

日本生理誌・第21巻12号・昭和34年12月1日発行（毎月1日発行）  
〔昭和27年5月6日第3種郵便物認可〕

# 日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第21巻 第12号

Vol. 21 No. 12

昭和34年12月1日発行

December 1959

---

## 原 著

- 中西孝雄：新しい皮膚電気抵抗測定法とその臨床的応用 1. 測定法の原理と予備実験成績  
.....1279
- 中西孝雄：新しい皮膚電気抵抗測定法とその臨床的応用 2. 臨床的応用 .....1288
- 田里健二：ヒキガエル脊髄前角に於ける運動ニューロンの組織学的分布に就いて .....1303
- 田里健二：ヒキガエル脊髄前角に於ける運動ニューロンの機能的分布に就いて .....1310
- 越智邦夫：腸内反射誘起分質 3. 酸及びアルカリについて .....1316
- 島村安雄：容積脈波より見た通流電極第3作用 .....1321

## 地方小学会報

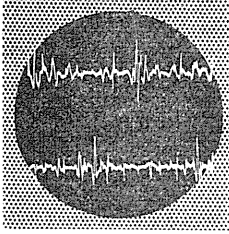
- 第129回生理学東京談話会 .....1331
- 第19回近畿生理学談話会 .....1335

- 
- 附：第37回日本生理学会総会予告 .....本号初頁
- 正誤表（第21巻10号） .....1338

日 本 生 理 学 会

Physiological Society of Japan

# 新製品



## 筋電計 テープレコーダー付

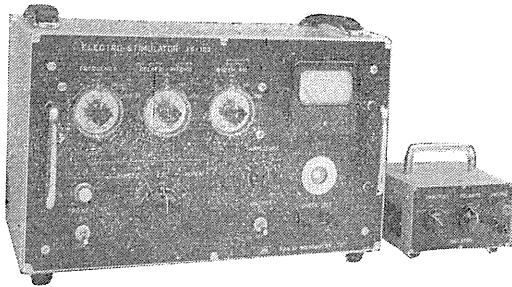
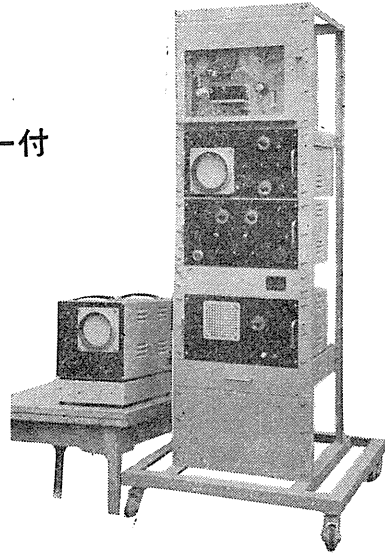
筋電図のほか脳波、心電図などの生体電気現象を2組同時に観測と写真撮影ができる——

筋電図の2現象を同時にテープレコーダーで録音できる——

スタートストップ方式のトリガー掃引回路を使用しているので

- ・刺激装置などの外部同期信号と掃引のスタート時間の遅れがない
- ・単掃引撮影のときフィルム面かぶらず鮮明に写真がとれる

掃引速度は0.1ms/cm～1sec/cmの直読目盛方式



## 新製品 電気刺激装置

ES-103型

### —— 生理実験に 誘発筋電図等による臨床検査に ——

- ・単・複パルスと単発・反覆はツマミ一つで切換えられる
- ・マジックアイを併用して出力を監視できる
- ・波形は正確・安定
- ・アイソレーターを採用してアーチファクトの防止と取扱容易を考慮
- ・周波数の混乱防止機構を備えている

#### 主要製品

脳波計・脳波分析装置  
 万能記録装置・筋電計  
 ブラウン管連続撮影装置  
 麻酔監視装置・電気刺激  
 装置・電気衝撃治療器・光  
 刺激装置・インク書きオ  
 シログラフ・電磁オシロ  
 グラフ・直流増巾器

# 三栄測器株式会社

本社 東京都新宿区柏木 1-95 TEL (37) 7117-8 8114-5  
 工場 武蔵野市吉祥寺 1635 TEL (022) ② 4941・7825

## 新しい皮膚電気抵抗測定法とその臨床的応用 612.014.422

### I. 測定法の原理と予備実験成績

A New Method of Measuring the Electrical Skin Resistance and Its Clinical Application.

I. The Principle of the Method and the Results of Preliminary Experiments.

中西孝雄 (NAKANISHI-Takao)\*

#### I. 緒 論

皮膚の2カ所に不分極電導子をあて、人体に直流を通ずると、電流の強さは初め強く、次で急速に減少し、徐々に一定の値に達する。

この現象は Dubois<sup>1)</sup> (1898) によって見出され、以来 Garten<sup>2)</sup> (1909), Gildmeister<sup>3)</sup> (1911), Strohl<sup>4)</sup> (1921), Einthoven<sup>5)</sup> (1923), 朴沢<sup>6)</sup> (1928), 橋田<sup>7)</sup> (1936), 若林<sup>8)</sup> (1939) 等により実験的に研究され、それが表皮並びに内部組織の形態的性状及び汗腺の活動性により影響をうけることが明らかとなった。即ち極く初期の通電後 30~50 $\mu$ sec 迄の電流経過については、朴沢<sup>6)9)</sup> により、それが容量と抵抗とからなる等価回路により表現され得る事が実証され、この中の容量成分は、表皮就中角質層によって生ずるもので、容量成分と直列に接続された抵抗部分は、内部組織の抵抗を表すものと説明せられ、Gildmeister<sup>10)</sup>, Lullies<sup>11)</sup>, Ebbecke<sup>12)</sup> 等も略々これと似た説を立てている。また所謂残当電流については、Wagner<sup>13)</sup>, Thomas<sup>14)15)</sup>, 増井<sup>16)</sup>, 須知<sup>17)</sup> 等により、それが汗腺の活動により大いに影響されることが実証せられた。

しかして通電後極く初期の電流経過の測定に、Einthoven<sup>4)</sup> は弦線電流計を用いたが、極く初期の経過はすこぶる早く  $\mu$ sec を単位として変化するため、最も速かに動く弦線電流計をもつてしても十分正確にはそれを追跡することはできなかった。そのため橋田<sup>7)</sup> は初めて陰極線オシログラフを用い、朴沢<sup>6)</sup>, 若林<sup>8)</sup> は弾動

検流計を、又本間<sup>18)</sup> はブラウン管オシロスコープを用いて、通電後極く初期の電流経過を記録測定出来るようにした。しかしこれ等の測定操作は極めて複雑で、測定値を短時間内に知るとは非常に難しいことである。かかる点にかんがみ、高木、藤崎、渡部<sup>19)</sup> は、極く初期の電流経過を簡単に測定すべく、ブラウン管オシロスコープを用いた直読式新装置を試作したが、未だ実用の域に達する迄に到ってはいない。かくて極く初期の電流経過については、早くからその生理学的意義が判明していながら、臨床的には殆んどかえり見られず今日に至っている。唯交流による皮膚のインピーダンス測定法が、Gougerot<sup>20)21)</sup>, Gerstner<sup>22)</sup>, 三田<sup>23)</sup> 等により用いられているが、交流の周波数によりインピーダンスの値が変化し、その生理学的意義附けも困難なため、臨床的には殆んど問題にされていないのが現状である。これに反し所謂残当電流の測定法としては、電流計と、乾電池と、電極を直列に接続しただけの簡単なもの（これには Levine<sup>24)</sup>, Whelan. Richter<sup>25)</sup>, Jasper<sup>26)</sup>, Lacey. Siegel<sup>27)</sup>, Ray. Console<sup>28)</sup>, Whelan<sup>29)</sup> 等の種々の型式がある）や、勝木、林、鈴木<sup>30)</sup>, Mcpherson<sup>31)</sup> 等の真空管電圧計の原理を応用した抵抗計があり、測定法の原理が極めて簡単で、その操作も容易なため、この残当電流のみが従来主として臨床的に皮膚電気抵抗として用いられてきた。

かくの如く表皮及び内部組織の形態的性状を表す通電後極く初期の電流経過と、汗腺の活動性を表す残当電流を同時に、正確、簡単且つ短時間内に測定し得る方法が従来なかったのであるが、著者は高木、藤崎、渡部<sup>19)</sup> により試作さ

\* 東京大学医学部生理学教室 (若林勲教授)  
東京大学医学部冲中内科教室 (冲中重雄教授)  
〔昭和34年9月2日受付〕

れた装置を改良し、これら3つの値を正確、簡単且つ短時間内に測定し得る電子管装置を試作し、それを臨床的に応用するため基礎的実験をしたが、若干の知見を得たのでここに報告する。

II. 測定法の原理

通電後極く初期の電流経過については、朴沢<sup>6)9)</sup>、本間<sup>18)</sup>、Schaefer<sup>32)</sup>等によりそれらが図1に示す等価回路により表わされ得ることが実証されている。又通電数秒後の皮膚の見かけの抵抗も、同じ等価回路の容量と並列に接続された抵抗をもって表わすことができる。従って図1の如く皮膚と等価回路とに夫々同じ値の抵抗を直列に接続し、両者に同電圧を加え、接続した抵抗の両端の電位が等しくなるように等価回

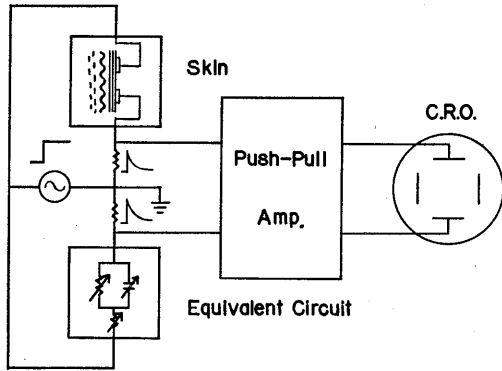


Fig. 1.

Block diagram demonstrating the principle of the method.

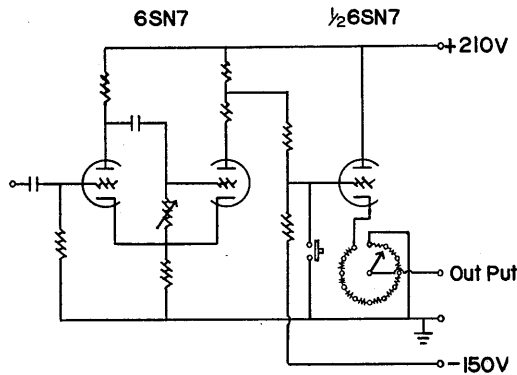


Fig. 2. Diagram of output circuit.

路を調整するならば、皮膚インピーダンスを抵抗と容量に分析して表現し得るであろうことは想像に難くない。かかる観点から接続した抵抗の両端の電位の差を、差動増巾器で増巾し、ブラウン管オシロスコープを用いて、その差をなくするように等価回路を調整し、差がなくなった時の等価回路の抵抗値並びに容量値を読み取るのが本測定法の原理である。

即ち通電後極く初期の電流経過の測定には、等価回路と皮膚とに夫々  $100\Omega$  の抵抗を直列に接続し、その両端に  $100mV$  時に  $1V$ 、パルス巾  $5msec$ 、繰返し周波数  $50C/S$  の矩形波を加え、 $100\Omega$  の両端から得られる電位の差を差動増巾器で増巾し、ブラウン管オシロスコープを観察しながら、等価回路の容量及びそれと直列に接続した抵抗を調整し、両入力電圧を等しくした時の容量値及び抵抗値を夫々「初期容量」及び「初期抵抗」とした。又所謂残留電流の測定にも図1に示す等価回路を用いたのであるが、この場合には、皮膚と等価回路とに夫々  $100k\Omega$  の抵抗を直列に接続し、その両端に  $100mV \sim 2V$  の直流を加え、通電数秒後  $100k\Omega$  の両端から得られる電位の差を同様に差動増巾器で増巾し、ブラウン管オシロスコープを観察しながら、等価回路の容量と並列に接続された抵抗を調整し、両入力電圧が等しくなるようにした時の抵抗値を「直流抵抗」とした。

等価回路の抵抗には、すべて誤差1%以内のリケノームを用い、容量と直列に接続した抵抗は  $10\Omega$  から  $1000\Omega$  迄、 $10\Omega$  毎に段階的に変り得る様にし、容量と並列に接続した抵抗は、 $10k\Omega$  から  $11M\Omega$  迄  $10k\Omega$  毎に段階的に変り得るようにした。又容量には誤差1%以内の雲母蓄電器を用い、 $0.001\mu F$  から  $0.1\mu F$  迄、 $0.001\mu F$  毎に段階的に変り得るようにした。

通電装置は図2に示す如き回路からなり、出力インピーダンスを小さくするためカソード抵抗から取り出すようにした。又出力電圧を一定にし、且再現性を保たしめるため、カソード抵抗にはすべて固定抵抗を用い、 $1\Omega$ 、 $10\Omega$  次で  $100\Omega$  を8コ直列に接続し、出力電圧として、

10mV, 100mV, 後は 1V 毎に 8V 迄, 段階的に電圧が得られるようにした. しかして「初期容量」, 「初期抵抗」の測定には, これをパルス巾 5msec, 繰返し周波数 50C/S で働かし, 「直流抵抗」の測定には, 格子を接地することにより直流が得られるようにした. この出力回路に於ける矩形波の立上り時間は数  $\mu$ sec で, カソードの暗電流は  $0.007\mu A$  である.

差動増巾器は図 3 に示す如きもので, 直結三段よりなる. その特性は利得 92db, 周波数特性 10kC 迄平坦, 30kC 3db 低下, 弁別比 83db, 格子電流  $1 \times 10^{-9} A$  で, 入力電圧 1mV に対しブラウン管上の振巾が 22mm となるようにした.

使用電極としては, 臨床的に用いる場合, 操作が比較的簡単で且つ正確な成績が得られるよう塩化銀-食塩水電極を用いた. 即ち図 4 に示す如く, 電極面積が常に一定になるように, ビニールテープに  $3cm^2$  の円形の穴を 4~5cm 距てて 2 コあけ, それを被検皮膚面に密着せしめ, 穴の上に生理的食塩水を浸した脱脂綿をおき, 更にその上に略々同大の塩化銀電極を乗せて通電した. 尙電極と装置とは実際の測定に便利なよう, 180cm の二芯外部シールド線で結び, 本実験の当初には被検者をシールド室に入れて測定したが, 後には増巾器の前に外部から入る交流を遮断するフィルターを使用することにより, シールド室を使用する必要をなくした.

### Ⅲ. 測定法についての検討

先ず皮膚電気抵抗の中, 通電後極く初期の電流経過と, 通電数秒後の抵抗が図 1 の等価回路

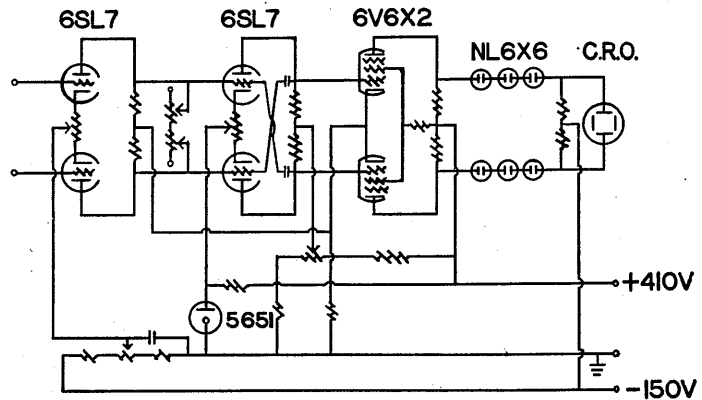


Fig. 3. Diagram of Push-Pull amplifier.

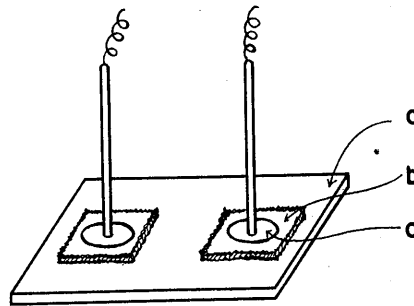


Fig. 4. Electrodes.

a. Vinyl tape. b. Cotten layer soaked with normal saline. c. Ag-Cl-electrode.

により表わし得るものとして, 皮膚と略々同じ値を有する等価回路を模型的に作り, (「初期容量」 $0.02\mu F$ , 「初期抵抗」 $200\Omega$ , 「直流抵抗」 $200k\Omega$ ), 本装置でもってそれが実際に測定可能なるや否やを見るため, 皮膚電気抵抗測定の場合と同じ条件で測定を行なったが,  $10\Omega$  の「初期抵抗」変化,  $0.001\mu F$  の「初期容量」変化及び  $10k\Omega$  の「直流抵抗」変化をも十分に感知し, 測定することができた.

又本装置で測定した場合, 通電後極く初期の電流経過の中, 何秒迄上記等価回路が適用できるかを示したのが図 5 である. a) は皮膚に加えた電圧, b) は皮膚に通電した時, 直列に接続した抵抗部分に見られる電圧の変化, c) は等価回路に通電した時, 直列に接続した抵抗部分に見られる電圧の変化, d) は等価回路により打消すことができない部分の電圧, e) は等

価回路の抵抗値を調整した時の値から故意に少しずらして、何秒迄等価回路が適用し得るかをみたものである。これにより約 20 $\mu$ sec 迄の間で、等価回路が適用し得ることがわかる。

今実際に本装置によって測定した結果の 1 例を示すと図 6 の如くなる。これは 20~50 才の健康男子 55~57 例を対象とし、前腕掌側部について室温 25~30°C の下で測定したものである。図に示す如く「初期容量」についての平均値は、 $19.5 \times 10^{-3} \mu F$ 、標準偏差  $3.5 \times 10^{-3} \mu F$  で、「初期抵抗」についての平均値は  $234 \Omega$ 、標準偏差  $43 \Omega$  であるが、「直流抵抗」は室温により大きく変動するので敢て平均値及び標準偏差を計算しなかつた

さて本装置で得られる 3 つの測定値即ち「初期容量」、「初期抵抗」、「直流抵抗」が皮膚の何処

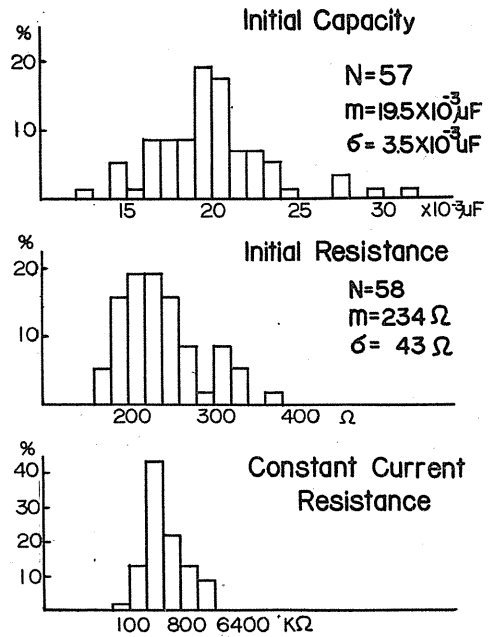


Fig. 6. Electrical properties of the skin.

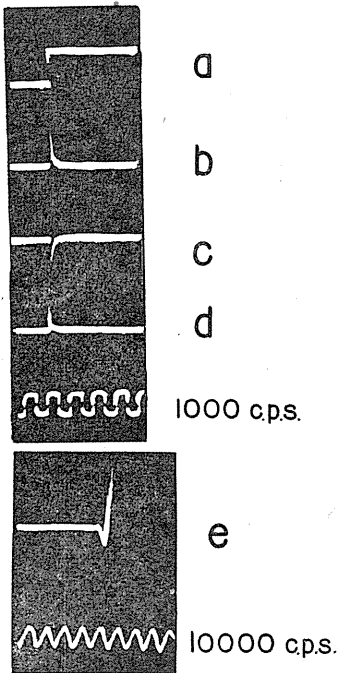


Fig. 5. Broun tube images.

a. Square wave voltage applied to the skin. b. Initial current through the skin. c. Initial current through the equivalent circuit. d. Voltage left uncanceled by the equivalent circuit. e. Test of the initial short time which was adapted for balancing the equivalent circuit. see the text.

	Condition of the skin	Wave form	Initial capacity	Initial resistance	Const. curr. resistance
Before development			$13 \times 10^{-3} \mu F$	$320 \Omega$	$6000 K\Omega$
After development			$10 \times 10^{-3} \mu F$	$200 \Omega$	$2400 K\Omega$
After removal of the skin			unmeasurable	unmeasurable	$1 K\Omega$

Table 1. Results of Blister-patch-test.

に由来するかを確かめるため発疱膏試験を行った。

表 1 はその結果であるが、発疱破壊後には「初期容量」は本装置では測定不可能な程大きくなり、従って「初期抵抗」は測定できず「直流抵抗」が極めて小さくなり、発疱破壊前の「初期抵抗」を少し大きくした程度の値となっている。即ち「初期容量」と「直流抵抗」は表皮の存在によって生じ「初期抵抗」は内部組織に由来していることがわかる。

尙成人男子 58 例を対象とし、前腕掌側部で室

温 25~30°C の下で測定した「初期容量」,「初期抵抗」,「直流抵抗」について, 相互の相関係数を求め, 相互依存性を検討したが, 相関係数は「初期容量」対「初期抵抗」では -0.211, 「初期容量」対「直流抵抗」では -0.211, 「初期抵抗」対「直流抵抗」では -0.247 であり, いずれの間にも有意の相関を認め得なかった。

使用電極としては, 臨床上実用に堪え得るよう, 製作操作が簡単な上記塩化銀-食塩水電極を用いたが, これの内部抵抗は 10~20Ω で, 又その分極により起る逆起電力も極めて小さいものであった。通電数秒後の逆起電力を表 2 に示してあるが, 例えば 2V を加えても逆起電力は 1.2mV 程度であった。

尚電極の大きさと皮膚電気抵抗値の間の関係については図 7 に示す如く, 「初期容量」は電極の面積に正比例して大きくなり, 「初期抵抗」は電極の面積と直線関係をもって小さくなり, 「直流抵抗」は電極面積の逆数と直線関係をもって大きくなった。

#### IV. 考 察

通電直後 30~50μsec 迄の電流経過については, 既に朴沢<sup>(6)9)</sup>, 若林<sup>(8)</sup>により前述の如く, それが容量と抵抗とからなる等価回路により表現され得ることが証明されている。今図 8 に示すように等価回路に或る抵抗を直列に接続して, 直流を流した場合, 接続した抵抗部分に表われる電位は,

$$e = E \frac{r}{R' + R + r} \left\{ 1 + \frac{R'}{R+r} e^{-\frac{1}{c} \left( \frac{1}{R+r} + \frac{1}{R'} \right) t} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

となる。

さて「初期容量」及び「初期抵抗」測定の際には,  $r = 100\Omega$  としたから,  $R' \gg r$ ,  $R' \gg R$  となり (1) 式は,

$$e \approx E \frac{r}{R'} \left( 1 + \frac{R'}{R+r} e^{-\frac{1}{c} \frac{1}{R+r} t} \right) \dots\dots\dots(2)$$

となる。

今かりに  $R = 200\Omega$ ,  $c = 0.02\mu F$ ,  $R' = 100k\Omega$

Table 2. Polarization voltage at the electrode.

Applied voltage	Polarization voltage
0.01V	0.0mV
0.1	0.0
1.0	0.6
2.0	1.2
3.0	1.8

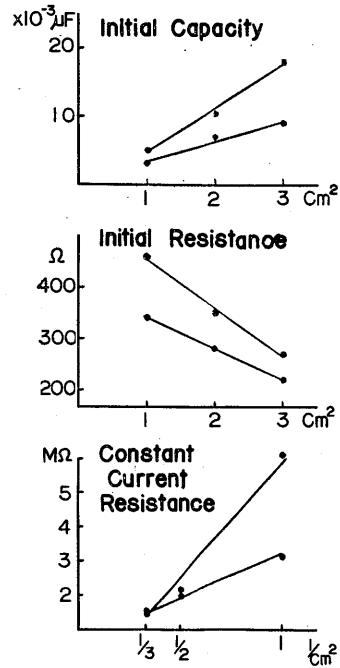


Fig. 7.

Relationship between size of electrode and electrical properties of the skin.

の時  $E = 1000mV$  の電圧を加え,  $t = 6\mu sec$  の時点で  $e$  を観察し,  $R$  に  $10\Omega$  の変化, 或いは  $c$  に  $0.001\mu F$  の変化を生じた際, 理論的に本装置で測定可能なるや否やをみる。即ち「初期抵抗」 $R$  に  $10\Omega$  の変化を生ずると,  $e$  には約  $0.5mV$  の差ができ, 又「初期容量」 $c$  に  $0.001\mu F$  の変化を生ずると,  $e$  に約  $6mV$  の差を生ずることになり, 本装置の増巾器の周波数特性を考慮しても,  $t = 6\mu sec$  の時点では, 夫々約  $0.1mV$ ,  $1.5mV$  の変化として感じ, ブラウン管オシロスコープではこれを夫々約  $2mm$ ,  $30mm$  の変化として認め得ることになり, 本装置でかかる変化を測定できるであろうことが想像される。事実このことは前記模型実験に於いて実証された

所であり、装置自体及び装置から生体迄のリードが有する浮游容量は極めて小さく、実際の測定にさしつかえないことがわかった。尙この時流れる瞬間電流は  $3 \times 10^{-3} \text{A}$  程度で、 $3 \text{cm}^2$  という大きな皮膚面を通じてこの位の電流が瞬間的に流れる場合には、皮膚に有意の変化を起ささないであろうと考えられるが、このことはパルス巾 5msec, 1V の矩形波を、繰返し周波数 50C/S で、1~2 分間通電した場合にも、その前後で測定値に変化を見出せないことから明らかである。

以上の如く本装置では、通電後極く初期の電流経過を等価回路にあてはめて表わす場合、「初期容量」と「初期抵抗」の二要素に分析して測定し、「初期容量」と並列に接続した抵抗  $R'$  については触れなかったのであるが、これは(2)式からわかる通り、 $R'$  に変化を生じて、極く初期にはこれを電圧の変化として感知できず、又かかる初期の  $R'$  自体が有する生理学的意義が未だ判然としないからである。

さてかかる等価回路を適用することができるのは、図 5 に示した如く通電後約  $20 \mu\text{sec}$  迄で、

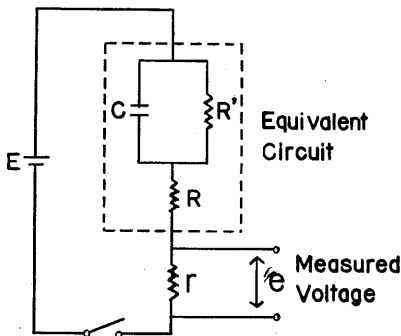


Fig. 8.

Diagram showing the relationship between equivalent circuit and measured voltage.

C: Capacity corresponding to initial capacity of the skin.

$R'$ : Resistance corresponding to constant current resistance of the skin.

R: Resistance corresponding to initial resistance of the skin.

r: Interpolated resistance.

E: Applied voltage.

e: Measured voltage.

