

日本

# 生理学

雑誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

42巻

1号

1980

竹中繁雄岐阜大学名誉教授略歴..... 1

原 著

松本政雄：2重分極興奮系に関する研究（I）活動電位の由来とその経過..... 3

第48回日本生理学会北海道地方会..... 15

会 報 第54回 JJP 編集委員会議事録..... 21

お知らせ 第10回国際脳波・臨床神経生理学会議事告(1)..... 21

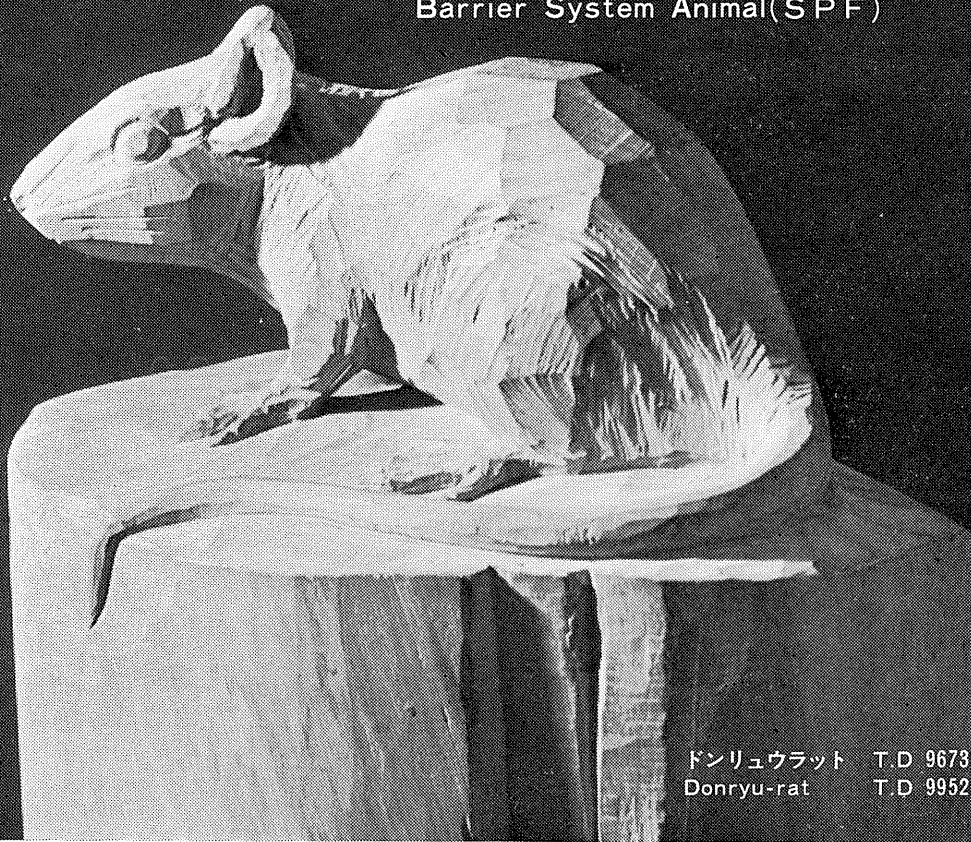
学会事務局より..... 22

日本生理誌  
J. Physiol. Soc. Japan

日本生理学会

# NRC:Donryu<sup>®</sup>

Barrier System Animal(SPF)



ドンリュウラット T.D 967994  
Donryu-rat T.D 995227

Donryu-rat を開発した日本最大のラット専門ブリーダー、  
日本ラットは BS(Barrier System)Donryu<sup>®</sup> を発売いたしました。

## 特 長

- 吉田肉腫に対して高感受性を有す。
- 性周期 4 日で安定。Skin Graft 高率。
- 温順、発育良好、飼育容易。
- 毒性、栄養、薬理、内分泌その他、  
広く用いられます。

## 〈 生 産 品 目 〉

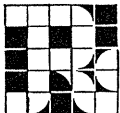
Barrier System Animal(SPF)

