激しくなくて、運動筋に充分な血液供給があれば、そこに生ずる中間産物の量は運動の激しさ、即ち運動量に比例するから呼吸量も運動量に比例するわけであり、又運動が定常状態につゞく間は呼吸量も一定し、従つて肺胞氣の CO<sub>2</sub> や O<sub>2</sub> も一定の値を保持するわけである。又中間産物が肺を通過して動脈血に入り中樞に作用するのではないから、肺胞氣の CO<sub>2</sub> 従つて動脈血中の CO<sub>2</sub> が平靜時とかかわらぬか、又はかえつて平靜時より少くとも大きな呼吸量を保持し得ることになる。このことは又一方からいえば、筋運動の際に生ずる静脈性の高い血液が肺を通過するまえに既に呼吸が盛んになつているから、静脈性の高い静脈血が充分動脈血化されないで肺を通過することを防ぎ、どんな時にも常に充分動脈血化された血液を全身に供給できて、生体にとつて好都合な調節作用といえる。

運動しはじめには静脈性の高い血液が肺に到達するまえに呼吸が促進しているから、一時肺

胞  $\text{CO}_2$  がかえつて減少する時期がある筈で、これは第一篇に於て報告したことと一致する。Grosse-Brockhoff, Schoedel, Springorum (2) は Rein の Gaswechselfreiber を用いて呼気の組成を連続的に描記しながら運動させ、運動をはじめるとすぐに呼気の  $\text{CO}_2$  はまし、 $\text{O}_2$  は減少するといふ、その理由として運動筋よりの血液はこんな短時間ではとても肺まで到達するとは考えられないから大静脈やその他の血液貯蔵器管にたまつていた静脈性の高い血液が循環血にまじつてくるためと、運動したとたんに呼吸中位量が呼息にかたむくから肺胞の奥にある使い古された空気がでくくるためであるといつてゐる。かゝる事実も存在するであろうが、運動すれば必ず呼吸中位が呼息にかたむくとは限らず、又運動はじめには肺胞  $\text{CO}_2$  が減少することのあることも我々のみた事実であるから、彼等の説明のみでは不充分である。我々は運動はじめには、筋よりの反射による呼吸促進があり、一方又血液貯蔵器管の収縮 (これも筋よりの反射性衝撃によるものではないかと考えるが) による静脈性の高い血液の循環血への参加もあり、運動がごく軽いような場合、呼吸促進の程度が軽く、静脈性の高い血液のための肺胞に於ける  $\text{CO}_2$  放出、 $\text{O}_2$  消費が呼吸量にくらべ相対的に大きいときには肺胞  $\text{CO}_2$  は増加し (Grosse-Brockhoff等の場合)、呼吸促進の程度が静脈性の高い血液の作用より大きいときには肺胞  $\text{CO}_2$  は減少する (長谷川の場合) のではないかと考える。

激しい運動をする場合には酸素消費量と呼吸量は平行せず、呼吸量が著明に増大し、肺胞  $\text{CO}_2$  はかえつて減少してしまう。かゝる場合には運動は平衡状態に達し得ずやがてへばつて運動不能に陥る。こういうひどい運動の時には心臓の分時容量の増加及び当該運動筋の血液循環調節が必要な酸素量を供給するに充分でないために筋は酸素缺乏の状態で活動することになり、特に中間産物の出来方が多くなるから筋の化学受容器の刺激も一段と激しく、呼吸促進の程度が酸素消費量にくらべ数段とひどいのであろう。

従つて体内で産出される  $\text{CO}_2$  にくらべ呼吸量が大きすぎるから肺胞  $\text{CO}_2$  は減少してしまうことになる。

心臓病の患者では正常人にくらべ運動時の呼吸促進が一段とはげしく、正常の人なら何ともない運動でも非常な呼吸促進を生じ、呼吸困難を訴えるほどになるのは、やはり循環障碍のため筋の酸素缺乏の程度がひどいからであろう。

## V. 結 論

運動時の呼吸促進の原因を探究した。

筋にはそれが収縮する際に行われる糖の分解過程に於て生ずる中間産物に應じて反射的に呼吸促進をおこす化学受容器があり、運動時の呼吸促進の主なる原因はその運動に與る筋群の収縮によりその筋の化学受容器が刺激されて反射的に呼吸促進をおこすものであることを次の点から推論した。

1) 運動筋の血流を断ち、筋収縮の際に生ずる物質が中樞に還流しないようにして運動しても呼吸促進を生じ、而も血液供給が充分な場合よりも数倍甚しい。

2) 平靜時には殆んど呼吸促進を生じない程度の低酸素吸入でも運動時には前項と同様に激しい呼吸促進を生ずる。

3) 糖の分解過程に生ずる物質、及びそれと関係の深い物質 (乳酸、枸橼酸 Na, Adnyl 酸 Na, 焦性ぶどう酸 Na) を動脈注射すれば呼吸促進を生ずる。特に乳酸、枸橼酸 Na で著しく被験動物では犬が著しい。これが筋に作用し、反射的に呼吸促進をおこすものであることを確めた。

4) 筋に分布する神経を切断してその中樞端を刺激すれば呼吸促進を生ずる。同時に血圧上昇、心搏数の増加もみられる。刺激の強さは等しくても刺激する神経の数をませばそれだけ呼吸促進の程度は甚しい。

## 文 献

- 1) Benyinger, Th. (1940) Neuere Anschauungen über die Regulierung der Ventilationsgrösse. Klin. Wschr. 19, 456-460

- 2) Grosse-Brockhoff, F., W. Schoedel u. W. Sprngorum (1937) Atmung und Gaswechsel im Anfangsstadium körperlicher Arbeit. Pflügers Arch. 238, 374-378
- 3) Krogh, A. and J. Lindhard (1913) The Regulation of Respiration and Circulation during the Initial Stages of Muscular Work. J. Physiol. 47, 112-136
- 4) Nielsen, M. (1936) Untersuchungen über die Atemregulation beim Menschen. Skand. Arch. Physiol. 74 Suppl. 10, 83-203
- 5) Tiitso, M. u. A. Pehap (1937) Ueber den Einfluss der Körperarbeit auf die Pulsfrequenz. Arbeitsphysiol. 9, 51-61
- 6) 長谷川 弘 (1947) 運動時の呼吸促進について. 日本生理誌 10, 206-215
- 7) 長谷川 弘 (1947) 運動時の呼吸促進について. 日本生理誌 10, 216-223
- 8) 高木健太郎・小林庄一・長谷川 弘 (1950) 簡単な呼吸気量連続描記装置. 医学と生物学 (未刊)

### Summary

Until today no completely satisfactory explanation has not been made to account for the very large increase of pulmonary ventilation during muscular exercise. It has been pointed out by several investigators that the increase of ventilation is due neither to the accumulation of CO<sub>2</sub> in blood or the mechanical reflex caused by shortening of muscles or the irradiation of excitement of the respiratory center from the higher center.

1) In exercise (standing-running) when the blood stream of legs is shut off from systemic circulation by binding at femurs, the pulmonary ventilation increases from 75 to 120% above that in normal exercise (standing-running). It appears not probable that the increase of ventilation in the former case is due to the action of CO<sub>2</sub> or any other metabolites in blood produced at muscular contraction on respiratory center, because the blood stream of contracting muscles is shut off from systemic circulation.

2) When some substances which are supposed being produced at muscular contraction (lactic acid, sodium citrate, sodium adenylypyrophosphate and sodium pyruvate) are injected in A. femoralis of dog or cat, the pulmonary ventilation increases largely. There is scarcely any change in respiration if these substances are injected in V. femoralis, and when the animal is previously anesthized lumbarly, the effect of arterial injection is not seen, so the effect of these substances is a reflective one. We can get also the same effect after the skin of legs are wholly removed, so the origin of this reflex is supposed to be in the muscles.

3) When the muscular branch of sciatic nerve is cut and stimulated electrically at its central end, the pulmonary ventilation increases.

These facts indicate the existence of some chemoreceptors in muscles and that the increase of pulmonary ventilati on in muscular exercises is mainly due to the reflex from these chemoreceptots stimulated by metabolites produced by muscular contraction.

(Department of physiology, Med. Faculty, Univ. of Niigata)

## 上下発汗反射の動機 612.792.8, 612.88.833

The Causes of the Sweat Reflex due to Changes in the Posture of the Body from Lying to Sitting or Standing.

(昭和24年度文部省科学研究費の補助による)

山田 達男 (Yamada-Tatuo)\*

### I. いとぐち

緒方, 市橋 (1) の発見にかゝる上下発汗反射の動機については, 彼等の周到なる実験にもかゝらず不明のままに残されている (2).

著者は半側発汗反射の動機が軀幹体側部の圧迫によるという高木 (3) の実験に刺激せられ, 恐らくは, 上下発汗反射の動機も, この高木の圧迫説によつてこそ説明しうるものであらうと推察して, 適切なる実験装置 (別図 1) によつて次の如き結果を得たので, こゝに発表して諸賢の御批判を乞う。

### II. 実験方法

#### 1) 発汗測定法

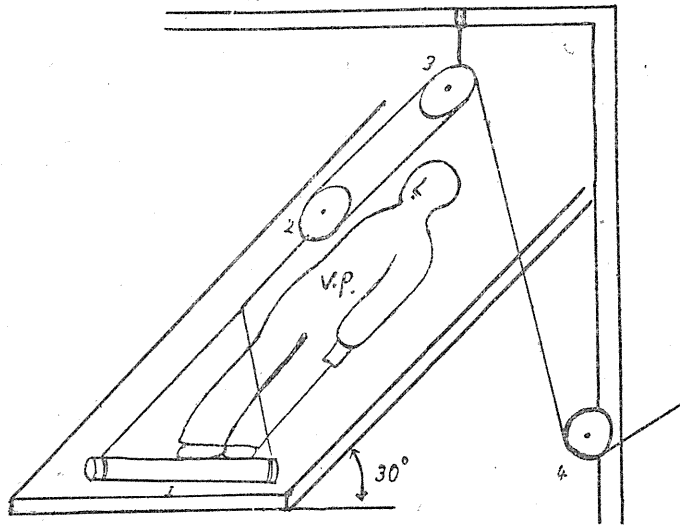
原理的には高木 (3) の方法と同じく Torsion-Balance を用いた。定性的の測定には, 時にオブラート法を採用したこともある。これらは誤差もやゝ大であるが, 迅速に動機を究めんとして行われたこの種の実験には, まず採用されて然るべき方法と考える。爾後さらに詳細を知る目的には, より精密なる方法が採られるべきは勿論である。

#### 2) 実験装置

第1図のごときもので, 約 30° 傾斜せしめて木板を固定し, この上に被験者を仰臥または伏臥せしめる。一方滑車 (図符号 2, 3, 4) 3 個を用いて木片 1 を自由に上下できるようにしてお

き, 最初足下または臀部に軽くふれしめて位置せしめ, 必要に応じてこの木片を上下して, 人体を引上げ, 引下げ等, 自由に施行し得るようにした。これにより体重の相当部分を, この木

第1圖 実験装置



1. 木片 2. 動滑車 3. 4. 定滑車 V.P. 被験者

片によつて体に負荷できるから全く体位変換を行うことなしに, 足部または臀部にのみ強い圧力が加重できるわけである。

#### 3) 被験者, 実験条件その他

被験者は健康男子 9 名で總回 20 数回の実験を行った。期間は昭和 24 年 8 ~ 11 月に亙る。発汗室入室後実験を開始するまでの時間は個々の場合によつて異つてはいるが 30 ~ 60 分目から開始した。発汗室内の温度も夫々 33 ~ 42°C 及び 50 ~ 60% の間であつた。しかし各々の実験中に於ては, できる限り恒温, 恒湿であるよう注意を拂つた。

発汗測定の場合は, 上部では, 乳房を目標に

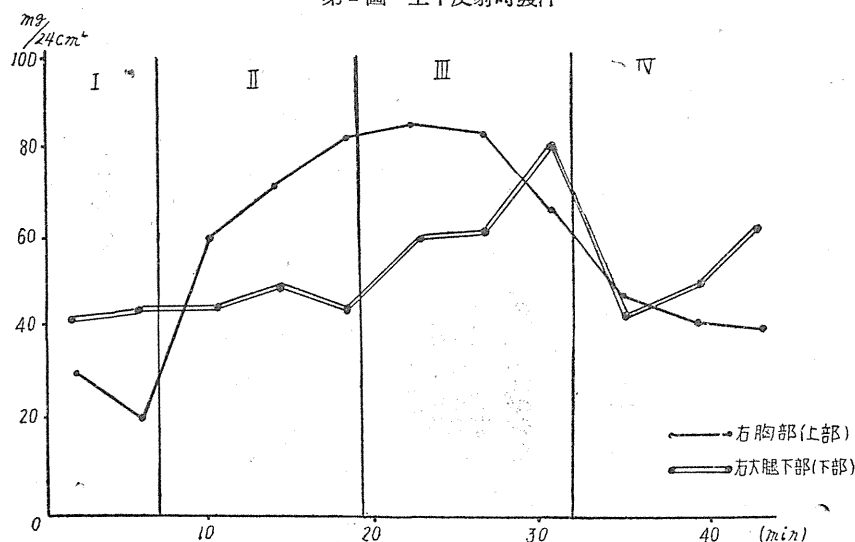
\* 新潟大学医学部生理学教室

これらの近邊の諸部、下部では、緒方等に從い、大腿部の下部1/3、下腿の最も多汗と思われる場所を適宜選擇した。なお、この現象は、緒方等によるも誠に出現し難いので、部位の選定、發汗室内諸條件の決定に關しては、個々の場合に應じて嚴密なる選擇の必要なるを痛感した。

### Ⅲ. 実験成績

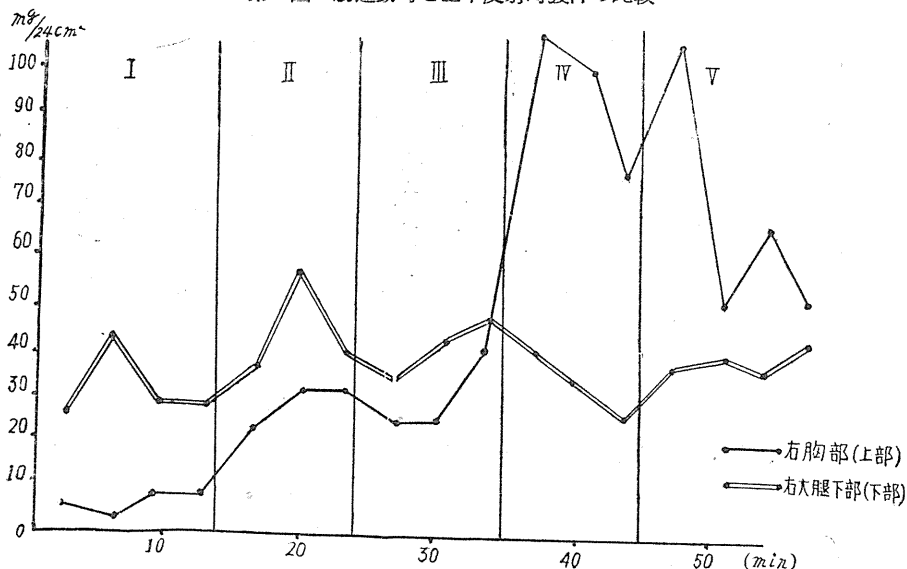
前述の如き実験装置により、体位変換を全然行ふことなしに、体重の過半を被験者の足蹠部臀部に加圧することができた。対照実験として常に仰(伏)臥位~椅坐位~立位などの体位轉換時に於ける所謂上下發汗反射の程度をあらかじめ測定しておいた。しかる後にこの装置を用いて加圧実験を行つた。所謂体位轉換時の發汗反射(上下發汗反射)と、全く体位轉換を行わないでする加圧試験時の發汗の仕方とを比較考察した。以下順を追つて詳細に記述しよう。

第2圖 上下反射時發汗



26/VIII. V.P. 40Lj.♂ (Kasahara). 38-37°C. 70%. I) 仰臥位. II) 椅坐位. III) 立位. VI) 仰臥位. 上下發汗反射は半側發汗發射の如く常に.

第3圖 筋運動時と上下反射時發汗の比較



29/VIII. V.P. 40Lj.♂ (Takagi). 40~38°C. 70%. I) 仰臥位. II) 位筋運動時(下肢舉上) III) 仰臥位. IV) 椅坐位. V) 仰臥位. 運動負荷による發汗は上下共に増す.

換時に於ける所謂上下發汗反射の程度をあらかじめ測定しておいた。しかる後にこの装置を用いて加圧実験を行つた。所謂体位轉換時の發汗反射(上下發汗反射)と、全く体位轉換を行わないでする加圧試験時の發汗の仕方とを比較考察した。以下順を追つて詳細に記述しよう。

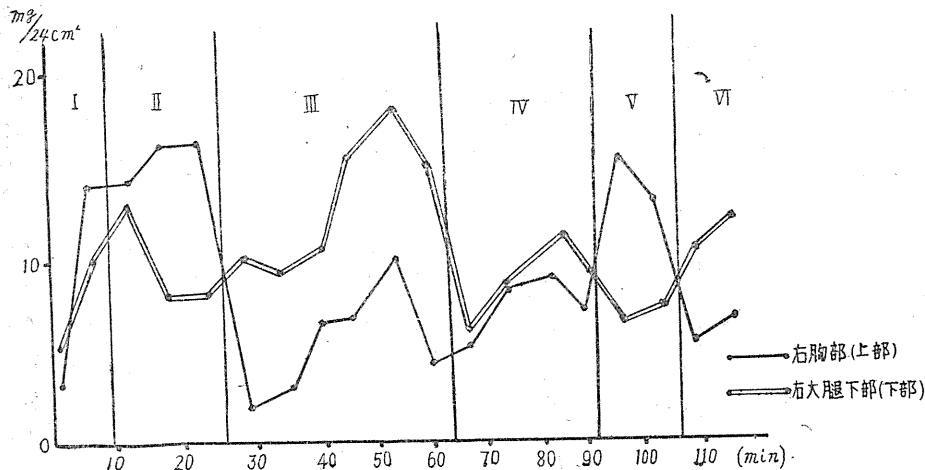
第2図に示すものは上下發汗反射の1例であるが、仰臥位に於ては、大腿下部に多く、右胸部(上部)に於ては、より少なかつた汗が、椅坐位及び立位に轉ずると全然逆の關係

を示してくる。即ち、右胸部（上部）に於ける発汗の方が大腿下部よりもずっと多くなっている。再び仰臥位に轉すると、発汗もまた最初の関係に戻ることを示している。この現象は緒方等によると半側発汗反射のように、明瞭に発汗しがいことも多い。

第3図に示したものは、体位轉換のために起る筋運動が上下発汗反射の動機ではなからうかとの考えから施行したものである。この時の発汗の仕方を検してみると、兩下肢拳上の時の発汗は、上、下部共に一様に増汗を示しているが仰臥～椅坐位轉換の場合には、図のごとく上部のみ増汗を示し、下部では減量している。故に兩下肢拳上というような所謂、筋運動負荷の場合の発汗の仕方と、所謂上下発汗反射とは全然異なる発汗の仕方を示すことがわかる。

第4図に示したものは、仰向けに板にもたれて回轉角度を徐々に変えつゝ、上下部の発汗の

第4圖 板にもたれて回轉角度を変える實驗（仰臥位）



15/V. V.P. 40Lj (Kasahara). 33.8~34°C. 55%. I) 仰臥位. II) 立位. III) 仰臥位. IV) 板回轉 (30~60°). V) 板回轉 (80~90°). VI) 仰臥位. 臥位のまま 60°以下床を傾けても發汗の状態は変化しない。60°を越えて、足蹠部に体重の大部分がかかるようになると反射があらわれる。

變動を検討したものである。図に明瞭なごとく回轉角度が 30~60°位では普通の臥位時の発汗と比較して何等顯著な変化が認められない。然し、さらに回轉角度を増して、80~90°に近くせしめ、足蹠部に体重がかゝり、所謂立位時と同様の姿勢となるに従つて突然明らかな上下発汗反射の様子が見られるのを知る。またこの事