このことは朴沢<sup>6)</sup>が弾動検流計から得た  $30 \sim 50 \mu\text{sec}$  という値と略々一致している。

また前腕掌側部について本装置によって得た測定値と今迄に本方法と異なる方法で諸家を得た値とを比較すると、「初期容量」については、Einthoven<sup>4)</sup>が交流測定によって得た値  $0.010 \sim 0.015 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 、Ballin<sup>33)</sup>が蓄電器放電電流の波形から得た値  $0.015 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 、及び朴沢<sup>6)</sup>が弾動検流計により得た値  $0.018 \sim 0.023 \mu\text{F}/\text{cm}^2$  と、本装置によって得た20才から50才迄の健康男子58例についての平均  $0.015 \mu\text{F}/\text{cm}^2$  とよく一致している。「初期抵抗」については、Einthoven<sup>4)</sup>が交流測定によって得た値  $320 \sim 410 \Omega$ 、Strohl<sup>34)</sup>が三極管電位差計及び断流器をもって測定した値  $390 \sim 420 \Omega/3 \text{cm}^2$ 、朴沢<sup>6)</sup>が弾動検流計によって得た値  $310 \sim 440 \Omega/3.8 \text{cm}^2$  と、本装置によって得た健康男子58例についての平均値  $234 \Omega/3 \text{cm}^2$  の間にやや相違を認めるが、これは測定した対象及び電極間の距離等により影響されるからやむを得ないと考える。

かくの如く本装置のように差動増巾器の周波数特性を或程度よくしておき、等価回路を用いて両入力電圧を等しくするような方法をとるならば、増巾器の周波数特性とは無関係に、しかも正確、簡単、短時間内に極く初期の電流経過を分析して直読することができるのである。このように増巾器の周波数特性と無関係に、極く初期の電流経過を測定することは、如何にブラウン管オシロスコープをもってするも、普通の方法では、それに附随する増巾器が周波数特性を有するため極めて困難なことである。

「直流抵抗」の測定にも矢張り前記等価回路を用いて、 $r = 100 \text{k}\Omega$  とし、通電数秒後の安定した時の等価回路の値を読んだのであるが、今かりに皮膚電気抵抗を  $R = 200 \Omega$ 、 $c = 0.02 \mu\text{F}$ 、 $R' = 100 \text{k}\Omega$  とすると、(1)式は  $e = E \frac{r}{R' + r}$  となり、

$E = 1000 \text{mV}$  の電圧を加えるならば、 $R'$  に  $10 \text{k}\Omega$  の変化を生じて、 $e$  には約  $2 \text{mV}$  の差を生じ、本装置では十分これを感知し、測定することができる。このことも既に前記模型実験に於いて



証明した所である。しかしこの時流れる電流は  $3\text{cm}^2$  の皮膚面を通じて  $5 \times 10^{-7}\text{A}$  程度であるから、この程度の電流では、本間<sup>35)</sup>が述べている如く、皮膚に通流作用を及ぼすことは殆んどない。唯「直流抵抗」は室温、摂食等種々の条件により変化するので、同一人、同一部位で測定した値の間にも、時により相当の差がありこれを直ちに諸家の成績と比較することは出来ないが、図6に示す如くその変動範囲は  $50\text{k}\Omega$  から  $3200\text{k}\Omega$  で、略々諸家と一致した値を得ている。

かくの如くして得られた「初期容量」、「初期抵抗」、「直流抵抗」の生理学的意義については、従来朴沢<sup>6)9)</sup>、Gildmeister<sup>10)</sup>、Lullies<sup>11)</sup>、Ebbecke<sup>12)</sup>、Wagner<sup>13)</sup>、Thomas<sup>14)15)</sup>等により種々述べられているが「初期容量」が表皮に由来する二重層容量で、「初期抵抗」が内部組織の抵抗を表わし、「直流抵抗」が汗腺の活動により左右される点では意見の一致を見ている。今本装置で得られる3つの測定値の本質論は一応おき、唯その所在を確かめるため発疱膏試験を行なったが、表1にしめした如く、発疱破壊後に「初期容量」は極めて大きく測定不可能な程になり、「直流抵抗」が非常に小さくなっている。この事は「初期容量」と「直流抵抗」が表皮に由来することを示すものである。又発疱破壊後に「直流抵抗」が極めて小さくなり、破壊前の「初期抵抗」より少し大きくなった程度に過ぎないことは「初期抵抗」がとりもなおさず内部組織の抵抗を表わすもので、本装置で得られる3つの値の由来も、諸家の見解と一致している。

尙「初期容量」、「初期抵抗」、「直流抵抗」の相互の間の相関係数が小さくお互の間に有意の相関を認め難いことは夫々が或る程度独立した生理学的意味を有することを表わすものである。このことは、夫々の値が由来する場所が異なる点から当然のことと言えるであろう。

等価回路の抵抗或いは容量に誤差1%以内の固定抵抗及び固定容量を用いたのは、測定値の再現性を重要視したからで、測定値が不連続な点では不便であるが、正確であるという点で

は、不便さをおぎない得る長所を有していると考ええる。即ち装置製作後既に1年有半を過ぎているが、模型的に作った等価回路と比べてみて、誤差1%以内の再現性が保たれていることを知り得た。

使用電極としては、理想的には甘汞電極が一番よいが、実用的でなく従来亜鉛棒-飽和硫酸亜鉛溶液-食塩加ゲラチン寒天層電極がよく用いられているが、これは内部抵抗が相当高く  $200 \sim 500\Omega$  の「初期抵抗」を測定するには不適當で、その上長時間の使用には堪えず、又製作上面倒な手数を要する。そのため著者は臨床上の使用に堪え得る塩化銀-食塩水電極を用いたが、この際食塩水溶液は、三田、藤巻<sup>35)</sup>の成績に従い、長時間皮膚につけても抵抗値に変化を起し難い生理的食塩水を用い、これを脱脂綿に浸して皮膚の上に置いたが、この内部抵抗は  $10 \sim 20\Omega$  程度で、その分極により起こる逆起電力も表2に示す如く小さいものであった。例えば「直流抵抗」の測定の際によく用いる  $100\text{mV} \sim 2\text{V}$  の電圧を加えても通電数秒後僅か  $0 \sim 1.2\text{mV}$  の逆起電力を起すに過ぎず、實際上十分使用に堪えうる値を示した。

電極の使用に際しては、その目的により、従来一方を不関電極とするため、一方の電極を耳朶につけたり(古野<sup>37)</sup>)、又一方の電極を大きくする事もある(三田<sup>38)</sup>、本間<sup>18)</sup>)が、一般にはかかる必要性がないため、著者は双極電極を用い両極間を汗で短絡することがないように  $4 \sim 5\text{cm}$  離れた。従って一極の面積の皮膚電気抵抗は、等価回路の読みに対し、「初期容量」は読みの2倍になり、「直流抵抗」は読みの半分になる。しかし「初期抵抗」は両極間の距離に関係してくるが、本実験の場合には、両極間の距離を  $4\text{cm}$  とし、「初期抵抗」、「初期容量」、「直流抵抗」共測定値はすべて等価回路の読みで直接表わすことにした。

尙電極の大きさと、皮膚電気抵抗値との間には図7にしめす如き関係があり、この成績は本間<sup>35)</sup>、Black<sup>39)</sup>等のもものと一致している所である。かかる観点より「初期容量」、「初期抵抗」及

び「直流抵抗」を夫々適当な値とするため、著者は両電極面積を一応夫々  $3\text{cm}^2$  としたのである。

## V. 結 論

既に生理学的意義が判明している「初期容量」、  
「初期抵抗」及び「直流抵抗」を簡単、正確、短時間内に測定し得る電子管装置を考案作製し測定法の原理並びにその予備実験成績を記載した。

即ち本装置では、差動増巾器とブラウン管オシロスコープを用いて、皮膚電気抵抗を、等価回路と比較しながら「初期容量」、  
「初期抵抗」、  
「直流抵抗」の3つの要素に分析して直読することができる。

「初期容量」と「初期抵抗」は、通電後極く初期の  $20\mu\text{sec}$  位迄の電流経過を等価回路にあてはめて測定したもので、「初期容量」は  $0.001\mu\text{F}$  の変化、「初期抵抗」は  $10\Omega$  の変化をも測定することができる。しかもその測定に要する時間は1~2分であった。又「直流抵抗」も等価回路にあてはめて測定したが、その時流れる電流は  $10^{-7}\text{A}$  程度で、 $10\text{k}\Omega$  の変化も抵抗値として直読できる。

尚本装置で測定し得る「初期容量」と「直流抵抗」は表皮に由来し、「初期抵抗」は内部組織に由来することを発疱膏試験により示した。

又「初期容量」、  
「初期抵抗」、  
「直流抵抗」の3つの値の間には有意の相関を認めず、3つ共独立した生理学的意義を有することを示唆した。

使用電極としては塩化銀-食塩水電極を用いたが、その内部抵抗は  $10\sim 20\Omega$  程度で、分極による逆起電力も  $2\text{V}$  に対し  $1.2\text{mV}$  であった。

稿を終るに臨み、御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師若林教授、  
沖中教授に対し深甚なる謝意を表すと共に、  
終始御指導御鞭撻を賜った東大脳研椿助教授、  
沖中内科豊倉博士、並びに東大生理学教室若林研究室渡部学士、  
岩崎氏、  
中島学士に深謝致します。又本装置の製作について種々御指導御便宜をはかられた東大工学部電子工学科坂本教授並びに同教室高木氏、  
藤崎修士、  
現理工研東口助教授、  
三浦博士、  
葛西氏に深謝致します。

尚本研究は昭和32、33年度文部省試験科学研究費により行われたものである。

## 文 献

- 1) Dubois, M. (1898) Résistance de corps humain dans la période d'état variable du courant galvanique. *Compt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences* **126**, 1790; *Zentralbl. f. physiol.* **12**, 726
- 2) Garten, S. (1909) Beiträge zur Kenntnis des Erregungsvorganges in Nerven und Muskel des Warmblüters. *Zeitschr. f. Biol.* **52**, 534
- 3) Gildmeister, M. (1911) Theoretisches und praktisches aus der neueren Elektrophysiologie. *Münch. med. Wochenschr.* **21**, 20
- 4) Strohl, A. (1921) Sur la résistance électrique apparente du corps humain pour les convants de faible duree. *Compt. rend. des séances de la soc. de biol.* **85**, 125
- 5) Einthoven, W. u. J. Bijtel, (1923) Über Stromleitung durch den menschlichen Körper. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* **198**, 439
- 6) Hosawa, S. (1928) Die "Anfangszacke" des elektrischen Stromes durch den Menschen Körper, betrachtet als Ladungserscheinung der Polarisation-kapazität der Haut. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* **219**, 111
- 7) Hashida, K. (1936) Über die galvanische Polarisation der Haut u. a. *Jap. J. med. Sci. III. Biophysics.* **IV. 2**, 118
- 8) Wakabayashi, T. (1939) Über den Verlauf des schwachen Stromes durch den menschlichen Körper. *Jap. J. med. Sci. III. Biophysics* **IV. 2**, 77
- 9) 朴沢 進 (1952) 人体皮膚の電気的分極現象 生理学講座 生体の電気現象 II. 2. (1). 1. (中山書店)
- 10) Gildmeister, M. (1922) Zur Theorie der sekundärelektromotorischen Eigenschaften der menschlichen Haut. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* **195**, 112
- 11) Lullies, H. (1928) Die Polarisation der Haut. *Pflüger Arch. f. d. ges. Physiol.* **221**, 296
- 12) Ebbecke, U. (1951) Arbeitsweise der Schweissdrüsen und sudomotorische Reflexe bei unmittelbarer Beobachtung mit Lupenvergrößerung. *Pflügers Arch.* **253**, 349
- 13) Wagner, H. N. (1952) Electrical skin resistance studies in two persons with congenital absence of sweatglands. *Arch. Derm. & Syphilol.* **65**, 543
- 14) Thomas, P. E. and Korr, L. M. (1957) Relationship between sweat gland activity and electrical resistance of the skin. *J. Appl. Physiol.* **10**, (3), 505
- 15) Thomas, P. E. and Korr, L. M. (1952) Significance of area of low ESR. *Fed. Proceed.* **11**, 162
- 16) 増井市郎 (1942) 人体発汗時の皮膚電気抵抗変化 日本生理誌 **7**, 448
- 17) 須知泰山 (1952) 表皮電気抵抗に関する実験 日本生理誌 **14**, 210

- 18) 本間三郎 (1955) 皮膚の電気抵抗 最新医学 **10**, (5) 936
- 19) 高木未夫・藤崎博也・渡部昭三 (1955) 皮膚電気抵抗測定法 昭和30年度科学試験研究集録 (医学, 薬学編) 364
- 20) Gougerot, L. (1951) Appareil destiné a tracer directement, sur l'écran d'un oscillographe cathodique, le point du plan complexe représentatif d'une impédance. J. Radiol. elect. et Archiv. elect. med. **32**, 57
- 21) Gougerot, L. et Chanteur, J. (1952) Variations électriques de l'électrode cutané dans le réflexe psychogalvanique. J. de pephysiol. **44**, 45
- 22) Gerstner, H. and Gerbstädt, H. (1949) Der Wechselstrom Widerstand des menschlichen Haut. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **252**, 111
- 23) 三田俊定 (1953) インピーダンス測定法とその診断学的応用 (本川: 医学生物学電気的実験法) 3版 367 (南山堂)
- 24) Levine, M. (1933) Measurement of electrical skin resistance. Arch. Neurol. Psychiat. **29**, 828
- 25) Whelan, F. G. and Richter, C. P. (1943) Electrical skin resistance technic used to map areas of skin affected by sympathectomy and by other surgical or functional factors. Arch. Neurol. Psychiat. **49**, 454
- 26) Jasper, H. (1945) An improved clinical dermatometer. J. Neurosurg. **2**, 257
- 27) Lacey, O. L. and Siegel, P. S. (1948) An improved potentiometric circuit for measuring the galvanic skin resistance. Am. J. Physiol. **61**, 272
- 28) Ray, B. S. and Console, A. D. (1948) Residual sympathetic pathways after paravertebral sympathectomy. J. Neurosurg. **5**, 23
- 29) Whelan, F. G. (1950) An instrument for use in measuring electrical resistance of the skin. Science. **111**, 496
- 30) 勝木保次・林 裕造・鈴木宗治 (1951) 皮膚電気抵抗測定器 日本生理誌 **13**, 32
- 31) Mcpherson, A. and Macclotum, J. L. (1952) A constant current skin resistance meter. J. Physiol. **116**, 1
- 32) Schaefer, H. (1947) Die passiv-elektrischen Erscheinungen lebender Gewebe. Elektrophysiologie. Bd. **1**, 7
- 33) Ballin, H. (1926) Über die Verzerrung von Kondensatorentladung durch polarisierbare Gebilde, insbesondere durch menschliche Haut. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **213**, 816
- 34) Strohl, A. et Godka, H. (1925) Recherches sur la résistance initiale du corps humain. Journ. de Radiologie et d'Electrologie. **9**, 131
- 35) 本間三郎 (1950) 人体皮膚の電気的分極について 日本生理誌 **12**, 261
- 36) 三田俊定・藤卷延吉 (1953) 女子乳房部の皮膚インピーダンスと月経周期の関係 日本生理誌 **15**, 138
- 37) 古野義文 (1953) 皮膚知覚障碍部の電気抵抗について 医学と生物学 **26**, 132
- 38) 三田俊定・藤卷延吉 (1952) 皮膚インピーダンスの部位差とその臨床的観察 日本生理誌 **14**, 210
- 39) Blank, I. H. and Finesinger, J. E. (1946) Electrical resistance of the skin. Arch. Neurol. Psychiat. **56**, 544

### Summary

1. A new electronic apparatus was constructed to measure "Initial Capacity", "Initial Resistance" and "Constant Current Resistance" of human skin with a simple and accurate procedure. The principle of the method and the results of preliminary experiments were described.

2. The principle of this method consisted in balancing the skin resistance and capacity with that of the equivalent circuit.

3. Initial capacity and initial resistance were measured only within a short interval of 20 $\mu$  sec from the beginning of the flow of current. Change of initial capacity was measured to 0.001 $\mu$ F. that of initial resistance to 10 $\Omega$ . Only 1-2 minutes was required for the measurement. Constant current resistance was measured with the flow of 10 $^{-7}$ A current. It's change to 10k $\Omega$  was directly measurable.

4. In the results of measurements blister patch test indicated that initial capacity and constant current resistance measured in this apparatus were due to epidermis and initial resistance due to internal structure.

5. No significant correlation was found among initial capacity, initial resistance and constant current resistance, suggesting the independent physiological significance of these three values.

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

(Third Department of Internal Medicine, University of Tokyo School of Medicine)

## 新しい皮膚電気抵抗測定法とその臨床的応用 612.014.422

### Ⅱ. 臨床的応用

#### A New Method of Measuring the Electrical Skin Resistance and Its Clinical Application.

#### Ⅱ. Clinical Application.

中西孝雄 (NAKANISHI-Takao)\*

#### Ⅰ. 緒 論

皮膚電気抵抗の中所謂「直流抵抗」については、測定方法が極めて簡単のため、古くから Gildmeister<sup>1)</sup> (1928), Regelsberger<sup>2)</sup> (1952), 大庭<sup>3)</sup> (1955)等により基礎的研究がなされ、これが自律神経機能検査法としての臨床的応用も、Regelsberger<sup>2)</sup>, Richter<sup>4)</sup> (1943) 等により種々試みられ、彼等の研究業績は枚挙にいとまがない。又皮膚の交流インピーダンスについても、Gougerot<sup>5)6)</sup> (1951), Gerstner<sup>7)</sup> (1949), 三田<sup>8)</sup> (1953), 長田, 山田<sup>9)</sup> (1952), Croon<sup>10)</sup> (1953) 等により基礎的研究がなされており、その臨床的意義については Strum Ludwigs<sup>11)</sup> の批判もあるが、Croon<sup>10)</sup>, 三田<sup>8)</sup> 等により一応臨床的応用が試みられている。しかし通電後極く初期の電流経過を表わす「初期容量」と「初期抵抗」については、Gildmeister<sup>12)</sup> (1911), Einthoven<sup>13)</sup> (1923), Strohl<sup>14)</sup> (1921), 朴沢<sup>15)</sup> (1928), 若林<sup>16)</sup> (1939) 等により基礎的研究がなされ、その生理学的意義も明らかにされていながら、従来の測定方法があまりにも複雑で困難なため、その臨床的応用は未だ試みられていないのが現状である。

そこで著者は高木, 藤崎, 渡部<sup>17)</sup>により試作された装置を改良し、皮膚電気抵抗の中、生理学的意義が明らかになっている所謂「初期容量」, 「初期抵抗」及び「直流抵抗」を簡単にして正確しかも短時間内に測定し得る電子管装置を試作し、実験の結果、実用に役立つことを知り<sup>18)</sup>, これを臨床的に応用する目的で、健康者及び患

者について測定を行ない、2, 3 の成績を得たのでここに報告する。

#### Ⅱ. 測定対象及び測定方法

測定の対象としては、健康者として某線維会社従業員93例, 社会福祉法人浴風会入寮者約400例, 双生児として東大附属中学校生徒92例(一卵性双生児30組, 二卵性双生児16組), 患者として、東大病院冲中内科入院患者並びに外来通院患者を選んだ。

被検者は、測定前20~30分間安静にせしめ、臥位又は坐位で、身体各部について測定したが、ここに報告するものは、特にことわらない限り、前腕掌側部で、Edinger<sup>19)</sup>のDermatomeに於けるC<sub>6</sub>の部分について測定した結果についてである。

被検部は摩擦により起る可能性がある皮膚電気抵抗の変化を避けるため、表面が油, 汗等により特に汚れていない限り、清拭することなく測定することにした。

電極としては、前記<sup>18)</sup>の如く塩化銀-食塩水電極を用い、双極として両電極間を約4cm離し、電極面積を各々3cm<sup>2</sup>とした。

加えた電圧は、「初期容量」, 「初期抵抗」測定の場合には100mV, 時に1Vとし、「直流抵抗」測定の場合には100mV, 時に2Vとした。

測定の順序は前記方法<sup>18)</sup>に従って先ず「直流抵抗」の測定から始め、数秒間隔で測定を2~3回繰返し、安定した時の値をとり、次で「初期容量」, 「初期抵抗」の測定を行なった。

測定値は、この場合、等価回路の読みで直接表わす事にした。従って以後の記載に於いて、「初期容量」の値は、3cm<sup>2</sup>の皮膚面の「初期容

\* 東京大学医学部冲中内科教室 (冲中重雄教授)

東京大学医学部生理学教室 (若林勲教授)

[昭和34年9月2日受付]

量」の半分の値を表わし、「初期抵抗」の値は、各 3cm<sup>2</sup> の電極を 4cm 離して置いた時の「初期抵抗」であり、「直流抵抗」の値は、3cm<sup>2</sup> の皮膚面の「直流抵抗」の 2 倍の値を表わすことになる。

測定に要する時間は、1カ所につき約 2~3 分である。

### III. 測定結果

臨床的に応用する場合、その基礎となる事項を確立するため、先ず健康者について、同一部位における左右差およびその時間的変動、年齢差、性別差、室温による変動、2, 3 の薬物に対する反応、遺伝性等を検討し臨床的には、主としてその甲状腺機能との関連性を追究したので、以下各項目に分けて記載する。

#### 1) 左右差

各個体に於いて、左右でどの程度相異があるかをみるため、20~50才の健康男女 100 例を対象とし、室温 25~30°C の下で測定した。即ち左右の同一部位を相次で測定し、右の測定値から左の測定値を減じ、それを左右の平均値で除し、そのヒストグラムを作って左右差をみた。

図 1 がそれである。図に見る如く、「初期容量」、「初期抵抗」、「直流抵抗」共、平均値は略々 0 で、推計学的に左右差があるとはいえない。しかし、「初期容量」と「初期抵抗」は分散が小さく、左右の変動が僅少であるが、「直流抵抗」は大きな分散を示し、左右の変動が大であった。

#### 2) 時間的変動

各個人の同一部位が、1日中でどの程度変動するかをみるため、60才以上の健康者 28 例を対象とし、室温 10~15°C の下で測定した。即ち同一部位について、1日数回 2~3 時間間隔で測定を行ない、測定値の中の最大値で最小値を除し、そのヒストグラムを作った。図 2 がそれである。図に見る如く「初期容量」「初期抵抗」は違っても 20% 程度で、あまり変動しないのに比べ、「直流抵抗」は大きく変動し、時に最大値の 1/20 の値をとることがあった。

#### 3) 日による変動

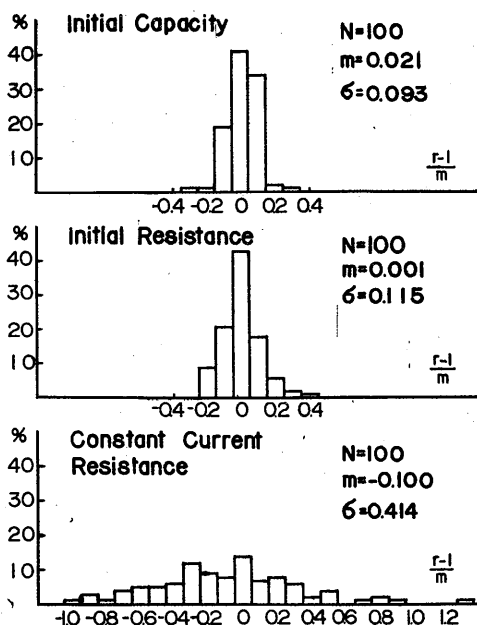


Fig. 1.

Right-left difference of electrical properties of the skin.

N: Total number. m: Mean.  $\sigma$ : Standard deviation. The same abbreviation is used throughout the paper.

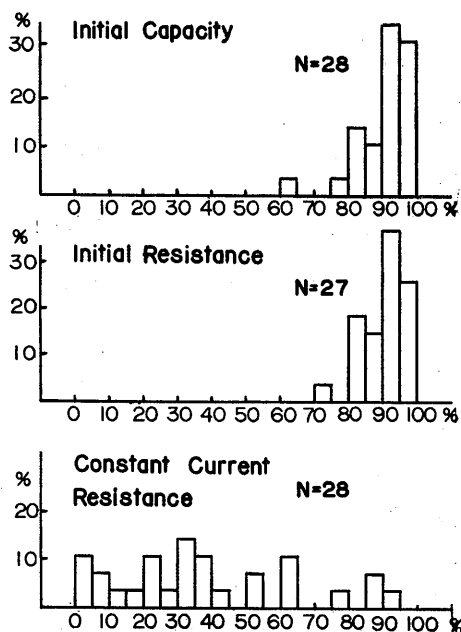


Fig. 2.

Diurnal variance of electrical properties of the skin.

同じ人で同一部位を日を違えて測定した場合、どの程度変動するかをみるため、60才以上の健康者24例を対象とし、同一部位を1~2日の間隔で2度測定し、大きい方の値で小さい方の値を除いたものについてヒストグラムを作った。図3がそれである。1日中の時間的変動においてみられたと同様に、「初期容量」と「初期抵抗」は大して変動しないが、「直流抵抗」は大きく変動し、時に最大値の1/20の値をとることがあった。

4) 年令的差

皮膚電気抵抗が年令的に如何に変わるかをみるため、年令を12~13才、20~50才、60才以上の3群に分ち、室温 25~30°C の下で測定を行ない、各年令群についてヒストグラムを作りそれを推計学的に検討した。

a) 「初期容量」

図4に見る如く、12~13才の健康男子46例についての平均値 ( $17.4 \times 10^{-3} \mu F$ ) 及び標準偏差 ( $2.3 \times 10^{-3} \mu F$ ) と20~50才の健康男子57例についての平均値 ( $19.5 \times 10^{-3} \mu F$ ) および標準偏差 ( $3.5 \times 10^{-3} \mu F$ ) との間には、推計学的に有意の差

を認めなかったが、60才以上の健康男子65例では平均値 ( $14.0 \times 10^{-3} \mu F$ ) がやや小さくなる傾向を示し、前2者の平均値との間に有意の差を認めた。

b) 「初期抵抗」

「初期容量」について見られたと同様に、図5に示す如く、12~13才の健康男子46例についての平均値 ( $240 \Omega$ ) 及び標準偏差 ( $35 \Omega$ ) と、20~50才の健康男子58例についての平均値 ( $234 \Omega$ ) 及び標準偏差 ( $43 \Omega$ ) との間には有意の差を認めなかったが、60才以上の健康男子65例では、平均値 ( $187 \Omega$ ) が前2者より小さくなっており、両者の間に有意の差を認めた。

c) 「直流抵抗」

各個人により差が著しいため、横軸を対数目盛としたヒストグラムを図6に示してあるが、図に示す如く各年令群共必ずしも正規分布をなさず、前述の如く時間的に変動し、又後述の如く、室温により大いに影響されるので、敢て各年令群についての比較を行なわなかった。

5) 性別差

皮膚電気抵抗が男女間でいかなる差を示すか

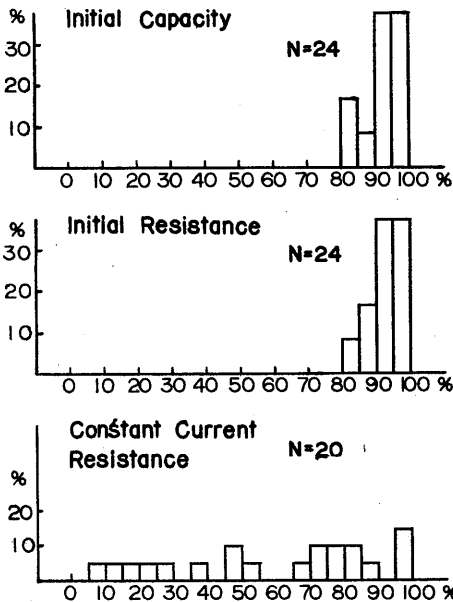


Fig. 3.

Daily variation of electrical properties of the skin.

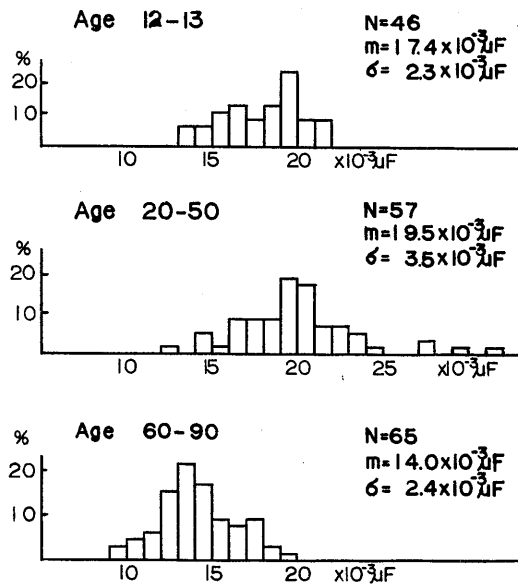


Fig. 4.

Age difference of initial capacity.

を見るため20~50才の健康男女を対象とし、室温 25~30°C の下で測定を行ない、男女別にヒストグラムを作って、それを推計学的に検討した。

a) 「初期容量」

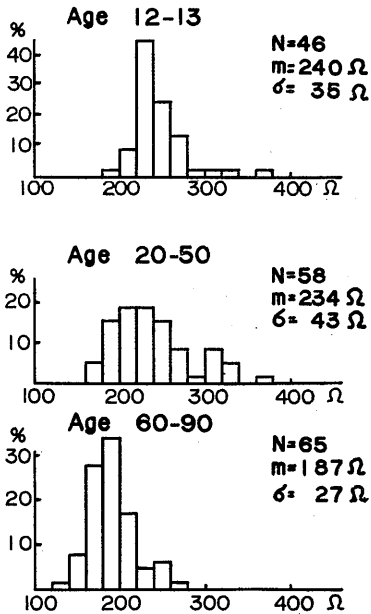


Fig. 5. Age difference of initial resistance.

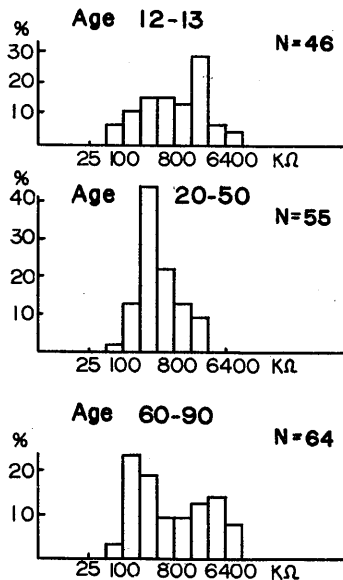


Fig. 6.

Age difference of constant current resistance.

男子57例と女子32例についての測定結果は図7に示すごとくである。男子については平均値  $19.5 \times 10^{-3} \mu\text{F}$ 、標準偏差  $3.5 \times 10^{-3} \mu\text{F}$  で、女子についての平均値  $18.0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$ 、標準偏差  $3.2 \times 10^{-3} \mu\text{F}$  に比べ、男子の方が、平均値がやや大きく、推計学的に5%の危険率で有意の差を認めた。

b) 「初期抵抗」

図8に示す如く、男子58例については平均値 234Ω、標準偏差 43Ω で、女子34例についての平均値 324Ω、標準偏差 53Ω に比べ、男子の

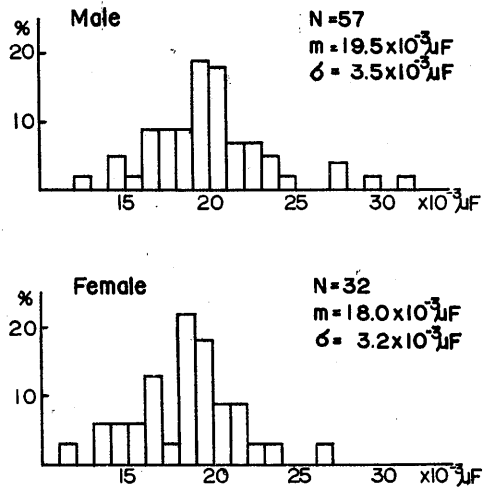


Fig. 7. Sex difference of initial capacity.

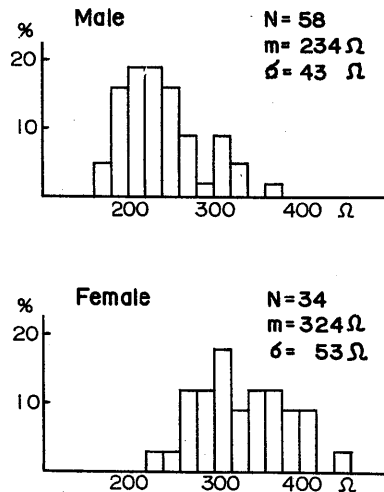


Fig. 8. Sex difference of initial resistance.

平均値が明らかに小さく、両者の間に有意の差を認めた。

c) 「直流抵抗」

男子55例と、女子27例についてのヒストグラムを図9に示してあるが、前述の如く「直流抵抗」

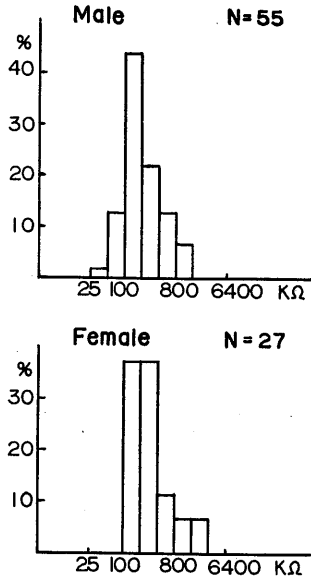


Fig. 9.

Sex difference of constant current resistance.

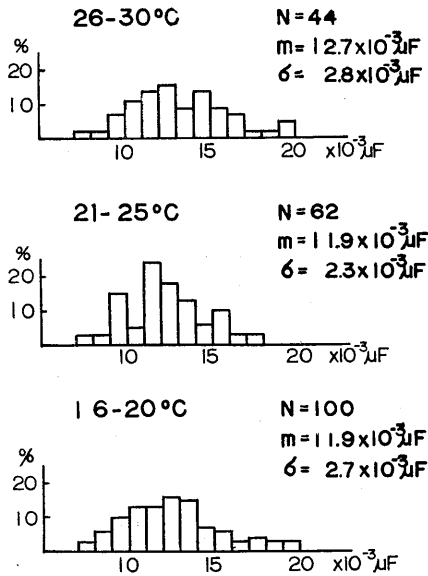


Fig. 10.