Conventional Animals

NRC : Donryu<sup>®</sup>

Donryu<sup>®</sup> Wistar

Buffalo S H R



日本ラット株式会社

〒336 埼玉県浦和市根岸608-3  
TEL (0488) 61-6850・6401



### 竹 中 繁 雄 岐 阜 大 学 名 誉 教 授 略 歴

明治35年11月21日 東京都に生る

大正15年 3月 東京帝国大学医学部医学科卒業

大正15年 4月 東京帝国大学医学部外科学教室 (塩田広重教授) 副手

昭和 3年 4月 東京帝国大学医学部生理学教室 (橋田邦彦教授) 副手

昭和10年 2月～昭和11年 5月 ドイツ国ライプチヒ大学生理学教室 (M. Gildemeister 教授) 留学

昭和11年 6月 台北帝国大学助教授 (医学部)

昭和11年 9月 医学博士の学位授与 (東京帝国大学)

昭和14年11月 台北帝国大学教授 (医学部)

昭和24年 4月 中央大学教授 (工学部)

昭和25年 3月 岐阜県立大学教授 (医学部)

昭和38年 8月～10月 アメリカ合衆国, カナダ, ヨーロッパへ出張, 第 XVI 回国際動物学会議 (Washington, D. C.) に出席

昭和38年11月～12月 中華民国台湾へ旅行, 台湾医学会総会 (台北) に出席

昭和39年 4月 岐阜大学教授 (医学部)

昭和43年 3月 岐阜大学を停年退職

昭和43年 6月 岐阜大学名誉教授の称号授与

昭和47年 4月 日本生理学会特別会員となる

昭和54年 8月29日 勲 3 等, 瑞宝章を授与さる  
正四位をおくらす

## 竹中繁雄先生を偲ぶ

竹中繁雄先生は昭和54年1月脳栓塞で倒れられ東京都杉並区の河北病院にて入院加療しておられましたが、昭和54年8月29日再び意識をとりもどされることなく永眠されました。享年76歳でした。

先生は大正15年、東京帝国大学医学部を卒業され、一時外科学教室に入局されましたが、のち橋田邦彦先生の生理学教室に入られました。この時代は特に数学、物理学に研鑽されたと承っております。昭和10年2月からほぼ1年3ヶ月 Leipzig 大学の生理学教室 Gildemeister 教授のもとに留学され、帰国後直ちに（昭和11年）台北帝国大学の助教授として赴任され、昭和14年には教授に昇任されました。この台北時代に蛙皮電位の準周期性、ピエゾ効果を応用して蛙の筋力の測定、気体の標準状態における乾燥容積を算出する係数表の作成、赤血球の熱崩解の反応機転についての研究などを発表されました。この周期性の安定構造、あるいは熱崩解の現象の数理解析は現在の数学界で取り上げられている問題であります。既に40年も以前に手がけておられました先生の慧眼には敬懼いたしております。終戦後、帰国されて中央大学教授に就任され、昭和25年には岐阜県立大学医学部教授、さらに昭和39年県立大学の国立移管と共に岐阜大学医学部教授に移られ、爾來昭和43年の定年御退官までの18年間、岐阜の地で教育に研究に尽されました。岐阜時代はポアソン分布表の作成、反復興奮と交流の閾下刺激の問題、再び赤血球の熱崩解の解析、ベクトル眼振図の新描記法の研究などがあり、この間の著書には理論生理学（丸善）、統計学の方法（文光堂）、脳の生理学（医学書院）、自動能の研究（文光堂）、物理学基礎—生理学、生化

学研究のための—（医学書院）、生理学Ⅰ、Ⅱ（朝倉書店）など非常に幅広い著作活動をなさいました。

先生は日本生理学会総会を2度主催されました。昭和16年に第20回を台北にて、昭和40年第42回を岐阜で行われました。昭和33年には自動能のシンポジウムを岐阜で、昭和41年、昭和42年と2年にわたり若手生理学者のための物理学基礎講習会を岐阜と東京で催されるなど、共に生理学界にかなりの反響を呼びました。