実は仰臥位に於ても何等変らない。なお、附言しておきたいことは、かくの如く回轉角度が30°程度で、足蹠部に殆んど圧力をかけない傾斜体位と、單なる臥位の場合とで本質的に發汗現象が異らないということである。この事は、爾後の實驗の礎石ともなるべき大切な事実である。特に注意を喚起しておこう。

第5図は何れも同じ原理にもとずいたもので第1図の實驗装置を用い、足蹠部、または臀部で人体を引上げるようにして該部に圧迫を加えた時の發汗の仕方と、單なる体位轉換時の所謂上下發汗反射との比較をなしたものである。

第5図は、臥位～椅坐位時にあらわれる上下發汗反射と、臀部加圧時の發汗の仕方との比較であつて、これからわかるように、兩者殆んど全く同様の發汗の仕方をしてることが明らかである。同様に臥位～立位時にあらわれる上下發汗反射をあらかじめ精査した後、足蹠加圧の

實驗を行つたときもこれと全く同様の發汗の仕方をしてゐるのを認めることが出來た。

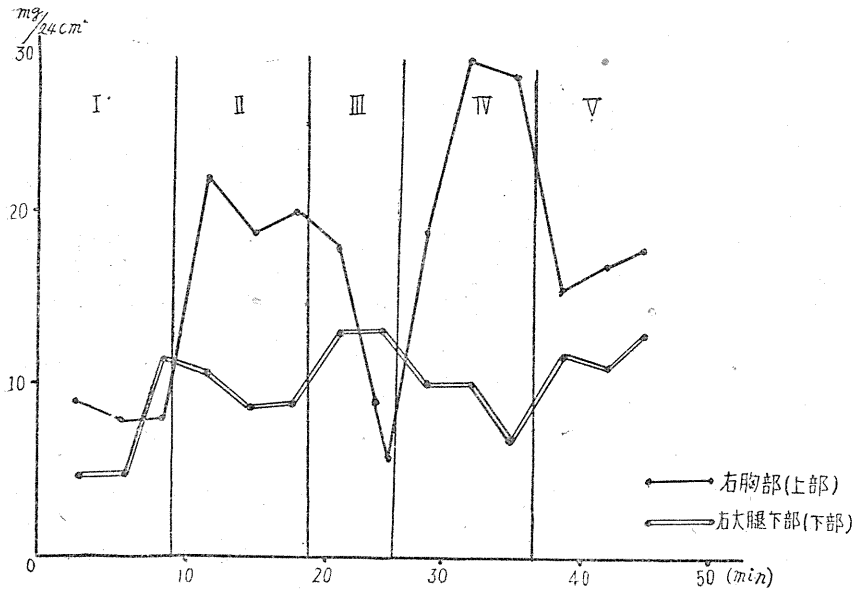
以上から所謂体位轉換による半側發汗反射が軀幹体側部圧迫によるものであつた如く、

所謂上下發汗反射は臀部または足蹠部の加圧によるものであると考える次第である。

#### IV. 考 察

緒方等は上下發汗反射に対しても、半側發汗反射の時と同じく、体位轉換時に當然惹起せらるべき循環系の変化にのみその動機を歸せしめ

第5圖 滑車を用いて臀部に壓迫を加える實驗



25/V. V.P. 23Lj  
 ♂ (Nakano) 36-  
 37°C. 60%

I) 板上仰臥位 (傾斜角度を 30° に固定). II) 椅坐位, III) 板上仰臥位, IV) 臀部加壓時, V) 加壓中止後, 第1圖の装置を以て臀部にて体を引上げるようにして加壓すると, 明らかに上下発汗があらわれる.

んとしている。即ち

- 1) 頭部位置変化による頭部血流変化
  - 2) 頸部圧迫による頭部充血
  - 3) 下肢挙上による下肢貧血
  - 4) 体位轉換による末梢血管からの反射
- 等である。また、その他
- 5) 上体下垂による内臓轉位
  - 6) 筋肉運動
  - 7) 睡眠

等々である。かくの如き考え方が、緒方等の誠に周到なる実験にもかゝらず、その動機が不明のままに放置された原因であろう。

著者はこの点、高木のいう圧半側発汗反射の現象を長く追試、吟味して、全く1例の例外もなく半側発汗を確認することができたため、前述のごとき推察を下し得て、茲にその動機は圧迫によるものであることと確め得たと思う。

さらに、小野寺 (5) は、その著“圧診法”に於て腹部内臓に疾患のある場合、常に規則正しい圧痛点が臀部に出現することを述べている。また、臀部を腹部内臓の後面の陳列場であるとも記している。これは内臓皮膚反射の投射皮膚面が臀部にあることを示すが、上下発汗反射も半側発汗反射も共に、皮膚自律神経反射の1つ

で、小野寺氏の場合と逆の関係にあり、また上下発汗反射の受感部位は半側発汗のときとちがつて、臀部或は足蹠にあることを示すものといえる (これらのことを総合するとき、著者が上下発汗反射の動機が足蹠または臀部の圧迫にあると考えたことは決して奇異なことではないと思う)。但し臀部或は足蹠に限るものであつて、その他の部分、たとえば大腿後面等からもこの反射を起し得るか否かは今後の問題である。

## V. 結 論

1) 上下発汗反射は半側発汗反射ほど顕著な反射ではない。

2) この現象は、あまりに小量または大量の (個人的に異なる) 発汗時には発現しない。

3) この現象の動機は、足蹠または臀部への加圧である。

終りに、高木健太郎教授並びに教室員各位の御指導御鞭撻に對し衷心深謝す。

## 文 献

- 1) 緒方維弘・市橋貞三 (1935) 発汗に及ぼす体位の影響. 滿洲醫誌 23 1127-1157
- 2) 緒方維弘・市橋貞三 (昭和11年) 発汗に及ぼす体位の影響 (其2) 臥位と起立位とに於ける発汗.

久野先生記念論文集 55-69  
 3) 高木健太郎 (1949) 半側發汗反射の動機. 日本生理誌 11 139-141

4) 小野寺直助 (1944) 壓診法について. 小野寺教授記念論文集 (九大第三内科) 223-256

### Summary

It was reported by Ogata and Ichihashi that, when the posture of the body was changed from lying to sitting or standing, the sweat secretion on the upper part of the body increased, while that on the lower part decreased.

For all their studying, they did not reach the perfect conclusion what the causes of the characteristic sweat secretion was.

Takagi found that the cause of hemihidrosis was the pressure upon the human body surface, and this fact has stimulated to do the following experiments.

The sweat secretion was measured by Takagi's or Hasama's method. This experiment was tried in summer and autumn in 1949, with 9 men, in 20 or more cases.

The temperature of the examining chamber was at 33-42°C. and at 50-65% in humidity.

The estimated region of the sweating was same as Ogata and Ichihashi's.

A subject was lying in supine position on the board, which was inclined at the angles of about 30° against the floor and he could be lifted up along this inclined board by the supporter which was able to move up and down easily by means of three pulleys and a rope.

By this method a strong pressure was loaded upon the soles or hip without any change of posture.

Results of this experiment was itemized as follows.

1) This characteristic sweating reflex could be obtained not so obviously or not so always such as hemihidrosis (Ogata, Ichihashi).

2) When the subject was lying with his both feet lifted up, no characteristic changes in the sweat secretion could be noticed.

3) If the board was inclined gradually from horizontal position to inclination of 60°, no changes on sweating condition was observed, but if the inclination of the board reached the angle of 80-90°, this characteristic changes in the sweat secretion could be noticed, perhaps because the both soles were loaded with the whole body weight.

4) Holding the board at a constant inclination (30°), if the lying body was lifted by hip or both soles using the special apparatus above mentioned, so the same results as the case of 3. experiment was obtained.

From these results the author reached the next conclusion that the cause of this characteristic sweat reflex was the pressure on the soles or the gluteal region.

(Department of physiology, Med. Faculty, Univ. of Niigata.)

# カエルの網膜の活動電圧における次ぎ次ぎの二つの刺激の効果 612.843.16

The Effect of Successive Stimulations on the Electroretinogram of the Frog.

後 藤 昌 義 (Gotoo-Masayosi)\*

## I. ま え が き

筋肉や神経の興奮性の研究においては次ぎ次ぎに2つの電気刺激を興えるという方法が屢々用いられている。同じように眼に対しても「明」又は「暗」の第一、ついで第二の刺激を興えるとき、その2つの刺激の時間のへだよりは第2刺激の効果に大きく影響する筈である。これについては光遮断のすぐあとの光刺激の効果をしらべた Granit と Riddell (1) (1934) の詳しい研究がある。併しながら「明」と「暗」との2つの方向の刺激に対して眼は異つた形の活動電圧を示すので、つゞく2つの刺激には Granit が行つたもの以外に色々の組合せが考えられる。すなわち第2図に示したように、段階的に光を強めることによつて起される2つの光刺激、又光刺激につぐ光遮断の刺激、更に2度にわけて階段状に光を弱める刺激がこれである。これらの各々の場合について網膜がどのような反応を示すかを調べることは、網膜の機能を電気生理学的に探究するにあつて、いかなる刺激方法が最も適當であるかを定めるのに必要であり、又ことに明るみ及び暗やみ順應の初期におけるメカニズムを知るためにも役立つのではなからうかと考えたのでこの実験にとりかゝつた。

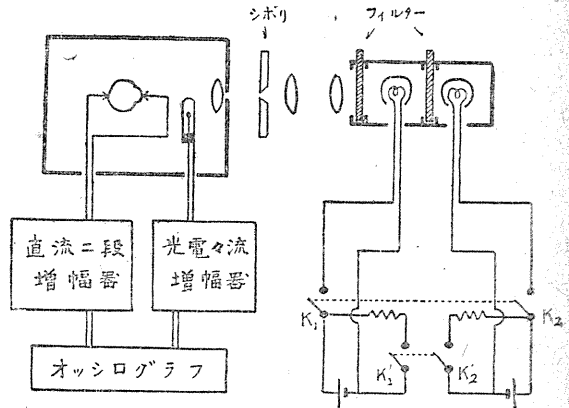
## II. 実験の方法

実験には主として冬眠中の蛙の摘出した全眼球を用いた。あらかじめ半日以上暗室に蛙を置いたのち、眼球を暗い光のもとで摘出し、シールドをかねた暗箱の中におさめる。そして第1図に示すような光刺激の装置で任意の明るさの、任意の長さの2つの刺激を適當に組合せ

\*九州大学医学部生理学教室(問田教授)

て興える。スイッチ  $K_1, K_2; K_1', K_2'$  にはそれぞれの実験の目的によつて石川式のロタトリウム又はメトロノーム、或は水銀スイッチを使用し、光源には8Vの自動車用豆球を用いた。

第1圖. 実験装置



眼の活動電圧は角膜の前面と眼球の後面とにあてた2つの白金電極からとりだし、直流二段の増幅器 (5) で擴大したのち、横河製のオッシログラフ (D型振動子) で撮影した。光刺激のシグナルには光電管を利用し、タイミングには1/5秒のジャツケーの描時器、又は交流60サイクルを用いた。

## III. 実験の成績

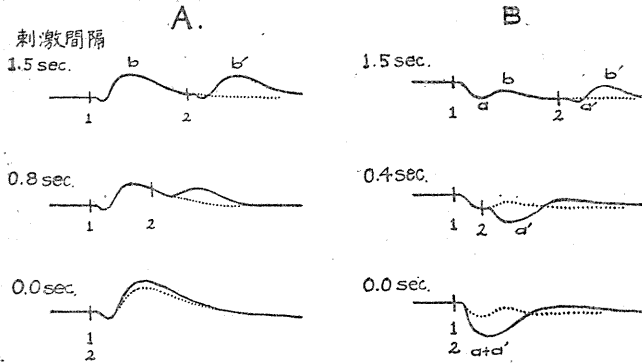
先のべたように、つゞく2つの刺激の仕方には第2図に示すような四通りの場合がある。これらについて順を追つて実験を行つた。図における I), II) の実験は明るみ順應, III), IV) は暗やみ順應 (4) の初期における光刺激、光遮断の効果の研究と結びつくものである。

### 1) つゞく第二の光刺激の効果

第一の光をつけたのち僅かの時間のへだよりをおいて第二の光を重ねてみた。このとき網膜

の活動電圧のプラス変動すなわちb波についていえば、第二の光の効果は第一の刺激から遠ざかる程大となる。これは第3図Aにかゝげた通りである。ところがわざと眼をマッサージしてマイナスの電気変動を強く示すようにした標本においては、マイナス変動a'

第3圖. 階段状に光をかさねて加えた時の反應



A. 摘出したままの眼の實驗  
B. それにマッサージを加えた後の反應

波は第二刺激が第一の刺激から遠ざかる程小さくなっていく。結局のところ眼の活動電圧はプラス、マイナスの要素電圧の代数和なのであるから、どちらかの要素を完全に除きえない限り、上の現象が第二刺激に対するプラス要素 (P<sub>II</sub>) が第一刺激からへだるとともに増加したためであるか、マイナス要素 (P<sub>M</sub>) が減少したためであるかを決定することはできない。何れにしても第二の刺激が第一の刺激に近い程、第二の刺激による反應はマイナス側に片寄ってくるのがわかつた。この点は面白いことにGranit(1) (1934) が光遮断につぐ光刺激の實驗で得た結果とよく似ている。

2) 光照射につぐ光遮断の効果

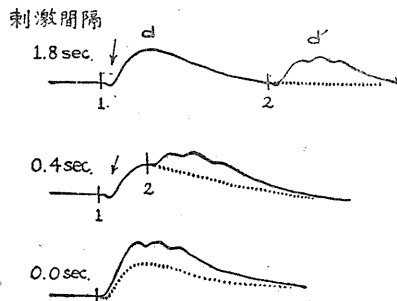
光をつけてのち又消すときの効果であるから最も普通に見られているものである。併し一應順序として繰返してやつてみた。その結果は光をあてている時間が長ければ長いほど光遮断の効果は大きいという先輩 (3) の結論に一致した (第5図I)。たゞこの場合に光をあてている時間が余りに短くなると、d波はなくなつてb波の高さまで低くなつてくる。

3) つゞく第二の光遮断の効果

眼に光を20秒あてたのち階段状に先づ光を弱め、ついで遮断し、その第二の光遮断の効果をしらべた。その結果を第4図にかゝげる。第一、第二の光遮断による反應の高さの和は同時に光を遮断した時の山の高さより僅かであるが大きいから、第二の刺激はやはり遠ざかるほどその効果が大きくなるものと思われる。併し段階的に光刺激を重ねた場合のように著明でない。

所で標本が十分に新しく、光が強い場合に限つて、その光遮断によるd波の前にマイナス変動が現われることがある (第4図矢印)。これについては未だ記述がない。そしてこのマイナス変動はd波が殆んど同じ高さを示しているにもかかわらず、摘出後速やかに現われにくくなつてしまう。その本態については考察の章でふれることにする。

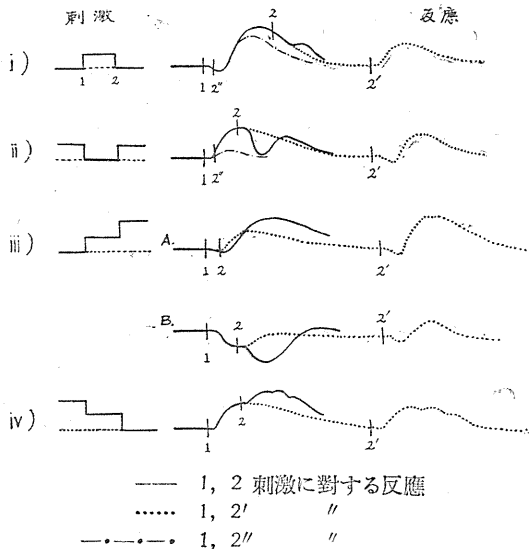
第4圖. 階段状に光を遮断する時のE. R. G.



4) 光遮断につぐ光刺激の効果

これについては先にのべたように Granit 等 (1) (1934) の詳細な研究がある。彼らは主として光遮断のすぐあとにフラッシュを與えて、それ

第5圖. つづく2つの刺激の組合せを変えた時の反應の変化(綜合)



が先だつ光遮断の効果を抑制するということを網膜の活動電圧及び視神経のインパルスから確めている。私はフラツシュのかわりに持続の長い光を用いた。結果はフラツシュの場合と殆んどかわらない。光刺激によるa波はこれに先だつd波の頂上に重つた時に最も大きくなる、すなわちd波を最も強く抑制する(第5図Ⅱ)。これに対しb波は光遮断後の時間が長いほど次第に大となつてくる。たゞフラツシュの場合とことなるのはb波の下り勾配が比較的ゆるやかであるという点である。

#### IV. 考察と結論

1) 実験結果の(3)のところでのべたd波に先だつマイナス変動は頼瀨(2)の研究結果から考えるとき、網膜の神経細胞のSynchronisationによる振動電圧の初めの振動ではないかと思われる。しかし標本が古くなるとその第一の振動電圧は消えてなくなるのに、第二以下と思われる振動が依然としてd波にのつていることは上の推測をさまたげる事実である。しかしなお振動電圧の潜伏時がのびることによつて、第一の振動がd波の上り坂に重なるようになり、あたかも第一の振動のみ消えたように見えるのかも

しれない。

2) 全体の結果をとりまとめて眺めるとき、光照射について光遮断(第5図Ⅰ)、或は反対に光遮断について光刺激(同図Ⅱ)と互に逆方向の刺激を次ぎ次ぎに與える場合には、2つの刺激が極端に近づいてくると第一の刺激の効果は第二の刺激によつて弱められるようになる。但し光遮断につぐ光刺激は積極的に先だつ光遮断の効果をうちけすのに比べて、光刺激につぐ光遮断はその力がはなはだ弱い。

これに対し階段状に光を消す場合(第5図Ⅳ)には第一の刺激の効果は第二の刺激から全く侵されない。光刺激につぐ光刺激の場合(同図Ⅲ)は同じ方向の刺激であるにもかかわらず、第二の光によるa波が第一のb波を明らかに抑えつける。

立場をかえて上の結果をまとめてみると、第二の刺激が光刺激であるときには先だつ刺激であれ(第5図Ⅲ)、光遮断であれ(同図Ⅱ)、第二の刺激によるマイナス変動a波は第一の刺激に近い程そのプラス変動を強くおさえつことがわかる。これに対し第二の刺激が光遮断である時はこのような積極的な抑制は見られない。以上のことは眼における2つの刺激の主観的な融合の問題とある連関があるものと思われる。

第二の刺激効果のプラス変動に着眼すれば、第一、第二の刺激の方向に関係なく第一の刺激から遠ざかるほどそれは大となる。視覚の大きさはプラス変動に直接の関係があるのであるから、この結果は眼が先だつ刺激に順應していればいるほど第二の刺激に鋭敏になるということを示唆する。これは暗やみ順應の場合にはあてはまるが、明るみ順應の概念と矛盾するものである。

#### V. 總括

カエルの摘出した眼球に、「明」、「暗」いろいろの組合せの次ぎ次ぎの2つの刺激を與えて、そのときの網膜の活動電圧をしらべ第一の刺激と第二の刺激の効果とがお互にどのように影響しあうかをみた。その結果、

1) 第二の刺激が光刺激であるときには先だつ刺激が光照射であれ、光遮断であれ、第二の刺激による a 波は第一の刺激によるプラス変動を強くおさえつけることがわかつた。これに対し第二の刺激が光遮断であるときは、このような積極的な抑制は見られなかつた。

2) 第二の刺激の効果のプラス変動は、第一、第二の刺激の方向に関係なく第一の刺激から遠ざかるほど大となる。この結果は眼が先だつ刺激に順應すればするほど第二の刺激にさしくなるという事を示す。これは従來の明るみ順應とは矛盾する。

終りにのぞみ 御指導と御校閲をたまわつた 間田教

授に心から感謝をささげる。尙この研究は文部省科学研究費によつてなされたものである。

#### 文 献

- 1) Granit R. and L. A. Riddell (1934) The electrical responses of light-and dark-adapted frogs' eyes to rhythmic and continuous stimuli. *Jour. Physiol.* 81, 1
- 2) 嶺巒教三 (1949) 蛙の網膜動作電壓における週期的変動について。日本生理誌 11, 225
- 3) Kohlrausch A. (1931) Belichtungsstrom. *Hbd. norm. pathol. Physio.* 12, 1411
- 4) Studnitz G. (1940) *Physiologie des Sehens.* 100 und 231, Leipzig.
- 5) 未永一夫 (1942) 光刺激による蛙網膜興奮電壓について。日本生理誌 7 335

#### Summary

Two successive stimuli in all possible combinations of lighting and darkening were used, and the electrical responses of the frog's eye were investigated to analyse the influence of the second stimulus on the responses to the first one and vice versa. The results are as follows.