Change of initial capacity due to room temperature.

抗」は時間的にも、又室温によっても大きく変動するため、敢て両者を比較することを差しひかえたい。

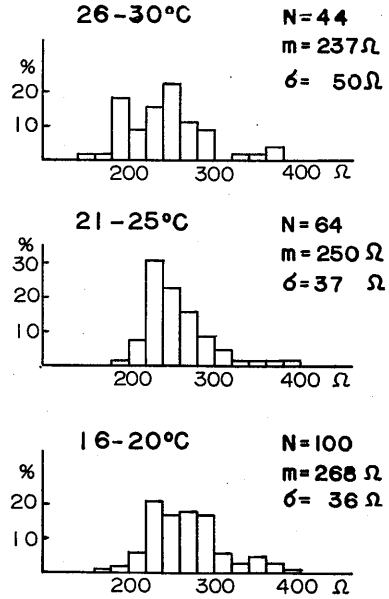


Fig. 11.

Change of initial resistance due to room temperature.

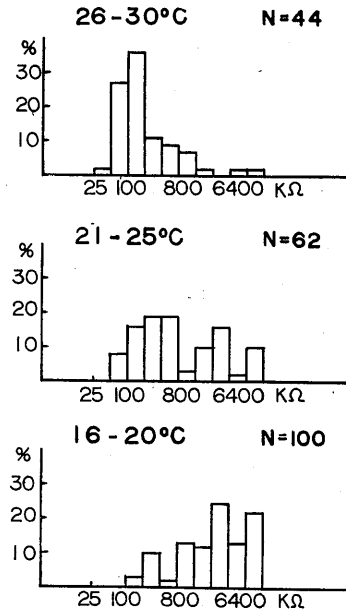


Fig. 12.

Change of constant current resistance due to room temperature.



6) 室温の影響

室温により皮膚電気抵抗がいかなる影響をうけるかをみるため、9月から12月にかけて60才以上の健康女子を対象として測定を行ない、それを室温により16~20°C, 21~25°C, 26~30°Cの3群に分ち、各群についてヒストグラムを作り、推計学的に検討した。

a) 「初期容量」

図10に示す如く、26~30°C 44例、21~25°C 62例、16~20°C 100例についての平均値は夫々  $12.7 \times 10^{-3} \mu F$ ,  $11.9 \times 10^{-3} \mu F$ ,  $11.9 \times 10^{-3} \mu F$  で、標準偏差は夫々  $2.8 \times 10^{-3} \mu F$ ,  $2.3 \times 10^{-3} \mu F$ ,  $2.7 \times 10^{-3} \mu F$  であり、平均値、標準偏差共各群の間に有意の差を認めなかった。

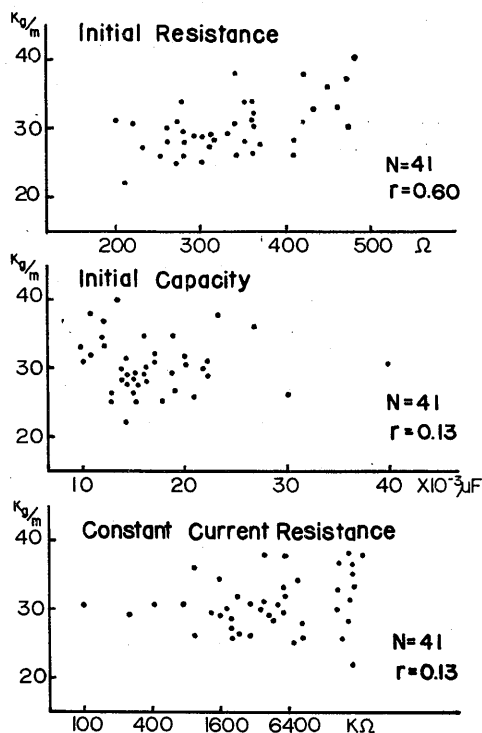


Fig. 13.

Correlation between  $\frac{\text{Body weight}}{\text{Body length}}$  and electrical properties of the skin.

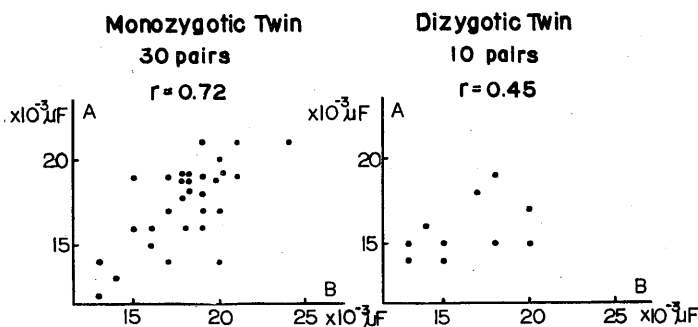


Fig. 14. Correlation between initial capacities of the twin.

b) 「初期抵抗」

図11に示す如く、26~30°C 44例、21~25°C 64例、16~20°C 100例についての平均値は夫々  $237 \Omega$ ,  $250 \Omega$ ,  $268 \Omega$  で、標準偏差は夫々  $50 \Omega$ ,  $37 \Omega$ ,  $36 \Omega$  であり、平均値、標準偏差共、「初期容量」について見られたと同様、各群の間に有意の差を認めなかった。

c) 「直流抵抗」

26~30°C 44例、21~25°C 62例、16~20°C 100例について比較したが、図12に示す如く、「初期容量」、「初期抵抗」に於いて見られた結果と異り、「直流抵抗」は室温によって大いに影響され、室温が高くなるに従って抵抗値の低いものが多いが室温が低くなるに従って抵抗値の高いものが多いになっている。

7) 体重/身長との相関関係

体重/身長は、浅井<sup>20)</sup>により、腹部皮下脂肪層厚度と相関を有する事が知られているので、内部組織の電気的抵抗を表わす「初期抵抗」と皮下脂肪層厚度との関係を間接にみるため、初期抵抗と体重/身長との相関性を検討した。即ち20~50才の健康女子41例を対象とし、室温10~15°Cの下で測定を行ない、皮膚電気抵抗値と、体重を身長で除したものと相関を求めた。図13がその結果である。図に示すごとく、「初期抵抗」は相関係数0.60で、有意の相関を有しているが、「初期容量」と「直流抵抗」とは相関係数が夫々0.13で体重/身長との間に有意の相関を認めることができなかった。

8) 皮膚電気抵抗の遺伝性

既に卵性が決定された12~13才の一卵性双生

児30組と、二卵性双生児10組を対象とし、2月という寒い季節に拘らず、室温を25~30°Cに高め、汗腺の活動性を高めた状態で測定を行ない、各組の2人について相関表を作り、一卵性と二卵性との相関性に差があるか否かを検討した。

a) 「初期容量」

図14に示す如く、一卵性では相関係数0.72で、有意の相関を認めることができたが二卵性では相関係数は0.45でやや密であるが、例数が少ないので有意の相関ということができなかった。

b) 「初期抵抗」

図15に示す如く「初期抵抗」の値でも、一卵性では相関係数0.72という有意の相関を示して

いる。二卵性では相関係数が0.60で、係数としては大きい、未だ例数が少ないため有意の相関を認め得なかった。

c) 「直流抵抗」

図16に示す如く、一卵性では相関係数0.90という密な相関を示し、有意なことが証明されたが、二卵性では相関係数0.20で有意の相関を認めなかった。

9) 薬物の影響

自律神経機能検査法として知られているアドレナリン試験、アトロピン試験、ピロカルピン試験により皮膚電気抵抗が如何に変化するかをみるため、60才以上の健康男女10例を対象とし、室温10~15°Cの下で測定したものについて検討した。

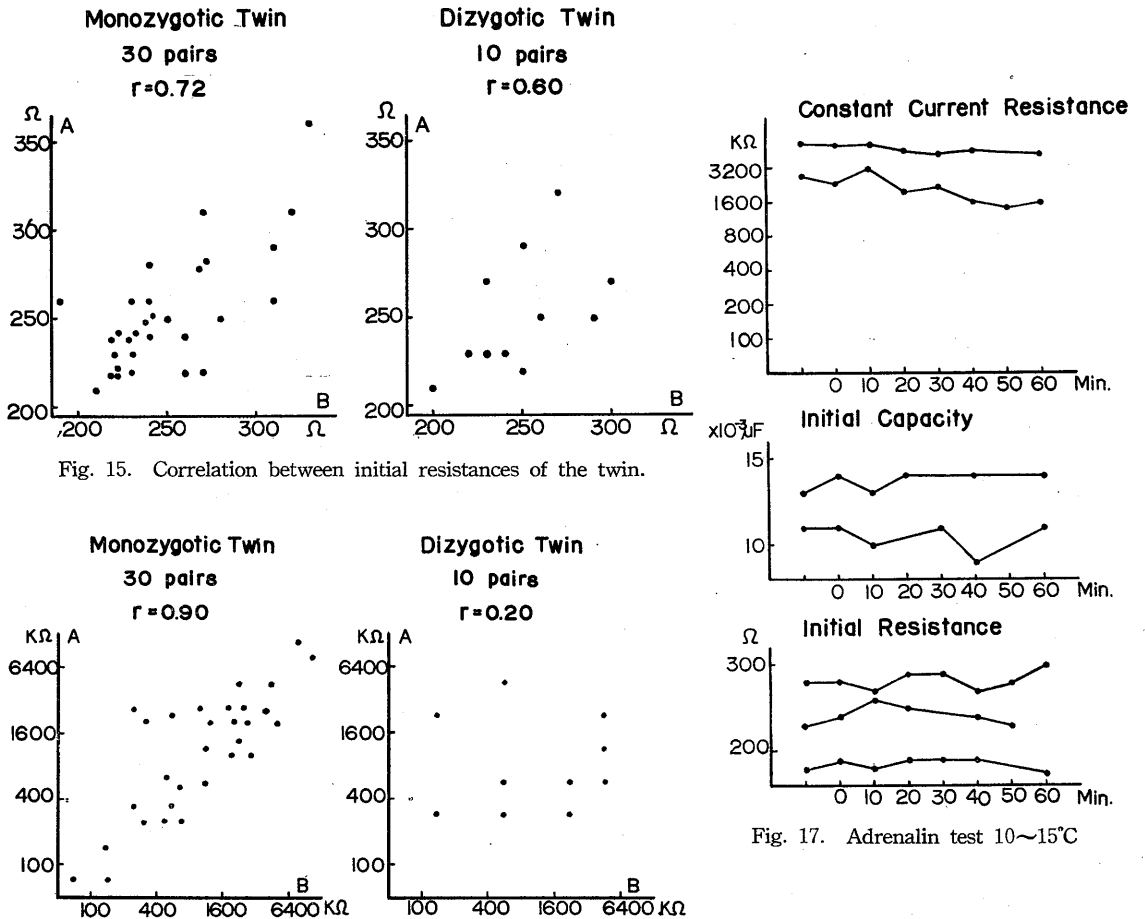


Fig. 15. Correlation between initial resistances of the twin.

Fig. 17. Adrenalin test 10~15°C

Fig. 16. Correlation between constant current resistances of the twin.

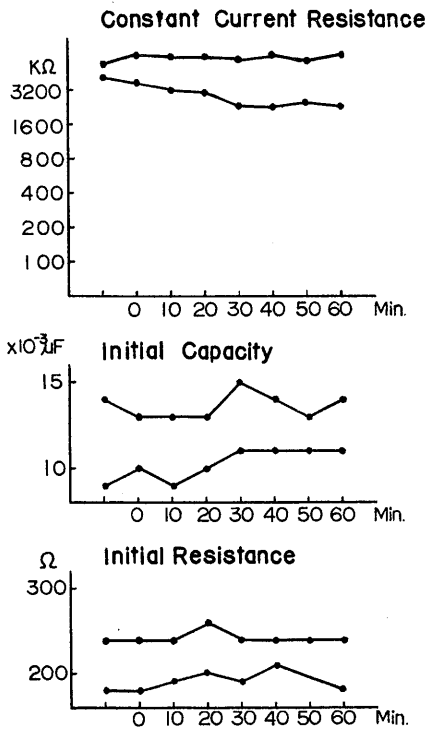


Fig. 18. Atropin test 10~15°C

a) アドレナリン試験

図17に代表として2例を示してあるが、全例共「初期容量」「初期抵抗」及び「直流抵抗」は注射の前後に於いて殆んど変化しなかった。

b) アトロピン試験

図18に代表として2例を示してあるがアドレナリン試験と同様全例に於いて「初期容量」「初期抵抗」及び「直流抵抗」は、注射の前後に於いて殆んど変化しなかった。

c) ピロカルピン試験

図19に代表として2例を示してあるが、「初期容量」と「初期抵抗」は前2者の試験に於けると同様注射の前後に於いて殆んど変化しなかった。しかし「直流抵抗」は全例共著明に変化した。即ち注射10~20分後に抵抗値は急激に低下し、かかる低い状態が2~3時間持続し、徐々

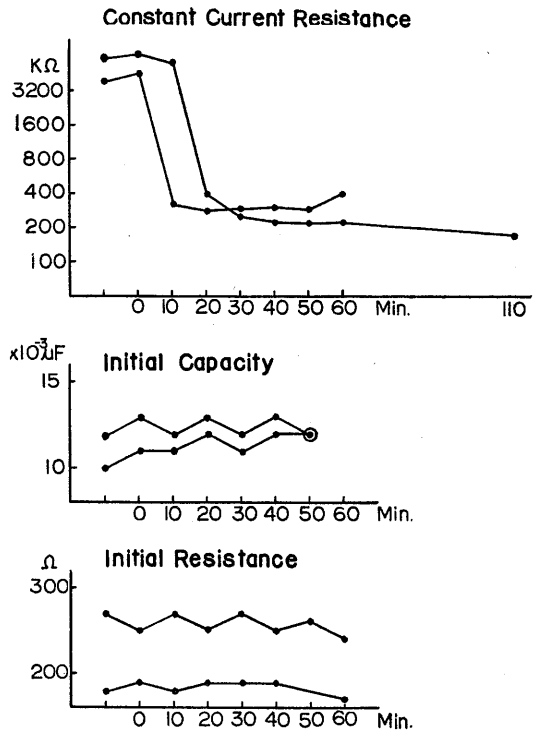


Fig. 19. Pilocarpin test 10~15°C

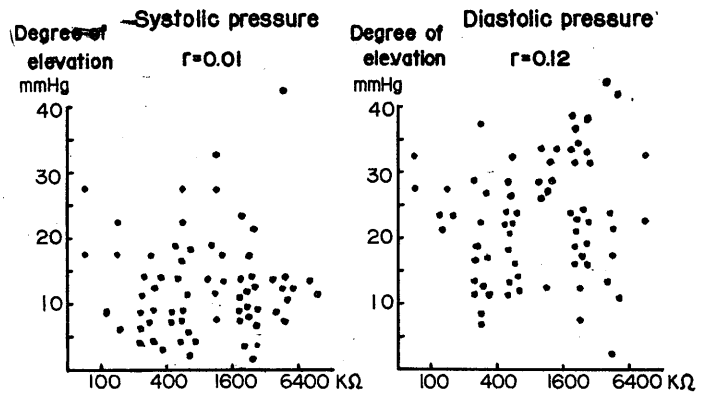


Fig. 20.

Correlation between cold pressure test and constant current resistance.

に復帰した。しかもこの現象が、被検部は勿論、顔面に肉眼的発汗を認めない場合にも起ったことは特筆に値する。尙1例ではあるが無汗症の患者で、かかる現象が見られず、注射後40分して漸く抵抗値が下り始めたが、発汗は勿論認めず、その低下度も極めて少ないことを経験した。

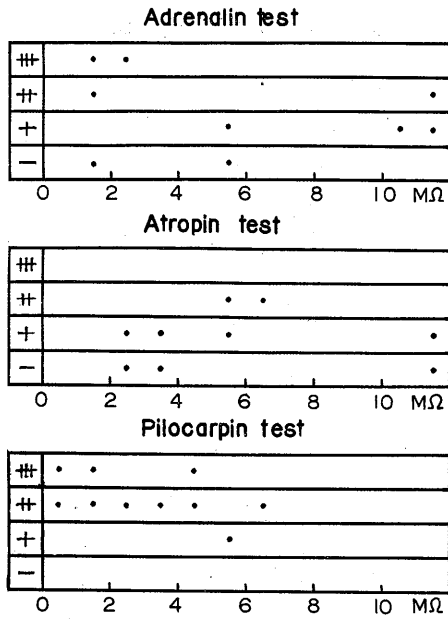


Fig. 21.

Correlation between autonomic nervous function test and constant current resistance.

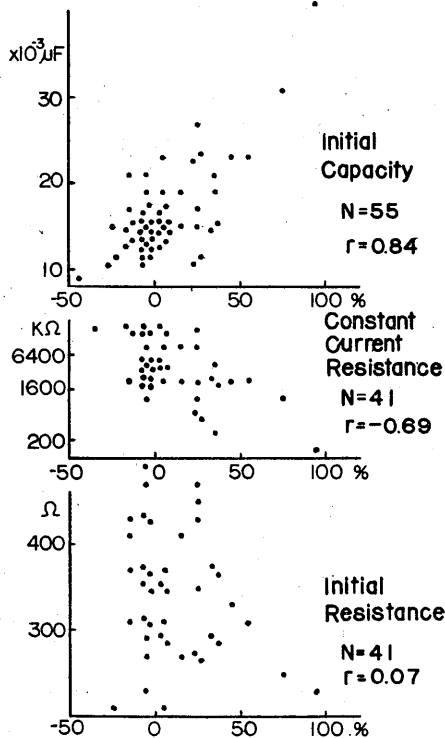


Fig. 22.

Correlation between basal metabolism rate and electrical properties of the skin.

10) 「直流抵抗」と1, 2の自律神経機能検査法との相関

前述の如く「直流抵抗」は汗腺の活動によって大いに影響されるので、汗腺の活動の示標として「直流抵抗」を測定し、それと1, 2の自律神経機能検査法との関係を検討した。

a) 寒冷昇圧試験との相関

12~13才の健康な男女学童92例を対象とし、2月という寒い季節に拘らず室温を25~30°Cとし、汗腺の活動を高めた状態で「直流抵抗」を測定し、それと相前後して寒冷昇圧試験を行ない、最高血圧及び最低血圧の上昇度と「直流抵抗」との相関性を検討した。図20がその結果である。即ち最高血圧の上昇度との相関係数は0.01以下で両者の間に有意の相関を認めず、最低血圧の上昇度との相関係数も0.12で両者の間に有意の相関を認めなかった。

b) アドレナリン試験、アトロピン試験、ピロカルピン試験との関係

未だ例数が少なく各10例であるが、60才以上

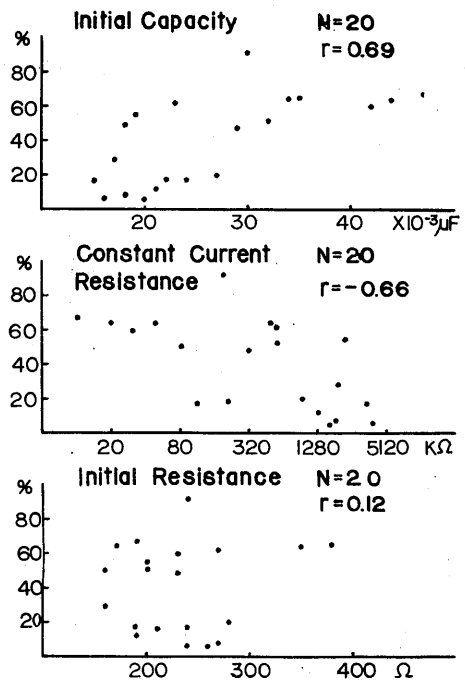


Fig. 23.

Correlation between  $I^{131}$  uptake and electrical properties of the skin.

の男女を対象とし、室温 10~15°C の下で測定し、各試験の判定結果と薬物注射前の「直流抵抗」との関係を見たが、図21に示す如く一定の傾向は認められなかった。

11) 1, 2の甲状腺機能検査法との相関

冲中内科に入院又は外来通院中の20~50才の女子患者を対象とし、室温 10~15°C の下で測定した皮膚電気抵抗値と基礎代謝率及び I<sup>131</sup> 摂取率との相関性を検討した。

A) 基礎代謝率との関係

甲状腺機能障害の有無を問わず、基礎代謝率を測定した患者を対象とし、基礎代謝率測定直後皮膚電気抵抗を測定し、両者の相関性を検討した。図22がその結果である。

a) 「初期容量」

55例についてみるに、相関係数 0.84 という密なる正の有意の相関を示している。

b) 「直流抵抗」

41例についての相関係数は -0.69 で負の有意の相関を示した。

c) 「初期抵抗」

41例についてみたが、相関係数は 0.07 で有意の相関を認めなかった。

B) I<sup>131</sup> 摂取率との相関

冲中内科甲状腺外来に通院中で治療前のもの20例を対象とし甲状腺の直上と思われる喉頭部の皮膚電気抵抗と24時間後の I<sup>131</sup> 摂取率との相関性を検討した。図23がそれである。

a) 「初期容量」

相関係数は 0.69 で I<sup>131</sup> 摂取率との間に有意の相関を認めた。

b) 「直流抵抗」

相関係数は -0.66 で I<sup>131</sup> 摂取率との間に有意の負の相関を認めた。

c) 「初期抵抗」

相関係数は 0.12 で I<sup>131</sup> 摂取率との間に有意の相関を認めなかった。

IV. 考 察

従来皮膚電気抵抗として臨床的に用いられて来たのは専ら所謂残当電流即ち本論文に於ける

「直流抵抗」であって、それに関する研究は枚挙にいとまがないが、通電後極く初期の電流経過を表わす「初期容量」並びに「初期抵抗」については、測定法があまりにも複雑で困難なため未だ臨床的に用いられる迄に到っていない。そのため上記測定結果の項では、従来よく知られている「直流抵抗」と、新しく測定した「初期容量」及び「初期抵抗」を言わば横の面から比較しながら述べたのであるが、本項では前述の測定結果を縦の面から望める意味で、「初期容量」「初期抵抗」「直流抵抗」の3項に分けて考察を加えることにする。

a) 「初期容量」

「初期容量」が由来する場所に関しては、未だ諸家の見解の一致を見ず、Gildmeister<sup>20)</sup>は発芽層に、Lullies<sup>22)</sup>、朴沢<sup>23)</sup>は角質層に、Ebbecke<sup>24)</sup>は透明層及び顆粒層にその所在を想定しているが、それが表皮に由来する点では諸家の見解は一致している。このことは、著者も既に<sup>18)</sup>簡単な発疱膏試験に於いて証明した所である。即ち「初期容量」は表皮の或種の形態的性質を表わしているのである。

Table 1. Correlation among various thyroid function tests.

WAKISAKA	
Combination of function test	Correlation coefficient
I <sup>131</sup> Uptake & B.M.R.	0.59
I <sup>131</sup> Uptake & P.B.I.	0.56
I <sup>131</sup> Uptake & Thyroid clearance	0.41
I <sup>131</sup> Uptake & I <sup>131</sup> Conversion ratio	0.73
B.M.R. & P.B.I.	0.65
B.M.R. & Thyroid clearance	0.67
B.M.R. & I <sup>131</sup> Conversion ratio	0.51

Author

B.M.R. & Initial Capacity	0.84
I <sup>131</sup> Uptake & Initial Capacity	0.69

所で「初期容量」は、図2, 3に示す如く時間的に殆んど変化せず図10に示す如く室温を変えても差が見られず、図17, 18, 19に示す如く薬物を注射しても大して変動していない。このことは「初期容量」の本態が表皮に由来することから当然予想される所であるが、かく外的条件によって殆んど変化しない事は、「直流抵抗」の如く変動し易いものとは反対に、これを臨床的に応用する場合、室温、時間に関係なく1度の検査で略々信頼し得る結果が得られることを示唆している。

さて「初期容量」と1, 2の甲状腺機能検査法との相関に於いて「初期容量」と基礎代謝率との相関係数は図22にしめす如く0.84で、「初期容量」と $I^{131}$ 摂取率との相関係数は、図23に示すごとく0.69である。このことは、脇坂<sup>25)</sup>が発表した従来知られている種々の甲状腺機能検査法相互の相関係数(表1参照)より「初期容量」と基礎代謝率及び「初期容量」と $I^{131}$ 摂取率との相関係数の方が、より大きいことを表わしている。かくの如く「初期容量」と基礎代謝率及び $I^{131}$ 摂取率とが、密なる相関を有している理由については未だ不明であるが、甲状腺機能亢進症患者と、甲状腺機能低下症患者の間で皮膚の肉眼的性状が異なるという、既に臨床的に知られた事実とよく一致している。しかしてこのことは本研究により初めて明らかにされたことであるが、「初期容量」が皮膚の性状の変化を客観的に表わす、新しい1つの甲状腺機能検査法として役立つであろうことを示唆するものである。

尙図1に示す如く、身体の左右同一の皮膚分割で「初期容量」が殆んど変わらないということは、逆に左右差がある場合、それが異常であることを示しており、臨床的にその原因を追究する手掛りとなる。

次に一卵性双生児に於いて図14にしめす如く「初期容量」が有意の相関を有することは、皮膚の電気的性質の遺伝性を考える場合参考となるであろう。

尙「初期容量」が図4に示す如く、60才以上の高齢者に於いて小さくなり、性別によっても

図7に示す如く女子が男子より小さいことの理由については未だ不明であるが、何か新陳代謝状態或いはホルモンが影響しているものと考えられる。

#### b) 「初期抵抗」

「初期抵抗」が内部組織の抵抗を表わしていることは、既に朴沢<sup>15)</sup>により指摘されており、著者も発疱膏試験<sup>18)</sup>に於いて証明することが出来た。

一方浅井<sup>20)</sup>は体重/身長と、腹部皮下脂肪層厚度との関係をしらべ両者の間に密なる相関があることを報告している。従って図13に示す如く、体重/身長と「初期抵抗」との間に密なる有意の相関が認められることは、「初期抵抗」と皮下脂肪層厚度とが或る程度関係を有することを示唆するものであろう。

尙年令的に図5に示す如く、60才以上の高齢者に於いて「初期抵抗」が小さくなり、性別では図8に示す如く女子が男子より有意の差をもって大きい。その真の理由は不明であるが、前述の如く、「初期抵抗」と皮下脂肪層厚度との間に、或る程度のあることが予想され、一方皮下脂肪層厚度が高年齢で減じ、又女子で増加する(浅井<sup>20)</sup>)ことから、この間の事情は或る程度表わされていると考える。

又図16に示す如く一卵性双生児に於いて「初期抵抗」が有意の相関を有していることは、内部組織の電気抵抗の遺伝性を考える場合参考となるであろう。

尙「初期抵抗」が「初期容量」と同様に、時間的にも(図2参照)室温が変わっても(図11参照)、又薬物を注射しても(図17, 18, 19参照)殆んど変化しないことは、「初期抵抗」が内部組織の抵抗を表わす点から当然予想される所である。又かく外的条件によって殆んど変化しないことは、これを臨床的に応用する場合、室温、時間に関係なく1度の検査で略々信頼し得る結果が得られることを示唆している。

又「初期容量」と同様、図1に示す如く、身体の左右同一部位で殆んど差がないことは、逆に左右差がある場合、これを直に異常な所見とし

て、臨床的にその原因を追求する手掛りとなる。

### c) 「直流抵抗」

「直流抵抗」が汗腺の活動により大いに影響されることは、Wagner<sup>26)</sup>, Thomas<sup>27)28)</sup>, 増井<sup>29)</sup>, 須知<sup>30)</sup>等より既に証明されている。即ち「初期容量」「初期抵抗」が表皮並びに内部組織の形態的性状を表わしているのに反し、「直流抵抗」は汗腺の活動という1つの自律神経機能を表わすものである。従って「初期容量」「初期抵抗」が、室温、薬物の投与摂食等外界の条件により殆んど変化しないの比べ、「直流抵抗」は室温の変化、薬物の投与等外界の条件により大きく変動するのである。このことは「直流抵抗」が汗腺の機能に重要な関係がある事から当然のことと言えるし、逆に条件さえ一定にするならば「直流抵抗」の変化が自律神経機能状態の一面を表わす一示標になることを示している。

例えば1日中で時間的に「直流抵抗」が大きく変化することは、図2に示す如くであるが、Regelsberger<sup>2)</sup>を初めドイツ学派はこの変化様式を疾患診断の補助手段にしたり、又薬物の効果判定に使用している程である。

又図19のピロカルピン試験で見られる如く、汗腺の活動を一過性に追跡する単時間の検査には十分役立ち得るのである。しかも発汗が肉眼的に認められない場合にも「直流抵抗」が著明に変化を示した事実から此方法が汗腺の機能検査法としても臨床的価値の大きいことを物語っている。

尚2月という寒い季節に拘らず室温を25～30°Cに保ち、汗腺の活動を高めた状態で「直流抵抗」を測定し、双生児の卵性間に差がありや否やを検討した所、図16に示す如く、一卵性で密なる有意の相関を示したに反し、二卵性では有意の相関を認めることが出来なかった。このことは、自律神経機能の遺伝性を考える上に参考となると共に「直流抵抗」が、ある環境条件にすれば、自律神経機能検査法として役立ち得ることを示すものである。

次に「直流抵抗」が独立した自律神経機能検査法として役立つものなりや否やを見るため、

2, 3の自律神経機能検査を行なう前に測定した「直流抵抗」と施行した自律神経機能検査の判定結果を比較した。その結果は図20に示した如く、寒冷昇圧試験の結果と「直流抵抗」の間には有意の相関が認められず、又極く少数例ではあるが、図21に示す如くアドレナリン試験、アトロピン試験、ピロカルピン試験の判定結果と「直流抵抗」の間に一定の傾向を認めなかった。従ってこのことは「直流抵抗」が独立した1つの自律神経機能検査法となり得るであろうことを示唆していると言える。

尚「直流抵抗」がペセドウ氏病の時低くなり、粘液水腫の場合高くなることはRegelsberger<sup>2)</sup>初め多くの研究者により認められているが、図22に示す如く、基礎代謝率と「直流抵抗」との間には有意の負の相関があり、図23に示す如く、I<sup>131</sup> 摂取率と「直流抵抗」の間にも有意の負の相関がある。しかしこのことは室温10～15°Cという一定の温度条件の下で認められたことである。「直流抵抗」が室温により大いに影響されることを考えると、「初期容量」と1, 2の甲状腺機能検査法との間に見られた相関の如く、かかる有意の相関が、あらゆる温度条件の下で認められるわけには行かないであろう。