先生の理論生理学のお考えは現在の生理学の中でも先駆的な面が多々あり難解とする所もありますが示唆に富んだお仕事でありました。ことに数理的な解析を得意とされ、数学界でも御活躍になりました。生理学が生体を扱う学問であるかぎり、かなりのあいまいさが入ることが必要でありましょうが、先生はこのあいまいさに対して、厳しい潔癖さでもって対処され、それらを数理的に処理されることに心掛けられました。これはまた日常生活の中にも反響し、この潔癖さの故に自分にも他人にも厳しく、時には誤解を招くこともありました。御退官後は専ら哲学的あるいは宗教的と申しましょうか、仏教にまたキリスト教とその思想を深められていました。幾つかの御執筆の原稿のコピーをいただきましたが、これから先生の思想をいつの日にか正確に理解いたしたいと思っています。生理学界にとってはまことに異色な貴重な大先生を失った事ははなはだ残念なことであります。ここに深く哀悼の意を表し、御冥福をお祈りいたします。

（岐阜大学医学部反射研究施設生理学部門 渡辺 悟）

## 2 重分極興奮系に関する研究 (I)

### 活動電位の由来とその経過

松本 政雄

(昭和大学歯学部口腔生理学教室)

**Double polarized excitable system of the nerve fiber and its action potential.** Masao MATUMOTO (*Department of Physiology, School of Dentistry, Showa University, Tokyo 142 Japan*)

An excitable tissue, namely a nerve or muscle fiber was regarded as an excitable system consisted of "field of excitation" and "active element" and the nerve fiber especially as a double polarized excitable system, because its equivalent circuit in resting state was constituted of two polarized layers.

On the above view point, the author stated the action potential of the double polarized excitable system as the following.

In the double polarized excitable system, the inner layer is polarized  $E_m$  by itself, while the outer layer surrounding outside the inner layer is polarized  $E_o$  due to discharge current of  $E_m$ . Then the cell potential (resting potential)  $E_c$ , the potential difference between in and out side of the system, is represented as  $E_c = E_m - E_o$ .

Excitation is referred to the temporary change of the equivalent circuit of resting state to that of excited state by temporary reduce of resistance of inner layer nearly to zero, resulting temporary decrease of  $E_m$  and change of  $E_c$  (action potential). Through the event, decrease of resistance of the inner layer is the root of the process, so was named active element, and the other electric constitution as field of excitation. Theoretically calculated and experimentally recorded action potential of this system showed every course of the action potential of the nerve fiber known already, including overshoot or undershoot (positive after potential).

〔J. Physiol. Soc. Japan (1980) 42, 3-14〕

**key words :** Excitable system, overshoot of action potential.

#### I. い と ぐ ち

Hodgkin らの ion 説<sup>2)3)</sup> が現れて以来、ヤリイカの giant axon をはじめ一般に神経線維の興奮に際して現れる活動電位の経過の由来を主として興奮性膜の属性として理解しようとする立場が支配的となった。すなわち ion 説においては活動電位の overshoot その他の経過をすべて興奮性膜の性質：特殊 ion に対する選択的透過性<sup>2)4)</sup> に帰して解明しようとするため、興奮性膜の性質およびこれに関連してその実在性の疑わしいような仮定を設けなければならない状態になったのであろう。

最近著者は神経線維の静止状態および興奮状

態の等価回路を実験的方法<sup>10)</sup>によって測定し、その結果に基づいて創案した電氣的神経模型<sup>11)</sup>の研究から神経線維の活動電位、特に overshoot の経過などを ion 説におけるように興奮性膜の Na および K ion に対する選択的透過性の問題に帰することなく、全く異なる立場からの解明が可能であるとの発想をえた。すなわち神経線維・筋線維などの興奮性組織(細胞)を「興奮の場」と「活動元」から構成される「興奮系」とみなし、興奮に際し、その活動の根源となる部を活動元、活動元以外の電氣的構造を興奮の場とした。興奮系において活動元の活動(例えば透過性の変化)によって2次的に電位変動が起り、その電位変動が興奮系の外部に誘導される場合に、興奮の場によってその経過は変形されるとの見解に基づいて活動電位の overshoot