1) In case where a lighting is used as the second stimulus, the negative "a" wave produced by it suppresses the positive deflection by the first one, no matter whether this is illumination or cessation of light. When the cessation of light is used as second stimulus, it cannot be seen the active suppression as mentioned above.

2) In regard to positive deflection by the second stimulus, it was observed that its size increases with length of the interval between two stimuli in every possible combination s.

From these results it may be presumed that the longer the eye adaptates to the first stimulus, the more sensitive it becomes to the second one. Such fact may be not understandable with the conception of light adaptation accepted up to now.

(Department of physiology, Med. Faculty. Univ. of Kyusyu)

## 人体皮膚の電氣的分極について 612.014.422, 612.795

Electric Polarization of Human Skin.

本 間 三 郎 (Honma-Saburo)\*

### I. 緒 論

生体電気現象としては電気発生現象，電気刺激現象の他に，その中間の現象ともいべき受動性電気現象があつて，生体の分極の問題はその核心をなすといふことができる。即ち生体に一定の電圧を興えるとき，生体内にはそれに対して逆起電力を生ずるものであつて，これを分極という。この分極なる現象はそれ自身重要な問題であるが，また被刺激形体における分極の一定に達することが刺激の原因とさえ考えられていて，刺激現象とも緊密な関係に立つ現象である。生体組織のうちで分極性の最も著しいものは皮膚であつて，従來も分極に関しては皮膚について最も多く研究されている。

分極は種々の方法により測ることができる (Gildemeister 4)。皮膚に直角電流を興えたとき電流は分極のために急に大きさを減じ，電流を断つと一時反対方向に電流の流れるのを見る。いわゆる初期の尖り及び終期の尖りである。Garten (3) はこれを皮膚の電気容量の現われであると見，Einthoven (2) は弦電流計でその経過を直接に描きその尖りの形を分析した。然し弦電流計は固有周期の点で描かれた曲線が眞実ではない。その後 rheotome と弾動ガルヴァの使用によつて Gildemeister その他の人々が曲線を求めてきたが，朴澤 (8) は Helmholtz 振子の Punktkontakt 利用により短時間の電氣量を測定して分極の経過を測つた。最近に至つて増幅技術の進歩により橋田 (7) は陰極線オツシログラフで皮膚及び神経の分極曲線を撮影し初期の尖りを正しく観察した。測定電圧に感應電撃を興えると分極曲線が振動を現わすという事は Helmholtz (1899) が認め，Gildemeister (5) は皮

膚の電気容量によつて起されると考えた。朴澤 (9) も前記方法で回路中 10~325mH の自己誘導コイルを挿入して振動を證明し，橋田もこれを直接に撮影したのであつた。更にこの電氣的等價回路として皮膚が容量，抵抗結合であることは Cole (1) の交流を用いての實驗においても同様に示されている所である。

私は人体皮膚につき正しい初期の尖りを電磁オツシログラフにより撮影し，その分析により分極の大きさを検討した。そして種々の環境条件下におけるその変化を追及した。環境條件については鈴木 (13) が刺激生理学の立場から生体興奮性に対する影響に従い 2つの群に對立分類したのであつたが，刺激作用と深き関係に立つ分極作用にもこの對立分類が成立するかも検討したのである。

### II. 実 験 装 置

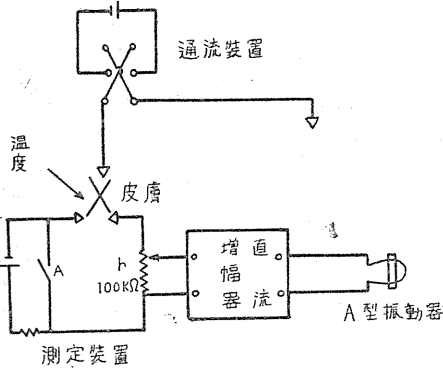
人体前腕皮膚約 10cm 相距たる 2 点に  $Zn-ZnSO_4$ -ゼラチン 0.9% NaCl-0.9% NaCl 電極をあてがい分極原電圧を短絡の開放によつて瞬間的にあたえ，その際の変化の時間的の経過を増幅器を経て電磁オツシログラフ (横河) にて撮影した。増幅器は 6302 球 2 段，42 出力管 3 本並列の直流増幅器であつて電流増幅を行い，且つ negative feed back  $11\Omega$  で 50db を出し周波數特性は  $10^4$ c/sec まで直線である。これを A 型振動子に導いた。こゝで問題になるのは長時間 (比較的) 経過をとるための直流増幅器の働くと早い現象を撮るための振動子の固有周期であつて，そのために矩形波を興えてその忠実度を検し，抑制プレート電圧の変動に対しては更に注意し，振動子の制動液の調整を吟味した。且つドラムの廻轉は電磁オツシログラフで撮り得る最大の速度を用い，光源の輝度も撮影中は最

\* 千葉醫科大学生理学教室

大限に増した。

電極の大きさについて実験成績の項で述べるが実験配線回路を第1図に示した。

第1圖 実験装置



r: 皮膚外回路抵抗  
A: 自働開閉器

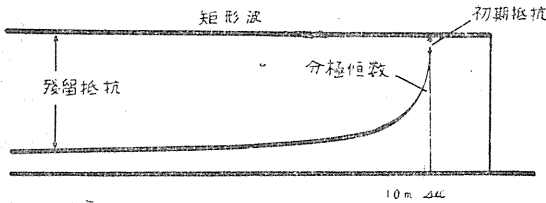
Ⅲ. 実験成績

A. 基礎実験

1. 分極曲線

撮影された分極曲線を第2図に示す。

第2圖 分極曲線

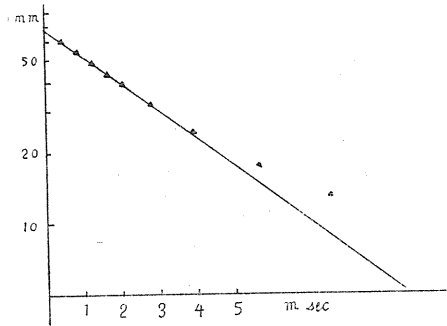


分極曲線は  $10^{-2}$ sec の次序で経過する曲線部分とそれ以後長時間一定なる直線部分よりなるものである。図中の矩形波は兩電極を 0.9% NaCl 中に入れて撮影したものであつて、電流を興えた瞬間よりその経過に移るまでは正しい直角を示す (これがためには振動子制御液の調整を要する)。且つそれからの経過も直線であり直流増幅器の優秀さを示している。

この分極曲線の最初の曲線部分は比較的正しい指數函數曲線を示すという事は若林(14)等が述べているが、これを半對數表に描いてみると第3図の如くなる。即ち  $10^{-3}$ sec 次序の最初の

部分は正しく指數函數曲線を示すが、より長い経過においては全般的にみて分極曲線は正しい指數函數曲線ではない。このことはつとに云われていた所で橋田も指摘している。

第3圖 分極曲線の半對數圖



かゝる分極曲線が分極性を表現するものとして如何なる因子があるであろうか。1つは分極曲線の初期の尖りの大きさを矩形波の高さから減じた大きさであつて、これを抵抗値  $Q$  で表わしたものを初期抵抗と名づける。もつともこの大きさは初期の尖り (撮影曲線の) が曲線として撮影され得ることに、全く別の写真化学上の制約が加わっているからあまり大きな値を置くことができない。次は分極曲線が比較的長時間経過して安定した部分の矩形波との距離の抵抗値であつて、これを残留抵抗 (こゝでは通流後 1/5sec の時点の値をとつた) と稱する。第3の因子として、半對數図における極めて初期の直線部分を msec で表わした數である。即ち分極が指數函數 ( $e^{-t/RC}$ ) 的に経過すると認められる部分における RC に相當する恒數であつて、これを分極恒數と名付ける。これらの3つの因子によつて分極性を表現するのであるが、その意義については考察の項で述べる。

2. 電極の大小と分極曲線

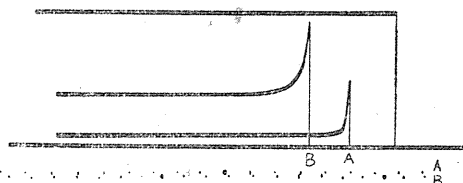
電極の大小に就いて項をあらためたのは、電極の大小を適當に選ぶことにより描記に適當なる分極曲線を得ることができるからである。電極が大になると抵抗値が減少することは多くの人々によつて認められている。1例を第1表及び第4図に示す。

電極が大になるにつれ初期抵抗が減少し、分

第1表 電極の大小と分極曲線

電極の 大きさ	初期抵抗 (k $\Omega$ )	残留抵抗 (k $\Omega$ )	分極恒数 (msec)
A (0.3cm <sup>2</sup> )	70	1600	0.7
A (1.2cm <sup>2</sup> )	3	140	2.7

第4圖 電極面積と分極曲線



A : 0.3cm<sup>2</sup> B : 1.2cm<sup>2</sup>

極恒数は大、残留抵抗は小となる。次の皮膚外回路抵抗と関連しているので3の項で意味を述べる。

3. 皮膚外回路抵抗と分極曲線

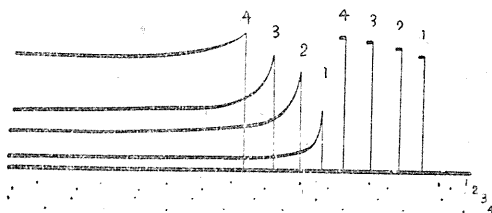
皮膚を電氣的等価回路で考えるならば緒論で述べた如く、容量、抵抗結合である。しからば皮膚外回路抵抗の大小(実験装置第1図のrの大小)が、その回路の過渡現象の時間恒数(RC)の大小に非常に関係するのは當然である。今皮膚外回路抵抗に10, 50, 100k $\Omega$ の抵抗を挿入して各分極曲線を撮影し、夫々の因子を求め、加えて皮膚の電氣容量( $\mu$ F)を計算した。勿論各場合とも電極の大きさは同一である。第2表、第5図にその成績を示す。

第2表 皮膚外回路抵抗と分極曲線及び皮膚容量( $\mu$ F)

各因子	初期抵抗 (k $\Omega$ )	残留抵抗 (k $\Omega$ )	分極恒数 (msec)	皮膚容量 $\mu$ F/cm <sup>2</sup>
1. 例				
10k $\Omega$	25	262	0.57	0.014
50k $\Omega$	27	281	1.00	
100k $\Omega$	28	360	1.43	
2. 例				
10k $\Omega$	20	50	0.85	0.026
50k $\Omega$	23	85	1.52	
100k $\Omega$	25	120	2.85	

皮膚外回路抵抗の大小が各因子に系統的な変化を興えて居り、外路抵抗を電極の大きさと関係して適宜に選ぶならば分極曲線の変化を顯著に現わす事ができるのである。この場合は電極面積は1.2cm<sup>2</sup>、外路抵抗を100k $\Omega$ に選ぶならば適宜であり以後の実験はそれによつて行つた。

第5圖 皮膚外回路抵抗と分極曲線



1 = 10k $\Omega$ , 2 = 50k $\Omega$ , 3 = 100k $\Omega$ , 4 = 500k $\Omega$   
と同番號の各矩形波

4. 作用電圧、電極部位、電極作用後の時間と分極曲線

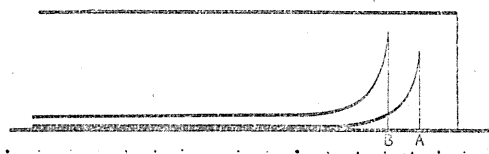
作用電圧を高めて行くと抵抗値は減少することは Gärtner が認めて Hysteresis (抵抗の減少) と呼び、朴澤, Strohl は初期の尖りの短縮をみているが、私の場合は作用電圧が2Vの低電圧でしかも皮膚外回路に100k $\Omega$ もの抵抗値の入つている弱電流であつて、少しも変化が認められない。電極部位の前腕の間における多少の移動に対しても又電極を作用させた後5分、30分後に撮影しても分極曲線には何の変化もない。

B. 環境條件の影響

1. 温度の影響

環境條件として先ず問題になるのは温度の作用である。実験方法は兩電極をゴム袋で圍んでそこに温水或は冷水を流し、間接に電極下皮膚の周圍の温度を変えたのである。30°C前後の水を流してその時に得た分極曲線を平常とし、その後50°Cの温水か氷の入つた冷水を流し込むことによつて皮膚を温め或は冷した後に再び分極曲線を撮影して平常値と比較したのである。第6図に高温の作用の場合を示し、第3表には高温並びに低温の場合の3因子変化の代表例を掲げる。

第6圖 温度の影響(高温)



A : 平常分極曲線  
B : 高温の影響

第3表 温度の影響

	初期抵抗(k $\Omega$ )		残留抵抗(k $\Omega$ )		分極恒数(msec)	
	常温	高温	常温	高温	常温	高温
1	26	18	440	415	1.4	1.8
2	38	26	2340	1360	2.1	2.8
3	27	23	2050	1220	1.6	2.3
1	20	26	466	650	2.7	2.4
2	15	19	86	112	7.7	6.4
3	9	16	126	152	4.5	2.9

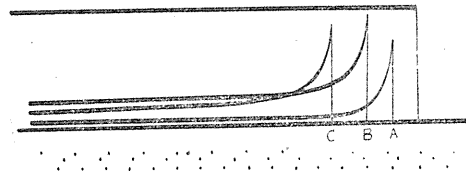
第6図、第3表にみるように高温においては初期抵抗の減少(変化のないもの或は却つて少々増しているものもあつた)、残留抵抗の減少、分極恒数の増大を示した。低温の場合はこの逆で初期抵抗の増大、残留抵抗の増大、分極恒数の減少を示した。これについては考察の項で詳述するが高温は分極性を低め、透過性を大ならしめているに他ならず、低温はこの逆で分極性を高めているのである。

## 2. 通流電極作用

通流電極作用とは鈴木(13)の環境条件群における同名の作用であつて、普通の電氣緊張の作用でなく、それよりも長くまたは強く通流したときの電極作用である。その電氣刺激に対する影響は坂本(10)が観察したところであつて、種々の長所によつて鈴木の実験的環境条件中最も推奨するところのものである。この場合は皮膚に一定電圧の下に通流した際に電極下の皮膚が受ける作用であつて、方法は第1図に示す如く測定回路と別の配線によつて通流を行う。この際分極測定用の電極は短絡してそれを通流電圧の所要の一極に連ね、他極は遠隔の皮膚上に置いて無関電極とし、分極観察の皮膚面全部を一定の通流電極作用の下にさらすのである。通流作用前に正常(温度の影響の際と釣合上正常と呼ぶ)分極曲線を撮影し、後通流作用の配線に切換えて通流を行い、数分間の後中断して直ちに分極測定電極間に分極曲線を撮影する。この方法は坂本(11)が神経の刺激実験の際行つた通流中断直後測定法になつたのである。通流作用はその作用する強さ(電圧)と共に作用時間も加減することができる。実験に作用電圧と時間が通流後の分極曲線に大いに影響するのである。

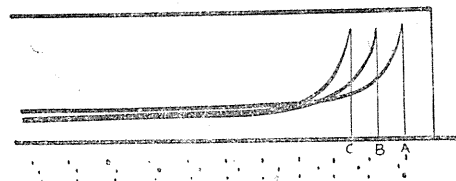
最初作用電圧として2Vを加減し皮膚外回路抵抗を100k $\Omega$ として実験するに、人体皮膚においてこのような弱電流にては通流効果がほとんど見られない。故に強い電圧を加えるために前置抵抗を置かず直接に電池を皮膚にあてがい、電池の数を変えて電圧を加減した。測定兩電極を短絡した一極を陰極にした場合を陰極効果、陽極にした場合を陽極効果と呼ぶ。第7図、第8図に陰極効果(3V, 5分)、陽極効果(2V, 20分)の分極曲線の変化を示した。Vは作用電圧の強さであり分は作用時間を示す。

第7図 陰極効果



- A: 正常
- B: 陰極効果(3V, 5分)
- C: 通流断後5分

第8図 陽極効果



- A: 正常
- B: 陽極効果(2V, 20分)
- C: 通流断後5分

图中Aは正常分極曲線、Bは電圧作用直後の分極曲線で、Cはその後5分経つた後の分極曲線即ち回復分極曲線と看做されるものである。明らかに通流効果後の分極曲線は正常のそれと著しい変化を示しているし、回復分極曲線はその中間に位していることが見られる。その作用電圧と通流時間を色々にかえた際の初期抵抗、残留抵抗、分極恒数の値を第4表、第5表によつて示した。

第4表陰極効果はその変化が顯著であつて、初期抵抗は減少し、残留抵抗も減少、分極恒数

第4表 陰極効果

	初期抵抗 (kΩ)		残留抵抗 (kΩ)		分極恒數 (msec)	
	正常	効果	正常	効果	正常	効果
3V 5分	35 18	22 9	176 106	140 30	5.0 4.8	6.4 7.6
3V 10分	36 24 16	31 19 14	1450 300 340	345 60 30	2.4 3.4 3.6	4.6 9.5 13.3

第5表 陽極効果

	初期抵抗 (kΩ)		残留抵抗 (kΩ)		分極恒數 (msec)	
	正常	効果	正常	効果	正常	効果
3V 5分	91 54	95 54	1020 1030	950 1030	1.2 1.8	1.2 1.8
3V 10分	40 55 41 32 29	90 51 41 28 26	1680 1700 180 100 338	1590 1700 190 88 196	1.8 1.5 3.3 3.0 4.6	1.9 1.5 3.3 3.3 6.8
5V 20分	8 10 46 25 92	8 18 33 18 37	111 128 530 1600 1840	245 250 130 450 655	6.6 9.9 4.0 3.1 4.2	5.4 5.4 7.9 4.2 9.9
10V 5分	16 14	14 3	200 500	135 9	2.3 3.5	3.5 12.0
2V 20分	70 7 14 12 25 88 53	94 11 17 16 27 97 55	326 203 356 146 196 540 610	484 230 672 356 200 680 565	3.0 4.6 2.5 4.6 3.4 1.9 2.2	2.6 4.0 2.1 3.6 3.0 1.8 2.3

は増大している。これは表に見る如くいかなる作用電圧、作用時間の際にも見られるもので丁度温度の影響の際の高温効果に比すべく分極性の低下を來していることを示す。且つ温度効果よりもそれは著しい。

次に第5表陽極効果であるがその効果は顯著でない。これは神経刺激の場合坂本(10)も同様であつて陽極効果は陰極効果より現われ難い。然し表で見る如く作用電圧と作用時間を調整することによつて、効果が著明にあらわれるしその間に一定の関係があることが見られる。即ち3V、5分にては効果が全然現われず3V、10分にては未だ余り著しくない。作用電圧を強めて行くと5V、20分では陰極効果と逆の結果を示すものと同じ結果を示すものが得られた。更に強めると10V、20分では陰極効果と同方向の変化で且つ変化が極めて著しく残留抵抗が異常に小となり殆んど初期抵抗と同じ位にまで下