「直流抵抗」の左右差については、Baitsch<sup>31)</sup>は右が左より低いと言ひ、松本<sup>32)</sup>、問田<sup>33)</sup>は左右差なしと報告しているが、著者は後者と同じく図1に示す如く推計学的に処理した所では左右差を認めなかった。しかし左右で変動が非常に大きいから、少し位の差で左右差の問題を軽々しく判断することは出来ない。この点臨床的に応用する際十分の注意を要することである。

又「直流抵抗」が図3に示す如く、時間的に変動し、図12に示す如く室温によっても大きく影響されることは、既にRegelsberger<sup>2)</sup>及びその協同研究者により認められている所であるが、このことは唯1回だけの測定では「直流抵抗」を決定し難いことを示している。

## V. 総括並びに結論

皮膚電気抵抗の中、既に生理学的意義が判明

している「初期容量」「初期抵抗」「直流抵抗」を、簡単に測定し得るよう試作した電子管装置の臨床的応用性を検討するため、先ず健康者を対象として基礎的事項を検索し、次でその臨床的応用性を、主として甲状腺機能との関連性の面で追究し、2, 3の成績を得たので記載した。

#### a) 「初期容量」

1) 基礎代謝率及び  $I^{131}$  摂取率との間に密なる有意の相関を有し、その相関係数は夫々 0.84 と 0.69 である。従って「初期容量」が新しい1つの甲状腺機能検査法となり得るであろうことを示唆した。

2) 一卵性双生児の間で有意の相関を認め相関係数は 0.72 であった。この点は表皮の電気的性質の遺伝性を考える場合1つの参考となる。

3) 60才以上の高齢者は、若年者より有意の差をもって「初期容量」が小さくなる。

4) 女子が男子よりも有意の差をもって小さい。

#### b) 「初期抵抗」

1) 体重/身長と「初期抵抗」との間に有意の相関を認め、その相関係数は 0.60 であった。このことは「初期抵抗」と皮下脂肪層厚度との相関性を示唆する。

2) 一卵性双生児の間で有意の相関を認め、相関係数は 0.72 であった。このことは内部組織の電気抵抗の遺伝性を考える上に1つの参考となる。

3) 60才以上の高齢者では、若年者に比べ、有意の差をもってその値が小さくなる。

4) 女子が男子よりも有意の差をもって「初期抵抗」が大である。

#### c) 「直流抵抗」

1) 一卵性双生児の間では密なる有意の相関(相関係数 0.90)を認めたが、二卵性双生児では有意の相関を認めなかった(相関係数 0.20)。このことは自律神経機能の遺伝性を考える上に1つの資料となる。

2) 寒冷昇圧試験の結果との間には有意の相関を認めなかった。即ち最大血圧上昇度との間の相関係数は 0.01 以下で、最小血圧上昇度との

相関係数は 0.12 であった。このことは「直流抵抗」が1つの独立した自律神経機能検査法となり得るであろうことを示唆する。

3) 室温 10~15°C の下では、基礎代謝率との間に -0.69 の有意なる相関を認め、 $I^{131}$  摂取率との間にも -0.66 の有意の相関を認めた。しかし「直流抵抗」は温度により変化するから、あらゆる温度の下で上記の相関が成り立つとはいえないであろう。

4) 温度、摂食等種々の条件により変動し易い。

5) 左右差は認められないが、その変動は大である。

稿を終るに臨み、御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師沖中教授、若林教授及び浴風会尼子博士に深甚なる謝意を表すると共に、終始御指導御鞭撻を賜った虎の門病院葛谷博士、東大講師関博士、東大脳研椿助教授、冲中内科豊倉博士、鎮目博士、三上博士、亀山博士、藤井博士、三村博士、蔵本博士、入江博士に深謝致します。又本研究を進める上に種々御援助、御助言を賜った本学生理若林研究室の方々特に岩崎氏、渡部学士に対し衷心より感謝致します。

尚本研究は昭和32, 33年度文部省試験科学研究費により行われたものである。

#### 文 献

- 1) Gildmeister, M. (1928) Bethes Handbuch d. norm. u. Path. Physiol. 8/2, 658. u. 775
- 2) Regelsberger, H. (1952) Der bedingte Reflex und die vegetative Rhythmik des menschen dargestellt an Elektrodermatogramm. Acta. Neuroveget. Wien Supple 1, 1
- 3) 大庭 寛(1951) 正常な人体皮膚の電気抵抗について 医学研究 25, 1
- 4) Richter, C. P. and Katz, D. T. (1943) Peripheral nerve injuries determined by the electrical skin resistance method. J. A. M. A. 122, 648
- 5) Gougerot, L. (1951) Appareil destimé a tracer directments, sur l'écran d'oscillographe cathodique, le point du plan complexe représentatif d'une impédance. J. Radiol. elect. et Archiv. elect. méd. 32, 57
- 6) Gougerot, L. et Chanteur, J. (1952) Variations électriques de l'effecteur cutané dans le réflexe psychogalvanique. J. de Physiol. 44, 45
- 7) Gerstner, H. und Gerbstadt, H. (1949) Der Wechselstrom Widerstand des menschlichen Haut. Pflügers Arch. ges Physiol. 252, 111
- 8) 三田俊定(1953) インピーダンス測定法とその診断



- 学的応用 (本川: 医学生物学電気的実験法) 3版 367 (南山堂)
- 9) 長田泰公・山田進弘(1952)人体皮膚交流抵抗と周波数との関係 日本生理誌 **14**, 209
  - 10) Croon, R. (1953) Elektro-Neuraldiagnostik: ein Beitrag zum Probleme der Nervendynamik. Acta. Neuroveget. **5**, 352
  - 11) Strum, A. und Ludwigs, N. (1955) Untersuchungen zur diagnostischen Brauchbarkeit von Wechselstrommessungen an der Körperoberfläche in der Elektro-Neuraldiagnostik. Croons, Acta. Neuroveget., Wien. **10**, (3), 289
  - 12) Gildmeister, M. (1911) Theoretisches und Praktisches aus der neueren Elektrophysiologie. Münch. med. Wochenschr. **21**, 20
  - 13) Einthoven, W. u. J. Bijtal (1923) Über Stromleitung durch den menschlichen Körper. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **198**, 439
  - 14) Strohl, A. (1921) Sur la résistance électrique apparente du corps humain pour la convants de faible durée. Compt. rend. des séances de la soc. de biol. **85**, 125
  - 15) Hosawa, S. (1928) Die "Anfangszacke" des elektrischen Stromes durch den Menschen Körper, betrachtet als Ladungserscheinung der Polarisation-Kapazität der Haut. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **219**, 111
  - 16) Wakabayashi, T. (1939) Über den Verlauf des Schwachen Stromes durch den menschlichen Körper. Jap. J. of med. Sci. III. Biophysic. VI **2**, 77
  - 17) 高木末夫・藤崎博也・渡部昭三(1955)皮膚電気抵抗測定法 昭和30年度科学試験研究集録(医学, 薬学編) 364
  - 18) 中西孝雄(1959)新しい皮膚電気抵抗測定法とその応用 I. 日本生理誌 **21**, 1279
  - 19) Zach, F. S. und R. Pavelka (1953) Probleme und Ergebnisse nach den bisherigen Erfahrungen mit der modifizierten Elektrodermatometrie. Arch. Phys. Ther. **5**, (5) 335
  - 20) 浅井 昇(1932)身体各部の皮下脂肪層厚度の年令の差異 児科雑誌 **389**, 1960
  - 21) Gildmeister, M. (1922) Zur Theorie der sekundärelektromotorischen Eigenechaften der menschlichen Haut. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **195**, 112
  - 22) Lullies, H. (1928) Die Polarization der Haut. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **221**, 296
  - 23) Hozawa, S. (1932) Über die Polarizationskapazität der menschlichen Haut als Funktion der Wechselstromfrequenz. Zeitschr. f. Biol. **92**, 209
  - 24) Ebbecke, U. (1951) Arbeitsweise der schweissdrüsen und sudomotorische Reflexe bei unmittelbarer Beobachtung mit Lupenvergrößerung. Pflügers Arch. **253**, 349
  - 25) 脇坂行一(1958)放射性同位元素による甲状腺機能検査法を中心として 日本内科誌 **46**, (10) 34
  - 26) Wagner, H. N. (1952) Electrical skin resistance studies in two persons with congenital absence of sweat glands. Arch. Derm. & Syphyol. **65**, 543
  - 27) Thomas, P. E. and Korr, L. M. (1957) Relationship between sweat gland activity and electrical resistance of the skin. J. Appl. Physiol. **10**, (3), 505
  - 28) Thomas, P. E. and Korr, L. M. (1952) Significance of area of low ESR. Fed. Proceed. **11**, 162
  - 29) 増井市郎 (1942) 人体発汗時の皮膚電気抵抗変化 日本生理誌 **7**, 448
  - 30) 須知泰山 (1952) 表皮電気抵抗に関する実験 日本生理誌 **14**, 210
  - 31) Baitsch, H. (1954) Zur Beurteilung der Norm in Elektrodermatogramm. Arch. Phys. Ther. Lpz. **6**, (5), 390
  - 32) 松本良二 (1952) 人体皮膚電気抵抗について 日本生理誌 **14**, 209
  - 33) 問田直幹・天津伊知雄(1953)小児の健康な皮膚の電気抵抗について 日本生理誌 **15**, (4), 139

### Summary

The principle of the method and the results of preliminary experiments of an electronic apparatus constructed by the present author to measure electric properties of the human skin were reported in the previous paper. In the present report the results of its clinical application were described.

Electrical properties of the skin were measured in healthy control subjects and in patients with thyroid disease. Particular emphasis was laid on the correlation between thyroid function tests and electrical properties of the skin.

#### a) "Initial Capacity".

- 1) significant correlation of initial capacity with B, M, R. ( $r=0.84$ ) and with  $I^{131}$

uptake ( $r=0.69$ ) was found. This would suggest the usefulness of initial capacity as a thyroid function test.

2) Significant correlation was found between each of the monozygotic twins (0.72), indicating the possible hereditary factor of electrical property of the skin.

3) Subjects above 60 years were found to have initial capacity which was significantly lower than the young age group.

4) Females had significantly smaller initial capacity than males.

b) "Initial Resistance".

1) Correlation between  $\frac{\text{Body weight}}{\text{Body length}}$  and initial resistance was significant (0.60), suggesting the influence of thickness of subcutaneous fat layer on initial resistance.

2) Between each of the monozygotic twins significant correlation was found (0.72), indicating the possible hereditary factor of electrical property of the skin.

3) Subjects above 60 years were found to have initial resistance which was significantly lower than the young age group.

4) Females had significantly larger initial resistance than males.

c) "Constant Current Resistance".

1) Significant correlation was found between each of the monozygotic twins (0.90). In dizygotic twins, however, correlation was very poor (0.20), giving a material to consider the hereditary factor of autonomic function.

2) No significant correlation was found between constant current resistance and the results of cold pressure test. Correlation coefficient between elevation of systolic pressure and constant current resistance was less than 0.01 and that between elevation of diastolic pressure and constant current resistance was 0.12, suggesting the value of constant current resistance as a independent autonomic function test.

3) At the room temperature of 10-15°C, the negative correlation between constant current resistance and B. M. R. was significant (-0.69), also between  $I^{131}$  uptake and constant current resistance (-0.66). Considering the effect of temperature on constant current resistance this observation is not necessarily valid in other temperature range.

4) Constant current resistance was easily changeable due to temperature functions and dietary uptake.

5) No right-left difference was noted, although variation was very pronounced.

*(Third Department of Internal Medicine, University of Tokyo School of Medicine)*

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

## ヒキガエルの脊髄前角に於ける運動ノイロン

の組織学的分布に就いて 611.82-018

The Motoneuron Groupings in Toad's Spinal Cord.

田 里 健 二 (TASATO-Kenji)\*

### I. 緒 論

前角運動ノイロンの組織学的並びに機能的局在に就いては Sherrington<sup>15)</sup>の研究以来 Marin-escio<sup>9)</sup>, Sano<sup>14)</sup>, Bruce<sup>5)</sup>, Bok<sup>4)</sup> 等多くの学者が競って研究し、夫々一定の法則を発表し、一定の筋は前角の一定の細胞群によって支配されていると言っている。最近では、Elliott<sup>7)</sup> は正常人体で組織学的に、Silver<sup>16)</sup> はカエルの脊髄で前角細胞群の構築及び電気刺激により局在を研究し、Romanes<sup>10)11)</sup> は人の胎児および胎生期の仔クジラについて、又 Romanes<sup>12)</sup> および Balthasar<sup>1)</sup> はネコの脊髄につき詳しい研究を行っている。

更に Romanes<sup>13)</sup> はカエル、カメ、ネズミ、ウサギ、スズメ、クジラその他種々の脊髄運動にもふれている。

以上の様に、脊髄前角運動ノイロンの局在性は多くの人々によって諸種の動物につき主として解剖学的方法により研究されていて、殊にネコに於いては組織学的にも、機能的にも局在が判然と認められている。然し Romanes や Silver によってもカエルでの実験ではネコよりも細胞群の群別が判然とせず、又機能的にも不明な点が多い。日本で以前からカエルやヒキガエルの脊髄が神経生理の研究に多く利用されているのに鑑み、ヒキガエル脊髄について組織学的検索と生理学的方法を併せ用いてこの問題を追求しようとして実験を行なった。本論文に於いては先ずそれらのうちの組織学的所見に就いて記述する。

### II. 実験方法

約300g のヒキガエル (*Bufo vulgaris formosus*) の脊髄を用い、Nissl 染色、ヘマトキシリン染色、Golgi 染色等を行ない、前2者では20 $\mu$ 、Golgi 染色では40 $\mu$  の横断連続切片を作製して観察した。

先ずヒキガエルを無麻酔の状態に腹位に固定し、背側より脊椎腔を開き、根を切断し、ついで延髄を横断し、脊髄を摘出した。

Nissl 染色、ヘマトキシリン染色では、脊髄を摘出後直ちに96%アルコールに埋浸し、約1週間固定し、3週間の脱水の後型の如く celloidin に包埋して20 $\mu$  の連続切片を作り染色した。

Golgi 染色では20% 中性ホルマリン溶液に37°C に保ちつつ24時間固定し、2.5% 重クロム酸カリ液に48時間浸してクロム化し、洗滌後0.75% 硝酸銀液にて24時間鍍銀し再び水洗後脱水し celloidin 包埋を行ない、40 $\mu$  の連続切片を作り還元、定着し鍍金した。

### III. 実験成績

#### A. 前角運動細胞の形状

ヒキガエルの前角運動細胞は、人、ネコより個体の大きさに比し比較的大きな細胞が多い。前角には大小種々の大きさの神経細胞が存在し、小なるものでは介在神経細胞との区別が困難である(第1図)。Golgi 染色では長短、大小の区別が判然とする。前角運動細胞の大きさを大体大、中、小の3種に大別し、大細胞は長径55 $\mu$  前後或いはそれ以上、で短径は30 $\mu$  前後のものを言い、主として多角形、菱形或いは紡錘形を呈する。小細胞は長径、短径各々20 $\mu$ 、5 $\mu$  前後或いはそれ以下で卵形、楕円形或いは円形

\* 京都大学医学部生理学教室

[昭和34年8月28日受付]

を呈し桿状を呈するものもある。中細胞は大細胞と小細胞との中間で長径  $40\mu$ 、短径  $20\mu$  前後のもので桿状を示すものが多い。

Nissl 染色によると原形質は濃染する Nissl 顆粒を有し、核は円形或いは楕円形を呈し、通常 1 個の核小体を包含している。神経細胞より軸

索の出る原形質の部は弧状に Nissl 顆粒が消失し起始円錐を作る。この部の存在により細胞の突起を軸索突起と樹状突起とに分け得るが、起始円錐の不明のものでは的確にそれらを区別することは困難である。

Golgi 染色によれば軸索突起は起始円錐を離れると先ず細くなり、更に離れると急に太さを増しそれ以後は同じ太さとなる (第 1 図右)。これはネコの動眼神経核に於ける Lorente de N $o$  8<sup>8)</sup> の所見と一致している。

樹状突起は軸索突起より短かく数も多く、分

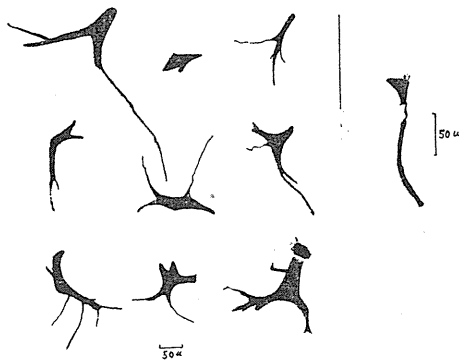


Fig. 1.

Motoneuron types in toad's spinal cord (Golgi stain). Right: Axon with soma partly stained.

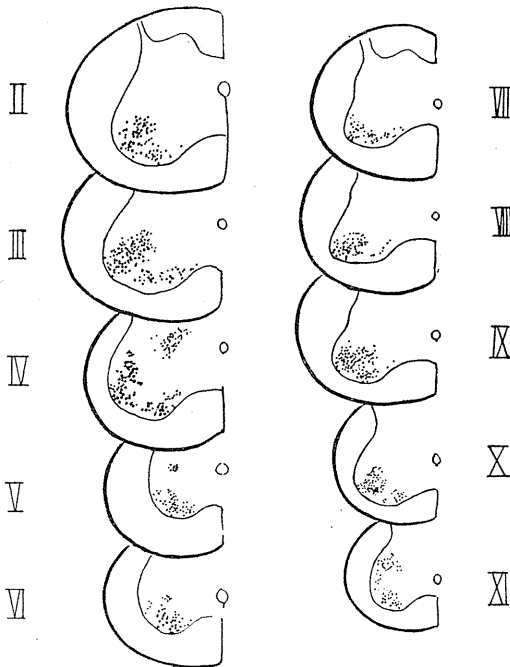


Fig. 2.

Cross-sections of toad's spinal cord showing motoneuron groups. The numbers indicate segmental levels. Each drawing represents the sum of the cells in the segment.

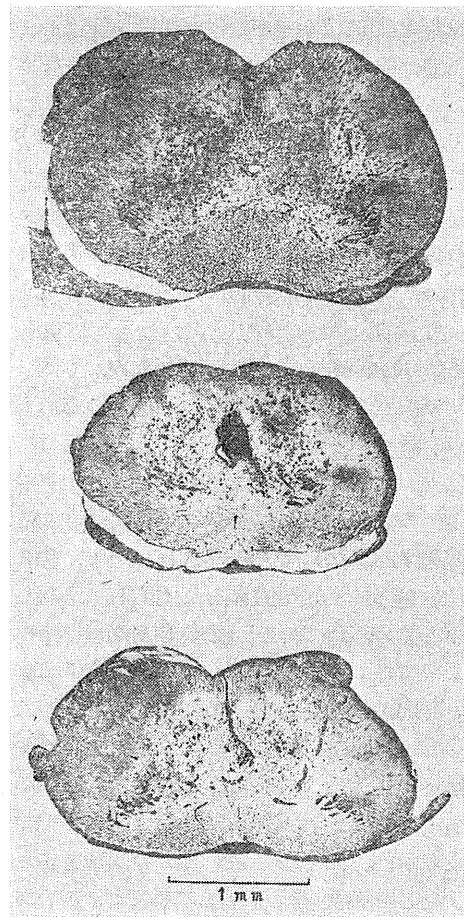


Fig. 3.

Cross-sections of toad's spinal cord showing the difference in size, population and distribution of motoneurons (Nissl stain). Top: III segment. Middle: Lower part of IV segment. Bottom: IX segment.

岐も甚だしい。

### B. 脊髓前角各節に於ける細胞構築の比較

ヒキガエルの前角細胞は、人、ネコ、イヌ等に比して細胞集団の形成は明らかでないが、大体前角の前内側隅より中心管に向う辺縁に沿って排列する内側群と、中心管の前外方より前角外側隅に向って層状に細胞集団を形成する外側群との2群に分ち得る。

ヒキガエルに於いては、第Ⅰ脊髓節は退化している<sup>6)</sup>、第Ⅱ脊髓節以下についてのべる(以下第2図及び第3図参照)。

#### 1. 第Ⅱ脊髓節

延髓の下部から脊髓に連なる所では、あたかも脊髓後角の両側が閉じる様に相接近し遂に接合してY字型乃至T字型の大なる中心管を形成する。第Ⅱ脊髓神経の大部分は舌下神経として *M. geniohyoideus*, *M. sternohyoideus*, *M. omohyoideus* 等強力な舌筋を支配し、同時に固有の脊髓神経として上腕神経叢の形成にも参与する。前者の前角運動ノイロンは、中心管に接して存在し、第Ⅱ脊髓節の頭方に甚だ多数密集している。細胞は円形或いは楕円形の中等細胞で Nissl 染色に濃染する。これは尾方にくにつれて次第に中心管より離れ、前外方に移動し、数が減少し遂には消失する。一方尾方では前角前縁に沿ってあらたに内外2つの集団が現われ、第Ⅲ脊髓節に近づくにつれてこれら細胞群は細胞数および個々の細胞の大きさも増していく。これが後者即ち上腕神経叢形成に参与する前角運動ノイロンである。そのうち、外側群は細長い多角形或いは菱形を呈する大細胞、中細胞が混在し、内側群は数も少なく、中細胞が前内側隅に散在する。何れも Nissl 染色により濃染し、核小体は1個で、顆粒は濃染し、起始円錐の位置が判然とするものが多い。

#### 2. 第Ⅲ脊髓節

灰白質は蝶の翅の様な格好をして、前角は外側隅の突出が特に目立っている。外側群の細胞は Nissl 染色でよく染まり、中細胞が全節中最も多く、大及び小細胞は少ない。これら細胞の長軸の方向は大体一致し、中心管の近くから前

角前縁にかけて同心円状の層状をなして排列している。内側群の細胞数は外側群に比して非常に少なく、小中細胞が主をなし、大細胞も少し混在している。大部分は円形で星芒状を呈するものもある。これら内側群の細胞は前角内側縁に群集するが、尾方にゆくにつれて次第に数をます。

#### 3. 第Ⅳ脊髓節

脊髓上部(第Ⅱ、第Ⅲ節)及び下部(第Ⅷ～第Ⅺ節)に比較すると第Ⅳ節より第Ⅶ脊髓節にかけて前角運動細胞群の趣は一変する。これらの各節では、細胞の排列、細胞体の大きさ、数、灰白質の形状等すべて互いに類似している。これらは第Ⅳより第Ⅶ脊髓節が軀幹筋を支配していることに対応するものと考えられる。

第Ⅳ脊髓節は、灰白質が中心管を中心としてほぼ円形を呈し、前角運動細胞数は著しく減じ、灰白質外側縁及び内側縁に沿って一列に排列している。外側群の細胞は円形或いは三角形を呈する中細胞以下のもので数個一列に散在し、内側群は星芒状を呈し、前者より大細胞が増しているが、主として中細胞が前内側隅に集り一見判然とした細胞集団を作っているのが特徴である。尙前角運動細胞と異なるが、中心管の外方に、円形の細細胞集団がある。これは第Ⅳ脊髓節より第Ⅶ脊髓節にわたって明瞭に見られるものである。又第Ⅺ脊髓節にも同様な細胞群が認められる。これらの機能は明らかでないが、自律神経性のものかも知れない。

#### 4. 第Ⅴ脊髓節

前節と同じ構築を示し、外側群は全節中最も数が少なく且細胞は内側細胞よりも細長い。内側群はよく発達し外側群よりも細胞数は多く中細胞を主とし、次に大細胞が多く、小細胞も僅か混在し、判然とした集団を作っている。その他中心管外方の小円形細胞集団があるのは第Ⅳ節と同じである。

#### 5. 第Ⅵ脊髓節

脊髓断面の大きさが一番細小で前角運動細胞数も少ない。外側群の細胞は極めて細長い細胞で、数も少なく一切片に数個散在する。内側群

の細胞は三角形を呈する中細胞が主で大細胞も混在し、小細胞は殆んどない。この節でも内側細胞数は外側群よりも多い。中心管外方の小円形細胞は下位にゆくにつれて次第に減少する。

6. 第VII脊髄節

灰白質は馬蹄形状を呈し、依然として内側群の大細胞は多く、長軸は前角内側縁に沿っている。外側群の細胞は三角形を呈し、中細胞が多い。外側群細胞数は内側群よりも増してくる。尙後角の中心管外方に小円形細胞集団が僅かに残存する。

7. 第VIII脊髄節

第VIII脊髄節以下第X脊髄節までは細胞構築、大きさ、形等類似し、灰白質は次第に前外方に発達し、丁度H字型を示す。前角運動細胞数は急に増し、殊に外側群は著明にまし、一切片に十数個の細胞が見られることが多く、中心管より前外方にわたり層状に重なり排列する。細胞は中細胞が主である。内側群は非常に細胞数が

減少し一切片に 0~2,3 個見られる程度であるが、中細胞が多い。

8. 第IX脊髄節

細胞構築は大体第VIII脊髄節と同じであるが、外側群の細胞数が非常にましてくるが、内側群は発達悪く細長い小細胞集団となる。

9. 第X脊髄節

上位では第IX脊髄節と大体同じ構築で外側群は星芒状或いは円錐形の中細胞以下の細胞が多いが、内側群はやはり細胞数は少なく、小円形、三角形を呈する中細胞以下の細胞が数個散在する。灰白質は下位にゆくにつれて発達が悪く円形を呈する。同時に外側群は次第に細胞数が減少し、小細胞がましてくる。これに反し、内側群では次第に数がふえ、円形を呈するようになる。又第XI脊髄節の上位では再び中心管外方に小円形の細胞群が見られる様になる。

10. 第XI脊髄節

第XI脊髄節のうち上位のものは、第X脊髄節

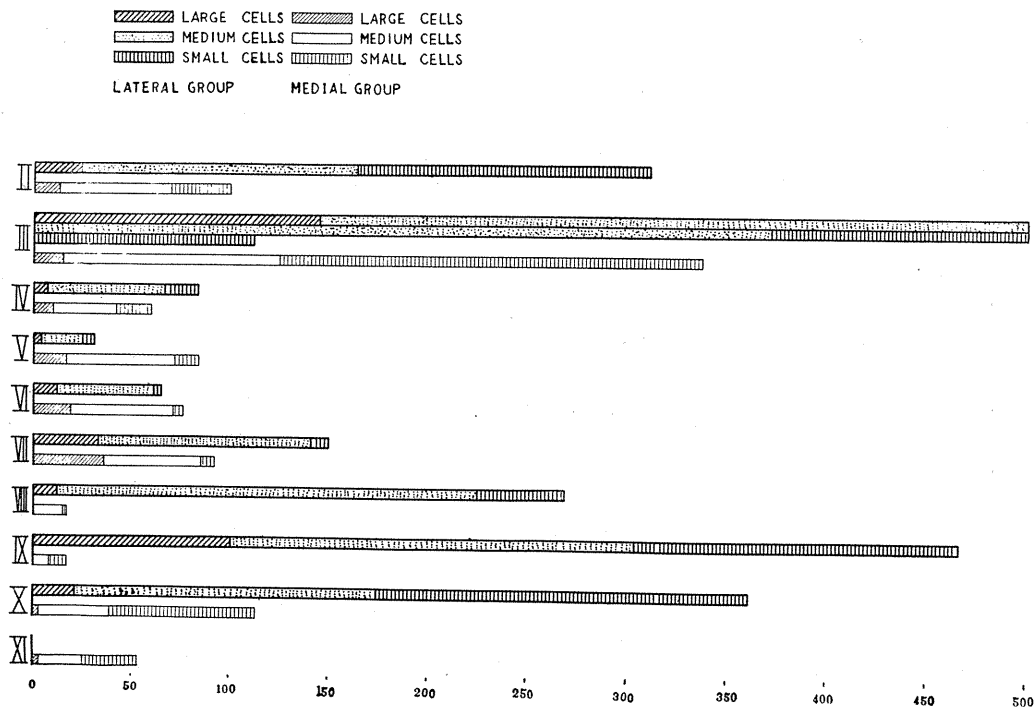


Fig. 4.

Total number of motoneurons on one side in each spinal segment, classified by the cell size and groupings. Ordinate: Segmental levels. Abscissa: Number of motoneurons.

の下位構築に類似しているが、下位にいくにつれて内側群及び外側群が互いに融合し、中心管の前外方に1つの細胞群を形成し最早両者を区別し難くなる。細胞は細長く中細胞, 小細胞が多く, 数も減少し, 一切片に2~3個となる。中心管外方の小円形細胞集団は下位にゆくにつれてよく発達するが, 前角運動細胞の消失と共にこれも消失していく。

C. 各節に於ける前角運動ノイロン数

Nissl 染色の連続切片について, 脊髓各分節の運動ノイロンの総数を数えて, 第1表及び第4図の結果を得た。第II分節の数値は舌下神経核の運動ノイロン数を含んでいない。脊髓半側の運動ノイロンの総数は, 左側3798, 右側3709であって, その差2.1%, これをカエルでのBirge (右3385, 左3375)<sup>2)3)</sup>やSilver (右3546, 左3542)<sup>6)</sup>の計測にくらべると左右の均等性は良好でない。また脊髓を前肢を支配する部分(第II節, 第III節), 軀幹を支配する部分(第IV~第VII節), 及び後肢を支配する部分(第VIII節~第XI節)に区分し, 各区分内運動ノイロン数を総数にたいするパーセントで表わすと, 左側ではそれぞれ49%, 17%, 34%, 右側では47%, 18%, 35%となっている, Silverは同じくカエルでbrachial cord, 52~56%, thoracic cord 8~12, lumbar cord 34~39%の値を得ている。両者を比較す

るとヒキガエルではカエルと比較して, 前肢支配の運動ノイロン数が相対的に少なく, 軀幹を支配する運動ノイロン数が相対的に多いという結果になっている。

IV. 考 察

緒論で述べた様に, 脊髓前角に於ける運動細胞群の構築について既に多くの研究があるが, その分布についてはそれぞれの研究結果に多少の差異こそあれほぼ一致した成績がしめされている。筆者の研究も諸種の脊椎動物に於ける研究報告と大体一致した結果を得ている。

本研究に於いて著者は, ヒキガエルの脊髓前角細胞群を内側群, 外側群の2群に分類したが, 各分節に於ける内側群, 外側群の細胞群の比率はほぼSilverのカエルに於ける値と一致している。したがって外側群は四肢筋を支配し, 内側群は軀幹筋を支配するというSilverの所見はヒキガエルに於いてもほぼあてはまるものと考えられる。

更にSilverはカエルの脊髓で外側群を背側, 腹側に2分し, 電氣的刺戟を用い, それぞれの機能を分析している。又Romanes<sup>12)13)</sup>はネコ等色々の脊椎動物で逆行性変性を利用し, 外側群を背内側と腹外側に分ち, それぞれの機能をも分析している。即ちネコに於いては, 各筋を

Table 1. Number of motoneurons in each spinal segment.