などの現象の解明が可能であるとの発想である。

本編は上述の発想に基づいて神経線維の活動電位の経過特に overshoot, undershoot などの由来を研究した結果についての第1報である。

## II. 神経線維の等価回路と2重分極興奮系

神経線維の等価回路については従来多くの研究者<sup>2)14)</sup>によって提示されている。しかし、いずれも研究者自身の実験結果の説明のために考案されたものであって、等価回路それ自体の測定を目的として行われた実験の結果ではない。かつまたそれらは神経線維の等価回路であるよりむしろ興奮性膜の等価回路とみなされるものである。これに反し Fig. 1 に示した著者の神経線維の等価回路は、これを測定すること自体を目的とした実験によってえられた結果である。実験方法は以前松本ら<sup>10)</sup>によって報告された「筋線維等の等価回路を定める方法」を用いた。この方法において内向きまたは外向きの閾下電流を用いてえられた神経線維の静止状態の等価回路は Fig. 1, (I) に示されるものであった。この回路において内分極層はそれ自体で（自主的に）分極した層であり、外分極層は神経線維の外周をとり巻く組織が、内分極層の電位を電源とした電流が神経線維の内側と外側間の短絡抵抗  $R_s$  を通して放電するために2次的に分極された層である。静止状態における等価回路は内分極層の抵抗  $R_m$  が相当大きい一定値を保有するが、興奮状態のそれは  $R_m$  がゼロまたはゼロに近い値に減少した状態のそれであることが知られた。神経線維の興奮状態の等価回路を正確に定めることは困難であったが活動性を失った神経線維、KCl 溶液、麻酔薬などに浸した神経線維の等価回路はほとんど分極していない外層のみであり、神経線維の活動状態における分極容量は大体これらの場合のそれと同程度の値であること、および神経線維の興奮状態の impedance は KCl 溶液、麻酔薬などに浸した神経線維の impedance と同程度であることなどから興奮状態における神経線維の等価回路は