る。かゝる実験においては被験者は皮膚に痛みを感じ、実験終了後電極のあたつた部分に水泡を生じ、後色素沈着を來した。即ちこのような強電圧、長時間では皮膚はもはや生理的範圍を離脱したのであると看做してよいと考えられるのである、しからば5V、20分でなぜ二様の变化を示したのかというに、それは個人差によつて大いに違ふのであつて、陰極効果の方向を示した例は作用電圧が10V、20分の如くその個人によつて強きに過ぎたためと見るべく、陰極効果と逆な方向を示したのは陽極効果であつて3V、10分では効果を余り示さないのに5V、20分になると効果が生じたのである。よつて効果は比較的低電圧、長時間作用によく現われることを豫想して2V、20分なる通流作用を行つたのであるが、実験例は悉く豫想通りの变化を示した。即ち初期抵抗、残留抵抗は増大し、分極恒數は減少したのであつて、陰極効果と逆方向の結果であり、分極性の高まりに由來するものである。

#### IV. 考 察

以上の諸観察を通じてGildemeister(4)の名付けた受動性起電現象 (passive elektromotorische Erscheinung) の一端の様相を伺ひ知ることができたのである。朴澤の Helmholtz 振子の Punktkontakt によつて間接的に得た分極曲線は皮膚外回路抵抗を殆んど無視できると假定して求められたものであり、橋田の直接に撮影した分極曲線も同様であつて、共に初期の尖りは極めて急峻である。これらの分極曲線は生体そのまゝの分極性を表現せるものと考えられる。然し上の実験で見られた通り電極面積が大いに初期の尖りの急峻さに関係するのである。私は皮膚外回路抵抗と電極面積を適當にすることにより初期の尖りを緩慢にして撮影したのであるが、私の場合同一条件のもとでの皮膚の変化を比較したのであるから、大小の関係においてはあくまで眞の皮膚の分極性を示しているものと考えられる。

この皮膚外回路抵抗と電極面積の2点を考慮

して兩者を適當に選ばば、電磁オツシログラフで撮影できる速さになるのである。即ち皮膚の電氣的等價回路として容量、抵抗結合の回路と考えるに、電極面積を大にして行くと皮膚抵抗は減少し容量は或る程度増大する。従つてその皮膚抵抗と同じ位の皮膚外回路抵抗を選択すれば大きな時間恒數を得ることができる。又逆に皮膚外回路抵抗が適當な大きさになる如く電極面積を選ぶことも必要であつて、私は豫備実験で得た事実に基づき皮膚外回路抵抗を  $100k\Omega$ 、電極面積は  $3.1cm^2$  の円筒ガラス電極を用いた。かくすることによつて撮影された正常分極曲線は次に行つた環境條件による分極性の變化を分析するに充分な性質を具えた曲線であつたのである。

分極曲線が生体の膜現象として指數函數曲線であるかどうか次に問題になる。皮膚を介さないで電解質溶液に電極を入れて撮影すれば矩形波が得られることは上述の如くであるが、分極曲線の初期の高さはこの矩形波より僅かに低くその点の抵抗値は小さいのである(第2図)。こゝではこの抵抗値を初期抵抗と名付けた。この時点より曲線の漸次下降する経過が正しい指數函數曲線でないということはつとに指摘されているが、本測定においても半對數座標に描くならば(第3図)、 $4\sim 5msec$  以上の  $t$  においては直線より上方に偏位を示す。この偏位を例えば分極性或は等價回路成分の漸変によるものと考えとしても、分極曲線の極めて早い時期においては直線性を示すのであるから、この部分の指數函數曲線の指數  $-t/RC$  の  $RC$  に相當する恒數、即ちこの直線の余切をとつて分極恒數と名付け、分極現象を表現する1つの因子とした。かゝる初期抵抗、分極恒數なる初期の現象が刺激生理学において特に重要である。分極曲線は時間と共に下降し、一定時間後は實際的に殆んど横軸と平行なる直線となる(第2図)。即ち一定の抵抗値を示すに至り、これまで直流の見掛けの抵抗としていわれてきたものであつてこれを残留抵抗と名付けた。こゝでは通流後  $1/5sec$  の即ち直線的に安定せる時点の抵抗値で表わし

た。

私は皮膚外回路抵抗を変えるとき分極曲線の変化を利用し、上記の3因子を用いて、皮膚を通常抵抗容量結合模型と見て、皮膚  $1cm^2$  毎の容量を計算した。それは第2表に示す如く  $0.014\sim 0.026\mu F$  であつたが、これは從來の學者の得た成績と一致する。

この3因子が全て同じ量と相關々係にあるとは考えられぬが、互に相平行する變化を示すことは先の種々の実験で容易に見られる。唯初期抵抗のみは他の2つの因子に比較して外界の影響に対し變化が少い。もつともこの値はⅢのA-1に述べた如く実験方法的に余りに多くの價値を置くことのできぬ値であつて、上の事実または時に不定の成績を示すこともあるのはこゝに理由を求めることができる。この互に相平行する變化とは、一方は残留抵抗の減少と分極恒數の増大及び初期抵抗の減少であり、他方は何れもの値の反対の變化である。残留抵抗の減少はいわゆる残留電流の増大に他ならず、分極による逆起電力の小なることを示す。分極性の小なることは分極容量の大なることの意であつて、分極恒數の増大はその表現に他ならない。一方また分極性の小なる事はイオン透過性の大なることの現われであり、分極容量は透過性の大小をそのまま標示する値なのである(Gildemeister 4)。

私は皮膚の分極性の變化を種々の環境條件の下に見たのであつたが、それは鈴木(13)が刺激生理学の立場から筋、神經等の興奮性形体の電氣刺激に対して示す、興奮性の種々の現われに対する環境條件の對立分類と比較する意味もあつたのである。即ち鈴木によれば電氣刺激に対する種々の興奮態度は、環境條件に従ひ互いに相伴つて變化し、その相伴うものずつを集めて第Ⅰ群、第Ⅱ群の2つに對立分類することができる。また環境條件の側においても、この第Ⅰ及び第Ⅱの群を結果する意味において同様に作用するものずつを集めて、これまた2つの相對立する群に分類することができるのである。電氣刺激については Schaefer (12) の電圧説によ

るも、また彼のいわゆる電流説によつても坂本(11)等の所論を顧みれば、理論的に分極電圧の一定に達することが刺激と因果關係をなすことは疑うべくもない。このことを考えるならば、電氣刺激に関する上述の対立分類は分極性に対する環境條件の作用にも深い關係を有するはずである。

第1に行つたのは温度の影響であつてGildemeister (6) は 40~45°C の高温では皮膚容量は大となり、低温で減少することをみている。成績の項で見る如く高温は残留抵抗の減少、分極恒数の増大及び初期抵抗の減少の傾向を來たすが、これは上述の理により分極性の減少、透過性の増加を示すものであつて、高温が一般に膜の透過性を高めることと一致する所見である。低温の影響はこの逆であつて分極性の増加、透過性の減少を起す。高温は鈴木の前立分類の興奮態度第I群を來たす群に属し、低温は同じく第II群を起す環境條件群をなすものである。

通流陰極効果は残留抵抗を小、分極恒数を大、初期抵抗を小ならしめ、分極性を減じ透過性を高める。即ち高温と同様の作用を示し鈴木の前立分類の第I群を起す群として分類と一致する。陽極効果はこれの逆で残留抵抗及び初期抵抗を増大、分極恒数を減少せしめ分極性を高めて透過性を低下せしめる。即ち低温の影響と同様であつて鈴木の前立分類の第II群に相當する。もつとも陽極効果においては実験成績の項で詳述した如く、上述の効果出現に対しては作用時間と作用電圧との關係が簡單でなく、比較的弱電圧で長時間作用のとき効果が著しい。坂本(10)の電氣刺激に対する作用においても、陽極は陰極に比して効果が著しくない。しかし適當な通流に際しては上述の關係を明らかに見るのである。

即ち皮膚の分極性または透過性に対して環境條件は一般興奮性に対すると同様な対立分類を形づくり、高温通流陰極が第I群、低温、通流陽極が第II群に相當する。従つて興奮態度第I群たる時間要素(例えば時値)小、強まり方要素大(例えばλ小)、基電流大、開放閾大、單一興奮に傾く等の変化に分極性小、透過性大等が

相並び、諸要素標示値の反対の変化、反復興奮に傾く等の態度に分極性大、透過性小が並ぶこととなる。この刺激生理学上の興奮態度は主として筋、神経等の刺激現象より得られた観察であり、分極性、透過性は皮膚にて見られた変化である。しかし興奮性形体の刺激される機序に分極が重きをなすことは既述の通りであり、その分極性が大体皮膚におけるものと類似の關係において変化を示すことは考えられて、興奮性の諸変化と分極現象の変化とが同様に起ることは當然であろう。しかし乍らこの兩者の間の關係については今直ちに早急な立論を避けることにするが、これらの変化が相伴うことは注目に値する事柄である。

本研究は鈴木教授に對する文部省科学研究費(皮膚分極に関する研究)によつて一部支辨されたものである。

#### 文 献

- 1) Cole K.S.(1933) Electric conductance of biological systems. Symposia on Quantitative Biology. Vol. I. 107
- 2) Einthoven W.u.J. Bijtel(1923) Über Stromleitung durch den menschlichen Körper. Pflügers Arch. 198, 439
- 3) Garten S. (1909) Beiträge zur Kenntnis des Erregungsvorganges in Nerven und Muskel der Warmblüters. Z. B. 52, 534
- 4) Gildemeister M. (1928) Die passiv-elektrischen Erscheinungen im Tiere- u. Pflanzenreich. H. B. norm. path. Physiol. (Bethé u. a.) 8. Band. II te Teil, 657
- 5) Gildemeister M. (1922) Zur Theorie der sekundär-elektromotorischen Eigenschaften der menschlichen Haut. Pflügers Arch. 195, 112
- 6) Gildemeister M. (1928) Über elektrischen, Schwingen, hervorgerufen durch die Hautkapazität. Pflügers Arch. 219, 86
- 7) 橋田邦彦(1935) Über die galvanische Polarisierung u. a. Jap. J. med. Sci. III. Biophysics, 4, 119\*
- 8) 朴澤 進(1928) Studien über die Polarisation der Haut (I). Pflügers Arch. 219, 111
- 9) 朴澤 進(1928) Studien über die Polarisation der Haut (II) Pflügers Arch. 219, 141
- 10) 坂本健次郎(1944) 電氣刺激強まり要素測定の新法及び夫による直流通流の神經に於ける該要素に對する影響の觀察. 日本生理誌 9, 433
- 11) 坂本嶋嶺(1931) Zur Theorie über Polarisation und elektrische Reizung. Jap. J. med. Sci.

- Biophysics 2, 167,\* (1934) Beiträge zur Theorie über die elektrische Reizung der Nervenfasern I, 3, 203\*, (1935) Beiträge zur Theorie über die elektrische Reizung der Nervenfasern II, 4, 11\*
- 12) Schaefer H. (1940) Elektrophysiologie I, Wien.
- 13) 鈴木正夫 (1948) 環境條件と生体興奮態度, 日新醫學 35, 192
- 14) 若林 勳 (1935) Anfangszacke des die Haut durch fließenden schwachen Stromes, Jap. J. med. Sci. III, Biophysics 4, 129\*

### Summary

The electric polarization of human skin was examined by the initial spike in the polarization curves. The electrodes were applied on the skin of forearm, and the current sent through the skin was, after amplification, recorded by an electromagnetic oscillograph (Yokogawa). By suitable choice of size of the electrodes and the resistance in series with the skin, curves of adequate velocity for analysis the process of polarization can be obtained.

For this analysis three quantities were calculated out of the curves; the initial and rest resistances and the polarization constant, the latter value being the index of the exponential decrease of the first part of the curve. They were found to be almost constant independently on changes in the electrode distance and in time after the begin of the experiment. But remarkable changes in their values are brought about by changes in size of the electrode and the resistance in series with the skin.

After observation and calculation of the polarization in normal condition, the changes in the polarization of the skin resulting from variations of environmental conditions were obtained.

In the first place the effect of temperature was observed, and it was found that the high temperature decreases the initial and rest resistances and increases the polarization constant, and the low temperature affects these quantities in the opposite direction. It signifies that the high temperature augments the permeability of membranes in the skin and reduces their polarizability and the low temperature vice versa.

Secondly the effect of (another) polarizing current was examined, and was found that the polarizing cathode affects like high temperatures and more pronouncedly. The polarizing anode has not such a strong effect, but at suitable choice of voltage and duration the effect in the opposite direction to the cathode was observed.

These effect of the environmental conditions on the polarizability of the skin coincide in significance with Suzuki's classification of the environmental conditions in their effects on the excitability of the excitable tissues.

(Department of Physiology, Chiba Medical College)

神経，筋働作流の發現機構に関する實驗的研究（主として其等に於ける  
「層對電説」(前川)の驗證) 612.014.423

(第5報) 骨格筋傷害働作流と收縮機械曲線の關係

Some Experimental Studies on the Subject of Mechanism of the Tissue Electricity.

(5th. Report) Relation between Action Currents and a Mechanogram of a  
Striated Muscle when Injured.

唐 川 正 典 (Karakawa-Masanori) \*

I. 結 言

筆者は既報の研究に於て容積導体内に於ける骨格筋の傷害働作流を撮影し、其の際常に初期変動に比較して相當大きな後電位の現われる事を指摘した。前川教授は其の「層對電説」に於て筋收縮の原動力を電氣的分極に求めピエゾ効果を類推する事により收縮力と流出電氣量との間の函數關係を推定された。此の學説は筋收縮機構と言う生理学千古の祕密に一道の光明を導入するものと考える。從來此の様な電氣收縮説を考慮するに當り、最大の障壁となつたものは働作流の主力が筋收縮の潜伏期に終了すると言う点であろう。前川教授は心電図に於ける考察より出発して此の謎の鍵を分極膜に依る働作流の変形に歸せられた。既に述べた如く筆者は本研究第3報、第4報に於て教授の此の假定を驗證し、心電図に於ける單相形曲線に匹敵する單相形傷害働作流の撮影に成功したのであるが、此の曲線こそ上述の意味で分極膜に依る物理的変形を受けざる骨格筋本來の働作流であると考えられる。従つて更に其の様な傷害働作流と收縮機械曲線の關係を、少くとも其の時間的平行關係を明確にする事が次に爲すべき筆者の責務であると感じる。

II. 実 験 方 法

1. 電氣曲線描画

第3報、第4報と同様の方法で容積導体内の縫工筋及び腓腹筋働作流を描画する。

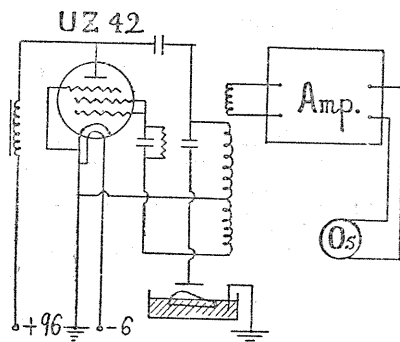
\* 京都大学醫學部内科第三講座(前川教授)

2. 收縮機械曲線

收縮機械曲線の描画には Ringer 液に浸された骨格筋と1枚の金属板とを極めて接近して対立せしめ1箇の蓄電器を形成する。此の蓄電器を高周波発振回路の一部に挿入し、筋の收縮変形によつて生ずる容量変化を用いて高周波の振幅を変調する。此れを検波並びに増幅すれば筋の形態的变化は電圧変化となり横河電磁オシログラフを経て働作流との同時描画が可能となる。此の方法に依れば筋に何等の負荷を興える事なく、第3報、第4報と同一の條件に於て検索し得るのみならず機械的描画に宿命的な装置の慣性による歪を完全に排除する事が出来る。尙本装置は從來當教室で心音、心尖搏動、大動脈脈波等の描画に使用されているもので其の配線図は第1図の如くである。

第1圖

高周波変調を利用した收縮機械曲線描画装置



III. 実 験 成 績

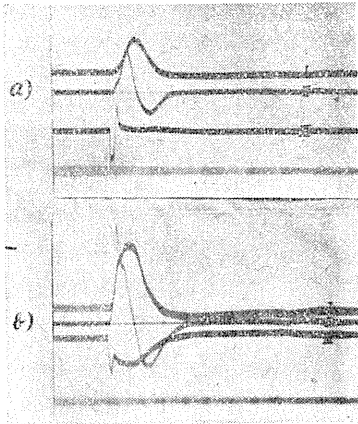
1) 縫工筋の非傷害末端に於ける働作流と收縮曲線の關係は第2図 a) の如くである。

2) 縫工筋の切断端に於ける働作流と收縮曲線の關係は第2図 b) の如くである。

3) 健康腓腹筋働作流と收縮曲線の1例(末梢端) 第3図 a)

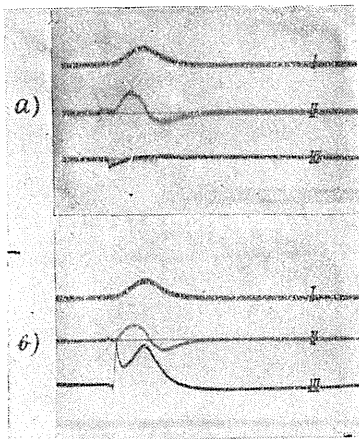
4) 筋腹切断後の腓腹筋働作流と收縮曲線の1例(傷害の反対側) 第3図 b) (各図に於て I 收縮曲線, II その微分曲線, III 働作流)

第2圖 縫工筋働作流(I)と收縮機械曲線(III)及び其の微分曲線(II)の關係



- a) 非傷害末端, 働作流は正負二相
- b) 切断端, 働作流は正單相で時間的に收縮曲線と一致す。

第3圖 腓腹筋働作流(III)と收縮機械曲線(I)同微分曲線(II)



- a) 非傷害末端, 働作流は正で小さく短い。
- b) 中腹切断後傷害と反対側に於て, 働作流は負の單相で時間的に收縮曲線と一致す。

#### IV. 考 察

空気中の曲線に比較して容積導体内では後電

位が比較的大きく現われる理由を考えて見る。第一に空気中では電極近傍に存在する起電力のみが強調される。第二に空気中では分極膜に依る変形が強度である。容積導体内では相當廣範圍の組織発電の影響が電極に波及する。又分極膜の影響は縮小し腓腹筋では非傷害時に既にかなり長さの後電位が現われる。従つて切断端の働作流では分極膜に依る変形を相當完全に排除出来る。等の事が考えられる。次に收縮と働作流の關係を考えて見る。「層対電説」に依れば(1)收縮力(k)と筋の発電せる電氣量(e)との間には函数關係がある  $e = f(k)$ 。従つて働作起電力により流出する電流を I とすれば  $\int_0^t I dt = f(k)$  となる。更に双極子の位置及び方向を一定とすれば, 其れによつて或る定点に生ずる電圧  $\phi(t)$  及び電流  $i(t)$  は共に其の瞬間の双極子の強さ, 即ち双極子より流出する。總電流  $I_0$  に比例する。従つて前川教授の提稱された如く或る定点の電位変化即ち働作流  $\phi(t)$  と筋の收縮 k との間には  $\phi(t) = F(k)$  なる如き函数關係が成立する筈である。本實驗成績に於ては兩者の極大の位置及び零線復歸の位置に明らかな時間的平行關係が認められた。此れは「層対電説」の成立を間接的に立證するものと思う。併し兩者の關係を明確な數式に表現するには尙働作流の分極変形を完全に除去する爲めの一層の努力が必要である様に思われる。

#### V. 總 括

筆者は高周波変調を利用して筋收縮曲線を電氣的に描画し, 容積導体内の傷害働作流との同時描画を試みた。其の結果兩者の間はかなり密接な時間的平行關係を認めた。此れは「層対電説」(前川) の立場より理解される。

擱筆に臨み, 終始御懇篤なる御指導を辱うせる恩師前川教授に深謝し, 併せて御援助を賜りたる学兄高島醫學士及び小西醫學士に感謝す。

#### 文 献

- 1) 前川孫二郎(昭和19年) 電心圖に於ける「單極誘導法」と「單相誘導法」と及び差異説の根本誤謬とに就いて。日循 10, 43

- 2) 唐川正典 (昭和25年) 神經、筋働作流の發現機構に關する實驗的研究 (主として其等に於ける「層對電説」(前川)の驗証)
- (第1報) 容積導体内に於ける神經働作流. 日本生理誌 12, 103
- (第2報) 容積導体内に於ける神經働作流と空氣中に於けるそれとの關連性. 日本生理誌 12, 107
- (第3報) 容積導体内に於ける墓縫工筋働作流. 日本生理誌 12, 111
- (第4報) 容積導体内に於ける腓腹筋の働作流. 日本生理誌 12, 116

### Summary

In the first place a condenser will be composed of a piece of soaked muscle in Ringer's solution and a sheet of metal plate, face to face. And in the second place a mechanogram of its contraction may be caught electrically by altering the amplitude of a high-cycle waves by means of the change in capacity which the condenser has when the muscle is contracted. A sort of parallel relation can be seen between this mechanogram and the action current of the injured muscle in my 3rd. and 4th. reports. This shows that there is a certain causal dependence between electrification and contraction.