Classification Segment	Left side						Right side					
	Lateral group			Medial group			Medial group			Lateral group		
	Large cell	Medium cell	Small cell	Large cell	Medium cell	Small cell	Large cell	Medium cell	Small cell	Large cell	Medium cell	Small cell
II	24	140	147	13	57	30	17	59	31	7	118	120
III	145	727	240	15	110	212	17	138	159	97	699	278
IV	7	60	17	10	32	18	7	13	10	9	90	18
V	4	21	6	17	55	12	19	51	2	4	41	2
VI	12	49	4	19	52	5	16	54	11	11	42	5
VII	33	108	9	36	49	7	13	36	13	49	125	16
VIII	12	213	44	0	15	2	2	17	3	30	179	37
IX	100	204	162	0	8	9	0	2	15	67	146	249
X	21	153	187	3	36	74	4	45	64	32	180	166
XI	0	0	0	3	22	28	7	28	39	0	0	0
Total	358	1675	816	116	436	397	102	443	347	306	1620	891

3798

3709

支配する運動ノイロンの局在が組織学的にも明瞭に区分されている。しかしヒキガエルに於いては、既に Romanes もカエルについて指摘している様に組織学的な局在を哺乳動物に於ける程明確に認めることは不可能であった。これを明らかにするには、生理学的刺戟実験による他ない。著者は続編に於いてその結果を詳述したい。

## V. 総 括

ヒキガエル脊髄で Nissl 染色, Hematoxylin 染色, Golgi 染色等を用い、連続切片の追求によって前角運動ノイロンの構築を研究し、次の結果を得た。

1) 前角運動ノイロンを前角内側隅に存する内側群と、外側に存する外側群に分けることが出来る。但し、第Ⅱ脊髄節と第Ⅺ脊髄節では特異な排列をなす。即ち第Ⅱ脊髄節では前角の後内側で中心管に近く舌下神経核があり、下位にゆくにつれて舌下神経核は消失すると共に前角細胞は内側群、外側群の排列を示してくる。第Ⅺ脊髄節では内外側群が融合し一群となる。

2) 前肢を支配する第Ⅲ脊髄節と、後肢を支配する第Ⅷ～第Ⅹ脊髄節とは類似した構築を呈し、外側群は著明に発達し、細胞体も大きく細胞数も多く密集した細胞集団を作るが、これらの脊髄節に於いては、内側群はこれと反対に、小なる細胞が散在した細胞群を形成する。

3) 軀幹を支配する第Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ脊髄節は相互に類似した排列を示し、内側群は外側群に比しよく発達し細胞体が大きく数も多い。

4) 第Ⅳ脊髄節より第Ⅶ脊髄節及び第Ⅺ脊髄節では中心管の外方に円形或いは楕円形を呈する小細胞群が存在する。その意義は不明であるが、自律神経性のものと考えられる。

終始御懇篤な御指導並びに御鞭撻を賜った京都大学大谷卓造教授に深甚なる感謝を表します。

## 文 献

1) Balthasar, K. (1952) Morphologie der spinalen

- Tibialis- und peroneus-Kerne bei der Katze: Topographie, Architektur, Axon- und Dendritenverlauf der Motoneurone und Zwischenneuron in den Segmenten L<sub>6</sub>-S<sub>2</sub>. Arch. Psychiatr. Z. Neurol., **188**, 345-378
- 2) Birge, E. A. (1882) Die Zahl der Nervenfasern und der motorischen Ganglienzellen im Rückenmark des Frosches. Arch. f. Anat. u. Phys., Suppl., 435-480 (文献16より引用)
- 3) Birge, E. A. (1882) Ueber die Reizbarkeit der motorischen Ganglienzellen des Rückenmarks. Arch. f. Anat. u. Phys., Suppl. 481-489 (文献16より引用)
- 4) Bok, S. T. (1928) W. V. Möllendorff's Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. 4/1, 478-578, Berlin, Julius Springer.
- 5) Bruce, A. (1901) Topographical atlas of the spinal cord. London, Williams & Norgate.
- 6) Ecker, A., R. Wiedersheim & Ernst Gaup (1896) Anatomie des Frosches. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn.
- 7) Elliott, H. C. (1942) Studies on the motor cells of the spinal cord. I. Distribution in the normal human cord. Am. J. Anat., **70**, 95-117
- 8) Lorente De No, R. (1953) Conduction of impulses in the neurons of the oculomotor nucleus. The Spinal Cord. 132-179. Ciba Found. Symp., London, Churchill.
- 9) Marinesco, G. (1904) Recherches sur les localisations motorices spinales. Sem. méd. (Paris), **24**, 225-231
- 10) Romanes, G. J. (1941) Cell columns in the spinal cord of a human foetus of fourteen weeks. J. Anat., Lond., **75**, 145-152
- 11) Romanes, G. J. (1945) Some features of the spinal nervous system of the foetal whale (Megaptera Nodosa). J. Anat., Lond., **79**, 145-156
- 12) Romanes, G. J. (1951) The motor cell columns of the lumbosacral spinal cord of the cat. J. comp. Neurol., **94**, 313-364
- 13) Romanes, G. J. (1953) The motor cell groupings of the spinal cord. The Spinal Cord. 24-42. Ciba Found. Symp. London, Churchill.
- 14) Sano, F. (1904) Les localisations des fonctions motorices de la moelle épinière. XIV congrès des médicinales et al. de France. Pau (文献4より引用)
- 15) Sherrington, C. S. (1892) Notes on the arrangement of some motor fibers in the lumbo-sacral plexus. J. Physiol., **13**, 621-772
- 16) Silver, M. L. (1942) The motoneurons of the spinal cord of the frog. J. comp. Neurol., **77**, 1-39



### Summary

A histological study was made on the location of motoneurons in the ventral horn of toad's spinal cord by means of making serial sections prepared with hematoxylin, Nissl and Golgi stains.

1. Toad's motoneurons are mostly of spindle or crescent shape and only a few of them are of pyramidal shape. They are rather large for the size of animal body.

2. Motoneurons are located in the ventral horn divided into two groups, made up of medial and lateral groups except in the II<sup>nd</sup> and the X<sup>th</sup> spinal segments. In the upper II<sup>nd</sup> segment, there exist hypoglossal motoneurons in the dorso-medial part of the ventral horn near central canal. On the other hand, in the X<sup>th</sup> segment, the two groups are united into one.

3. The III<sup>rd</sup> segment innervating forelegs and the VII<sup>th</sup>-X<sup>th</sup> segments innervating hind legs are similar in cell architecture. In those segments, the lateral group is well-developed, consisting of numerous large cells densely distributed, whereas the medial group is made up of small scattered cells.

4. The IV<sup>th</sup>-VII<sup>th</sup> spinal segments are similar to each other in the arrangement of cell groups. The medial group is well-developed compared with the lateral group, consisting of numerous large motoneurons.

5. In the IV<sup>th</sup>-VII<sup>th</sup> and the X<sup>th</sup> segments, groups, of round or oval cells, assumedly of autonomic nature, were observed in the grey matter lateral to the central canal.

*(Department of Physiology, Faculty of Medicine, Kyoto University)*

## ヒキガエルの脊髄前角に於ける運動ノイロンの

機能的分布に就いて 612.014.424.083:612.748

Functional Arrangement of Motoneuron Groups in Toad's Spinal Cord.

田 里 健 二 (TASATO-Kenji)\*

### I. 緒 言

前編に於いて著者はヒキガエル脊髄前角に於ける運動ノイロンの分布について組織学的研究を行ない、運動ノイロンが内側柱及び外側柱の2群に分れて排列していることを知った。

本編では、脊髄前角を微小電極によって刺戟する生理学的方法により、主として後肢筋群を支配する運動ノイロンの前角内に於ける位置を定めることを目的とした。ネコの脊髄については、Romanes<sup>7)</sup>その他の研究によって、又カエル脊髄では Silver<sup>10)</sup>の研究により後肢筋を支配する運動ノイロン群の前角内に於ける位置がそれぞれの筋について判明しており、これが生理的研究に対しても多大の便益を与えている。しかしヒキガエルの脊髄については未だこの様な研究が行なわれていない。本研究はその欠を補うための第1着手と見做さるべきものである。

### II. 実験方法

実験には約 300g のヒキガエルを用い、背面より椎骨弓を切断し、髄膜をはがして脊髄を露出させ、固定器にヒキガエルを固定し、次いで根Ⅸの上部或いは根Ⅹの上部に於いて脊髄を切断し、その横断面が水平になる様に Ringer 液にひたした脱脂綿で脊髄を保持した。黒田<sup>6)</sup>の研究により後肢筋を支配する線維は前根Ⅸ、Ⅹ内を通るので、この2種の横断面につき実験を行なった。

目標としたのは次の5種の筋である。M. cruralis は膝関節を伸展させるという意味で上腿の伸筋(UE)とし、M. semimembranosus は膝

関節を屈曲させるので上腿の屈筋(UF)とし、M. plantalis longus は足関節を plantar flexion する為これを下腿の伸筋(LE)とし、M. tibialis anticus longus は足関節の dorsal flexion するため下腿の屈筋(LF)とし、M. peroneus は M. tibialis anticus longus の共力筋と考えた。

前角運動ノイロンの閾値を測定するために用いた刺戟電極は、尖端20~50 $\mu$ の硝子毛細管の中に Ringer 液を充満したもので、その中に Ag-AgCl 線を挿入し、これを陰極として単一開放感応電流を以て刺戟した。無関電極は筋或いは固定器においた。この微小電極を micro-manipulator で軽く前角断面に接着せしめて感応電流を流すと後肢筋の収縮が起こるが、1つの筋について収縮を起こす閾値は微小電極の前角断面上の位置によって異なる。その閾値の最も低い部位をその筋を支配する運動ノイロンの pool と考えた。この理由については「考察」に詳述する。

実験にあたっては電極を前角の一定の部位にとどめ、刺戟強度を種々変えて後肢諸筋の各々に関する閾値を調べた。閾値の最も低い筋の支配細胞はこの部位に最も近く、高い閾値のものは電極から遠い距離にあることが大体に於いて見当付けられる。実際には前角を内側部、中心部、外側部の3部分に分ち、更に各部を前後方向に4つの部分に分ち、合計12点(第2図)を固定刺戟点と定め、それぞれの筋について各点に於ける閾値を比較総合してそれらの筋の前角運動ノイロンの位置を求める方法をとった。この場合 synapse を介しての前角運動ノイロンの興奮が起らない様に実験に当っては先ず手術の初めに心臓を摘出し角膜反射が消失した後、後根に刺戟を与えても筋の反射性収縮を認めなくな

\* 京都大学医学部生理学教室  
〔昭和34年8月28日受付〕

てから実験を開始した。実験はその後約1時間以内に完了した。

### Ⅲ. 実験成績

第Ⅸ脊髓前角断面の前記の12カ所の刺戟点で刺戟した後肢諸筋に対する運動ニューロンの閾値を測定した時の実験成績の1例を第1図に示した。横軸に感応コイルの巻軸距離 (cm) で閾値をとり、縦軸には前角内の刺戟点の番号 (第2

図参照) をとった。即ち上図は前角外側部の諸点3, 6, 9, 12の閾値を示し、中図は前角中部の諸点, 下図は前角内側部の諸点1, 4, 7, 10の閾値を示している。各図に於いて同一筋の閾値を示す点を結ぶとその筋の支配神経の前角内に於ける閾値の変化がわかる。例えば、外側部の前角前縁部の刺戟点3に於ける *M. plantaris longus* の閾値は 5.4cm, その後方の刺戟点6では 9.2cm, 更に後方刺戟点9では 7.5cm, 刺戟点12では 6.8cmである。しかしこの第1図では各側部に於ける閾値の低い所はわかるが、前角全域に互る筋の閾値を平面的に知るには不便

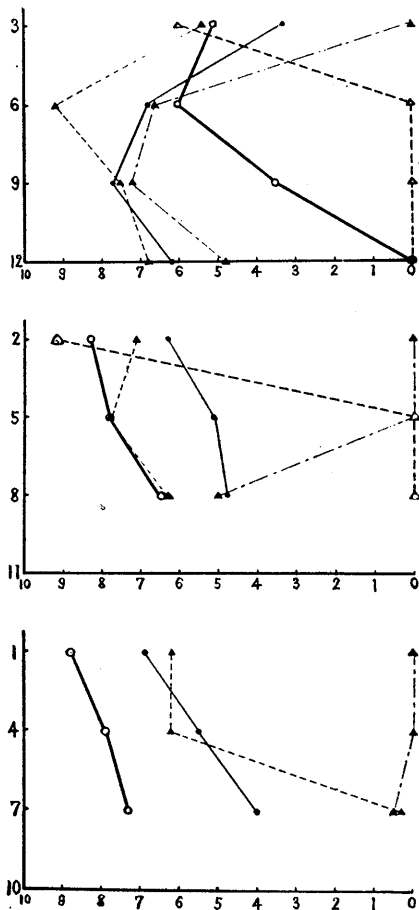


Fig. 1.

Plots of thresholds for eliciting muscle contraction. Ordinates: The numbers indicate stimulation points in ventral horn shown in Figs. 2 and 3. Abscissae: Thresholds in coil distances (cm) of the induction coil.

△.....△ *M. cruralis*. ▲.....▲ *M. plantaris longus*. ●.....● *M. peroneus*. ○.....○ *M. semimembranosus*. ●.....● *M. tibialis anticus longus*,

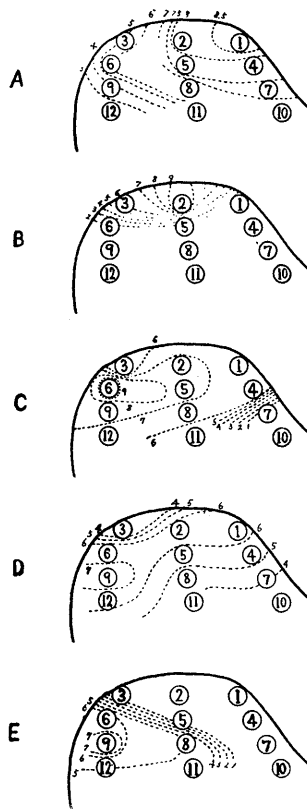


Fig. 2.

Equi-threshold lines in the ventral horn for each muscle, derived from data shown in Fig. 1. Small figures on the curves indicate thresholds in coil distance (cm).

A: *M. semimembranosus*. B: *M. cruralis*. C: *M. plantaris longus*. D: *M. tibialis ant. long.* E: *M. peroneus*.

Circles with numerals represent twelve stimulation points,

である。それ故、地図の等高曲線の様に第1図から等閾値曲線を求めて前角断面に画いた。等閾値曲線の作製法は第1図のグラフで任意の閾値を選び、例えば *M. plantaris longus* で 6.8cm の閾値を例にとると、外側部では刺戟点 6 と 3 の点を結ぶ線上に閾値 6.8cm の位置を求めれば、大体両点の中央に相当し、中心部では刺戟点 5 と 8 の点との中央よりやや後方に当り、内側部では全然閾値下となっている。かくして求められた地点を前角断面図の上に印していくと 6.8cm の等閾値曲線が得られる。閾値の高いものから低閾値の順に若干の閾値を選んで画いていくと、各筋について、それぞれの等閾値図が得られる。かくして得た下肢筋群の等閾値図を第2図に示した。

等閾値図は各筋によりかなり著しく相違している。いま各筋の等閾値図の特徴をのべると、

1. *M. semimembranosus* (第2図A) は前角前内側隅にその閾値の最も低い部位があり、したがってその部に支配ノイロンが集っていると考えられる。閾値の勾配は緩やかに外方に広範囲に拡がっている。*M. gracilis major et minor* も同様な位置にある。

2. *M. cruralis* (第2図B) の最低閾値は前角前中心部にあり、*M. semimembranosus* の外側に当る。この例では分布範囲及び方向は不明であるが、大多数の例では大体この点を中心

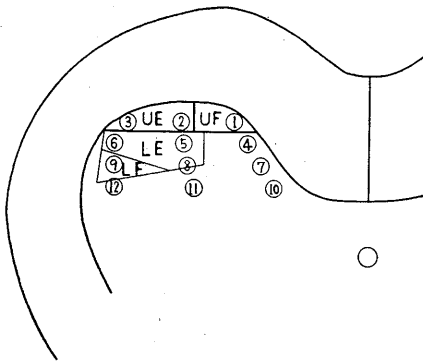


Fig. 3.

Schematic presentation of localization of four motoneuron groups in ventral horn of segment IX. UF: Knee flexor. UE: Knee extensor. LF: Ankle flexor. LE: Ankle extensor.

として前外側より後内側の方へ伸び、丁度 *M. semimembranosus* と反対の拡がりの傾向を示している。又 *M. gluteus magnus* も同じ所にある。

3. *M. plantaris longus* (第2図C) は刺戟点 6 にその局在が認められ、内方に強く突出するが如き排列を示している。

4. *M. tibialis anticus longus* (第2図D) の最低閾値は、*M. plantaris longus* の後方、刺戟点 9 に存在し、前角の外側に沿って前方に拡がり更に刺戟が強度になれば外側より前角前縁を内方に沿う拡がりを示す。

5. *M. peroneus* (第2図E) の最低閾値は、*M. tibialis anticus longus* と同じく刺戟点 9 に見出され、やや内方に拡がっていくが、前者の様に広範囲に拡がらずに刺戟点 9 の周辺のみに限局している。

以上の様な等閾値図に於いて最も低い閾値の範囲を該筋の前角運動ノイロンの局在とし、更に筋の機能と位置から上腿伸筋、上腿屈筋、下腿伸筋、下腿屈筋に大別すると第3図の如き下肢筋群を支配する運動ノイロン群の排列が得られる。即ち a. 前角を腹側部、外側部に分ち前角の腹側部は上腿の諸筋を支配し、外側部は下腿諸筋を支配する。b. 腹側部のうち、内側群は上腿の屈筋を支配し、外側群は上腿の伸筋を支配する。c. 外側部のうち、背側に限局した部に下腿の屈筋支配の局在があり、腹側に下腿の伸筋を支配する中枢がある。d. 而して内背側及び中心部背側には何ら局在らしきものは認められなかった。

以上はすべて第IX脊髄断面で行なった実験の結果である。第X脊髄断面についても同様の実験を行なったが、上腿筋については等閾値図を画き得る程まとまった成績を得ることは出来なかった。然し、下腿筋については第IX脊髄断面と略同様の結果を得た。

#### IV. 考 察

この実験で最も問題となるのは、上記の刺戟方法で求めた閾値の最低部位が果して目標とし

た筋の運動ニューロン pool の所在を示すかどうかの点である。最近、ネコやヒキガエルの運動ニューロンの細胞体内に刺入した微小電極から直接に電流を通じ運動ニューロンを刺戟した実験結果から、運動ニューロンに於いては細胞体よりも軸索起始部更に後者よりも軸索有髓部が興奮性が高いと推論されている<sup>1)3)4)5)</sup>。この事実から考えると、本実験に於いて求められた閾値最低部位は必ずしも運動ニューロン pool の所在を示すものではないと一見考えられるかも知れない。しかし上記の細胞内刺戟の場合と本実験の如き細胞外刺戟の場合を直ちに同一に論ずることは出来ない。むしろ著者は次の推論により本研究の方法が正しいことを論証したい。

本実験の様に単極刺戟法が用いられた場合、問題は刺戟電極（陰極）が、第4図の1, 2, 3, 4のうちいずれに位置した場合に、最も弱い刺戟電流によってこの運動ニューロンを興奮させ得るかの点に帰着する。この場合、1は電極の先端Eが細胞体より比較的遠くはなれた樹状突起の領域内に位置し、2は細胞体乃至軸索無髓部に近く、3は軸索有髓部の最初の絞輪  $N_1$  に近く、4は細胞体より比較的はなれた絞輪  $N_n$  に近く位置すると考える。刺戟電流のうちの小部分のみが高抵抗の膜を通して細胞内に入出し、又それのみが刺戟として作用するのであるから、かかる細胞外刺戟の場合に閾値を決定する因子としては、ニューロン各部の興奮性の差よりもむしろ刺戟電流のうちの何パーセントが膜を通して細胞内に入出するか、或いは何パーセントが細胞体の膜或いは  $N_1 \cdots N_n$  を外向きに流れて刺戟作用をあらわすかが重要となる。細胞膜の高抵抗に比較すると細胞外の抵抗は殆んど無視し得る程小であるから刺戟電極の位置1…4の如何には関係なく運動ニューロンへの刺戟電流の流入には樹状突起を含む細胞体と考えられる。これは、軸索はその大部分が髓鞘によって絶縁されているのに反して、細胞体及び樹状突起では広い表面積を持つ膜が露呈されているから、仮りに膜に於ける電流密度は小であっても結局細胞体及び樹状突起が刺戟電流の大部分の

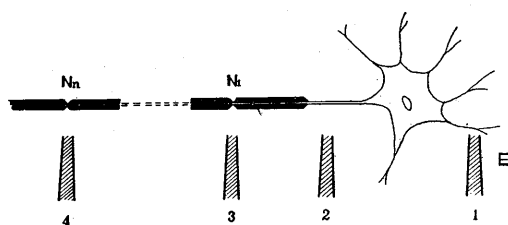


Fig. 4.

Schematic diagram illustrating dependence of the threshold on the position of stimulating electrode.

$E_{1-4}$  : Electrode positions.  $N_1 \sim N_n$  : Ranvier's nodes.

Description in text.

Sinkとなるであろうからである。かかる場合刺戟電極（陰極）が1乃至4に位置することによって刺戟効果が如何に変ずるであろうか、1では刺戟電極（E）が樹状突起に近く、樹状突起は他の部位に比して興奮性が低いと考えられ、且電流密度も特に大とは考えられないから閾値は高いであろう。次に2の位置ではEは軸索無髓部に近く、この部は細胞体に比して閾値が低いといわれているから、この位置では恐らくかなり低い閾値が得られるであろう。次に3と4とを比較すると、 $N_2$ と $N_n$ は共に絞輪部であり等しい興奮性を有すると考えられるが、主要なSinkが細胞体にある場合、 $N_n$ に対しては軸索内を縦走する電流に対する axoplasma の抵抗が  $N_1$  に対するよりも遙かに大であるから、 $N_1$  に対してEが近く位置する3の場合がより低い閾値を呈するであろう。 $N_1$ は軸索無髓部よりも閾値が低いといわれているから、たとえ軸索内の縦の抵抗が2の場合よりも大であるとしても、2の位置と3の位置とではいずれが低い閾値を示すかは判定し難い。しかしいずれにせよ電極が2或いは3に位置するときに最も低い閾値が測定されると考えられる。

$N_1$ が細胞体より如何程の距離にあるかについては未だ実験的研究なく、判明していない。しかし多数の運動ニューロンの集合せる pool 内に於いて、或るニューロンの  $N_1$  は他のニューロンの細胞体の間に介在することもあり得るであろう。従って本実験に於いて測定した最低閾値部

位は運動ニューロン pool に一致するか或いはそれよりも少しく遠位に当ると考えられる。

さきに黒田<sup>6)</sup>はヒキガエルで坐骨神経叢の種々の変形があるに拘らず、第Ⅸおよび第Ⅹ前根は共に後肢のすべての筋を支配するとのべている。本実験でも第Ⅸ及び第Ⅹ脊髄節の運動ニューロンは、すべて後肢筋を支配することがわかった。また Silver<sup>10)</sup>がカエルの脊髄の研究で「屈筋、内転筋の前角運動ニューロンは頭方に伸筋、外転筋のそれは尾方に存在する」とのべている。本実験に於いても第Ⅸ脊髄節では、屈筋の機能を持つ *M. tibialis anticus longus* と *M. semimembranosus* が、伸筋の機能をもつ *M. plantaris longus* よりも興奮性が高く表われることを屢々認めた。しかし第2図の如くこの関係のはっきり認められない例もないではない。かつて下村<sup>9)</sup>はヒキガエルの第Ⅸ前根に於いては屈筋支配神経は伸筋支配神経よりも閾値が低く、第Ⅹ前根ではこれと逆の関係を認めた。これは恐らく Silver の言う如く屈筋ニューロンは伸筋ニューロンよりも一般に頭上に位置するためと思われる。

次に後肢筋を支配する前角運動ニューロンの排列についてのべたい。Silver<sup>10)</sup>は外柱の前外側群は後肢の近位部分の筋を支配し、後外側群は後肢の遠位部分の筋を支配するとのべている。本実験に於ける分布も大体これと一致しているが、少し異なる点は、上腿筋を支配する前角運動ニューロン群のうち屈筋支配群は組織学的検索の内側群にあたり、Silver の言う内柱に相当すると思われる点である。ネコでは Romanes<sup>7)</sup>の腰仙部の細胞構築の研究があるが、上腿を支配する前角運動細胞は前角の腹外側とその内背方にあり、そのうち *M. gluteus* 等の伸筋は外側に、*M. semimembranosus* 等の屈筋は内側に存在し、又下腿を支配するニューロンは前角の背外側より内側に拡がり、*M. tibialis anterior* 及び *M. peroneus* の如き屈筋群は外側に *M. gastrocnemius* 等の伸筋はその内側に存在すると言う。ヒキガエルに於いてはネコに於ける程詳細に研究されたとは言いがたいが、各支配群

の前角内に於ける位置は原則的にはネコの場合と一致していると思ふてよい。Bok<sup>2)</sup>はイヌの前角細胞群の排列につき2つの原則を発表している。彼は前内方より前角前縁に沿い後外方の方向に、近位筋より遠位筋へと排列するものと、また第2には前縁より前角中心部に向う放射線方向に、周辺部には屈筋群、中心部には伸筋群を排列させている。本実験の結果は、これらの2法則にも原則的に一致している。

最後に電気的刺戟実験により得られた前角運動ニューロンの機能と排列を前編にのべた正常脊髄組織標本と対比すると、機能的排列と、組織学的排列とは本実験の範囲ではなお詳細な一致を見出し得なかった。いずれにせよ Romanes<sup>6)</sup>も指摘しているようにヒキガエルに於いてはネコに於けるほど各筋支配の運動ニューロン群の局在が判然とせぬことは事実である。

## V. 総 括

ヒキガエルの第Ⅸ乃至第Ⅹ脊髄筋の横断面に於いて前角内の12の点を微小電極を以て刺戟し、後肢諸筋の攣縮を目標として等閾値曲線を描き、最低閾値部位を当該筋支配運動ニューロンの所在地点と考え、後肢筋支配運動ニューロンの前角内に於ける機能的排列を検索した。

1) 前角の腹側部は上腿の諸筋を支配し、外側部の運動ニューロンは下腿筋を支配する。

2) 腹側部のうち、内側群は上腿の屈筋を支配し、外側群は上腿の伸筋を支配する。

3) 外側部のうち、背側に限局した部に下腿の屈筋支配の局在が存し、腹側には、下腿伸筋支配の局在がある。

4) 内背側及び中心背側部には局在は認められなかった。

5) 各筋の支配中枢を、従来からネコの脊髄に於いて知られている程度に細別局所づけることは不可能であった。

擱筆するに当り、終始御懇篤な御指導並びに御鞭撻を賜った京都大学大谷卓造教授に謹んで感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) Araki, T. & T. Otani. (1955) Response of single motoneurons to direct stimulation in toad's spinal cord. *J. Neurophysiol.* **18**, 472-485.
- 2) Bok, S. T. (1928) *W. V. Möllendorff's Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen*, 4/1, 478-578. Berlin, Julius Springer.
- 3) Coombs, J. S., D. R. Curtis & J. C. Eccles. (1957) The interpretation of spike potentials of motoneurons. *J. Physiol.* **139**, 198-231
- 4) Coombs, J. S., D. R. Curtis & J. C. Eccles. (1957) The generation of impulses in motoneurons. *J. Physiol.* **139**, 232-249
- 5) Fuortes, M. G. F., K. Frank, & M. C. Becker. (1957) Steps in the production of motoneuron spikes. *J. gen. Physiol.* **40**, 735-752
- 6) 黒田一郎 (1938) 脊髓前根と後肢諸筋との関連に就いて 京都大学医学部生理学論文集 **6**, 1-11
- 7) Romanes, G. J. (1951) The motor cell columns of the lumbosacral spinal cord of the cat. *J. comp. Neurol.* **94**, 313-364
- 8) Romanes, G. J. (1953) The motor cell groupings of the spinal cord. *The Spinal Cord*, 24-42. Ciba Found. Symp. London, Churchill.
- 9) 下村弥彦 (1956) 脊髓運動ノイロンの恢復過程 (殊に伸筋及び屈筋支配神経の比較) 日本生理誌 **18**, 718-722
- 10) Silver, M. L. (1942) The motoneurons of the spinal cord of the frog. *J. comp. Neurol.* **77**, 1-39

## Summary

With a glass microelectrode filled with Ringer's solution (tip diameter 20-50 $\mu$ ), 12 points on a transection surface of toad's spinal cord at the level of the  $\chi$ th or the  $\chi$ th segment were stimulated. Threshold stimuli required to elicit contraction in each of several hind leg muscles were measured at those points. Making maps of equi-threshold curves with regard to *M. cruralis*, *M. semimembranosus*, *M. plantaris longus*, *M. tibialis ant. long.* and *M. peroneus*, and considering the point of the lowest threshold as the motoneuron pool innervating the muscle in question, functional arrangement of motoneurons in ventral horn was studied.

1) The motoneurons in the ventral part of the ventral horn innervate thigh muscles and those in the lateral part innervate lower leg muscles.

2) Each of these major groups is further divided into two subgroups: In the former, into medial and lateral subgroups innervating flexors and extensors in the thigh respectively, and in the latter, into dorsal and ventral subgroups innervating flexors and extensors in the lower leg.

3) No functional localization was observed in dorso-medial and dorso-central parts of the ventral horn.

4) In the toad the separation of motoneuron groups supplying individual muscles was less distinct than in the cat.

(*Department of Physiology, Faculty of Medicine, Kyoto University*)

腸内反射誘起物質 612.334, 612.337/8

3. 酸及びアルカリについて

The Substances Producing the Intrinsic Intestinal Reflexes.