*(From the third Medical Clinic, Med. Faculty, Univ. of Kyoto)*

## 神経、筋働作流の發現機構に関する實驗的研究 (主として其等に於ける

「層對電説」(前川)の驗證) 612.014.423

### (第6報) 空氣中に於ける骨格筋働作流の吟味

Some Experimental Studies on the Subject of Mechanism of the Tissue Electricity.

(6th. Report) Closed Examination about Action Currents of a Striated Muscle in the Air.

唐川正典 (Karakawa-Masanori)\*

#### I. 緒言

筆者は前諸報に於て容積導体内に於ける骨格筋働作流の研索をなしたが最後に從來の空氣中誘導曲線に於いて新しい観点から 1, 2 の吟味を行いたい。

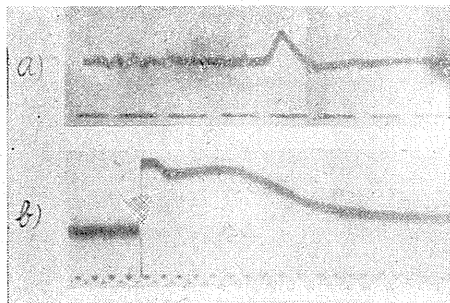
#### II. 實驗方法

1) 蓋縫工筋の兩端を固定し空氣中に於て等尺收縮を営ませる。中流 2 点の筋膜面を切除し各々に塩化銀-銀板電極を密着す。刺戟は裏面の一端より直接蓄電器單一放電を與える。

2) 坐骨神経腓腹筋標本を作製し、筋の兩端に切断面を作る。第3報に用いた如く螺線狀の細銅線の先に塩化銀-銀板を付けた 2 ヶの可動性電極を兩端の切断面にあて、神経の間接刺戟による筋働作流を記録する。

#### III. 實驗成績

實驗 1: 健康面 2 点より誘導する時は當然 2  
第1圖



相形働作流を得る。然る後其の部の筋膜面を傷

\* 京大醫學部内科第三講座 (前川教授)

害し上記の如く誘導する時は常に下手極を正とする單相形働作流が得られる (第1圖 a)。此の状態で兩端いづれの側より刺戟しても收縮が起り、常に働作流の得られる事よりいづれの電極下をも興奮が通過する事を確め得る。

實驗 2: 此の様な状態に於ても收縮期間中兩断面の間には常に電位差変動が現われる。其の形は断面内で電極の接触する部位により多少の差があるが 1 例を示せば第1圖 b の如くである。即ち中樞端切断面が相対的負なる時曲線が上向きとなる如く描画すると、棘電位の時期に相當した鋭い下向きの突起と長期後変動の時期に相當した緩やかな上向きの偏位が示される。

#### IV. 考察

1) 負性説に依れば單相働作流を得るには必ず切断端を用いねばならぬ。層對電説 (1, 2) に於ては 2 相性働作流は細胞膜の分極性に起因するから誘導部の分極性を完全に除去出来れば空氣中の双極誘導曲線は常に下流を正とする單相形でなくてはならぬ。實驗成績はこれに一致する。この場合筋膜面を傷害する事、電極として面積の廣い銀板を用いる事、表面を塩化して分極を防ぐ事の 3 つの条件のいづれを缺いても曲線は 2 相化する事は注意を要する。

2) 負性説に依れば單相誘導曲線は健康部のみの電位変化を示すもので、横切断面は興奮に際し何等の電位変動をなさず、測定の規準点になし得るものと考えられている。従つて 2 つの横断面の間に何等の電位変動も生じない筈である。層對電説によれば働作流は 2 点間に存する

対電層の起電力に基く。従つて2ヶの断面の間にも働作流が發生してよい。興奮は神經侵入部より兩方向に向つて進行する。然し神經侵入部は中樞端に近い爲め興奮は其の側に先に到着する。最初の鋭い正の振れは此れによると思われ。全体が興奮状態に入る時は対電層の厚さは末梢端に向うものゝ方が厚いため曲線は逆に上向性となり其の状態を收縮期間中維持すると考えられる。

#### V. 總 括

- 1) 縫工筋中流2点に完全に分極防止の操作をなせばいづれの端に刺戟を與えても、刺戟に對して下手極を正とする單相形が得られる。
- 2) 坐骨神經腓腹筋標本にて筋兩端に断面を作り、間接刺戟をなす時、兩断面間にも電圧変

化が現われる。但し其の形は、断面内で電極の接する位置によりかなりの変化がある。

擱筆に臨み、御懇篤な御指導を辱うせる恩師前川教授に深甚なる謝意を表す。

#### 文 献

- 1) 前川孫二郎 (昭和19年) 電心圖に於ける「單極誘導法」と「單相誘導法」と及び差異説の根本誤謬とに就いて。日循 10, 43
- 2) 唐川正典 (昭和25年) 神經、筋働作流の發現機構に關する實驗的研究 (主として其等に於ける「層對電説」(前川) の驗証)
  - (第1報) 容積導体内に於ける神經働作流。日本生理誌 12, 103
  - (第2報) 容積導体内に於ける神經働作流と空氣中に於けるそれとの關連性。日本生理誌 12, 107
  - (第3報) 容積導体内に於ける葛縫工筋働作流。日本生理誌 12, 111
  - (第4報) 容積導体内に於ける葛縫工筋働作流。日本生理誌 12, 116

#### Summary

1. If the polarization of the membrane is ceased to stop at the two points in the middle stream of *m. sartorius*, we can, without fail, get monophasic curves made positive in the lower electrode no matter when a stimulation is given from either end.
2. If a preparate of *n. ischiadicus* and *m. gastrocnemius* is cut at each end of the muscle and is given an indirect stimulation, action potential is proved to exist between both ends.  
(From the third Medical Clinic, Med. Faculty, Univ. of Kyoto)

# 神経、筋働作流の發現機構に関する實驗的研究（主として其等に於ける「層對電説」(前川)の驗證)

## (第7報) 組織の分極性と働作流の變形

Some Experimental Studies on the Subject of Mechanism of the Tissue Electricity.  
(7th. Report) Relation between Polarization of Tissue and Distorsion of Action Currents.

唐 川 正 典 (Karakawa-Masanori)\*

### I. 緒 言

組織の電氣学的性質に関する研究は、古くは Galeoti (1) (1902) の骨格筋, Höber (2) (1910) の赤血球, Meyer (3) (1921), Rapport Ray (4) (1927) の心臓に於ける如く、主として交流と Kohrausch 橋を用い、單なる電氣傳導度の測定より初められた。然し間もなく組織は單なるオーム抵抗体ではなく分極容量を有する事、更にそれは二重層性容量 (double-layer capacity) と擴散性容量 (diffusive capacity) を合する複雑な構造なる事が知られた。組織の分極性に関する研究は Gliedmeister (5) (1919) の蛙皮, Gallert (6) (1912), Lullies (7) (1928) Gliedmeister (8) (1928) の人皮, Mc. Clendon (9) (1912) Quensel (10) (1932) Sapegno (11) (1930) の骨格筋, Curtis and Cole (12) (1938) Labes (13) (1932) Labes and Lullies (14) (1932) の神経, Cole (15) (1928) の單細胞, Fricke (16) (1925) の赤血球等各組織に涉り、枚挙に暇がない。然し此等は専ら外來の電流に対する組織の態度を検索するに留つた。勿論既に電氣緊張の問題を介して二次的な働作流の變化は取り扱われて居るが、働作流自身が常に、外界に流出する迄には、組織の分極容量の爲に變形を受ける事を明確に述べたのは前川教授の「層對電説」に初まると思われる。組織發電に基く働作流と雖も、一度電流として現われれば最早物理現象であつて組織の電氣的性質と言う制約を脱し得るものではない。分極膜を隔てた外界の電位變化 (我々の測定するもの) と、組織内起電力が、決して單なる比例関

係にない事は、最早原理的に明らかである。問題は此の變形の程度が、「層對電説」の期待する程著明なものであるか、或は從來の負性説が無意識に行つて來た様に、無視出来る程度であるか否かにある。筆者は此處に過去の諸文献に於ける素材に筆者の僅かな實驗を加え、前諸報に於ける「考察」の補足の意味で此の問題を少しく検討してみる。

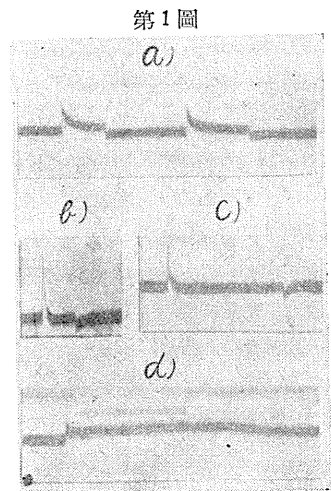
### II. 實驗方法

約 2mm の間隔を置いた 1 対の銀-塩化銀電極を臺摘出心の心室内、或いは臺縫工筋の筋腹を切開した内部に挿入す。開閉器を断続して此の對電極に數 mV の矩形電圧を與え、心外表或は縫工筋の反対側表面に表われる電圧變化を別の 2 ヶの電極にて双極或は單極誘導す。増幅及び描画装置は前諸報に同じ。

### III. 實驗成績

1) 單に加圧電極を Ringer 氏液内に浸し、液内 2 点の電位差を記録すると第 1 圖 a) の如き曲線を得る (既に多少の電極自身の分極を見る)。

2) 加圧電極を心室内に置き心表誘導せる



\* 京都大学医学部内科第三講座 (前川教授)

時，外界の回路條件の適當な時第1図 b) の曲線を得た。此の形の内に心電曲線の一模型が見られる。

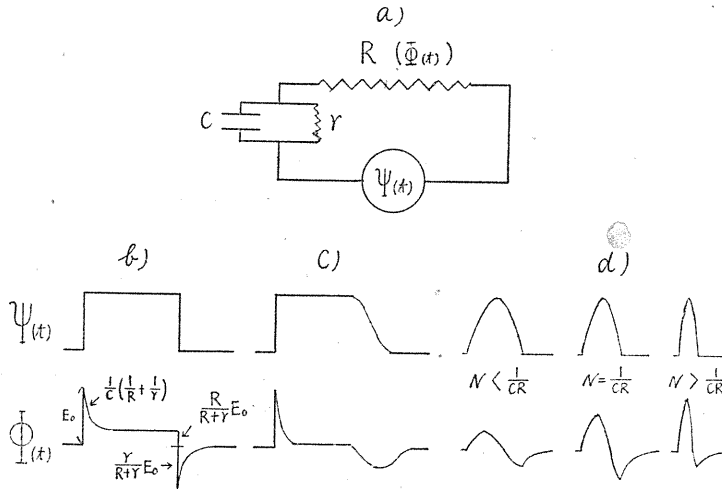
3) 同様に骨格筋外表より導く時第1図 c) の如し。

4) 同外表誘導部の筋膜の一部を切除せる時第1図 d) の如き曲線を得る。單相化するも内部起電力よりかなり後端が延長している。

IV. 考 察

既に第3報で述べた如く第2図 a) の如き線

第2圖 内部起電力  $\Psi(t)$  と分極膜  $(C, r)$  により変形せられた外部動作流  $\Phi(t)$  との關係を示す模型圖



型模型を考える。  $\Psi(t)$  は内部起電力，並列抵抗  $r$  及び容量  $C$  は分極膜の性質を模型的に示す。  $R$  は外部抵抗で我々の測定する外部電圧  $\Phi(t)$  は此の両端に表われる電圧 ( $Ri$ ) で示される。勿論現実の膜は立体的であるが，立体模型の特殊例は第8報で考察する。既述の如く

$$\Phi(t) = \Psi(t) - \frac{1}{RC} e^{-\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} \int_0^t \Psi(t) e^{\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} dt,$$

$\Psi(t)$  が正弦波なる時は3報に示した。  $\Psi(t)$  が矩形波なる時は  $\Psi(t) = E_0$  として積分すると

$$\Phi(t) = E_0 \left\{ \frac{R}{R+r} - \frac{r}{R+r} e^{-\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} \right\}$$

(第2図 b) となり，實驗曲線と略一致する。更に組織内起電力の後端が心傷害流に見る如きな

だらかな曲線をなすならば逆分極流も同様なだらかな曲線となる(第2図 c)。勿論上式の示す如く，分極による変形は  $r, C$  の絶対値のみならず  $R$  と  $r$  の相對關係が即ち，  $R$  と言う回路の外的要素が大なる影響を有する。従つて現実の動作流に対する條件が上の實驗と同一だとは言えないが大体，分極変形から電心図或は，第(1~4)報に示した神經，骨格筋動作流の如き形態の現われる可能性はあると見てよからう。電心図に現われる同向性 T 波は別に説明される。

(前川 (17), 早瀬 (18))。又膜面を傷害すれば  $r=0$  となるから  $\Phi(t) = \Psi(t)$  となり單相形起電力がそのまま現われる。實驗曲線に見る後端の伸びは筋の分極構造に基く後効果として別に解すべきであらう。

V. 文献による検討

既に組織の分極性に付いては多數の研究者により，かなり精細な數字が挙げられているので，それに依つて動作流変形の程度を検討して見る。それには次の段階に分けて考える。

- i) 線型模型に付いて各要素  $R, r, C$  が変形に如何なる役割をつとめるか。
- ii) 神經の如き「核導體模型」に於ては線型模型を此れに如何に対応せしむべきか。
- iii) 心臓の如き容積傳導體と考えられるものに於て線型模型を如何に対応せしむべきか。

i) 線型模型に付いて膜内外の電位差は

$$V_1 = \frac{1}{RC} \cdot e^{-\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} \int_0^t \Psi(t) e^{\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} dt$$

故に外部電位差は

$$\Phi(t) = \Psi(t) - \frac{1}{RC} e^{-\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} \int_0^t \Psi(t) e^{\frac{1}{C}(\frac{1}{R} + \frac{1}{r})t} dt$$

①  $\Psi(t) = \text{Constant}$  の時 解は上記考察の項に、図は第2図 b) に示した。初棘の傾斜は  $\frac{1}{C} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$  に係り、此の小さい程鋭くなる。  
 $t = \infty$  に於ける  $\Phi(t)$  の値は  $\frac{R}{R+r}$  に係り此の小さい程分極は完全である。

②  $\Psi(t) = E_0 \sin Nt$  なる時

$$\Phi(t) = E_0 \left\{ 1 - \frac{\frac{1}{C^2} \cdot \frac{1}{R} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)}{N^2 + \frac{1}{C^2} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)^2} \right\}$$

$$\sin Nt + \frac{\frac{N}{RC}}{N^2 + \frac{1}{C^2} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)^2} E_0 \left\{ \cos Nt - e^{-\frac{1}{C} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) t} \right\}$$

$Nt = \pi$  の時は

$$\Phi_a = - \frac{\frac{N}{CR}}{N^2 + \frac{1}{C^2} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)^2} \left( 1 + e^{-\frac{1}{C} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) \pi} \right) E_0$$

となる。此の値は内部の単相起電力が消失した瞬間に膜に残存する逆起電力の大きさである。

此の値は  $r \gg R$  とすれば  $N = \frac{1}{CR}$  の時、

$$\Phi_a = - \frac{1}{2} \left( 1 + e^{-\pi} \right) E_0$$

となつて絶対値が最大となる。即ち  $\Phi(t)$  は最も著明に2相化する。 $N$  が其れより小さい時は  $\sin$  も  $\cos$  も共に係数が小さくなる。即ち電位変化が外界に現われにくい。又  $N$  が其れより大きい時は  $\sin$  の係数は大となるが逆放電すべき電氣量が少い。此の関係を第2図 d) に示す。此の様に變形には  $C, r, R$  の他に周波數  $N$  が關係する。

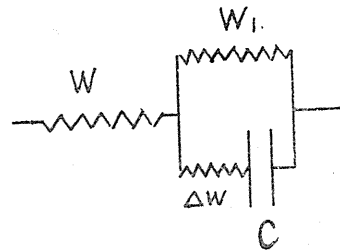
II) 神経に付いて

(1) Göthlin G. F. (19) (1910) は Corpus callosum に 100c/sec の交流を通じ、縦方向の抵抗  $W_L = 614 \Omega \text{cm/cm}$ 、横方向の抵抗  $W_d = 1127 \Omega \text{cm/cm}$

(2) Krüger (20) (1928) は神経幹に極間隔 2~20mm で 500c/sec の交流を通じ 48800 $\Omega$ 、 $86 \times 10^{-9} \text{F}$  又は 6700c/sec に対して 37200 $\Omega$ 、

$11 \times 10^{-7} \text{F}$  なる値を得た。此等を直接  $r, C$  として前式に代入しても凡その分極變形が知られる。同じく Krüger は煮沸した神経に付き 500 c/sec で 2370 $\Omega$ 、6700c/sec で 2367 $\Omega$  と抵抗が約 1/20 に減少するのを見た。即ち「層対電説」の推定する如く焼灼傷害された組織は膜の短絡抵抗  $r=0$  となり分極性を失うと考へてよい。

第3圖



(3) Lullies

(21) (1930), 彼の一連の研究殊に(1930)の其れは興味深い。彼は神経束を第3図の模型で示され

ると考へ、4mm に対して  $W = 21600 \Omega$ 、 $w_1 = 29800 \Omega$ 、28.8~33200c/sec に対して  $C = 9.01 \times 10^{-3} \mu\text{F} \sim 0.32 \times 10^{-3} \mu\text{F}$ 、 $\Delta w = 21900 \sim 1392 \Omega$  と算出している。然し此の成績の取扱いは必ずしも妥當と言えない。此れを検討する事は線型模型を正しく神経に適應せしめる方法を得る手掛りとなる。彼は神経束の中央部數mmを空氣中に絶縁し、兩側を Ringer 池に浸し、交流電をなし、橋平衡法で得られた數値を以つて中央絶縁部のインピーダンスを現わすと考へている。然し神経の構造より見るに、電流は Ringer 液に浸つた部分の膜面を通して内部導体に入出するから、分極の大部分は寧ろ此所にあると考へなくてはならぬ。彼自身の實驗に於ても模型の  $W$  即ち直結抵抗は絶縁部分の長さに略比例して變化するが容量  $C$ 、並列抵抗  $W_1$  は此れに殆んど關係せず一定である。次で膜面を出入する電流の分布を考察するに、周波數の小さい時は膜の見掛抵抗が高い爲め電流は分散し、廣範圍の膜面を利用するが、周波數の大なる時は電流は絶縁壁近くに密集して來る。従つて  $C$  及び  $W_1$  は固定した特定の意義を持ち得ない。彼の成績も  $C = 9.01 \sim 0.32 \times 10^{-3} \mu\text{F}$  と約30倍の變化を示す。今絶縁壁を原点に神経に沿ひ液内に向け  $x$  座標をとる。神経内部の電位を  $V$ 、電流  $i_1$ 、抵抗  $r_1$ 、外界即ち液内の電位を  $E$ 、單位長さの

膜の抵抗  $r_m$ , 其の容量  $C_m$ , 膜電流を  $i_m$  とすれば,

$$i_1 = \frac{1}{r_1} \frac{\partial V}{\partial i}, \quad i_m = \frac{\partial i}{\partial x}, \quad \text{又}$$

$$i_m = C_m \frac{\partial(V-E)}{\partial t} + \frac{V-E}{r_m}$$

$$\therefore \frac{1}{r_1} \frac{\partial^2(V-E)}{\partial x^2} = C_m \frac{\partial(V-E)}{\partial t} + \frac{V-E}{r_m} \quad \dots\dots(1)$$

外來電力を  $E = E_0 \sin Nt$  として解けば

$$V - E = Ae^{-ax} \sin(Nt - bx + c) \quad \dots\dots(2)$$

此所に  $a^2 - b^2 = \frac{r_1}{r_m}$ ,  $2ab = r_1 NC_m$

$$A = \frac{E_0}{\sqrt{(1+la)^2 + l^2 b^2}}, \quad \text{tanc} = -\frac{lb}{1+la}$$

( $l$  は絶縁部の長さ) 従つて絶縁部を流れる總電流は

$$I_0 (i_1)_{x=0} = \frac{E_0}{l r_1} \left( 1 - \frac{1+la}{(1+la)^2 + l^2 b^2} \right) \sin Nt$$

$$+ \frac{E_0}{l r_1} \frac{lb}{(1+la)^2 + l^2 b^2} \cos Nt \quad \dots\dots(3)$$

他方一般にインピーダンスの実數部  $W_w$ , 虚數部  $W_b$  なる物体を流るゝ電流は

$$I_0 = E_0 \frac{W_w}{W_w^2 + W_b^2} \sin Nt$$

$$+ E_0 \frac{W_b}{W_w^2 + W_b^2} \cos Nt \quad \dots\dots(4)$$

であるから Lullies の実測した  $W_w, W_b$  より  $a, b$  従つて  $r_m, C_m$  を算出する事が出来る. 今概算して見ると (第1表) の如く比較的一定した

第1表

N	$r_m$	$C_m$
0	4112.0/cm	—
28.8	3998	$7.259 \times 10^{-7} F/cm$
64.2	3824	6.497
128	3721	5.262
256	3481	4.447
512	3125	4.052
1024	2740	3.866
2048	2208.5	3.696
4096	1716	2.743
48500	997.7	1.461
532000	813.2	1.694

$C_m$  の値が得られる. Lullies の  $\Delta W$  に対応して  $\Delta r_m$  を考えれば更に  $r_m$  を一定になす事が出来る. 次に前記 Lullies の模型で  $\Delta W = 0$  とすれば電圧  $E = E_0 \sin Nt$  に対して流れる電流は

$$I_0 = \frac{E_0}{W} \left\{ 1 - \frac{1 + \frac{W}{W_1}}{\left(1 + \frac{W}{W_1}\right) + W^2 C^2 N^2} \right\}$$

$$\sin Nt + \frac{E_0}{W} \frac{WCN}{\left(1 + \frac{W}{W_1}\right) + W^2 C^2 N^2} \cos Nt \quad \dots\dots(5)$$

(3) 式と (5) 式を比較して其の形式的類似を認めらば (3) 式の基をなす立体模型の代りに (5) 式の基をなす線型模型を近似的に代用出来る事を知る. 然し其の場合は  $\frac{W}{W_1}$  及び  $WCN$  は夫々

$la$  及び  $lb$  に対応する. 若し  $W_1, C$  が固定不変ならば複素平面に描かれた此の模型インピーダンス軌跡は円になる. 即ち  $N \rightarrow \infty$  の時切線方向係数  $\frac{dW_w}{dW_b} = 0 \left( \because \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{W}{W_1} / WCN = 0 \right)$  である. 而るに神経で実測して得た軌跡は円にならず,  $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{dW_w}{dW_b} = \tan 45^\circ = 1$  である.

此の理由を説明する爲に Lullies は  $\Delta W$  を導入したのであるが, 此れも又彼があくまで線型模型に執着した爲の誤りであつて, (3) 式を用いる時は  $a, b$  の定義より

$$a^2 = \frac{r_1}{2r_m} \left( \sqrt{1 + N^2 r_m^2 C_m^2} + 1 \right)$$

$$b^2 = \frac{r_1}{2r_m} \left( \sqrt{1 + N^2 r_m^2 C_m^2} - 1 \right) \quad \text{であるから}$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{dW_w}{dW_b} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{la}{lb} = 1$$

となつて困難は氷解する. さて話を本筋に戻して神経構造に基く働作流の変形に關しても上記と同様の考察により  $r, C, R$  の意義を  $\frac{R}{r} = la, RCN = lb$  を満足する  $N$  の函数と考える事にすれば近似的に我々の線型模型が用いられる事がわかる. 今, 神経單相働作流の経過を約 1msec とすれば此れは 500c/sec の正弦波の半周期と見られる. Lullies の実験より 512c/sec の時の値を取出して見ると  $R = 21600 \Omega, \frac{R}{r} = 0.7245,$

$\frac{1}{RCN} = 2.9583 / \Omega F$  此れを線型模型に於ける正弦波の式に代入すると,  $\phi(t) = 0.4424 E_0 \sin Nt + 0.1118 E_0 (\cos Nt - e^{-2553t})$  故に  $Nt = \frac{\pi}{2}$  なる時  $\phi(t) = 0.4424 E_0, Nt = \pi$  の時  $\phi(t) = -0.11184$ . 分極波は主波の約 1/4 である 0.1024c/sec とすれば  $\phi(t) = 0.4821 E_0 \sin Nt + 0.2064 (\cos Nt - e^{-2959t})$  となり約 2/5 の分極波を生ずる. 勿論此の分極波の比率は周波數に依存する他, 電極間隔  $l$  に關連し  $l$  の小なる程強い. 働作流発電体たる双

極子の極間隔は極めて近いと考えられるから實際の分極は更に強い。又此の様な外界より與えた電流は相當の部分が神經纖維間隙を流れ、其れだけ見掛の短絡抵抗  $r$  が小さく現われる筈である。働作流に於ては總ての発電は正確に髓鞘内で起るから分極は測定値よりも、一層厳しいと考えなくてはならぬ。

(2) 骨格筋

Achelis (22)

(1932) は 599

c/sec に対し、

$80\Omega$   $1.7mH$  の

値を示した。

Emio Sapeg-

no (11) (1930)

は筋が第4図

の模型で現わされると假定して切口面積  $1cm^2$ 、長さ  $1cm$  について縦方向で  $r=1020\Omega$ 、 $R=90\Omega$   $C=789 \times 10^{-9}F$ 、横方向で  $r=2010\Omega$ 、 $R=90\Omega$   $C=335 \times 10^{-9}F$  なる値を得た。外路抵抗を 0 と考えれば矩形波に対し

$$\frac{r}{r+R} = 0.952\phi = 0.952E_0e^{-33000t} + 0.048E_0$$

で第1図 b の如く甚しい分極を示す筈である。

正弦波に対しては

$$\phi = \frac{1}{200}E_0\sin Nt + \frac{1}{60}E_0(\cos Nt - e^{-33000t})$$

となり主波と分極波と略同大となる。

(3) 心筋

心筋に付いては既に Cole の値を用いた早瀬 (18) の計算がある。併し線型模型を容積傳導体に適用した場合の外路抵抗  $R$  の意義に關し多少の疑義があるので考察を加える。線型模型で  $R$  の兩端の電位差を  $V$  とすれば  $R = \frac{V}{i}$  である。従つて容積傳導体では  $R$  の概念を膜外面の電位と電流の比と考えればよい。無限傳導体内で電極近傍の電位は

$$V = \frac{1}{4\pi K} \frac{I_0}{\rho} \quad (I_0 = \text{總電流}, K = \text{比傳導度}, \rho = \text{中心よりの距離})$$

$$i = -K \frac{dV}{d\rho} = \frac{I_0}{4\pi\rho^2} \quad \therefore \frac{V}{i} = \frac{\rho}{K}$$

即ち模型の外路抵抗  $R$  に対応するものは、導体の比傳導度に逆比例し電源よりの距離に比例す

る。分極変形は  $r$  に比し  $R$  の小さい程、従つて  $\rho$  の小さい程強い。換言すれば電源が膜面に近い程即ち近接効果(内効果)は強い分極をうけ、遠隔効果(外効果)は割に膜外に現われやすい。0.6% NaCl は  $K = 100 \times 10^{-4} \frac{1}{\Omega \cdot cm}$  であるから  $\rho = 0.1cm$  に対し  $R = 10.8\Omega$ 、 $\rho = 1cm$  に対し  $R = 108\Omega$ 、此れに  $r = 10^5\Omega$ 、 $C = 1\mu F$  を入れると  $\frac{R}{r} = \frac{1}{10000} \sim \frac{1}{1000}$  となり充分な分極変形が考えられる。

VI. 總 括

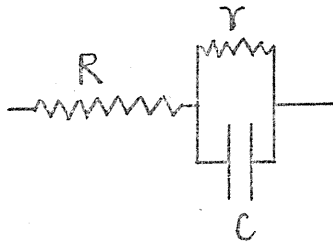
- 1) 心筋，骨格筋に矩形電流を通じ其の変形を吟味した。
- 2) 文献に示された実測値を適用して組織の分極性に基ずく働作流の変形を理論的に検討した。
- 3) 特に Lullies の線型模型に依る實驗成績は立体的な「核導体模型」を用いて修正すべき事を示し又容積傳導体に対する線型模型の適用法に付いて述べた。

擧筆に臨み 御懇篤な御指導を辱うせる恩師 前川教授に深甚なる謝意を表す。

文 献

- 1) Galeotti G. (1902) Über die elektrische Leitfähigkeit der tierschen Gewebe Z. Biol. 43, 289
- 2) Höber (1910) Eine Methode, die elektrische Leitfähigkeit im Inneren von Zellen zu messen. Pflüg. A. 133, 237
- 3) Meyer A. W. (1921) Methode, zum Auffinden von Hirntumoren bei der Trepanation durch elektrische Widerstandsmessung. Zbl. Chir. 48, 1824
- 4) Rapport Ray (1927) Changes of electrical conductivity in the beating tortoise ventricle. Am. J. Phys. 30, 126
- 5) Gliedmeister M. (1919) Über elektrischen Widerstand, kapazität und Polarisation der Haut 1. Versuchen an der Froschhaut. Pflüg. A. 176, 84
- 6) Galler H. (1912) Über den elektrischen Leitwiderstand der tierischen Körpers, Pflüg. A. 149, 156
- 7) Lullies H. (1928) Über die Polarization in Geweben. I Mitteilung Die Polarization der Haut. Pflüg. A. 221, 296
- 8) Mc Glendon J. F. (1912) The increased permeability

第4圖



- of striated muscle to ions during contraction. *Am. J. Phys.* 29, 302
- 9) Giledmeister M. (1928) Über elektrischen Widerstand, Kapazität und Polarization der Haut II Mitteilung. *Menschliche Haut. Pflüg. A.* 219, 89
- 10) Quensel W. (1932) Über die Polarizationskapazität ("Permeabilität") des Froschmuskels in Abhängigkeit von Stoffwechsel. *Pflüg. A.* 230, 423
- 11) Sapegno E. (1930) Über die Impedanz und kapazität des quergestreiften Muskels in Längs- und Querrichtung. *Pflüg. A.* 224, 187
- 12) Curtis H. J. and K. S. Cole (1938) Transverse Electric Impedance of the Squid Giant Axon. *J. gen. Physiol.* 21, 757
- 13) Labes R. (1932) Nerven und Membrankernleiter I II. *Mitt. Z. Biol.* 93, 42
- 14) Labes R. and Lullies (1932) Analyse der Nerven eigenschaften durch wechselstrommessungen mit Hilfe der Membrankernleitertheorie. *Pflüg. A.* 230, 738
- 15) Cole K. S. (1928) Electric impedance of suspension. of arhacia eggs. *J. Gen. Physiol.* 12, 37
- 16) Fricke H. (1925) Electric capacity of suspensions with special reference to blood *J. Gen. Physiol.* 9, 137
- 17) 前川孫二郎 (昭和19年) 電心圖に於ける「單極誘導法」と「單相誘導法」と及び差異説の根本的誤謬とに就いて. *日循* 10, 43
- 18) 早瀬正二 (昭和24年) 心臟電氣曲線の實驗的分析研究 (第8報). *日循* 13, 219
- 19) Götthlin G. F. (1910) Untersuchungen überkapazität, Isolationswiderstand, Leitungswiderstand und Propagationsgeschwindigkeit für elektrische Strömstöße bei Nervenfasern in Corpus Callosum des Rindes. *Pflüg. A.* 133, 87
- 20) Krüger R. (1928) Widerstands- und Kapazitätsmessungen am Froschnerven. *Pflüg. A.* 219, 66
- 21) Lullies H. (1930) Über die Polarization in Geweben. II Mitteilung. Die Polarization im Nerven. *Pflüg. A.* 255, 69, 87
- 22) Achelis T. D. (1932) Über die Polarization Kapazität ("Permeabilität") des Skelettmuskels bei indirekter Reizung. *Pflüg. A.* 230, 412

#### Summary

I have tested experimentally that if we let artificial currents run through the heart muscle or the striated muscle, a certain change upon the curve of the current would be given by its polarity, and that the altered curve and its action currents were quite similar each other. On the other hand I examined through some literature what was the rate of change of the action current given by the polarity of membranes.

(From the third Medical Clinic, Med. Faculty, Univ. of Kyoto)

神経、筋働作流の發現機構に関する實驗的研究 (主として其等に於ける「層對電説」(前川)の驗證)

(第8報) 「層對電説」に関する 2, 3 の計算

Some Expeimetal Studies on the Subject of Mechanism of the Tissue Electricity  
(8th. Report) Some Examples on Computation on  
“Chain-doublets Theory (Maekawa)”

唐 川 正 典 (Karakawa-Masanori) \*

I. 緒 言

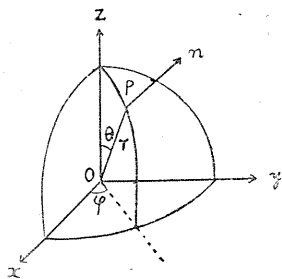
本報は既報第1~7報の補足の意味で層對電説に関する2,3の理論的計算を示す。元來前者の考察の項に分散すべきものを記述の簡明の爲此所に一括したものである。

II. 論 述

i) 無限導体内の一雙極子による電流分布

雙極子による電位分布は Craib の雙極子説以來 Craib (1) Canfield Wilson (2) 及び其の共同者により示されて來た。層對電説 (3, 4) では膜に於ける分極を論ずる爲に周圍媒質内の電位分布のみならず電流分布を必要とする。雙極子の位置を原点とし其の能率の方向を Z 軸とする極座標系を用うる時此の雙極子による電位分布は

第1圖



$V = \frac{A \cos \theta}{r^2}$  で示される電流は一般に  $J = K \text{Grad} V$  ( $K$  は比傳導度) 従つて点  $(r, \theta, \varphi)$  を通り法線  $n$  なる面を直角に横切る電流成分  $J_n$  は (第1圖参照)

$$J_n = -K \frac{\partial V}{\partial n} = -K \left( \frac{\partial V}{\partial r} \cdot \frac{\partial r}{\partial n} + \frac{\partial V}{\partial \theta} \frac{\partial \theta}{\partial n} + \frac{\partial V}{\partial \varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right) \quad (1)$$

しかるに

$$\frac{\partial V}{\partial r} = -\frac{2A \cos \theta}{r^3}, \quad \frac{\partial V}{\partial \theta} = \frac{-A \sin \theta}{r^2},$$

\* 京都大学醫學部内科第三講座 (前川教授)

$$\frac{\partial V}{\partial \varphi} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

さて  $r$  及び  $Z$  軸を含む面内で  $r$  に直角な方向を  $q$  とし,  $r$  及び  $q$  に直角な方向を  $p$  とし, 直角座標系  $[P-rpq]$  に対する  $n$  の方向余弦を  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$  で現わせば  $\frac{\partial r}{\partial n} = \cos \alpha,$

$$\frac{\partial \theta}{\partial n} = \frac{1}{r} \cos \beta, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} = \frac{1}{r} \cos \gamma \quad \dots\dots\dots(3)$$

(3) 及び (2) を (1) に代入すると,

$$J_n = \frac{KA}{r^3} (2 \cos \theta \cos \alpha + 0 \cdot \cos \beta - \sin \theta \cos \gamma) \quad \dots\dots\dots(4)$$

今  $P-rpq$  座標系に対して方向余弦が

$$\frac{2 \cos \theta}{\sqrt{3 \cos^2 \theta + 1}}, 0, \frac{-\sin \theta}{\sqrt{3 \cos^2 \theta + 1}}$$

なる定直線  $m$  を考えると (4) 式の一部は直線  $n$  と直線  $m$  の方向余弦の内積の和であるから

$$J_n = \frac{KA}{r^3} \sqrt{3 \cos^2 \theta + 1} \cos \angle m n$$

と書換えられる。 ( $\angle m n$  は  $m$  と  $n$  のなす角) 従つて  $P$  点に於て電流成分の最大なる方向、即ち其の点に於ける電流の方向は  $\cos \angle m n = 1, \sin \angle m n = 0$  即ち  $m$  の方向である。其の時の電流は

$$J_p = J_n \cdot \max = \frac{KA}{r^3} \sqrt{3 \cos^2 \theta + 1} \quad \dots\dots\dots(5)$$

従つて雙極子より等距離の点、即ち原点を中心とする球面上では、 $Z$  軸 ( $\theta = 0$ ) の上で最大で  $J = \frac{2KA}{r^3}$  であり  $xy$  一平面上 ( $\theta = \frac{\pi}{2}$ ) で最小で  $J = \frac{KA}{r^3}$  である。又任意点  $P$  に於ける電流の  $r$  方向成分は

$$J_r = -K \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{KA}{r^3} \cdot 2 \cos \theta = \frac{2K}{r} V \quad \dots\dots\dots(6)$$

これは任意点の電流と電位との關係を示す式である。即ち雙極子の位置が不変ならば電流の  $r$

方向成分は電位に比例する。又双極子に出入する總電流を  $I_0$  とすれば  $A = \frac{I_0}{4\pi K}$  である。従つて双極子の位置、方向が不変で強度のみ変化する時は、 $V, J$  は共に  $I_0$  に比例して変する。

ii) 媒質が双極子を中心とする球状の膜で2ヶの空間に分けられた場合の電位分布

a) 膜がオーム抵抗のみを有する時

球の半径を  $R$ , 膜の單位面積の抵抗を  $r_m$ , 膜内導体の比傳導度を  $K_1$ , 膜外導体のそれを  $K_2$  とする。膜内電位  $V_1 = V_1(r, \theta, \phi)$ , 膜外電位  $V_2 = V_2(r, \theta, \phi)$  とすれば球座標に於ける Laplace の方程式

$$\Delta V_1 = \frac{\partial^2 V_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_1}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_1}{\partial \theta^2} + \frac{\cot \theta}{r^2} \frac{\partial V_1}{\partial \theta} + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V_1}{\partial \phi^2} = 0$$

同様に  $\Delta V_2 = 0$  .....(1)

原点近傍では  $V_1 = \frac{A \cos \theta}{r^2}$  .....(2)

$\rightarrow \infty$  では  $V_2 \rightarrow 0$  .....(3)

又  $r = R$  の近傍では膜内外の電流の、膜に直角な成分は相等しい。

$$i_m = -K_1 \left[ \frac{\partial V_1}{\partial r} \right]_{r=R} = -K_2 \left[ \frac{\partial V_2}{\partial r} \right]_{r=R} \dots\dots(4)$$