III. On the Acids and Bases.

越智邦夫 (OCHI-KUNIO)\*

I. 緒言

Catell u. v. Graevenitz<sup>1)</sup>は諸種の有機酸のウサギの小腸運動に及ぼす影響について報告している。即ち Magnus の方法で保生された<sup>2)</sup>遊離腸管において、漿膜面に薬物を作用させる場合にはカブロン酸は亢進的に、醋酸及び酪酸は少量では成る時は興奮的に、或る時は麻痺的に働き、大量では麻痺的に働く。蟻酸、プロピオン酸及び乳酸は常に麻痺的に働く。他方氏等の考案した方法<sup>3)</sup>によって生体内小腸管の腸内腔に作用させた場合には醋酸及びそのカルシウム或いはナトリウム塩は常に興奮的に働く。乳酸及び大腸菌で醗酵させた脱脂牛乳は作用は見られなかったと述べている。このように酸の作用が一致しないのは腸管の状態ばかりでなく、薬物の適用方法にも起因するものと考えられる。

既に私どもがしばしば報告<sup>4)5)</sup>しているように塩酸が粘膜面に適用される場合には粘膜内反射が引き起される。上述の酸が塩酸と同じように粘膜内反射を誘起するかどうか、またその閾値を研究することは意義ある事と考えられる。またアルカリがこの反射に対してどのような意義を有するかということを検討することも必要と考えられる。次に述べる研究はこのような意図の下に行なわれたものである。

II. 実験方法

実験方法は先に私が報告したのと同様な方法を用いたのでその詳細は省略するが、ウレタン 1.0g/kg, モルヒネ 3.0mg/kg の麻酔をした 10kg 内外のイヌの腹腔を開き、腸間膜神経を完全に切断し、腸間膜動静脈のみで生体と連結してい

る 10-15cm の小腸片の両端にゴム球を挿入し、この小腸片の中央に縦軸切開を加えて粘膜を露出し、ゴム球はそれぞれビニール管により水マノメーターを介して Marey の描記器に連結した。

使用した酸類は無機酸としては塩酸及び硝酸を用い、有機酸としては飽和モノカルボン酸の醋酸、酪酸及び蟻酸、ポリカルボン酸の蔞酸、オキシカルボン酸の乳酸及びクエン酸それにアルデヒド酸のピルヴィン酸(焦性ブドウ酸)を用いた。使用したアルカリは苛性ソーダ、苛性カリ、アムモニアおよび重曹である。これを約 1cm<sup>2</sup> の綿に滲ませて腸管の粘膜に静かに貼用した。

尚 pH の測定は島津製 pH 測定器を用いた。

III. 実験成績

A. 無機酸

a. 塩酸

塩酸によって粘膜内反射をひき起すことは、さきに福原及び共同研究者によって発表され、さらに閾値については私が報告している。N/20 HCl では著明な反射が認められる。即ち口側においては適用後直ちに非常に著明な緊張の上昇が起り、刺激を去ると間もなく次第に緊張を減じて元の状態に戻る。他方尾側においては刺激適用後直ちに緊張の低下と律動収縮の減弱が起ってくる。適用を中止すると暫くして律動収縮が次第に回復し緊張も回復するが、一過性に刺激適用前よりも亢進した後、元の状態に戻る。上述の運動変化は粘膜内反射の典型的な経過である (Fig. 1, A)。濃度がこれよりも小さくなれば口側の亢進、尾側の抑制がともに軽度になる。さらに濃度を小さくしてゆくと口側ではなお亢進が明らかに認められるが、尾側では抑制が殆

\* 岡山大学医学部第2生理学教室  
〔昭和34年9月9日受付〕



んど認められなくなる。さらに濃度を小さくすれば反射効果は全く見られなくなる。上述の事実から、HCl では Fig. 1, B に示すように口側に弱いながらも充進が認められる塩酸濃度即ち  $N/45$  HCl が粘膜内反射誘起閾値であると考えられる。他の酸、アルカリについても同様にして反射誘起閾値を決定した。

#### b. 硝酸

硝酸の定規液をさらに稀釈して腸粘膜に貼付するに、 $N/10$ ,  $N/20$  定規液では著明な粘膜内反射を示した。閾値は  $N/40$  硝酸でこの液の pH は 1.30 であった。

### B. 有機酸

#### a. 醋酸

醋酸の  $N/10$  定規液及びそれを種々の濃度に薄めた定規液を綿に滲ませて粘膜面につけた。 $N/10$  定規液では著明な反射効果が口側および尾側におこり典型的な粘膜内反射の像を呈する (Fig. 2, A)。 $N/20$  の定規液では口側の充進ははっきりと現われ尾側の抑制は刺激を去った後に起り口側の反射よりもおこなっているが緊張の低下や律動収縮の減弱が著明にあらわれている (Fig. 2, B)。これより更に薄い濃度の定規液では反射効果を認めることが出来なかった。したがって醋酸における粘膜反射の閾値は  $N/20$  でこの pH は 2.88 であった。

#### b. 酪酸

各種濃度の液を腸粘膜に貼付すると  $N/10$  には著明な粘膜内反射をひきおこす。 $N/20$  には口側においてのみ緊張の上昇と律動収縮の振巾の増大がみられるが、尾側においては何等変化を認めない。したがって  $N/20$  が閾値であり、この液の pH は 2.90 である。

#### c. 蟻酸

この各種の濃度の液を貼用したところ  $N/40$  以上の濃度では常に著明な粘膜内反射を示し、 $N/80$  においては口側の僅かな促進と尾側の抑制が見られそれより薄い濃度の定規液においては全く反射効果は認められなかった。したがって閾値は  $N/80$ 、この液の pH は 2.90 であった。

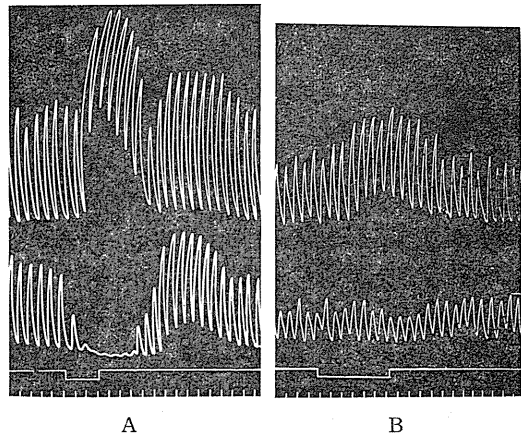


Fig. 1.

Effects of hydrochloric acid applied to the mucosal surface of the denervated jejunal loop upon the movements of the loop.

Dog, 10kg., anesthetized with urethane (1.0g/kg.) and morphine (3.0mg/kg.). Tracing from above downwards are changes of intraluminal pressure in the oral balloon, changes of intraluminal pressure in the anal balloon, signal showing the beginning and the end of mucosal stimulation and time in 6sec. intervals. The explanations are applied to the subsequent figures. The stimulation of the mucosal surface produces a remarkable mucosal intrinsic reflex, the effects being consisted of an excitation above and inhibition below. A and B show the effects of  $N/20$  HCl and  $N/45$  HCl respectively.

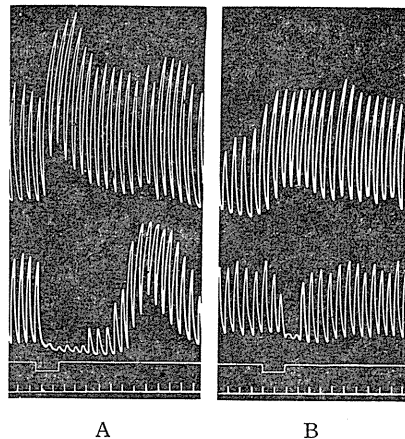


Fig. 2.

Acetic acid applied to the mucosal surface of denervated jejunal loop produces a remarkable mucosal intrinsic reflex. A and B show the effects of  $N/10$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  and  $N/20$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  respectively.

## d. 蓂酸

種々の濃度の液を前記の方法で粘膜に適用すると  $N/40$  以上の溶液においては著明な反射効果を現わすが  $N/80$  においては口側の亢進のみが見られ、尾側の抑制は起らない。即ち  $N/80$  が閾値であると考え。この液の pH は 2.38 であった。

## e. 乳酸

乳酸の各定規液を貼用すると  $N/20$  においては口側においてははっきりした緊張の上昇が認められる。一方尾側では抑制効果が非常に弱く律動収縮の振巾の減弱が極僅かに認められるに

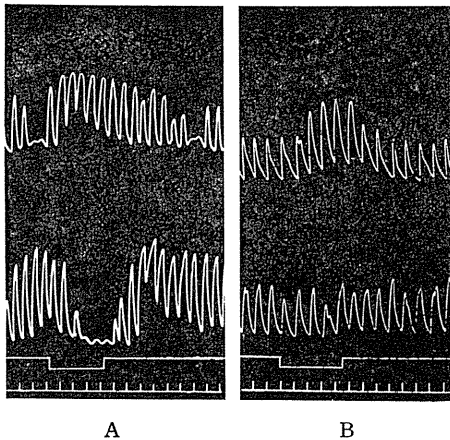


Fig. 3.

Sodium hydroxide applied to the mucosal surface produce a remarkable mucosal intrinsic reflex. A and B show the effects of  $N/40$  NaOH and  $N/80$  NaOH respectively.

Table 1.

chemicals	threshold concentration (N)	pH
mineral acid		
hydrochloric acid	1/45	1.70
nitric acid	1/40	1.30
organic acid		
acetic acid	1/20	2.88
butyric acid	1/20	2.90
formic acid	1/80	2.90
oxalic acid	1/80	2.38
lactic acid	1/20	2.45
citric acid	1/40	2.65
pyruvic acid	1/20	1.90
bases		
caustic soda	1/80	11.05
caustic potash	1/80	11.05
ammonia water	1/20	10.38
bicarbonate of soda	saturate	8.20

すぎない。これより薄い定規液では全く反射効果を見る事が出来ない。 $N/20$  の乳酸の pH は 2.45 であった。これよりも濃い定規液では著明な反射効果が現われた。

## f. クエン酸

これの各濃度の定規液を適用した。 $N/20$  の適用に際しては口側、尾側ともに著明な粘膜内反射をひき起してくる。 $N/40$  液の適用では口側及び尾側とも可成り著明に反射効果は見られるが尾側の抑制が少し弱い。この定規液よりも薄い液では全く反射効果は見られなかった。したがって  $N/40$  を閾値と考えこの時の pH は 2.65 であった。

## g. ビルヴィン酸 (焦性ブドウ酸)

この定規液も同様にして適用したが  $N/20$  で口側の僅かな緊張上昇と律動収縮の増大をみた。他方尾側においても緊張の低下は殆んど見られないが律動収縮の減弱をみとめた。これより薄い定規液では全く反射効果は見られなかった。この pH は 1.90 であった。これよりも濃い定規液では反射効果は著明であった。

## C. アルカリ

## a. 苛性ソーダ及び苛性カリ

適当濃度のアルカリは著明な粘膜反射をおこす。この経過は酸の場合と同様である。

アルカリとして苛性ソーダと苛性カリの定規液を用いた。この両者いずれの場合においても閾値は  $N/80$  であり、この濃度では口側においては緊張の上昇と律動収縮の増大が起るが、尾側では何等変化を起さない (Fig. 3, B)。この時の pH は 11.05 で苛性ソーダ、苛性カリともに同様である。なおこの濃度以上では著明な粘膜内反射をひき起す (Fig. 3, A)。

## b. 重炭酸ソーダ

重曹の粉末或いは飽和溶液を腸粘膜面につけると間もなく口側の緊張が僅かに上昇する。しかしこの場合律動収縮の振巾は殆んど増大を見なかった。他方尾側において適用後間もなく極く僅かな緊張の低下が現われ、律動収縮の振巾も僅かに減弱した。この場合反射効果が現われたことは確かであるが現われ方が弱い、したが

って重曹ではその閾値は飽和溶液に相当する濃度であると考えられる。pH=8.2.

#### c. アムモニア

濃い液によって非常に著明な粘膜内反射がひき起され、その経過は強酸におけるものと全く同様である。閾値は  $N/20$  で pH は 10.38 である。

### IV. 総括及び考按

私のしらべた無機酸、有機酸及びアルカリはいずれもその濃厚液では著明な反射をひき起すがそれぞれの閾濃度及びその濃度における液の pH は表に示す通りである。無機酸の場合にはそれぞれの閾濃度及び pH が似通っている。即ち塩酸及び硝酸の閾値は夫々  $N/45$  及び  $N/40$  であり、pH も 1.30 及び 1.70 である。有機酸の場合にはその閾値は  $N/20$  から  $N/80$  までいろいろであるが、pH はピルヴィン酸の 1.90 を除いてはすべて 2.4-2.9 前後である。上述のことから無機酸にくらべれば有機酸は弱酸であるにもかかわらず閾濃度における pH 値はかえって大きい。換言すれば酸度が弱くても有効であるということが出来る。このことから粘膜反射の生起は必ずしも pH の如何にのみ因るのではなく酸自体の成分の差異によるものではないかと考えられる。又アルカリの場合には苛性ソーダや苛性カリでは pH は 11.05 という強アルカリ性反応でようやく反射をひき起すに反し、重曹が pH=8.2 ですでに粘膜反射をひき起すということは興味あることである。したがってアルカリの場合にも粘膜反射の閾値は必ずしも pH のみに因るものではないかもしれない。

酸について上述のような研究は行なわれていない。私の行なった実験は腸管の状態は一定でありしかも酸の種類が異なっても濃度に差異があるのみで現われてくる結果は原理的には一定である。Catel u. v. Graevenitz によれば生体内小腸管の実験では乳酸は無影響であるが、醋酸は亢進効果をひき起すという。氏等の実験結果は私の得た結果とは抑制効果が認められないという点で異なっている。それは恐らく私の

場合は一局所を刺激しているのに反し氏等の場合は粘膜の広汎な部分が刺激されていることに起因するのであろう。このように広汎な粘膜面が同時に刺激される場合は、福原、中山等(未発表)が示しているように、亢進効果は抑制効果を圧倒し、総合効果としては亢進効果のみが現われるのである。Catel 等は別出腸管の場合には酸の種類により、また腸管の状態によって或いは興奮的に、或いは麻痺的に作用し、生体内腸管についての結果と一致しないという。このような実験では刺激は漿膜面に加えられる。したがって筋反射<sup>(4)(5)(6)</sup>の生起を考える必要がある。私の実験<sup>(5)</sup>によれば、 $N/10$  塩酸を漿膜面に適用すると著明な筋反射がひき起され、その結果として刺激箇所<sup>(4)</sup>の両側に運動抑制が認められる。このようなことがまた他の筋の直接刺激効果などが別出腸管についての実験結果を複雑にするかも知れない。

### V. 結 論

ウレタン及びモルヒネで麻酔した 10kg 内外のイヌで、腸間膜神経を切断した遊離小腸片の腸粘膜に種々の酸及びアルカリを適用し、それによる粘膜内反射生起の様相、閾濃度及びその濃度における液の pH について研究した。その結果を要約すれば次の如くである。

1) しらべた酸及びアルカリの濃厚液はいずれも粘膜内反射をひき起すが、稀薄になる程反射効果が弱くなり、ついには口側における亢進効果のみとなり、抑制効果は消失する。この際の液濃度が閾濃度であると考えられる。

2) 無機酸(塩酸、硝酸)では反射効果を示す閾濃度は約  $N/40$  であり、その液の pH は 1.30-1.70 である。

3) 有機酸(醋酸、酪酸、蟻酸、蔞酸、乳酸、クエン酸及びピルヴィン酸)ではその種類によって閾濃度は  $N/20$  から  $N/80$  までいろいろであるが、pH はピルヴィン酸の 1.90 であるのを除けば他は 2.4-2.9 である。

4) アルカリのうち苛性ソーダ、苛性カリの場合には閾濃度は  $N/80$  で pH は 11.05 であ

るが、重曹では飽和液でそのpHは8.2である。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師福原武教授に対し深甚の謝意を表し、併せて中山助教授の御援助に対し感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) Catel, W. u. T. v. Graevenitz (1925) Über den Einfluss von flüchtigen Fettsäuren und Milchsäure sowie von enterokokken- und kolivergöner Kuhmagermilch auf den Tierdarm. Jb. Kinderheilk. **109**, 249-286

- 2) Fühner, H. (1913) Pharmakologische Untersuchungen über die wirksamen Bestandteile der Hypophyse. Zeitschr. f. ges. exp. Med. **1**, 397-443
- 3) Catel, W. (1937) Bewegungsvorgänge im gesamten verdauungskanal, Leipzig
- 4) Hukuhara, T., M. Yamagami und S. Nakayama (1958) On the intestinal intrinsic reflexes. Jap. J. Physiol. **8**, 9-20
- 5) 越智邦夫 (1959) 腸内反射誘起物質 1. 香辛料について 日本生理誌 **21**, 441-447
- 6) 越智邦夫 (1959) 腸内反射誘起物質 2. 下剤について 日本生理誌 **21**, 1105

#### Summary

In dogs anesthetized with urethane and morphine, the intrinsic intestinal reflexes were studied by applying the various acids and bases to the mucosa of the denervated jejunal loop. The jejunal movements were recorded by means of the balloon method in the regions both oral and anal to the spot to which the chemicals were applied.

1) The strong solution of the acids and the bases used elicited the mucosal intestinal intrinsic reflex, the effects being consisted of an excitation above and inhibition below the stimulated spot. The smaller the reflex responses become, lastly at a threshold concentration specific to each chemical, on the one hand the inhibitory completely disappearing and on the other hand the excitatory one being slightly observable.

2) In the mineral acids (hydrochloric and nitric acid) the threshold concentration eliciting the mucosal reflex was about  $N/40$  and pH between 1.3 and 1.7.

3) In the organic acids (acetic, butyric, formic, oxalic, lactic, citric and pyruvic acids), the threshold value was between  $N/20$  and  $N/40$  and pH between 2.4 and 2.9, exclusive of pH 1.9 of the pyruvic acid.

4) In the bases (caustic soda and caustic potash), the threshold concentration was  $N/80$  and pH 11.05, and in the bicarbonate of soda the threshold concentration was the saturated solution and pH 8.2.

(Physiol. Dept., Okayama Univ. Med. School)

## 容積脈波より見た通流電極第3作用 612.816.1

The Third Effect of Polarizing Electrode Looked at Plethysmographic Point of View.

島村安雄 (SIMAMURA-Yasuo)\*

### I. 前置き

神経、筋等に直流を永くか強く通ずると、いわゆる興奮性という言葉で表わされる閾値その他の生理学的性質が、陰陽両極下において電気緊張と逆向きの変化をおこす。これはおそらく通流陽極が細胞膜の透過性を変えてその分極性を高め、通流陰極が逆に低めることによると考えて、鈴木<sup>1)2)3)</sup>はその生理的、物理化学的变化を通流電極の第3作用(以下第3作用と略記)と呼んでいる。

しかし自律神経に対する第3作用は臨床的報告<sup>4)</sup>を除いてはいまだに調べられていない。そこで1つの方法として光電-Plethysmographによって得た容積脈波(以下脈波と略記)を目安とし、血管運動神経に対する第3作用をうかがい知ろうとした。

光電-Plethysmograph はすでに Matthes<sup>5)</sup> (1935), Molitor<sup>6)</sup> (1936) の実験にその芽生えが見られるが、光電流を得る方法に透過法<sup>7)</sup>と反射法<sup>8)</sup>とがあり、その光電流を直接または電橋回路<sup>9)</sup>を介して増巾器にみちびいてからの増巾法に直接結合式<sup>7)8)</sup>とCR結合式<sup>10)</sup>とがある。基線動揺を見るには直接結合式がよいが<sup>11)</sup>、振巾を問うにはCR結合式がのぞましい<sup>12)</sup>。ところで振巾の変化は以前から動脈反応の定性的な目安として見られてきたが<sup>13)</sup>、Hertzman<sup>14)</sup>は脈波図を分析した結果、振巾は動脈緊張の直接的尺度であるとした。そこで次の予想を立てることができる: もし血管運動神経に対して通流陽極がその膜の分極性、又いわゆる興奮性を高め、通流陰極が逆に低めるならば、1) 小動脈を支配する中枢<sup>15)</sup>からのインプルの伝導に対

し陽極は促進的に、陰極は抑制的に作用し<sup>16)</sup>、2) 同時に通流直角脈波の外来刺激としての効果<sup>17)</sup>も陽極下においては大きく、陰極下においては小さく変えられるであろう。両者が相まって通流陽極は緊張促進的、通流陰極は緊張抑制的の効果を血管運動神経に及ぼす事になり、従ってその支配領域の脈波の振巾も(動脈壁に及ぼす神経の緊張の変化と平行的ではないにもせよ)電極の陰陽によって相反する向きに変わるか、または少くとも何らかの差を生ずるであろう。もちろん脈波は心機能、血液循環量(とくに末梢循環量)、血管の弾性・緊張・開通度等の各要素により定まるもので、単に血管運動神経のみ支配されるものではないが、この実験についてはIVに述べるごとく、脈波の変化は血管壁に及ぼす血管運動神経の緊張の増減によると考えても巨視的には誤りがないものと思われる。このさい静脈、毛細管も神経を介して通流効果を受ける筈であるが、それらは主に基線動揺に関係し、振巾については主役をなすものではないことが、池上<sup>12)</sup>、Hertzman<sup>14)</sup>の実験より察しられる。なお動静脈吻合も中枢性支配下にあるといわれているが<sup>15)</sup>、測定にかからないようである<sup>12)</sup>。

もし通流の結果が予想通りになれば、間接的ではあるが、血管運動神経に対する第3作用を証明することになる。目的にそって主に分の次序における振巾の動きを問ひ、波形分析<sup>18)</sup>を行なわない。以上の理由からこの実験にはCR結合式を用いた。なおこの方法はIVに述べるごとく種々の生体反応の関与をまぬかれないであろうが、やむを得ない。

### II. 方法

ヒトの中指頭、ウサギの耳介を透過式光電-

\* 千葉大学医学部第1生理学教室  
〔昭和34年9月16日受付〕

Plethysmograph (平和電子研究所試作, 第1図) の光電管系に心房の高さにおいて固定し, Plethysmograph を電気刺激分析装置 (ESA)<sup>19)</sup> の増巾記録部分に結んで観察と記録とを同時に行う。

主に冬期 (11月より翌3月まで), 14~35才の男女, 1.8~3.1kg の雌雄のウサギにつき, ヒトは椅坐位, ウサギは固定箱に入れて側臥位とし, 恒温恒湿の暗室 (ヒトには 20°C 前後, ウサギには 25°C 前後; 相対湿度約60~70) において30分以上安静にし, 脈波が一定化してから通流する。ウサギは7~10日前に耳介に分布する交感神経, すなわち頸部交感神経節, 大耳介神経, 耳介後神経を頸部において切糸しておく。通流には Augospel 低周直角脈波発生装置を用い, 関係電極 (1.5×10cm<sup>2</sup>) を中指, 耳介の基部に巻き, 不関係電極 (7×7cm<sup>2</sup>) を同側か反対側の下腿におく。15, 40, 150, 700, 4000C/S の各直角脈波を3~5分間ずつの漸増漸減法により2~4mA, 10~15分通流する。至適周波数は明言しがたいが, この中では150C/S がよいように思われる。断り書のない例は150C/S を用いてある。

脈波の振巾は主に分の次序における巨視的な動きを問うという目的にそって動揺を平均化し

て表わす。方法的に厳格に定量的な値を得られないので, 相関は求められない。やむなく通流前の振巾を100%とし, 変化した値を定性的に100% $>$ と100% $\leq$ とに分け, 電極の陰陽による差を2×2表により Fisher の直接確率計算法を用いて検定する。有意水準を1%におく。ヒトは比較的作為なしにぬいた標本に近いと思われるが, ウサギは一定の商人から得たもので, 必ずしも作為なしとは言えないかもしれない。

### Ⅲ. 成 績

#### A. 無処置例

ヒトの無処置の指頭に通流すると, 脈波の振巾は一過性に動揺 (多くは始めに減小, 次いで増大) した後次第に減小する。電流を断つと, 一過性の動揺をとともなる増大を示す (第2図)。

予想に反して電極の陰陽による差は明らかでないことが多い。その理由として血管運動神経に収縮神経と拡張神経とがあって, 拮抗的に働いていると考えるならば, 両者に対する通流効果も相殺されてその差のみが (おそらく収縮神経の緊張がより強く) 外に現われるにすぎなくなると解される。もしそうならば, 予め拮抗神経の一方を抑制しておけば, 電極の陰陽による差が明らかになる筈である。

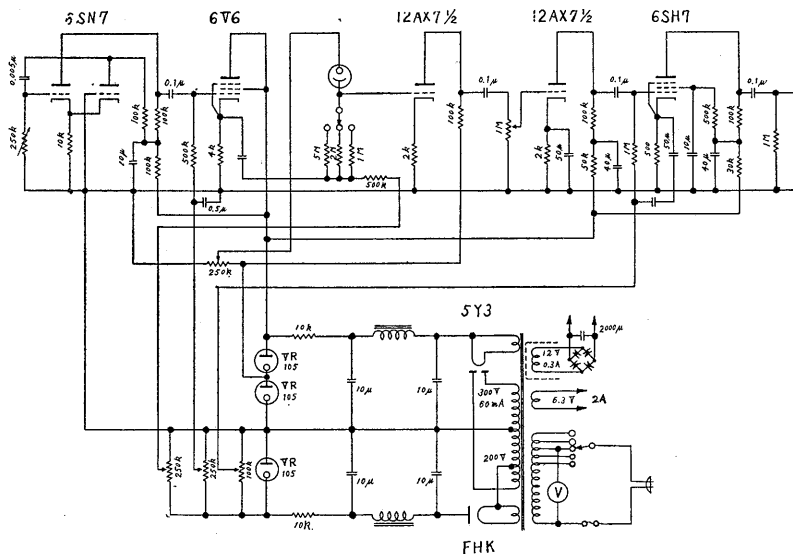


Fig. 1. Circuits of photoelectric plethysmograph. Photocell: PG-50-G (Matsuda).

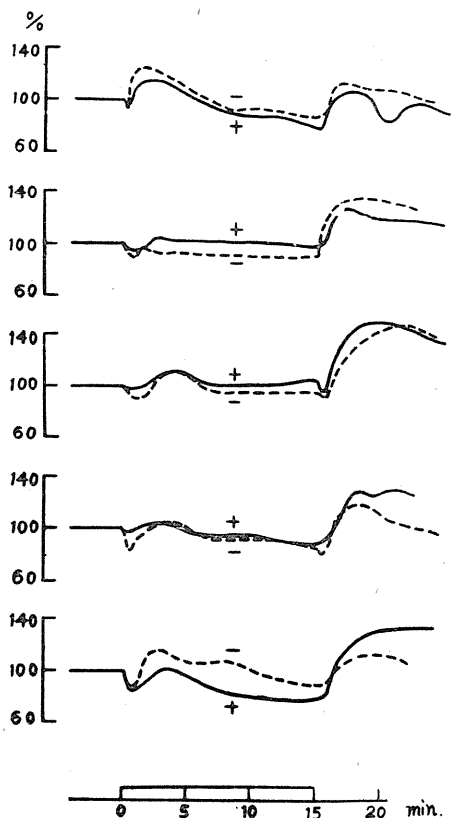


Fig. 2.

Changes in amplitude of volume pulses by anodal (solid line) and cathodal polarization (broken line) with rectangular pulse current of 4 mA for 15 minutes in non-treated cases. The frequencies of the pulses are 15, 40, 150, 700, 4000C/S from above downwards. The ordinate shows the relative amplitude of volume pulses in percentage of the original level, and the abscissa time in minutes.

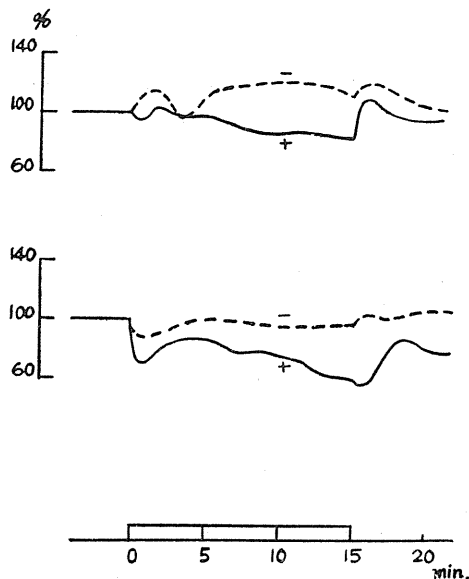
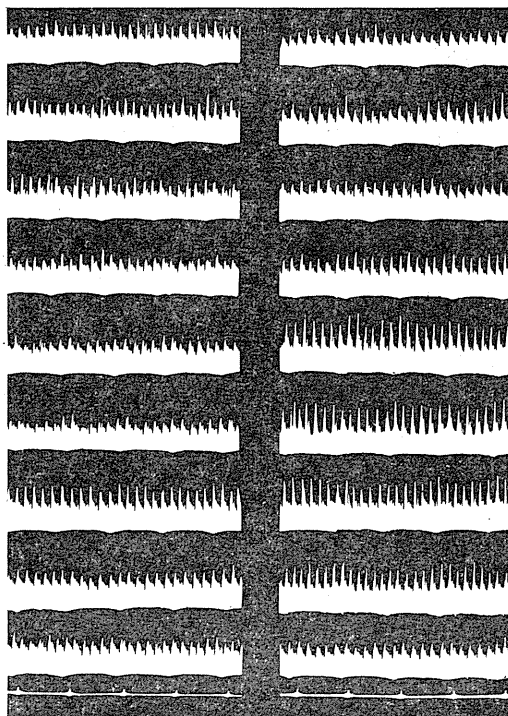


Fig. 3.

Changes in amplitude of volume pulses by polarization with rectangular pulse current of 150C/S and 2mA in atropinized cases. The upper curves show case I, and the lower case IV.

Fig. 4.

Plethysmograms in case I (Fig. 3.). In both rows of diagrams the records show from above downwards those before polarization, 1, 3, 5, 10, 15 minutes after its onset, and 1, 3, 5 minutes after its opening. The left row shows anodal polarization and the right cathodal polarization. Time scale: 5sec.



Tab. 1.