又膜内外の電位差は

$$[V_1]_{r=R} - [V_2]_{r=R} = r_m \cdot i_m \dots\dots(5)$$

(2)~(5) の境界条件の元に (1) 式を解くと

$$V_1 = A \cos \theta \left( \frac{1}{r^2} + K_1 \frac{2r}{R^3} \right)$$

此所に  $K_1 = 1 - \frac{3}{2 + \frac{K_2}{K_1} + \frac{2r_m K_2}{R}}$

$$V_2 = A K_2 \frac{\cos \theta}{r^2}, \quad K_2 = \frac{3}{1 + 2 \frac{K_2}{K_1} + \frac{2r_m K_2}{R}}$$

①  $r_m \rightarrow \infty$  の時  $V_1 = A \cos \theta \left( \frac{1}{r^2} + \frac{2r}{R^3} \right) + V_2 = 0$

②  $K_2 = 0$  例えば外界が空気の如き絶縁体の時は  $K_1 = 1, K_2 = 3$  となる。空気中にも電位分布のある事が知られる。

③  $r_m = 0$  即ち特別な膜は存せず、半径  $R$  なる球の内部と外部と比傳導度のみ異なる時。

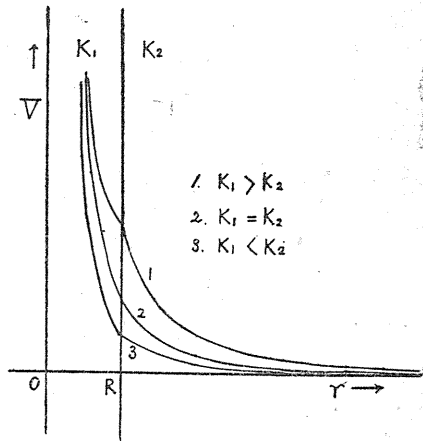
$K_1 > K_2$  なら  $K_1 > 0, K_2 > 1$

$K_1 = K_2$  "  $K_1 = 0, K_2 = 1$

$K_1 < K_2$  "  $K_1 < 0, K_2 < 1$

即ち外部傳導度の小さい程電位は高く保たれ逆に大きい程電位低下が強い。例えば心筋で

第2圖



$K_1 = 6.7 \times 10^{-4} / \Omega \text{cm}$ , Ringer 氏液で

$K_2 = 140 \times 10^{-4} / \Omega \text{cm} \therefore K_2 = 1/14$

即ち Ringer 氏液に浸した時の心表の働作電位は空気中に露出した場合の  $1/14$  に低下する。但し流出電流は  $i_m = K_2 \frac{2V}{r}$  で  $K_2$  の大きい程多い。

④ 外部導体も又有限な球で限界される時

内部導体の半径を  $R_1$ , 外部導体のそれを  $R_2$

とす

$$V_1 = A \cos \theta \left( \frac{1}{r^2} + K_1 \frac{2r}{R_1^3} \right)$$

$$V_2 = A K_2 \cos \theta \left( \frac{1}{r^2} + \frac{2r}{R_2^3} \right)$$

此所に

$$K_1 = 1 -$$

$$\frac{3 K_1 \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)}{1 + 2 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 2 \left( \frac{K_2}{K_1} + \frac{K_1 r_m}{R_1} \right) \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)}$$

$K_2 =$

$$\frac{3}{1 + 2 \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 2 \left( \frac{K_2}{K_1} + \frac{K_2 r_m}{R_1} \right) \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)}$$

$R_2 \rightarrow R_1$  の時  $K_2 \rightarrow 1$  となるのみで  $V_2$  の形は変わらない。即ち心臓の如く其れ自身が三次元の擴りを有する組織は神經の如き一次元のものとなり、外部導体が心表を覆う薄膜となつた局限、即ち空気中に露出された場合も容積働作体内特有の働作電位形態を保留する事が知られる。尚  $r_m > 0, R_2 - R_1 = \Delta R \rightarrow 0$  とすれば

$$K_2 = \frac{1}{1 + 2 \frac{K_1 r_m \Delta R}{R_1^2}}$$

故に  $4R$  を一定とすれば  $R_0$  の小さい程膜の存在の影響 ( $r_m$  の影響) が大きい。此の式は勿論膜が双極子を中心とする球面なる時のみ妥當するものであるが, 定性的には膜面に近い双極子程, 膜の抵抗による変形を強く受けると言う前報の結果を再確認する。

b) 膜が電気容量をも有する時

①  $r_m = \infty$  とし單位面積の容量を  $C_m$  とすれば  $r=R$  に於て

$$V_1 - V_2 = \frac{e}{C_m} = \frac{1}{C_m} \int_0^t i_m dt$$

( $e$ =膜の荷電,  $i_m$ =膜電流) 故に  $r=R$  に於て

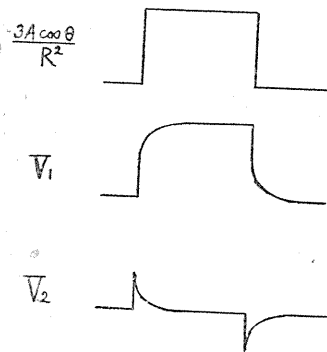
$$-\frac{\partial}{\partial t} (V_1 - V_2) = \frac{i_m}{C_m} \dots \dots \dots (6)$$

a) の (5) 式の代りに上記 (6) を入れ Laplace の方程式を解けばよい。先づ矩形波 [ $t < 0$  に於て  $A=0$ ,  $t \geq 0$  で  $A=A_0$  (常數)] の場合。

$$V_2 = A_0 \cos \theta \left\{ \frac{1}{r^2} + \left( 1 - \frac{3K_1}{K_1 + 2K_2} e^{-\frac{1}{C_m R_m} \frac{2K_1 K_2}{K_1 + 2K_2} t} \right) \frac{2r}{R^3} \right\}$$

$$V_2 = A_0 \cos \theta \frac{1}{r^2} \cdot \frac{3K_1}{K_1 + 2K_2} \cdot e^{-\frac{1}{C_m R} \frac{2K_1 K_2}{K_1 + 2K_2} t}$$

図示すれば第3図の如く,  $V_2$  の変化は線型模



第3圖

球形の分極性膜の中心に於かれた双極子が矩形波の發電をなす時膜内の電位は  $V_1$  膜の容量を通し外部に現われる電位変化は  $V_2$  で示される。

型の場合に類似する。  $K_1 = 10 \times 10^{-4} / \Omega \text{cm}$  (心筋)  $K_2 = 100 \times 10^{-4} / \Omega \text{cm}$  (Ringer液),  $C = 10^{-7} \text{F/cm}^2$   $R = 1 \text{cm}$  とすれば  $V_2 = 1/7 A_0 \cos \theta e^{-10000t}$

次に双極子の發電が正弦波  $A = A_0 e^{i\omega t}$  とすれば

$$V_1 = A_0 e^{i\omega t} \cos \theta \left( \frac{1}{r^2} + \frac{2r}{R^3} \cdot a e^{i\alpha_1} \right)$$

$$V_2 = A_0 e^{i\omega t} \cos \theta \frac{1}{r^2} b e^{i\alpha_2}, \text{ 此所に}$$

$$a = \frac{\frac{2}{3} \frac{K}{C_m R}}{\sqrt{\left( \frac{2}{3} \frac{K}{C_m R} \right)^2 + w^2}}$$

$$b = \frac{w}{\sqrt{\left( \frac{2}{3} \frac{K}{C_m R} \right)^2 + w^2}}$$

$$\tan \alpha_1 = -\frac{3}{2} \frac{RC_m w}{K}, \tan \alpha_2 = \frac{2}{3} \frac{K}{RC_m w}$$

(特に簡単のため  $K_1 = K_2 = K$  の場合を取扱つた。)  $w \gg \frac{K}{C_m R}$  ならば  $a=0$ ,  $b=1$ ,  $\alpha_2=0$  即ち膜の影響は消失する。換言すれば周波数の大きい程, 同じ  $w$  に対しては  $C_m$ ,  $R$ , の大きい程,  $K$  の小さい程膜の影響は小さい。逆に  $R$  の小さい程, 即ち膜に近い双極子程分極が大きい。

② 外部導体も有限で半径  $R_2$  なる球なる時。

$$V_1 = A_0 e^{i\omega t} \cos \theta$$

$$\left\{ \frac{1}{r^2} + \frac{2r}{R_1^3} \left\{ 1 - a \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right) \right\} \right\}$$

$$V_2 = A_0 e^{i\omega t} \cos \theta b \left( \frac{1}{r^2} + \frac{2r}{R_2^3} \right)$$

$$b = \frac{w}{\sqrt{\left( \frac{2}{3} \cdot \frac{K}{C_m R_1} \right)^2 \left( 1 - \frac{R_2^3}{R_1^3} \right) + w^2}} e^{i\alpha}$$

$$a = \tan^{-1} \frac{\frac{2}{3} \cdot \frac{K}{C_m R_1} \left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)}{w}$$

$R_2 \rightarrow R_1$  となる時,  $b \rightarrow 1$  となり分極変形は少くなる。

③ 膜が抵抗  $r_m$  と  $C_m$  を共に有する場合

$$V_0 = A_0 e^{i\omega t} \cos \theta \left( \frac{1}{r^2} + a \frac{2r}{R_1^3} \right),$$

$$V_2 = A_0 e^{i\omega t} \cos \theta \frac{b}{r^2}$$

$$a = 1 - \frac{K_2}{K_1} b,$$

$$b = 3 \cdot \left\{ 1 + 2 \frac{K_2}{K_1} + \frac{2K_2 r_m}{R} + \left( 1 + 2 \frac{K_2}{K_1} \right) r_m^2 C_m^3 w^2 + \frac{K_2 r_m^2 C_m w i}{R} \right\} \div \left\{ 1 + 2 \frac{K_2}{K_1} + \frac{2K_2 r_m}{R} \right\}$$

$$+ \left( 1 + 2 \frac{K_2}{K_1} \right)^2 r_m C_m^2 w^2$$

$$C_m = 1 \mu \text{F}, r_m = 10^3 \Omega \text{cm}^2, R_1 = 1 \text{cm},$$

$$K_1 = 10 \times 10^{-4} \Omega / \text{cm}, K_2 = 100 \times 10^{-4} \Omega / \text{cm}$$

とすれば

$$b = 3 \frac{221 + 2.1 \times 10^{-3} w^2 + 2wi}{4.9 \times 10^4 + 4.4 \times 10^{-2} w^2} \quad (i = \sqrt{-1})$$

$$w=0 \text{ の時 } V_2=0.0045 \cdot A_0 \cos \theta$$

$$w=10$$

$$V_2=0.0045A \sin 10t + 0.00049A \cos 10t$$

$$w=100$$

$$V_2=0.0049A \sin 100t + 0.00406A \cos 100t$$

$$w=1000$$

$$V_2=0.025A \sin 1000t + 0.0215A \cos 1000t$$

即ち  $w=100 \sim 1000$  に於ては位相のずれが約  $45^\circ$  になる。

$R_1=0.1 \text{ cm}$  とすれば

$$w=1000 \text{ の時}$$

$$V_2=0.00099A \sin 1000t + 0.00496A \cos 1000t$$

位相差約  $79^\circ$  となる。

故に立体模型で考えても心働作流の分極変形は充分に存在する。

### Ⅲ. 總 括

1~7報の補足として「層対電説」に關する2, 3の計算を示した。即ち前諸報では分極による働作流の変形を主として線型模型で論じたから此の報で無限導体内の電流分布及び球形の「高抵抗分極性膜」の存在による電位分布の変化を理論的に取扱つた。

擧筆に臨み 御懇篤な御指導を辱うせる 恩師前川教授に深甚なる謝意を表す。

### 文 献

- 1) Caib W. H. (1927) A study of the electrical field surrounding active heart muscle with appendix by R. Canfield. Heart 14, 17
- 2) Wilson F. N., A. G. Macleod and P. S. Barker (1933) The distribution of the action currents produced by heart muscle and other excitable tissues immersed in extensive conducting media. J. gen. Physiol. 16, 423
- 3) 前川孫二郎 (昭和19年) 電心臓に於ける「單極誘導法」と「單相誘導法」と及び差異説の根本誤謬とに就いて. 日循 10, 43
- 4) 前川孫二郎 (昭和22年) 生物電氣の理論, 醫學 2, 7, 38
- 5) 唐川正典 (昭和25年) 神經、筋働作流の發現機構に關する實驗的研究 (主として其等に於ける「層對電説」(前川)の驗証). (第1報) 容積導体内に於ける神經働作流. 日本生理誌 12, 103 (第2報) 容積導体内に於ける神經働作流と空氣中に於けるそれとの關連性. 日本生理誌 12, 107 (第3報) 容積導体内に於ける蓋縫工筋働作流. 日本生理誌 12, 111 (第4報) 容積導体内に於ける腓腹筋の働作流. 日本生理誌 12, 116 (第5報) 骨格筋傷害働作流と收縮機械曲線との關係. 日本生理誌 12, 269 (第6報) 空氣中に於ける骨格筋働作流の吟味. 日本生理誌 12, 272 (第7報) 組織の分極性と働作流の変形. 日本生理誌 12, 274

### Summary

Here-by I shall show some theoretical computations on the "Chain-doublets Theory" that of distribution of currents in an infinite conductor and that of distribution of potentials changed by the existence of the spheric polarizable membrane and so on.

(From the third Medical Clinic, Med. Faculty, Univ. of Kyoto)

## 聽原發作を誘發する刺戟と所謂順應現象 612.821.31

The Nature of the Stimulus and the Adaptive Phenomenon of Audiogenic Seizure in Rats.

佐々木寛昌 (Sasaki-Hiromasa)\*

### I. 緒言

廿日鼠に鍵の音を聞かす事により異常行動を誘發することが出来る事は、久しく以前より知られていたが (1), Maier (1939) (5) は白鼠を用いて Lashley の jumping box での辨別跳躍を学習せしめ、学習完了後一窓法に変えて負のカードへの跳躍を圧搾空気に依つて強制した時、走行、痙攣、catatonis を伴う異常行動を観察した事を報告して以來学界の注目の的となつた。其の後本症状は Maier が始めに考えた如く葛藤條件に起因するよりむしろ聽原刺戟そのものによることが明らかにされて、noise frightened seizure, audioepileptic seizure, audiogenic seizure の名稱が與えられ、現在では audiogenic seizure の名稱が一般に用いられているようである。Finger は 1944 と 1947 年に總説を書いている (2, 3)。

私は戦後未だ文献の充分でなかつた頃、上記 Maier の方法の追試を行い10匹の鼠の内の1匹の鼠に異常行動を生ずる事が出来たのであるが症状は Maier の記載したものよりは軽度であつて、異常な速さの円走行とその後の catatonis 症状の出現を認めただのみであつた。その後アメリカ文献により本異常行動は、聽原刺戟を與える事によつて生ぜしめ得ることを知り、Galton 管を用いて刺戟し、素質ある鼠に Maier 記載と同様の症状を生起することが出来た。そこで先づ異常行動を生ずるに有効な音の性質を検べ、且つアメリカでも問題視されている順應現象を明らかにするため本実験に着手した。

### II. 実験装置

硝子槽内に鼠を入れて聽原刺戟を與えて觀察

\* 大阪大学醫學部第2生理学教室

した。硝子槽は徑30cm、高さ20cmのもので、上部は硝子蓋で覆う。聽原刺戟には蓋の内部に装着した Galton 管を用い、ポンプを用いて一方より空気を送り途中で一度大型瓶に畜め、水銀圧力計で圧を調節した後管まで導いた。動物は1匹づつ硝子槽内に入れられ、4分又は5分間聽原刺戟を與えて、この間現われる動物の行動は時間と共に詳細に実験者が記録した。

### III. 実験成績

#### A. 刺戟の性質

前述の通り痙攣を主症状とした鼠の異常行動は素質のある動物に高い音を聞かす事によつて容易に生起しうるのであるが、Finger の總説によればこれまで音源として使用された物は各種に亙り、即ち圧搾空気、Bell, Oscillator, Galton 管、Buzzer、鍵等である。著者は先づ豫備的に鼠を Oscillator 及び Galton 管を用いて刺戟して、一部の鼠に發作を誘發する事が出来たが、その際の音の高さは 8,000c/sec 迄の音では有効でなく、8,000c/sec 以上の音が有効であつた。又 8,000~28,000c/sec の各種の音を用いて檢べたが、音が高い程有効であると云うわけでなかつた。それ故聽原發作を誘發するに有効な音の高さを檢べる必要があつた。

#### 実験 1.

先づ 8~28kc/sec の Galton 管の音の最も有効な音を知る爲に本実験を行つた。使用動物は前に聽原刺戟に非常に敏感な事の知られた動物4匹であつて、15kc/sec の Galton 管の音での連日の検査においてもかなりの反應率を示したものである。聽刺戟は200mmHgの圧力でGalton 管に空気を送り 8, 10, 12, 15, 17, 20, 24 及び 28kc/sec の音を與え、各鼠の反應を觀察した。刺戟は1日1回5分間與え、検査は連日行い、

15, 23, 24, 8, 10, 20, 17, 12kc/sec の順に各周波數に於て夫々3日実験を行つた。結果は第1圖の如くであつて、12kc/secの音が一番有効であつた。しかしこの実験はGalton笛を200mmHgで使用した時、12kc/secの音が最も有効であつた事を示したと云うだけである。Finger は總説の中で聽原刺戟は周波數が多く音強度の強い方が有効であると述べているが、本実験では音強度の問題は省れている。そこで音強度を考慮に入れて次の実験を行つた(第1圖)。

第1圖



実験 2.

実験1では200mmHgでGalton笛を使用した時の有効な音を求めたのであるが、強度の問題を解決する必要がある。Galton笛は周波數及び使用圧を極く僅か変える事によつても、かなり微妙に音強度は動揺するものであつて、且つその動揺は複雑である。Galton笛を我々の可聽範圍の音に調節し、順次使用空気圧を高めていつてもこの事は認められるのである。本学音響科学研究所粟谷氏はGalton笛の音強度を測定した結果、12kc/secに調節すれば40, 100, 200, 260mmHgの圧では、この圧の順に音強度が強

くなる事を明らかにされた。この音を使用すると、聽原刺戟の強さと発作誘發効果の關係が知られるから本実験を行つた(第1表)。

使用動物は実験1とは別の聽刺戟によく反應する9匹の鼠である。刺戟音は12kc/secの音を40, 100, 200及び260mmHgの圧で出した。この9匹の動物は2つの群に分れ、第1群は12kc/secの音を40, 100, 200, 260mmHgの圧の順に、第2群は40, 200, 100, 260mmHgの順に隔日に実験を行つた。刺戟は1日1回5分間で40mmHgの圧をのぞき3日間づゝ各圧について検査を行つたが、検査は前の発作の後影響をさける爲、実験間隔を1日おきと定めた。結果は第1表の通りである。

本実験に使用した動物は全部豫備検査において、発作の素質あることを確めた動物であるが、実験中の発作の程度は色々であつた(—は発作のおこらなかつた時、±は前驅性運動、+は走行、卍は狂走、卍は典型的な間代性痙攣を示す)。しかし表で全体の發生率を見ると、40mmHgでは発作の發生がないが、それ以外では圧の増すに従つて、則ち音強度の増すに従つて發生率が増している。又発作の程度は記号の増すに従つて激しいのであるが、圧の高い方が激しい発作が表われる傾向があつて、100mmHgの時は間代性强直性痙攣1つの出現に対し、200, 260mmHgでは6及び8の出現を見ている。潜時は260mmHgの時は短い、100, 200mmHgの時には相違がないようである。この実験によつて、音強度の増すに従つて発作發生率は増加することが確実に認められた。

実験 3.

第1表

刺戟 \ 鼠	331	332	334	335	337	338	339	340	341	發生率	平均潜時
12kc 40mmHg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0%	—
12kc 100mmHg	—	+	卍	—	—	—	—	±	±	48.1%	30.8"
	—	卍	卍	卍	—	—	+	+	±		
12kc 200mmHg	—	—	卍	+	—	卍	卍	卍	+	66.7%	33.8"
	—	±	—	卍	—	±	卍	卍	±		
12kc 260mmHg	—	+	卍	—	—	+	+	卍	+	81.5%	18.6"
	—	卍	卍	±	±	±	—	卍	卍		

実験1では Galton 笛を使用の時、200mmHgの圧では 12kc/sec が最も有効な事を知り、実験2に於ては、聴原刺戟の強度の強い程発作誘発率が大きく、且つ激しい発作がおこる事を知った。実験2の後更に栗谷氏により Galton 笛の音圧比が 200mmHg圧の時、8~14kc/sec の間の音で求められたので、この範囲の音を用いて、音強度を一定にした時の周波数と聴原発作の発生率の関係を知らうとした(実験結果から見れば判ることではあるが、操作的に音強度を一定にしようとするれば高い音のそれにしなければならぬから、計算的に音強度を一定にしようとした)。

使用動物は更に別の敏感な8匹の鼠を使用した。聴原刺戟は Galton 笛を 200mmHg の圧の下に 8, 9, 10, 11, 12, 13 及び 14kc/secの音を用いた。実験は1日1回4分間の刺戟を興えて動物の行動を観察記録した。前回発作の後影響をさける爲、中1日の休みをおいて次の実験を行つたことは実験2と同様である。各周波数につき、実験中死亡した2匹の動物を除き6匹について成績を示すと第2表の通りである(第2表)。

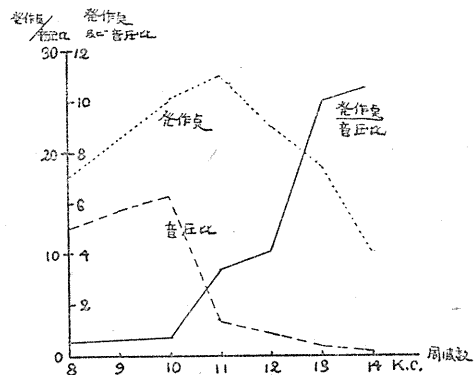
第2表

周波数 (kc)	8	9	10	11	12	13	14
Rat 1	—	±	±	+	—	±	—
Rat 2	卅	卅	卅	卅	卅	卅	卅
Rat 4	卅	+	卅	卅	卅	卅	+
Rat 5	±	—	—	±	—	—	—
Rat 6	±	卅	卅	卅	卅	+	—
Rat 8	—	—	±	±	+	—	—
発作点	7	8.5	10	11	9	7.5	4
音圧比	5	5.7	6.3	1.325	0.875	0.3	0.15
発作点 音圧比	1.4	1.5	1.58	8.3	10.03	25.0	26.6

本表も前述の通りの記号を用いたが、又別に発作の型から発作点を次の如く計算した。即ち前驅期運動は未だ発作の閾に達しないものと考え 1/2, 走行以上のものは記号に従つて+は1, 卅は2, 卅は3の点数を興えてその和を発作点として表現した。音圧は表で見る如く極めて大きく変動している。しかるに、実験2においては音圧の強い程誘発率の高い事を知つたから、

今得られた発作点を音圧で割ると、音圧度を一定にした時の周波数と発作点との関係がわかる。これを図に示せば、第2図の通りであつて発作点は周波数の増すに従つて増加するのであるが、11kc/sec において音圧が非常な減少を示すので周波数がふえる程発作がよく誘発すると云う結果が出なかつたのである。先の実験で 12kc/sec 附近が有効であつたのは、この附近の Galton 笛の音圧と周波数との関係によるのであつて、もし同音圧で 10kc/sec 以上の音が出せるならば、音が高い程より有効に聴原発作を起し得ると思われる(第2図)。

第2図



考察

Finger の總説(3)によれば、Maier は鍵を鳴らした時の方が Buzzer, Bell, Galton 笛を使用した時に比し誘発率が高い事を知り、音の強度より音の性質の方が重要な因子であると述べているが(6)、私の実験からみれば音の高さが高いことによるのであろう。Morgan & Gould(9)は音強度及び周波数が増すにつれて発作の誘発率が増すのを知つた。Morgan & Galambos(8)は鼠の audiogram の知られた 500~10000c/sec の音を使用して発作の発生率を検べ、刺戟の有効さを決するものは刺戟強度と聴覚閾との差の強度であるとし、周波数の多い程刺戟が有効なのは聴覚閾が高い音では低くなる爲であると述べている。両者の所説はまことに當然であつて、音が高い程発作をおこしやすいと云つても、此所では 14kc/sec までの成績であり、私の経験に

よつても本学にある 46.5kc/sec の超音波発生機はかなり強いのであるが、鼠に発作を誘発しないのであつて、聴覚閾を条件に入れることを忘れてはならない。

### B. 順應及び後効果

聴原発作を反復することにより鼠が刺戟に順應し発作をおこさなくなるか否かと云う順應の問題は未だ解決されていない。或る人々は刺戟を反復すれば順應によつて発作の出現を少くすると述べ、又他の人々は聴原発作には全く順應現象は認められないと述べている。又発作の直後には、再度聴原刺戟を興えても第2の発作を起す事が少いのは一般に知られているが、かかる現象は発作による後効果と云うべきであつて順應ではないであらう。しかるに従來の研究においては順應現象と後効果との區別が明瞭でない。本実験はこの現象を明かにしようとするものである。

実験方法：前実験と同様 Galton 笛を使用し其の他の装置も前と同じ。

#### 実験 1.

聴原刺戟は Galton 笛の 15kc/sec の音を、200 mmHg の圧で 1 日 1 回 5 分間興えた。12 匹の発作の素質ある鼠を 3 つの群に分ち、毎日、2 日及び 3 日毎に 2 週間の実験を行つた後、それぞれの群で実験間隔を毎日、2 日、3 日及び 4 日毎に変えて 2 週間の実験を行つた。実験結果は第 3 表の通りである (第 3 表)。

第 3 表

鼠	毎日	2日毎	3日毎	毎日	2日毎	3日毎	4日毎
319	60%			75%			
216	50%				66%		
317	58%				66%		
215	25%					25%	
318	0%						0%
303		57%			83%		
308		0%				0%	
309		0%				0%	
316		28%					50%
305			100%		30%		
306			100%		91%		
313			100%		82%		

第 3 表 に於ける No. 308, 309 は豫備検査で反應を示したものであるが、この実験期間中は 1 度の発作も見られなかつたが、No. 305, 306, 313 は 3 日毎に行つた実験では 100% の反應を

示し全例中で一番高い発作率を示した。初め毎日行つた動物で後の 2 週間で 2 日毎に行つた No. 216, 317 及び 2 日毎の実験から 4 日毎に変えた No. 316 は発作率の増加を示すに反し、3 日毎に行つて 100% の反應を示した 3 匹を毎日の実験に変えると No. 305 以外は僅かに減少を示した。このことは実験間隔をあけると発生率の増す事を示す。しかるに前半・後半を同一間隔で行つた No. 319, 303 では後半がかえつて発作率の増加が見られた。このことは順應現象のない事を示すものである。

#### 実験 2.

前実験では、順應と考えられる現象は 4 週間の実験では見られなかつたが、発作の後効果は翌日又は翌々日迄及び発作の発生を抑制する事を知つた。そこで 1 日數回実験を反復すればこの後効果が如何に表われるかを調べた。

使用動物は刺戟に非常に敏感な別の 4 匹の動物で、連日刺戟して反應を起したものとみを選んだ。使用刺戟は従前通りの刺戟音を 5 分間興え、10 分間の間隔をおいて 1 日 5 回実験を反復した。2 日間連続した結果は第 4 表の通りであつた (第 4 表)。

第 4 表

	動物	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回
第 1 日	313	卅	卅	卅	—	—
	305	+	+	卅	—	—
	306	卅	+	卅	—	—
	319	+	卅	—	±	—
第 2 日	313	卅	—	—	—	—
	305	卅	—	—	—	—
	306	卅	±	—	—	—
	319	卅	—	—	—	—

4 匹共に敏感な動物で、第 1 日、第 2 日共によく発作を示したが、刺戟を反復するに従つて反應性が減じている。これは前発作の後効果に基くものと云わねばならない。注目すべきは第 1 日は第 5 回目の反復において全部が反應性を失つたのに対し、第 2 日においては第 3 回の実験で既に全部が反應性を失つている点で、このことは前発作の後影響が直後のみならず翌日にも及ぶことを示すものである。

#### 考察

一般に完全な発作の直後に聴刺戟を興えても

發作を誘發する事が困難な事は日常經驗するが、順應現象について諸家の見解が一致しないのは定義が曖昧であるからである。ある人は連日實驗が続けられると順應現象が起ると報じ、他の人は連続4週間の實驗で發作の數をごく僅か減するか或いは全然減少しないと述べている。即ち Finger (2) は順應現象を認めなかつたが、Maier & Glaser (6) は鍵の音、圧搾空氣及び圧搾空氣と葛藤條件の併用の3つの場合で實驗を行い、圧搾空氣のみの場合では順應現象を認めたと拘らず、他の2つの實驗條件では順應現象を認めなかつた。Patton & Karn (10) は Buzzer で24~28日の連続實驗で、順應が認められなかつた。又 Morgan (7) は Galton 管の使用で順應現象を認めたと云う。しかるに、刺戟直後に觀察される發作の抑制現象は明らかであり、私達はこれを發作の後効果と考えるが、この後効果は翌日に及ぶことは實驗2で示した如くである。この結果を考慮していないため順應現象の存否が問題となつたものと考えらる。

實驗1では聽原發作には順應現象のない事を示した。しかし既に報告した如く葛藤條件を加重した時は發作の發生を非常に容易にする事も事實であつて、Maier & Glaser が圧搾空氣と葛藤條件の併用は順應を認めないと述べているのは、恐らくこの後効果に関するものであろう。

順應現象に関して云々する爲には、更に長期の實驗を要するであろうが、聽原發作の發生率は動物の年齢、性、營養状態、情緒変化、實驗季節等によつて異なるので、實驗條件を一定にする事が困難である。それ故、文献の如く、又私の行つた如く約4週間の継続實驗で打切るのが適當と思われる。尙文献的に順應の存在を認める人の成績の中には聽原刺戟による受容器や腦變化を原因しているのではないかと疑われるが、このような解剖学的変化はむしろ passive な現象であり、順應と稱することは無理であらう。

#### IV. 總 括

聽原發作の素質のある鼠を Galton 管で刺戟して、聽原發作を誘發する刺戟の性質及び所謂

順應現象について考察した。結果は次の通りに總括される。

1) Galton 管の 8, 10, 12, 15, 17, 20, 24 及び 28kc/sec の音を 200mmHg の噴射圧で出して發作の誘發率を検べた所、この圧の下では 12 kc/sec が一番發作誘發に効果があつた。

2) Galton 管の 12kc/sec の音を 40, 100, 200 及び 260mmHg の噴射圧の下に出して發作を誘發した所、音圧の強い程發作は誘發し易く且つ激しい發作が起つた。

3) 8~14kc/sec の音を 200mmHg の噴射圧の下に使用して發作發生率と音強度の關係を検べて、一定の音強度の下では周波數の高い程發作を誘發し易い事を知つた。

4) Galton 管 15kc/sec の音を 200mmHg の噴射圧で使用し、4 週間の實驗を行つたが順應現象を認める事が出来なかつた。

5) 聽原刺戟に敏感な動物を用い、1日5回10分間隔で實驗を行つた所、發作が軽くなり且つその影響は翌日に及ぶ事を知つた。

以上の結果により聽原刺戟は周波數の高く音強度の強い程發作を誘發し易く、又順應現象は認め難いが發作の後効果は存すると結論する。

#### 文 献

- 1) Dice, L. E. (1935) Inheritance of waltzing and epilepsy in mice of genus *Peromyscus*. *J. Mammal.* 16, 25 (cf. (3))
- 2) Finger, F. W. (1942) Factors influencing audiogenic seizures in the rat: Repeated stimulation and deprivation of food and drink. *Am. J. Psychol.* 55, 68
- 3) Finger, F. W. (1944) Experimental behavior disorder in the rat. in J. Mc. Hunt (Ed.), *Personality and Behavior Disorders*. New York. Ronald Press Co. 413.
- 4) Finger, F. W. (1947) Convulsive behavior in the rat. *Psychol. Bull.* 44, 201
- 5) Maier, N. R. F. (1939) Studies of abnormal behavior in the rat: The neurotic pattern and an analysis of situation in which produce it. New York. Harper.
- 6) Maier, N. R. F. and N. M. Glaser (1940) Studies of abnormal behavior in the rat. II. A comparison of some convulsi on producing situations. *Comp. psychol. Monogr.* 16 (cf. (4))

- 7) Morgan, C. T. (1941) The latency of audiogenic seizures. *J. comp. Psychol.* 32, 267
- 8) Morgan, C. T. and E. Galambos, (1942) Production of audiogenic seizure by tone of low frequency. *Amer. J. Psychol.* 55, 555
- 9) Morgan, C. T. and J. Gould. (1941) Acoustical determinants of "neurotic pattern" in rats. *Psychol. Rec.* 4, 258 (cf. (8))
- 10) Patton, R. A. and H. W. Karn. (1941) Abnormal behavior in the rats subjected to repeated auditory stimulation. *J. comp. Psychol.* 31, 43 (cf. (4))

### Summary

Stimulating the rats susceptible to the audiogenic seizure by the tone of Galton whistle, I studied the effective stimulus to induce the seizure and the adaptation of the seizure. The results are summarized as follows:

1) When I used the Galton whistle under the pressure of 200mmHg of air burst, I could induce the seizure most easily at the frequency of 12kc. among 8, 10, 12, 15, 17, 20, 24, & 28kc.

2) Using the tone of Galton whistle at 12kc under the pressure of air burst of 40, 100, 200 & 260mmHg, the incidence and the severity of the seizure increased according to the tone intensity.

3) Using the tone of Galton whistle between 8 & 14kc under the pressure of 200mmHg. I admitted from the relationship between seizure incidence and the tone intensity that under the same tone pressure the seizure could be induced more easily according to the tone frequency.

4) I could not observe the tendency of the adaptation in the experiment for a period of 4 weeks using the tone of 15kC under the pressure of 200mmHg.

5) In the successive 5 stimulation during a day at short intervals using the most susceptible rats to the auditory stimulation, the after-effect appeared remarkably and the seizure became more slight and more difficult to be induced.

From these results I conclude that the seizure can be induced more easily according to the tone frequency and the tone intensity, and that there is no appreciable adaptive phenomenon but there is after-effect of seizure remarkably.

(2nd Department of Physiology, Med. Faculty, Univ. of Osaka)

## 正 誤 表

(注意:重大な誤りがあります。必ず本文を訂正して下さい)

場	所	誤	正
216頁.表題の名まえ		Isii-Kōsei	Isii-Kōsei
左上から12行目		頻度刺激	頻度刺激
第1表. 少い頻度の欄の一行目		呼吸性に小さくなる	呼息性に小さくなる
第1表. 中等度頻度の欄の一ばん右の欄の一行目		呼息性呼吸停止	吸息性呼吸停止
第1表. 中等度頻度の欄の中央の欄の一ばん下の行		常に呼息性呼吸停止	常に吸息性呼吸停止
第1表. 多い頻度の欄の上の行		呼吸性に小さくなる	呼息性に小さくなる
同上	下の行	常に呼吸性呼吸停止	常に呼息性呼吸停止
217頁.左. 上から10行目		特は	特に
左. 下から6行目		選擇器真空管	選擇器, 真空管
第1圖の下の説明文		1秒間の衝撃數	(1秒間の衝撃數)
218頁.第2圖の説明文の1行目		30.V ボルト	3.0V (ボルト)
218頁.右. 上から5行目		Fは	下は
219頁.右. 上から15行目		呼吸息, 息の中間で	呼息, 吸息の中間で
220頁.左. 上から2行目		呼息性にもなるものと	呼息性になるものと
220頁.右. 下から12行目		呼息性呼吸息止	呼息性呼吸停止
右. 下から11行目		迷走神経 2.2%	迷走神経に 2.2%
221頁.左. 上から10行目		管である.	管である)
223頁.英文. 下から15行目		expiraty	expiratory
223頁.英文. 下から12行目		Narcosis	narcosis
201頁.英文表題		Various of	Various Region of



# 無毒性細菌製劑を制止する醗酵狀異

(主 効)

病原性細菌の殺滅	傳染性腸疾患
強力なる解毒作用	慢性便秘の調整
消化不良	急性慢性腸カタル
自家中毒	食慾の増進
尋常麻疹	

専売特許



粉 100 瓦 特約店  
末 500 瓦 店

（鳥居商店  
岩城商店  
東京田邊）

製造発賣元 ミクニ化学産業株式会社 東京・日本橋・室町4ノ5

東京大學教授 醫學博士 福田 邦三 著

## 精神の生理學

A5判三五〇頁上製本  
正價四〇〇圓下四五圓

慶應大學教授 醫學博士 植松 七九郎 著

## 精神醫學

A5判四〇〇頁上製本  
正價四五〇圓下四五圓

醫學博士 中谷 隼男 著

## 小外科學

A5判六七〇頁上製本  
正價九〇〇圓下四五圓

東京大學教授 醫學博士 加藤 勝治 著

## 新臨床血液學

B5判四五〇頁上製本  
原色圖九葉挿入圖九  
正價八〇〇圓下四五圓

日本醫大教授 醫學博士 眞柄 正直 著

## 最新産科學

正常編 B5判三一〇頁上製本  
原色圖五葉挿入圖一九五  
正價八〇〇圓下四五圓

異常編 B5判五五〇頁上製本  
原色圖十葉挿入圖二八〇  
正價一〇〇〇圓下四五圓

醫學博士 山本 康裕 著

## 小兒科治療法

B5判六八〇頁上製本  
正價九〇〇圓下四五圓

發行所

東京都文京區  
本富士町二

文 光 堂

振替口座東京五七八番

昭和二十五年十月二十五日印刷  
昭和二十五年十月二十五日發行

編集兼  
發行人

東京部文政館本宮士可  
東京大學醫學部生理學教室內

戸塚武彦

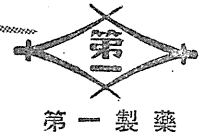
印刷所者

山形縣鶴岡市馬場町甲三  
三浦武次郎  
鶴岡印刷株式會社

發行所

東京部文政館本宮士可  
東京大學醫學部生理學教室內  
日本生理學會

掛巻東京八六四三〇番  
會費一ヶ年金五百圓  
(昭和廿五年度)



化膿症の

# 合理的な治療に

サルファ剤は撰擇の時代である。

1. 治療効果の高いこと、
2. 副作用の少いこと、
3. 治療費の軽いこと、
4. 入手の容易なこと、

これ等の總てを具備したもののこそ、即ち

「第一」のダイアジン……………

# テラジアジン

肺炎・淋疾・細菌性下痢・一般化膿症

第一製藥株式會社

東京都日本橋・大阪市道修町・福岡市下祇園町

## 中外製藥の良心的医薬品

腦溢血の予防と治療に

ヒカルチン錠  
—ルチン劑

肺炎・淋疾・其他一般化膿性疾患に

ネオチセプタール  
スルファメチルチアゾール 末・注・錠

バセドウ氏病の特効劑

メチオジール  
メチルサイオニラシル劑 末・注・錠

ピベンジル系新合成卵胞ホルモン劑

ロバール  
注(油溶・水溶)錠

嫌・好・氣性兩菌を併殺する

ホモスファルミン「中外」  
(略名ホモズル) 末・注・錠

變質・強壯・解毒に

ヨードブロカノン  
靜注

特にロイマチス・坐骨神經痛に

アロピラザルプロ  
(略名強力アロプロ) 靜注  
0.5%アロプロ

鎮痛・消炎・解熱に

ザルソブロカノン  
(略名ザルプロ) 2.5% 靜注

製造元 中外製藥株式會社