The relative amplitude of volume pulses (in percentage of the original level) at 15 minutes after onset of polarization in atropinised cases. A : shows the percent value in each case, B: the table of their 2×2-calculation.

case		A	
		anodal polarization	cathodal polarization
I	♀	84%	111%
II	♂	88	110
III	♀	97	106
IV	♂	41	93
V	♂	62	108
VI	♀	90	121

B			
	100%>	100%≤	total
anodal polarization	6	0	6
cathodal polarization	0	6	6
total	6	6	12

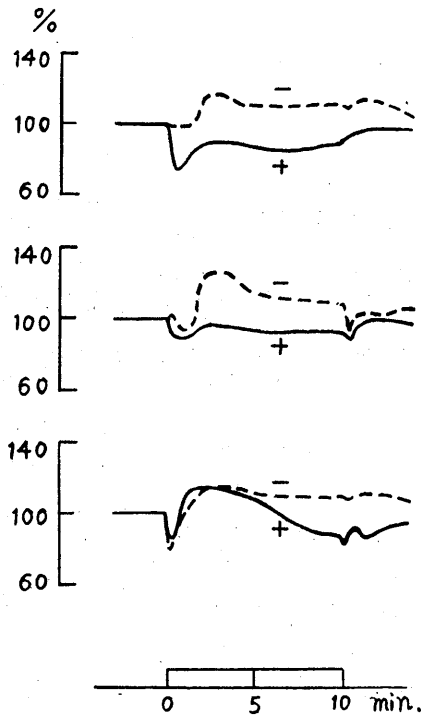


Fig. 5.

Changes in amplitude of volume pulses by alternately repeated anodal and cathodal polarization on atropinised case (case IV). The alternation of polarization took place in every 30 minutes, and the six records are shown from above downwards.

**B. Atropine 投与例**

1) 血管拡張神経 (以下拡張神経と略記) が Choline 作動性であるならば<sup>20)</sup>, Choline 作動性節後神経支配の効果器細胞に対して遮断的に働くという Atropine<sup>21)</sup>を予め投与しておけば, 主として血管収縮神経 (以下収縮神経と略記) に対する第3作用を明らかにし得るであろう。すなわち I に述べたごとく収縮神経に対して陽極通流は緊張促進的, 陰極通流は緊張抑制的の効果及ぼすならば, 脈波の振巾は前者により減小し, 後者により増大する傾向をとるであろう。そこで通流前30分に硫酸-Atropineを 1.5~2×10<sup>-5</sup>g/kg を経口投与しておく, 振巾ははじめ無処置例に似た一過性の動揺を示すが, やがて予想通り陽極通流により減小し, 陰極通流により増大するかまたは変らない経過をとる (第3, 4図)。

第1表に通流15分値を示すが, これらは前述のごとく厳格に定量的な値とは言えない。もし陰陽両極の效果に差がないと仮定すれば, 第1表 (B) の観察度数およびそれ以上の期待度数とのくいちがいがおこる確率 P は,

$$P = \frac{6! 6! 6! 6!}{12! 6! 0! 0! 6!} = 0.0018 \dots < 0.01$$

となり, 1% 有意水準でその仮定はすてられる。すなわち第1表に見られる電極の陰陽による差は有意である。例 IV の処理が問題になるが, 収縮神経と拡張神経との相対関係より考えて, 陽極通流時の値を 100%>, 陰極通流時の値を ≤ 100% とみなしても差支えないと思われる。(ただし仮に両者ともに 100%> としても上の仮定はすて得る)。

2) なお念のために同一人について陰陽交互に6回引続き通流してみたが, 振巾はいつも陰陽相反する向きに変ることが見られた。すなわち Atropine 1.0×10<sup>-5</sup>g/kg の投与後30分毎に陽, 陰, 陽, 陰, 陰, 陽の順に10分間通流し20分間休むという方法で通流したが, 振巾が陽極通流により減小し, 陰極通流により増大するという傾向は保たれている (第5図)。なおこの間第4回の通流の終了後5分に Atropine を前



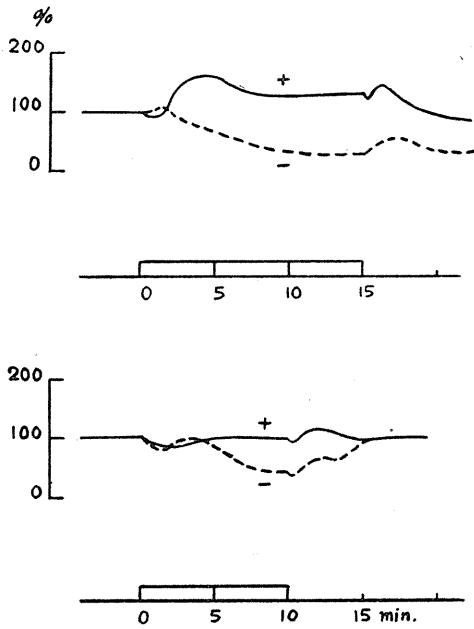


Fig. 6.

Changes in amplitude of volume pulses by polarization in sympathectomised cases. The upper curves show case I and the lower case III.

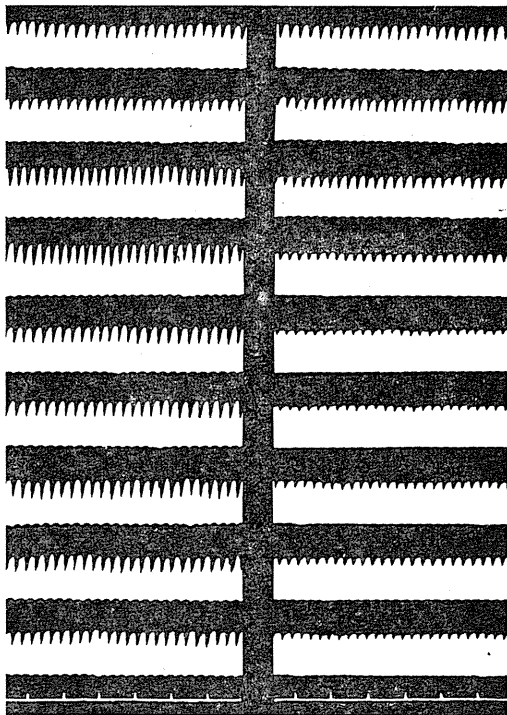


Fig. 7.

Plethysmograms in case I (Fig. 6.). Explanation as for Fig. 4. Time scale; lsec.

と同量追加投与してある。

C. 交感神経切除例

1) 前と逆に拡張神経に対する第3作用を見るために、交感神経を一収縮神経とみなし、交感神経切除後のウサギの耳介を用いる。切除後7~10日に通流すれば、もし拡張神経が同時に切除されていたとしても、収縮神経は3~4日にして退行するが、拡張神経は6~10日頃までは機能を保つという点から見て、選択的に拡張神経に対する第3作用を見得ることになる。通流の結果は予想通り脈波の振巾が一過性の動揺の後、Atropine投与例と逆に、陽極通流により増大するかまたは変わらず、陰極通流により減小する(第6,7図)。断流後はふたたび一過性に動揺し、通流前に比べて同じくなるかまたは減小する。6例の通流15分値(うち2例は10分値)を第2表に示すが、前と同じ手続きにより電極の陰陽による差は1%有意水準で有意であることがわかる。

2) つけたしとして交感神経切除後2月まで観察をつづけた例を示す。交感神経切除により拡張した血管は、時と共に代償的に収縮してゆくが、寒冷に毎日さらしておくと、切除側の血管は非切除側のそれよりも強く収縮し、いわば収縮の代償過剰とも言うべき状態になる。この時期に通流すると、上に述べた電極の陰陽による通流効果の差が乱れ、ついには逆転をさえ示

Tab. 2.

The same tables as in Tab. 1. in sympathectomised cases. Values in cases marked with \* were obtained at 10 minutes after onset of polarization.

A		
case	anodal polarization	cathodal polarization
I ♀	131%	31%
II ♂	120	67
III ♂ *	98	38
IV ♀	138	95
V ♀ *	100	12
VI ♂	108	83

B			
	100% ≤	100% >	total
anodal polarization	6	0	6
cathodal polarization	0	6	6
total	6	6	12

す。すなわち拡張のはなはだしい切除後8日目には、振巾が陽極通流により増大し、陰極通流により減小するが、収縮のいちじるしい2月目には、逆に前者により減小し、後者により増大する(第8図)。これは収縮、拡張の両神経のうち主役を演ずる側の神経に対する第3作用の現われと見るならば一応の解釈がつく。興味ぶかいので、1例行ったのみであるが、つけ加えておく。

#### IV. 考 察

##### A. 光電的方法の誤差

光電-Plethysmographyにおける誤差の原因としてHertzman<sup>8)</sup>は1)皮膚の動揺、2)Plethysmograph下の大きな動脈の存在、3)Plethysmographと皮膚との接触状態、4)脈波図

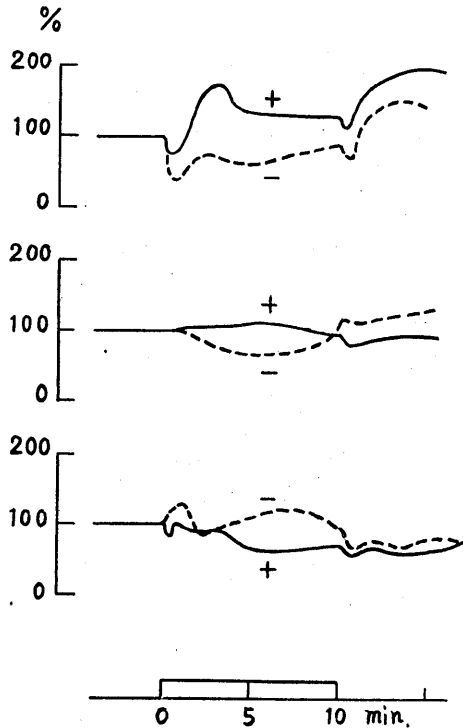


Fig. 8.

Inversion of anodal and cathodal polarizing effects in sympathectomized case (case II). The 1st. curves from above show the records 7 days after sympathectomy, and the 2nd. and the 3rd. show those after 40 and 70 days respectively.

にふくまれる血流領域の大きさ、深さ、5)光の透過度、6)照明の強さ、スペクトルの変化、7)還元-酸化 Hb 比の影響をあげたが、この実験においては主に1) 3)が問題になる。通流時にはとくに動揺をともないやすいので、ヒトには練習を行わせ、ウサギに対してはできるだけ束縛を少く、しかも体動をふせぐ目的で固定に注意し、とくに耳介は人造粘土またはスポンジを介して固定し、脈波の一定することを確かめ、暴れる時はその実験を中止した。不完全ではあるが、大きな誤差は生じないと思われる。

##### B. 至適周波数

通流に用いた各周波数中、明言しがたいが、150C/Sが最も通流効果が大きいようであった。その理由を強いて探せば次のようにも考えられる。Iに述べたごとく通流効果は、1)中枢からのインプルの伝導に及ぼす影響と、2)局所的な刺激効果の2面から考えるべきであると思うが、前者から見れば神経に及ぼす有効電氣量が多いという理由で周波数の高い時に第3作用が大きく現われ<sup>22)</sup>、後者から言えば周波数の低い時に第3作用がよく現われることになる(Lullies<sup>17)</sup>によれば自律神経に対する刺激効果は25~100C/Sが最も大きく、とくに交感神経に対しては25C/S以下がよいという。従って結果的には却って中間の周波数が最も大きな効果を示すのかもしれない。

##### C. 脈波と血管運動神経との関係

動脈の末梢に至るほど、とくにその分岐部に、能動的収縮性が強いという報告<sup>23)</sup>から暗示されるごとく、血管の緊張を問う場合、物理的および生理的の張力成分<sup>24)</sup>(見方を変えれば受動的および能動的の収縮性<sup>20)</sup>のうち、指頭、耳介においては後者が主役をなすと考えられ、また弱電局所通流によって心拍出量、循環血液量、血管壁の弾性、血圧等は変わらないとみなせるゆえ、後者のみが問題になる。さらにこの生理的成分は、1)中枢からの神経支配と、2)機械的、温熱的、液素性等の各刺激の局所への直接作用とによって変化するが、この実験について

は内分泌物質（後述）、代謝中間産物等による液素性刺激を無視し得るゆえ、事実上神経性要素のみに支配されると考えてよい。従って Hertzman<sup>14)</sup> の言うごとく、心機能の変らない時、脈波の振巾は動脈の緊張如何によるものとすれば、前述の通流条件下において動脈を支配する血管運動神経に対する第3作用は、振巾の変化によって間接的に知り得ることになる。

ところが西丸<sup>25)</sup>は Rouget 細胞による毛細管の能動的収縮性の血行における役割を重く見、さらに池上<sup>12)</sup>は脈波は毛細管の態度を示すとまで言っている。もしそうならば小血管と毛細管とは機能的に独立する<sup>26)</sup>と言われているゆえ、上述の脈波の振巾の意味づけが變わしくなる。しかし池上の示す脈波図<sup>12)</sup>を見て知られるごとく、可視毛細管の数は脈波の基線動揺とたしかに平行するが、振巾とは平行しない（むしろ逆関係をなすかに見える所もある）。すなわちこれは Hertzman<sup>14)</sup>の言う血流成分を言い、これは動脈成分を問うているのである。従って振巾については、一次的には毛細管でなく、動脈の緊張に左右されるとみなしても、彼らの知見には反しない。

#### D. 拮抗神経の抑制および抑制後の通流結果

皮膚血管においては収縮神経の作用が支配的であるという<sup>15)</sup>。従って無処置例においても収縮神経に対する第3作用が強く現われる筈である。事実それと思われる例も見られた。然し多くは明らかでないとすれば、やはり拮抗的に働く拡張神経の存在<sup>15)</sup>を無視し得ず、何らかの方法でその作用を抑制せねばならぬことになる。そこで神経支配の化学説に従い、拡張神経を解剖的分類に関係なく Choline 作動性であるとして<sup>20)</sup>、Choline 作動性節後神経支配の効果器細胞に遮断的に働くという Atropine<sup>21)</sup>を投与したのであるが、ヒトに対しては十分な抑制を望めないこともやむを得ない。

逆に収縮神経の作用を抑制するには、収縮神経を Adrenaline 作動性<sup>27)</sup>とみなし、Adrenaline 作動性神経支配の効果器細胞に対して遮断的に働く薬物<sup>21)</sup> (P. 570) を用いてもよいのである

が、拡張神経とことなり、交感神経性であることが明らかな収縮神経に対しあえて副作用の多い薬物を用いる必要はなく、手術的に切除する方が確実である（もっとも交感神経中にも拡張線維<sup>28)</sup>があるが、一般的には収縮神経とみなしてよいであろう<sup>15)</sup>）。そこでウサギの耳介の交感神経切除を行なったのである。

その結果、Atropine 投与例において脈波の振巾が陽極通流により減小し、陰極通流により変らないかまたは増大したことは、主役をなす収縮神経に対し I, III-B に述べたごとく陽極通流が緊張促進的、陰極通流が緊張抑制的の効果を及ぼしたことの現われと解され、これに反して交感神経切除例において振巾の変化が前例におけるそれと正に逆の関係を示したことは、前例の主役をなした収縮神経を拡張神経におきかえて考えればよいと思われる。

しかしこれらの実験結果には目的以外の反応の加わることを考えに入れなければならない。次にそれを検討する。

#### E. 生体反応の関与

##### 1. 血管運動神経以外の形体に対する第3作用

通流効果は皮膚<sup>29)</sup>、体性神経、筋等にも及ぶ筈である<sup>2)</sup>。例えば知覚神経を介して血管運動中枢を経、血管運動神経に至る反射路を考えれば、その知覚神経に対する第3作用が間接的に血流に影響する事もあり得る。然しこれらはあるとしても、血管運動神経そのものに対する第3作用に比べて無視し得るものと思われる。

##### 2. 血管反射

通流初期、断流初期に反射性的のものと思われる一過性の動揺が見られ、電気緊張に対応する変化は明らかではない。これは前者が主因となって後者をおおいかくしたものとも解される。一般的に言って皮膚血管は反射性収縮がいちじるしく<sup>24)</sup>、脈波の振巾は精神感動、疼痛等により減小するが<sup>30)</sup>、上述の一過性の動揺は反射性収縮とそのはねかえりと見てよいのか、他の不明の反射が加わっているのか断言しがたい。

その他従来知られていた血管反射の他に、末梢血管にも血管反射の受容器が数多くあること

が暗示されているが<sup>31)32)</sup>、それらが第3作用による変化に逆らう向きに働くことも考えられる。しかし以上の反射が陰陽両極の通流効果の差をおおむねに大きくないことは実験結果からも察しられる。

### 3. 皮膚圧-自律神経反射

椅坐位のヒトについては関係がないとしても、側臥位のウサギについては高木<sup>33)</sup>の言う皮膚圧-自律神経反射(後には圧反射)を考えに入れるなければならない。その説によれば圧迫側の血管収縮が暗示されるが、事実それと思われる変化も見られた(脈波が一定してから通流したのは、それをできるだけさける意味をもこめたのである)。圧反射に関連して、固定箱にネコを入れると、体温がW字形の変化を示すという報告<sup>34)</sup>があるが、これは分の次序における実験結果に多少のひずみを与えるかもしれないというものの、要するに時の次序の事柄である。何れにせよ、圧反射による変化は同一個体については一方向きであって、電極の陰陽によって相反する向きに変ることは主に第3作用によると見なければならない。

### 4. いわゆる生体防衛反応

種々の外来刺激に対するいわゆる生体防衛機

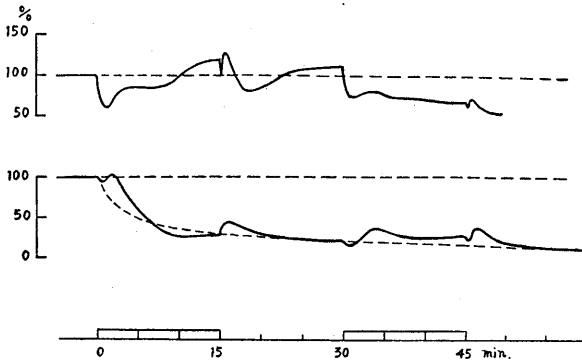


Fig. 9.

Special changes in amplitude of volume pulses by polarization after sympathectomy. The upper curve: first anodal and then cathodal polarization (ordinal type for comparison). The lower curve: first cathodal and then anodal polarization in special case. The amplitude generally shows an exponential decrease, and yet it holds tendency of increase by anodal and of decrease by cathodal polarization.

序については、Cannon<sup>35)</sup>は交感神経-副腎系の働きをSelye<sup>36)</sup>は脳下垂体-副腎系の作用をそれぞれ重んじ、Long<sup>37)</sup>らは両者を結びつけて見、沖中<sup>38)</sup>は内臓神経をもふくむ神経体液性防衛機序を考えている。これら交感神経-間脳-脳下垂体-副腎間の関係については賛否両論があり<sup>38)39)</sup>、反応の複雑さを思わせるが、この実験においても防衛反応がおこるとすれば、生体はSelyeの言う警告反応期(とくに心臓-血管系のショック相の現われはCannonの言う緊急反応に典型的に見られるという<sup>36)</sup>(P. 489)), または交感神経緊張状態にあるとみなしてよいようである。

ところが田坂ら<sup>40)</sup>はヒトについて通流前後の血中好酸球数、Thorn試験、尿中尿酸-Creatinine比、尿中17-Ketosteroidをしらべた結果、通常の治療量によっては脳下垂体-副腎皮質系の機能に変化がおこらないと言う。事実ヒトにおいては固定、通流がはげしい防衛反応をおこすとは考えがたい。しかしウサギにおいて脈波の振巾がいちじるしく減小する例が1例見られた(第9図)。これは圧反射もあるかもしれないが、肉眼的に見て脈波が一定化した後に通流した点より考えて、むしろ防衛反応の現われではないかと解される。ここで注目されることは全体と

して減小の傾きをとっている中であって、しかもなお近似的に引いた指数函数曲線に比べて陽極通流時に振巾が増大し、陰極通流時に減小している点である。もともとStress時の変化はStressorである電極の陰陽によらず同じ向きである筈であって<sup>36)</sup>、陰陽相反する向きに変ることは第3作用によるとみなさざるを得ない。

以上のことから種々の生体反応により変形させられているとしても、しかもなお通流電極が血管運動神経に対して第3作用を及ぼすと結論してよいものと考えられる。

## V. まとめ

容積脈波を1つの目安として血管運

動神経に対する通流電極第3作用をうかがい知ろうとした。すなわちもし血管運動神経に対して陽極通流が緊張促進的の、陰極通流が緊張抑制的の効果を及ぼすならばそれに対応して陰陽両極下における脈波の振巾もそれぞれ相反する向きに変わるか、または少くとも何らかの差を示すであろうと考えた。

1) 無処置例においては電極の陰陽による差があまり明らかではない。これは血管収縮神経と血管拡張神経とがあって、それぞれに対する通流効果が相殺されるためと推される。

2) 血管拡張神経の作用を抑制する目的で Atropine を投与した例においては、脈波の振巾は陽極通流により減小し、陰極通流により増大するかまたは変らない。

3) 逆に血管収縮神経を抑制する目的で交感神経を切除了した例においては、脈波の振巾は陽極通流により増大するかまたは変わらず、陰極通流により減小する。

4) 何れの例においても、反射性変化におおわれるためか、電気緊張に対応する変化は見られない。

5) これらの実験結果は種々の生体反応の関与により変形させられてはいるであろうが、なお通流電極が血管運動神経に対しても第3作用を及ぼすことを裏づけるに足りるものと考えられる。

終りに恩師鈴木正夫教授のお導き、またお筆加えに感謝するとともに、薬理学教室村山智講師のお力ぞえにお礼申上げる。

この実験の費用の一部は鈴木正夫教授に対する文部省科学試験研究費によって支えられた。

#### 文 献

- 1) 鈴木正夫 (1948) 日新医学 **35**, 192
- 2) 鈴木正夫 (1955) 日本生理誌 **17**, 223
- 3) 鈴木正夫 (1956) 電気治療 東京 文光堂 1;  
(1956) Modern Electrotherapy, Tokyo, Japan Society for Promotion of Science, 1
- 4) 八田 秋・小泉 昇・安藤太介 (1958) 低周波医学 **1**, 84
- 5) Matthes, K. (1935) Arch. exp. Path. Pharmacol. **179**, 698
- 6) Molitor, H. & Kuniazuk, M. (1936) J. Pharmacol. **57**, 6
- 7) 古林兆一・山本廻平 (1937) 日循病学 **3**, 28
- 8) Hertzman, A. B. (1938) Am. J. Physiol. **124**, 328
- 9) 石川浩一・竹内一夫・扇田主一・長島親男・三島好雄 (1957) 日外会誌 **57**, 1728
- 10) 近藤駿四郎・竹内一夫 (1949) 外科 **11**, 504
- 11) 沢田又一 (1958) 呼吸と循 **6**, 417
- 12) 池上芳男 (1958) 呼吸と循 **6**, 881
- 13) Burton, A. C. (1939) Am. J. Physiol. **127**, 437
- 14) Hertzman, A. B. & Dillon, J. B. (1940) Am. J. Physiol. **130**, 177
- 15) Fulton, J. F. (1949) Physiology of the Nervous System, Ⅲ Ed., New York, Oxford University Press, 236
- 16) 大倉淳男 (1957) 日生理誌 **19**, 383; 388
- 17) Lullies, H. (1951) Z. Biol. **104**, 1 ((4) による)
- 18) Burch, G. E., Cohn, A. E. & Neumann, C. (1942) Am. J. Physiol. **136**, 433
- 19) 鈴木正夫・本間三郎 (1957) 生体の科学 **8**, 162
- 20) 西丸和義 (1950) 生理学の進歩 第1集 283
- 21) Goodman, L. S. & Gilman, A. (1955) The Pharmacological Basis of Therapeutics, Ⅱ Ed., New York, Macmillan Co., 541
- 22) 斎藤次郎 (1957) 日生理誌 **19**, 1291
- 23) 萩原 仁 (1949) 日生理誌 **11**, 128
- 24) 福田邦三・長島長節・畠山一平 (1951) 生理学講座 東京 中山書店 **8**, Ⅱ-3, 53
- 25) Nisimaru, Y. (1942) Jap. J. Med. Sci. Ⅲ Biophysics **8**, 31
- 26) Hertzman, A. B. (1941) Am. J. Physiol. **134**, 59
- 27) 百々芳雄 (1942) 日生理誌 **7**, 608
- 28) Burn, J. H. (1938) Physiol. Rev. **18**, 137
- 29) 本間三郎 (1950) 日生理誌 **12**, 261
- 30) 長島親男 (1957) 日外会誌 **57**, 571
- 31) 銭場武彦・入沢 宏 (1951) 生体の科学 **2**, 213
- 32) 太田三郎 (1952) 日生理誌 総会号 **14**, 164
- 33) 高木健太郎 (1954) 最新医学 **9**, 639
- 34) 植木俊次 (1954) 日生理誌 **16**, 97
- 35) Cannon, W. B. (1935) Am. J. Med. Sci. **189**, 1
- 36) Selye, H. (1950) Stress, Montreal, Acta, Inc., 5
- 37) Gershberg, H., Fry, E. G., Brobeck, J. R. & Long, C. N. H. (1950) Yale J. Biol. Med. **23**, 32
- 38) 石橋長生 (1955) 日新医学 **42**, 42
- 39) 中尾 健 (1953) 最新医学 **8**, 1120
- 40) 田坂定孝・大牟礼一雄 (1956) 電気治療 東京 文光堂 99

### Summary

It was attempted to detect the third effect of polarizing electrodes on the vasomotor nerves applying the photoelectrically recorded volume pulses to an indicator of vascular tone. If anodal polarization exerted accelerative effect on the vasomotor's tone and cathodal polarization inhibitory effect on it, each amplitude of the volume pulses under anodal and cathodal polarization would change in direction opposite to each other or show at least a certain distinguishable difference between them.

1) In non-treated cases, no distinct difference between anodal and cathodal polarizing effects was observed, which was interpreted to be due to the offset of both polarizing effects on the vasodilators and on the vasoconstrictors.

2) In cases to which atropine was administered in order to inhibit the action of the cholinergic vasodilators, the amplitude of the volume pulses decreased under anodal polarization while it increased or remained unchanged under cathodal polarization.

3) Reversely, in cases in which sympathectomy was applied in order to inhibit most of the vasoconstrictors, the amplitude of the volume pulses increased or remained unchanged under anodal polarization, whereas it decreased under cathodal polarization.

4) In every case, no changes corresponding to the an- and cath-electrotonus were observed, which might be masked by vascular reflexes.

5) Although the validity of these experimental results was probably partially modified by participation of various vital reactions, yet they were considered to be sufficient to confirm that the polarizing electrodes exert the third effect not only on the somatic nerves but also on the vasomotor nerves.

## 地方小学会報

### 第129回生理学東京談話会

時 昭和33年12月6日(土)10時~18時

所と当番 順天堂大学医学部5号館講堂 坂本嶋嶺・真島英信

#### 1. 武重千冬 (昭和医大生理)

##### 電気生理学的にみた迷走神経緊張について

家兎を urethane で麻酔し、頸部で迷走神経を極く小数の線維に分離して現われる遠心性の Spike discharge を記録、観察した。

両側の迷走神経を切断して、この求心性衝撃の影響を除去すると遠心性放電は大部分の線維は吸相にのみ、吸相の終りから呼相にのみなど、呼吸のリズムに一致して放電するようになる。それ故迷走神経に緊張性放電を出す第一の generator は呼吸中枢と共に周期的に変化しているものや持続的に放電しているので、上記放電が迷走神経の求心性衝撃により modify されたり、或は反射的に放電しているものと想像される。仍で、迷走神経の中極端に刺激を加えてこれらの放電がどのような変化をうけるかを検した。刺激の強さ、頻度、を適当にすれば呼吸は呼吸性停止して刺激終了後も可成り長くこの状態はつづくが、この時吸相に現われていた放電群は停止し、呼相のものは頻度は遅くなるが、持続的な放電となる。しかしある線維に現われた吸気相の放電は呼吸性停止をしても頻度は減少するが持続的に放電するし又呼相のものでも放電を停止する。これら種々の形式のものは混在しても記録されるので、呼吸中枢の抑制、促進の現われ方が別々の結びつき方で迷走神経に現われてくることが予想される。刺激を適当にすれば呼吸を促進させて切断前の状態に戻すことが出来るが、このような時には吸相に現われていた放電は頻度を増加し又持続時間も延長する。又切断した時には現われていなかった放電群が吸相に一致して出現する。これは反射的に呼吸中枢を介して発生したものと思われる。呼相のものにはかような新たな放電は認められない。元来切断後は呼相に一致して放電するものが多い。以上の事柄より迷走神経緊張は呼吸中枢の興奮により誘発されこれらが迷走神経の求心性衝撃により modify されたり吸相のものは反射的に呼吸中枢を介して出現し一定の緊張を維持していると推定される。

#### 2. 新島 旭 (新潟大第1生理)

##### 胃の求心性神経支配

墓の胃に機械的刺激を与え迷走神経または内臓神経の神経幹又は単一求心線維より求心性衝撃を誘導記録してその求心性神経支配を調べた。迷走神経ではその求心性支配は噴門部に密に、胃体、幽門部に行くに従って粗に行われて居り、その単一求心線維の支配領域は略  $5 \times 5 \text{mm}^2$  であった。またその受容器の所在は粘膜下に多いように思われた。その順応性は速いものが非常に多かったが遅いものも少数認められた。一方、内臓神経は主として胃の小彎の部分を噴門から幽門に至る間、求心性に支配して居り、単一求心線維に於ても支配は主としてこの全域に互るものが大部分であった。また多くは他の内臓器官をも求心性に支配していた。受容器の所在は漿膜下に多いようであった。順応性は比較的遅いものが多く見られた。

このように墓の胃は迷走、内臓、両神経によって求心性に支配されているが、胃粘膜に軽い機械的刺激が加わった場合又、胃の蠕動運動時には迷走神経からは求心性衝撃が誘導されるが、内臓神経からは誘導されない。一方、胃漿膜に軽い伸展刺激を与えた場合は主として内臓神経に求心性衝撃を認める。これらの異いはその機能上の異いを思わせる。即ち前者は胃に関係する臓器感覚、或いはそれに伴う反射に、後者は内臓痛、或いはそれに伴う反射に関係があるのかも知れない。

#### 3. 幸塚嘉一・内藤博江・浅井茂次 (関西医大生理)

##### 脳神経中の血管運動神経について

##### I. 血管縮小神経 (N. hypoglossus)

##### II. 血管拡張神経 (N. accessorius)

さきに私たちは“脊髓後根交感神経”(efferent)が bullfrog の muscular vessel の vasodilator fibre なることを生理学的実験により実証した。又 Lucus & Miksicsek, Pick, 中西教室及び幸塚他によりその組織的根拠を得た。而して血管は前根を通

る交感神経 (Langley) による血管縮小と、後根を通る交感神経即ち“脊髄後根交感神経”による血管拡張との“交感神経性二重支配”を受けていることを検証し得た。以上の様な脊(髄)根における場合と同一関係が延髄においても妥当するのではないかを検するのが本研究の目的である。

実験方法；bullfrogの舌血管について観察した。N. hypoglossus 及び N. accessorius の刺激には glycerine spot method を用いた。又 ganglionic cell の刺激はニコチン法によった。是等の神経の延髄におけるoriginを“carmin nicotine microinjection method” (假称) にて刺激した。舌血管の観察は Langley の prefer する方法により、血管直径の変化を測定した。又連続顕微鏡写真撮影もおこなった。

実験成績；1) N. hypoglossus の末梢切断端を“glyc. spot method”にて刺激すると、舌血管は刺激前に比して明らかに縮小した。又 N. hypog. のみを残して他の脳神経及び脊髄神経を切断した上延髄にニコチンを注射した場合にも舌血管は明らかに縮小した。2) N. accessol. の末梢切断端を“glyc. spot method”にて刺激すると舌血管は刺激前に比し明らかに拡張した。又 N. accessol. のみを残して他の脳神経及び脊髄神経を切断した上、延髄にニコチンを注射した場合にも舌血管は明らかに拡張した。

結論；1) N. hypog. 中には舌血管に対する血管縮小神経線維が存在する。2) N. accessol. 中には舌血管に対する血管拡張神経線維が存在する。

3) 従って血管の“副交感神経性二重支配”が成立するのではないかと考えられる。詳論は後日を期し度い。

#### 4. 特別講演

宮川 清 (信州大第2生理)  
アメリカ南部管見

#### 5. 特別講演

佐藤謙助 (長崎大生理)  
聴覚系に対する小脳性調節について

#### 6. 秋山 勳・野町俊弥・小泉宏和 (群大第1生理)

刺激、興奮及び局所興奮等に就いて—電気化学

#### 的興奮模型の実験から—

神経・筋等に閾上の電気刺激を加える時、最初ある過程が起り次で興奮の過程が現われるものと一般に理解されて居るが、刺激生理学上の諸事象に就いて神経筋と類同の現象を示し現象のより具体的な把握を便ならしむる電気化学的興奮模型に於ても興奮に先立つて或る過程が存在する事が知られて居る。そこで余等は模型に於ける斯様な事実をより明確にする為、秋山の興奮模型を用いて核表面の遂時の変化とその際現われる電気的变化とを対応し、更に直線状の核に就いて興奮伝導を目標に同様の事柄を観察し併せて被刺激性形体に於ける被刺激過程等に関する考察の参考に資する為に次の如き実験を行った。

興奮性膜を有する核に刺激作用を加えると始め核の表面は刺激の強さ或は期間等に応じて受働的に増減を示す灰白色の変化が現われ、刺激作用が持続して或る程度之れが進展すると瞬時に黒色に変じて興奮状態となり、斯様な状態に至れば最早刺激作用を中止しても自動的にその興奮状態は維持され所要の時間を経なければ回復に至らない。斯様な変化とそれに伴って現われる電気的变化とを対応するに受働的な変化の時期には緩徐な上昇を続け自働的变化が現われると同時に急激な上昇を示し、その経過は神経等に於て得られる動作電位の経過と比較して全く相似の関係にある。

又直線状の核伝導体では灰白色の変化に引続き興奮が現われても之れが興奮波として伝導し始める迄には更にその興奮部位の巾を或る大きさ迄進展させる為に刺激を持続する事が必要であり且つこの幅の大小と興奮伝導開始との関係は閾により左右され閾が低い時は小で、閾が高い時は大なる事を要する。一方之れと電気的变化との対応では Spike の発生は局所に興奮が現われた時に一致して現われ興奮波出発の直接の判定にはならない。勿論興奮の現われない場合は被刺激過程のみに終る。

#### 7. 久保田 競・本郷利憲 (東大脳研)・島津 浩 (順天堂大第2生理・東大脳研)

##### 運動の調節機序 (2) $\gamma$ 系の抑制機構について

$\gamma$  系の活動の指標としてネコの下腿伸筋及び下腿屈筋の筋紡錘からの求心性インプスをえらんだ。ネンブタール麻酔下で尾状核、淡蒼球、視床



中心核等を電気刺激すると、中等度麻酔の状態では、中枢の同一刺激点において、高頻度 (50~300/sec) 刺激で  $r$  系に促通効果、低頻度 (1~15/sec) 刺激で抑制効果がみられる。

この抑制効果は両側の拮抗筋に同時に及び、相反性はみられない。またある刺激点に限局した作用ではなく、尾状核、淡蒼球、視床中心核のいずれにもみられる。

深麻酔下では刺激頻度と無関係に抑制効果がみられ、これは刺激の電圧、期間及び頻度の増加につれて強くなるが、中等度麻酔の下では、ある頻度に限つて特異的に抑制効果が強くなる場合がある。この特異的頻度は脳波にみられる紡錘波の頻度及び時にその 1/2 の頻度と一致する。また単一刺激を尾状核又は視床中心核に与えて脳波に紡錘波を誘発するとき、それに一致して  $r$  系に対する抑制効果がみられ、紡錘波が誘発されない時には抑制効果は殆んどみられない。

以上のことから紡錘波の発生に関与する脳内のメカニズム (恐らくは反響回路) は適当な条件のもとにおいては  $r$  系の活動に抑制効果を及ぼしていると考えられる。即ち、電気刺激による  $r$  系の抑制作用は 2 通りの仕方で行われ、物理的な刺激の強さに依存する直接作用と紡錘波の発生を介しての抑制作用とがあるといえる。

立位のイヌの *M. gastrocnemius* の単一-NMU を記録しつつ尾状核の 6cps, 5msec, 4V の刺激で NMU の発射間隔の不規則変動が増大する。これは従来の研究から  $r$  系活動の低下によるものであつて、上記急性実験の効果を慢性状態でも起し得た。

## 8. 塚原 進 (関東通信病院臨床検査科生理)

### 筋緊張測定の特ランスデューサー

筋ばかりでなく一般の組織でもその硬さとして表現されているものの量的な示し方が必要な場合がある。その意味も含めて微量な張力の変化も検出出来て、連続記録出来る方法を考へてみた。測定の原理は、ある共鳴振動数の振動体の振動率を被測定物に当てると、この共鳴振動数が一般に高い方に移動する。この移動の割合が被測定物の張力に比例することを利用している。筋を弦と考え、等尺的な収縮では長さが変化しないとすれば、振動体の固有の張力と被測定物の張力の和の平方根

に比例する (実際はもつと複雑であるが大ざっぱに) と考へるのが適当であろう。共鳴線を被測定物の張力に変化させながらそれを電氣的に記録してみると共鳴周波数の変化するのがよくわかり、弦や、ゴム袋の内圧を変化させた場合には、共鳴周波数の変化はあつても共鳴時の振幅 (共鳴曲線の高さ) は変わらない。これに対して被測定物が液体の場合は共鳴周波数の変化は全くなく、共鳴時の振幅のみが変り、これが粘稠度に比例する。

以上を総合すると、張力分は周波数、粘稠度分は振幅で表わすことが出来、XY 坐表で表現すれば、張力と振幅は互に複素数的関係にあると見てよい。実際に筋では力を入れれば入れる程周波数は高い方に、共鳴時の振幅は力が入った程小さくなる。これは張力が増せば、筋センイが太くなってセンイ間のマッサンが増加して粘稠度分が増したためと考えられる。

連続記録するには、振動の周波数を適当に扨んで、一定に固定すると張力が変化すれば電氣的な消費エネルギー (振動体の) が変り、検波増幅すれば張力の変化が定性的にわかる。正確に記録するにはサーボ機構を利用すればよい。

## 9. 森下敬一 (東京歯大生理)

### 白血球数算定の操作過程における諸問題

Türk 試薬を用いる従来の白血球算定法によって、流血中の白血球数を評価することは出来ないため、そのためには森下の新算定法を用うべきことを提唱した (第35回生理学総会)。

Türk 試薬のかわりに種々なる色素溶液を用い、同一被検資料について検討をおこなった結果、色素水溶液の場合は Türk 試薬による算定値に近似する数値が得られたけれども、色素 Ringer 液の場合はそれらの大よ 1/2 の値であつた。つまり赤血球が破壊される条件下において、生理的な Medium におけるよりも明らかに白血球数は増加をみせた。

また、この稀釈液の色素の種類によって出現する白血球の種類は相違をみせた。

次に、0, 0.2, 0.4, 0.6 および、0.8% の食塩水に 0.01% の割合に色素を溶解した稀釈液で、同一資料につき白血球数を算定した結果、食塩濃度が稀薄になる程、白血球数が増加することを確めた。

このように白血球数は、その Medium に赤血球

が破壊する条件が負荷されているか否かによって左右されるのである。すくなくともこの溶血条件の存在が白血球数を決定するひとつの要因であることに疑いはない。予め蛋白凝固剤、たとえばオスミウム酸やタングステン酸で血液を前処置し白血球を凝固固定する条件下で白血球数は極めて僅微であることからそのように考えられる。

以上のごとき事実は、赤血球から白血球が新生するという森下らの主張を前提に、はじめて正しく理解されるのである。

色素溶液下の赤血球破壊時に、赤血球の一部が白血球化することを映画で供覧した。

#### 10. 吉村秀人・井上太郎 (京都府立医大第1生理)

##### 唾液腺の塩分分泌を支配する要因

唾液の無機塩殊にその主成分である NaCl 濃度は唾液流出速度と一定の関係があることは既に報告したが、流出速度が或る一定値以上になると、NaCl 濃度は最大値になり略恒定する。この流出速度に無関係な最大のイオン濃度を支配する要因としては血液のイオン濃度が重要な役割を果すこと。又この血中イオン濃度は直接に唾液腺に働くのではなくして、中枢に働いて神経を介して腺の分泌機構に影響を及ぼすことも既に報告せる所である。

今回は以上の様な中枢の興奮が腺に伝えられる場合に、chorda tympani を介して作用するのか或いは他のルートがあるのか否かを犬顎下腺について検討したのでここに報告する。

実験は顎下腺瘻をつくった犬の chorda tympani を露出し、これに刺激頻度 10c/s, 持続時間 5msec の矩形波電圧で 30 秒間刺激を続行して唾液をとる。刺激電圧は 4 Volt 以上の最大刺激効果の電圧を用いた。実験は腺の疲労をさける為に 5 分以上休んでから次の試料を採集する様に配慮した。かくして先ず一側の顎下腺につき chorda tympani を刺激して唾液組成を検してこれを対照となし、次に犬に 10% NaCl を持続注入して血中 NaCl 濃度を上昇させておいてから再び chorda tympani (又は時に反側の疲れていない神経) を刺激して唾液を採集した。かくしてその組成を検するに、これは対照に比して明らかに NaCl 濃度の上昇を示す。この場合 chorda tympani は中枢とは切り離して末梢部を電気刺激したのであるから、中枢の

影響は chorda tympani 以外のルート (恐らくは交感神経) を介して腺に來り、唾液の NaCl 濃度を上昇せしめた事が明らかである。

以上の成績は唾液腺の分泌機構の内で特に塩分の分泌を支配する中枢とその神経の存在する事を示したものであって、従来わが教室にて報告せる唾液腺分泌機構の energy 論的考察と一致した成績であると言える。

#### 11. 若林 勳・中島重広 (東大第2生理)・橋本隆 (東大栄養)

##### Na<sup>24</sup> により蛙皮の活性輸送起電力を測定する一方法

蛙皮に Na<sup>+</sup> 活性輸送起電力があることを確認したのは Ussing である。Ussing はこの活性輸送起電力を測定するために、

$$-\frac{M_2Na}{M_1Na} = \frac{A_2Na}{A_1Na} e^{-\frac{F(V-E_{Na})}{RT}}$$

と云う式を用いた。(M<sub>1</sub>Na は皮膚の外から内へ向っての Na<sup>+</sup> のイオン流量 (flux), A<sub>1</sub>Na は皮膚の外側の Na<sup>+</sup> 濃度, V は皮膚の静止電位, E<sub>Na</sub> は Na<sup>+</sup> 活性輸送起電力)。この式から E<sub>Na</sub> を求めるためには M<sub>1</sub>Na, M<sub>2</sub>Na, V の測定が必要である。Linderholm は更に、E<sub>Na</sub> = f(M<sub>1</sub>Na, M<sub>1</sub>Cl, V) 又は E<sub>Na</sub> = f(M<sub>1</sub>Cl, G, V) なる関係を用いて E<sub>Na</sub> を求めている。(G は微分導電度)。我々は M<sub>1</sub>Na, G, V, のみで E<sub>Na</sub> を求むべく関係式を導いたが、それは、

$$E_{Na} = f(e^{E_{Na}}, M_1Na, G, V)$$

なる形の方程式となる。これから E<sub>Na</sub> を図表的に解くことにより、活性輸送起電力を求め得るわけである。

左右各々約 25ml の容量を有する区劃室に Ringer を入れ、蛙の皮膚によって仕切り、空気胞により攪拌する。静止電位 (V) は甘汞電極を用い、高入力インピーダンス型の driftless の交流変換型直増中器によって連続的に記録した。微分導電度 (G) を求めるには、Bridge を使用した。電極抵抗の変化及び分極の影響を避けるため、四電極を用い、矩形波発生装置及びそのアイソレーターからの同期した出力を利用して測定する。測定電流は 5μA 以下である。Na<sup>+</sup> のイオン流量は Na<sup>24</sup> の r-線を井戸型シンチレーション計数器により測定することによって求めた。計数誤差は 3% 以内で

ある。以上の方法により、DNP, モノヨード酢酸等代謝阻害物質を作用させ、若干の成績を得ている。

12. 坂本嶋嶺 (順天堂大第1生理)

電圧-期間 関係から、私の興奮式に含まれた、

5つの定数  $p, \lambda_v, \lambda_v^*, K$  および  $L$  を定める方法  
電圧 ( $v$ ) - 期間 ( $t$ ) 関係に対する、等流搏動による刺激の場合の演者の興奮式は、(A)  $t \leq t_1$  ( $t_1$  は適応が起り初める限界の期間) に対し：

$$v = \lambda_v^* / \{ [1 - K \exp(-Lt)] \} \phi(p\sqrt{t})$$

((ただし  $\lambda_v^*$  は刺激打消し反作用および適応を除いた場合の電圧-期間 関係に対する理論的流基電圧、 $p$  は分極係数、 $K$  および  $L$  は定数、

$$\phi(p\sqrt{t}) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \exp(p^2 t) \int_0^{\infty} \exp(-\alpha^2) d\alpha,$$

および (B)  $t_a \leq t$  に対し  $v = \lambda_v / \phi(p\sqrt{t})$ )

((ただし  $\lambda_v$  は  $t_1 \leq t$  の範囲の  $v-t$  関係に対する

理論的流基電圧))。

まず実測した  $v-t$  曲線上の、 $t_a \leq t$  の範囲における、適当な2点 ( $v_1, t_1$ , および  $v_2, t_2$ ) をとり、 $(v_1/v_2) = \phi(p\sqrt{t_2})/\phi(p\sqrt{t_1})$  になるような  $p$  の値を求め、同時に  $\lambda_v = v_1 \phi(p\sqrt{t_1}) = v_2 \phi(p\sqrt{t_2})$  により  $\lambda_v$  の値を決定する。

つぎに決定された  $p$  の値および  $v-t$  曲線上の、 $t \leq t_a$  の範囲における実測値  $v_i, t_i : v_{ii}, t_{ii} ; v_{iii}, t_{iii} ; \dots$  を  $t \leq t_a$  の範囲の  $v-t$  関係に対する関係式

$$\lambda_v^* = v \phi(p\sqrt{t}) \{1 - K \exp(-Lt)\} \text{ に入れて}$$

$$\lambda_v^* = v_i \phi(p\sqrt{t_i}) \{1 - K \exp(-Lt_i)\},$$

$$\lambda_v^* = v_{ii} \phi(p\sqrt{t_{ii}}) \{1 - K \exp(-Lt_{ii})\},$$

$$\lambda_v^* = v_{iii} \phi(p\sqrt{t_{iii}}) \{1 - K \exp(-Lt_{iii})\},$$

を得、1組の3つの式から3つの定数  $\lambda_v, K$  および  $L$  を定めることができる。また別の組の3つの式からも同様に3つの定数を定め、その各々の定数の平均値を採用すればよい。

なお  $t_a$  の値は  $\lambda_v^* = \lambda_v \{1 - K \exp(-Lt_a)\}$  から定めることができる。

第19回近畿生理学談話会

時 昭和34年1月31日(土) 午前9時~午後5時

所と当番 大阪大学医学部附属病院四階会議室 河村洋二郎

1. 河村洋二郎・高田 充 (阪大歯生理)

口腔粘膜の透過性に関する研究

生体膜の透過機構について多くの研究が行われているが、その大部分は単分子膜についての実験である。単分子膜について認められる透過機構をそのまま直ちに粘膜を介する物質透過機作に結びつけて論ずることは出来ない。

本実験は、口腔粘膜の物質透過性についてその基本的性質を解明するため犬の舌下粘膜を用い、 $K \cdot Na \cdot Ca$  イオンの透過性を追求すると共に、酸化系の阻害剤 (KCN・DNP) がこれら各イオンの透過性に及ぼす影響を調べた。

Kイオンの場合には、外液として0.9%Na-Solution, NaイオンはK-phosphate bufferを用いた。K・Na共にその透過量は、外液中のそれらイオン濃度に従って増減しており、粘膜を介する一価イオンの透過が主として Diffusion に従うことを推察させる。しかしKイオンは時間と共に透過量が増加したが、Naイオンは最初の10分間に最大の透過を示した。この事実は、両イオンの透過機構が根本的に異っていることを示している。一価の

イオンに反し、二価のCaイオンは膜を透過しないことが分った。且つCaイオン共存下に於てもKイオンの透過は著しい影響を受けなかった。又一価イオンの透過は、KCNおよびDNP(共に  $1 \times 10^{-3}M$ ) の添加によって著しく阻害され、これら阻害剤除去後には明らかに透過性の回復が認められた。即ち膜の酸化過程と一価イオンの透過との間に、著しい相関関係のあることを推察させる。

以上の事実より、口腔粘膜を介するイオンの透過が、単にイオン濃度勾配のみに従うものではなくて、膜の酸化系が関与していることが想像される。

2. 岸本卯一郎 (阪大理生物)

単一植物細胞の電位特性

淡水産巨大植物細胞の1つであるジャジクモの節間細胞はセルローズの細胞壁でかこまれ内に大きい液胞が存在しているが、その膜電位差は外液と接する外部原形質膜に局在している。原形質膜内外のイオンは、膜を単なる Diffusion barrier と考える限り、Donnan 平衡説その他が予想するよ

うな分布を示していない。イオンが膜を通過するとき、イオンのままでその電気化学ポテンシャルに従って動くもの他に、膜を構成している有極性蛋白分子と complex を形成しその電気化学ポテンシャルに従って移動するものも考えなければならない。両者を考慮に入れ適当な近似を行うと、膜電位差として次の表現式が得られる。

$$E = \sum \frac{t_{j\pm}}{z_{j\pm}}(C_{ij\pm} - C_{oj\pm}) + \sum \frac{t_{j\pm}'}{z_{j\pm}'}(C_{ij\pm}' - C_{oj\pm}')$$

$C_{ij}$ ,  $C_{oj}$  は膜の内側, 外側における  $j$  番目のイオンの濃度,  $z_{j\pm}$  はその価電数,  $C_{ij\pm}'$ ,  $C_{oj\pm}'$  は膜内で外液に面する所, 内部原形質に接する所での  $j$  番目の上記 complex の濃度,  $z_{j\pm}'$  はその価電数或いはその電気モーメントを表わす常数,  $t_{j\pm}$ ,  $t_{j\pm}'$  は常数である。この表現は Falk と Gerard (1954) の示したものと似ている。静止状態に於ては有極性蛋白分子は電位勾配の最大の所, 即ち外部原形質膜に規則正しく配列していると考えられる。従って上式の第 2 項の寄与が大きく, その大いさは有極性蛋白分子の物理化学的性質が大いに反映しているであろう。従ってこれに影響を与えらるものであれば膜電位をも変化させる。シャジクモの膜電位差 (R. P.), 働作電位の大いさ (A. P.) は外液のイオンの組成濃度の変化に応じて様々に変化する。その生育している水の pH: 6.5 附近で R. P., A. P. は最大である。エタノールは 2% 位では可逆的にこれらを減少させるが,  $10^{-4}M$  PCMB (pH: 6.8) は非可逆的に著しく減少させる。イオン性の表面活性剤は  $10^{-3}\%$  の低濃度で R. P. を減少させるが, 非イオン性のものは 5% でも殆んど影響を与えない。一方興奮状態—一般に脱分極—に於ては膜内の有極性蛋白分子の配列が乱れるため, 上記の complex 形成その移動の一時消失が予想される。即ち膜は単なる Diffusion barrier となり, 各イオンはその濃度勾配を打ち消す方向に移動する。シャジクモの場合には  $K^+$ ,  $Cl^-$  の outflux の著しい増大が期待される (Gaffey & Mullins 1958 の実証がある)。 $Cl^-$  の outflux の増大は興奮時におけるシャジクモの膜電位の逆転, 内向の膜電流の発生を説明しうる。

### 3. 覚道幸男・芦田昭二 (大阪歯大生理)

**p-Aminobenzoic acid** および **p-Aminohippuric acid** の唾液中への排泄について

著者らの教室では, 唾液腺の排泄機能を解明す

るために, これまで数回にわたって p-Aminosallylic acid, スルファミン剤および Chloramphenicol などの芳香族-Amino 基を有する一連の化合物について報告してきたが, 今回は同族の p-Aminobenzoic acid (PABA) および p-Aminohippuric acid (PHA) について, 同様に血中濃度, 唾液中排泄量, 排泄率, 排泄開始時間および排泄閾などについて比較検討し, p-Aminobenzoic acid については, とくに p-Aminobenzolsulfonamide (Sulfanilamide) とくらべた。

#### 実験方法

実験材料と方法などは, これまでの実験に準じ毎 10 分間の唾液および 1 時間ごとの血中濃度を, Bratton-Marshall の方法で比色定量した。薬剤の投与は PABA は 2~4g を経口投与し, また PHA は 10%5ml, 10ml, 15ml および 20ml を静脈注射した。

#### 実験結果

##### 1. PABA

血中濃度, 唾液中排泄量, 排泄率 (6.2~98.2%, Sulfanilamide: 55.6~190.5%) とともに, Sulfanilamide よりも小さい。すなわち, Sulfanilamide よりも吸収しにくいし, また排泄しにくい。

排泄閾は 0.024~0.033mg/dl である。また投与後 20~110 分で唾液中に排泄をみとめる。

##### 2. PHA

10%5ml では, 血中濃度が注射直後の最高値をしめす場合 (2.400~2.875mg/dl) でも, ほとんど唾液中に排泄をみとめない。

10, 15 および 20ml 投与では, 投与直後の排泄率は 0.3~6.6% で, 投与量には無関係に変動は大きい。そして投与 1 時間後には, 血中濃度の急激な低下とともに, 唾液中にみとめなくなる。

##### 4. 豊木 実・藤本富次郎 (京都府立医大第 1 生理)

唾液のイオン分泌に対する麻酔の影響について  
唾液の流出速度と唾液の Na, Cl, HCO<sub>3</sub> のイオン濃度との間には一定の比例関係のある事が従来の教室の研究によって明らかにせられている。著者等はこの関係が用いる麻酔薬の種類によって如何に変化するかと犬を使いピロカルピン刺戟, 耳下腺唾液により再検討した。

麻酔薬としては皮質麻酔薬として Ether 吸入 30

％抱水クロロール溶液皮下注射，脳幹麻酔薬として Thiopental Sodium と Methylhexabital を使用した。

その結果は何れの麻酔薬によっても唾液分泌量は麻酔が深い時は減少する。

この場合の唾液のイオン濃度について見るに脳幹麻酔薬では唾液流出速度とイオン濃度との間には流出速度の低範囲では比例関係が認められそしてこの比例関係の成立する流出速度の範囲が無麻酔のものよりもやや分泌量の少い方に向ってずれる。それに対し皮質麻酔薬では流出速度の低い範囲でも比例関係は認められず流出速度が変じても濃度は変化なく最大値に一定するか或いはむしろ流出速度の低い範囲にて増加の傾向さえみられる。これは条紋部よりのイオンの逆吸収阻害によるかと考えると説明がつく。

交感神経遮断剤 2-benzyl-imidazolin-HCl (Pri-scol) を 2.5mg/kg の割合に筋注した所唾液の流出速度と唾液イオン濃度の関係は皮質麻酔薬の効果とほぼ同様となりイオン濃度と流出速度の比例関係は認められなかつた。

この様に皮質麻酔薬と交感神経遮断剤との効果が等しい所から唾液腺の腺条部よりのイオン逆吸収に交感神経が関与しこれが皮質麻酔薬や交感神経遮断剤にて作用を失うとして説明してもよいかもしいが将来尚検討を要する。

又この実験の結果より考えて麻酔薬の種類により唾液分泌機能が強く影響される事が明らかとなったから唾液イオン分泌と流出速度との関係を調べるためには barbiturate 系の麻酔薬を軽く与えて実験するのがよい。

##### 5. 平松成辰・山田敏男 (京都府立医大第1生理) 運動鍛錬時の血液性状について

激しい運動鍛錬時に赤血球の破壊が起る事は従来より確められた所であるが、この度我々は運動鍛錬時の赤血球破壊の機転を探る為の一研究として赤血球の形態的变化や機械的抵抗を検したのでその成績を報告する。

実験方法としては犬4匹を用い、先ず安静時の血液性状を検した後に連日毎時12kmの速度で3~4時間の迅走運動を4週間行い、その第1週目第3週目及び運動中止後2週目に夫々血液性状の検査を行ってこれを安静値と比較した。以上の結果

1) 赤血球数色素濃度は運動第1週目に最低値を示しそれ以後安静値に回復した。網状赤血球数は運動1週目より増加し運動中止後漸次正常安静値に復した。赤血球直径は第1週目に増加し以後正常値に復した。この場合に球係数は殆んど変化しないから、この直径の大なる事は幼弱赤血球の増生を意味する。以上の事からこの場合の貧血は大細胞性正常色素性貧血である。

2) ワールブルグ検圧計を利用して赤血球浮遊液を機械的に180/分の頻度にて振盪して赤血球の溶血に対する抵抗性を比較した。その結果赤血球の機械的抵抗が弱くなり以後漸次正常安静値に復した。幼弱赤血球はむしろ機械的抵抗に強いとの報告があるから、これを正しいとすればこの場合の抵抗の減弱は激しい運動の影響が直接赤血球に加わった結果と考えられる。その機転については検討を要する。

##### 6. 新山喜明・富田義雄 (大阪市大家政栄養生理) イオン交換樹脂によるクレアチン・クレアチニンの分離定量法

すでに報告したクレアチンの diacetyl 定量法は大量のクレアチニンが共存する尿では適用出来ないで樹脂による両者の分離をくわだてた。また同時に尿中にしばしば存在する diacetyl 呈色反応阻害物質の除去の検討を行い、ほぼ満足すべき成績をえた。

まずクレアチンおよびクレアチニンの解離曲線より、pH3.0においてはクレアチンは解離が少なくクレアチニンのみがほぼ完全に解離する事がわかる。そこで陽イオン交換樹脂 IR 120 を用いて、pH4.7の buffer を使用し、両者の分離を試みるとクレアチニンは吸着されクレアチンのみが流出することが確められた。また一方、同一樹脂を用いpH 1.5の buffer 下ではクレアチン、クレアチニンともに完全に吸着され、尿中発色阻害物質のみは流出し去ることがわかった。

以上より、尿中のクレアチンを分離して、これを diacetyl 法で測定するためには、陽イオン交換樹脂 IR120 (約50メッシュ) 5gを用い、これを内径10mmのビュレットに詰め、pH1.5 に bufferize し、尿 (クレアチニン含量8mg迄) 2~5ml, pH1.5 buffer 10ml, pH4.7 buffer 30ml を順次流せばよい。すなわちこの方法によってpH1.5 buffer の流

出液中に発色阻害物質は流出しクレアチンは pH 4.7 buffer の流出液中に回収することが出来る。

7. 中馬一郎・松田政博・志野 禎 (奈良医大生理)

差スペクトル法による電子運搬系の解析について

細胞内電子運搬系の生理的意義を研究する上には、できるだけそのままの状態を観察することが望まれる。その目的のために古くから分光学的方法が用いられているが、混濁の強い試料であるため直視分光器による定性的観察に止まるか、超性能の特殊分光器によらねばならないという悩みがあった。しかし、最近 Holton が市販の分光器を用いて或る程度まで上記目的に役立つ方法を発表した (H-法) ので、この方法の妥当性を検討すると共に、同法の欠点を除いたより一般的な方法 (通常法) を考察した。本報では白鼠肝 mitochondria とパン酵母の電子運搬系を両法によって解析した結果について報告した。なお、基質には夫々コハク酸と ethylalcohol を用いた。

H-法：十分通気した試料に基質を加え、ある波長 ( $\lambda$ ) で相対吸光度  $E_{\lambda}$  を時間的に測定すると、短い lag phase の後に E は変化し始め、約 2 分後

に再び定常値となる。この吸光度の変化は基質添加により酸化反応が進行し、溶存酸素が消費されつくし、各電子運搬系が還元されることに基づくもので、吸光度の変化度  $\Delta E_{\lambda}$  は各電子運搬系の還元状態と好氣的定常状態の吸光度の差である。 $\Delta E_{\lambda}$  を波長に対して plot すると所謂「差スペクトル」がえられるが、445, 520, 550, 605m $\mu$  に夫々極大が認められ、Chance の特殊分光器によるものとよく一致した。

通常法：H-法はその測定原理上阻害剤を使用することができない。ところで、基質を加えない場合は試料は好氣的定常状態、添加した際には還元状態にあるから前者を対照として後者の吸光度を通常の方法で測定すれば、H-法と同じ  $\Delta E_{\lambda}$  が得られる筈である。事実、基質による膨化の影響を除けば、両法によってえた「差スペクトル」はよく一致した。antimycin A を添加すると cytochrome b のみが還元され、他の成分はすべて酸化される。ethylurethane も不完全ながら同様の作用を示した。以上の他、両法による各 cytochrome 成分の定量値の比較、H-法によって特定波長で認められる abnormal kinetics について述べた。

(以下次号に掲載の予定)

正 誤 表 (第21巻10号)

頁	行	誤	正
1037	右下10 (実験例下3)	充血水腫	充血, 水腫
1037	下8 (実験例最下)	細気管竇攣	細気管支攣
1038	Fig. 1. 説明文	lungs	lung
1040	右上16	交感神経切断	交感神経索切断
1040	右下12	クエン酸	クエン酸 Na