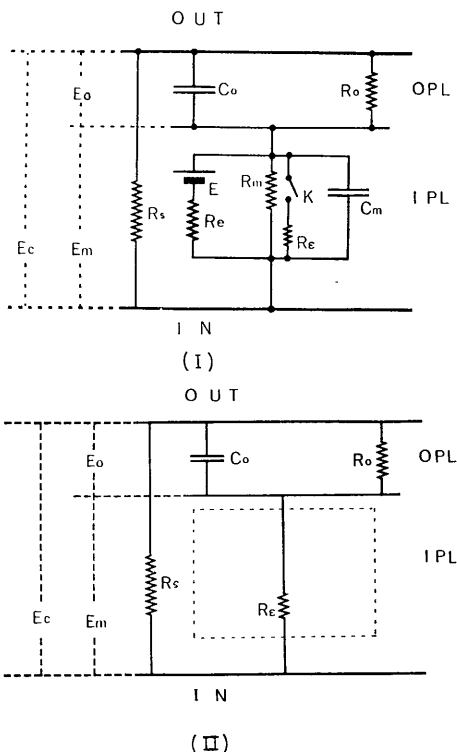


Fig. 1, (I) Equivalent circuit of the nerve fiber in resting state. IN and OUT : inside and outside of the fiber respectively. IPL : inner polarized layer, OPL : outer polarized layer. Em : inner polarized potential (membrane potential), Eo : outer polarized potential, Ec : cell potential (resting potential), E : 1.5 V, Rm : membrane resistance in resting state (5 k $\Omega$ ), Re : membrane resistance at excited state (0-500  $\Omega$ ), Rs : shunt resistance (5 k $\Omega$ ), Ro : outer layer resistance (5 k $\Omega$ ), Re : 1.5 k $\Omega$ , Cm : membrane capacity (5  $\mu$ F), Co : outer layer capacity (20  $\mu$ F), K : key. (II) Equivalent circuit of the nerve fiber at the excited state. Every elements inside the dotted line effectively disappeared, when Rm turned to Re ( $\approx 0 \Omega$ ). Nomenclatures in the figure represent the same as in Fig. 1, (I).

静止状態の等価回路の内分極層の抵抗  $R_m$  の大部分が短絡され  $R_e (\approx 0)$  になった場合の回路であることが知られた。上述のような神経線維の等価回路は従来提示された神経線維の等価回路<sup>2)15)</sup>とは異ったものである、しかし神経線維がこのような2重分極系の電氣的構造であるとすればそれによって活動電位に overshoot そ

の他の経過が現れることが知られた<sup>11)</sup>。

さてこのような静止状態および興奮状態の等価回路（電気的構造）に基づいて活動電位を考えれば、活動電位は静止状態の等価が興奮状態のそれに移行し、再び静止状態のそれに戻るに際して現れる電位変動であるということが出来る。著者は上述の移行に際して変動の根源となる部位を「活動元」、その他の電気的構造を「興奮の場」と名づけ、活動元と興奮の場を合せてこれを興奮系と呼んだ。したがって活動電位は興奮の場における活動元の活動によって発現する電位変動とみなすことが出来る。

活動電位をこのような電位変動とみなすとすれば、その経過は活動元の活動状態に依存することは勿論であるが興奮の場の構造によってその経過が変わることが理解される。静止状態の神経線維の等価回路として Fig. 1, (I) に示した回路を ( $R_m$  を除く) 興奮の場とする興奮系を2重分極興奮系と呼び、その活動元の活動、内分極層の抵抗  $R_m$  の変化に伴って現れる電位変動、すなわち活動電位の経過を理論的に求め、あるいは Fig. 1, (I) の等価回路を電気的素子を用いて構成し  $R_m$  を変化させた場合に現れる「活動電位」の経過を記録し以下に示すような結果をえた。なお上述の場合に、活動電位の経過  $E_c(t)$  のほかそれに対応する  $E_m(t)$  および  $E_o(t)$  なども示した。しかし、これらの電位の経過はいずれも刺激作用を適用して活動元の活動を誘発したものでないから実際の場合の活動電位に現れるような刺激作用に対して現れる電位変動の経過は含まれない。

### Ⅲ. 2重分極興奮系の細胞電位ならびに活動電位の経過

#### A. 細胞電位

神経線維の等価回路 (Fig. 1) において内分極層、外分極層の電位および内側と外側間の細胞電位（従来の静止電位）をそれぞれ  $E_m$ ,  $E_o$  および  $E_c$  とすればこれらの間には

$$E_c = E_m - E_o \quad (1)$$

の関係がある。 $E_o$  は  $E_m$  のために2次的に発

現した分極電位であるから  $|E_m| > |E_o|$  である。よって

$$E_c = E_m - E_o > 0$$

すなわち細胞電位は外側正、内側負である。また  $E_m$  が Nernst の式<sup>13)</sup>から求められる値とすれば  $E_c$  (従来の静止電位)はこれより小さい値となる。

#### B. 活動電位の経過

活動電位の経過を理論的に考えるに当り Fig. 1, (I) の神経線維の等価回路における電位  $E_c$ ,  $E_m$  および  $E_o$  の変動経過をそれぞれ  $E_c(t)$ ,  $E_m(t)$  および  $E_o(t)$  で表わせば(1)より次式がえられる。

$$E_c(t) = E_m(t) - E_o(t) \quad (2)$$

すでに述べたように Fig. 1, (I) において K が開放された状態 ( $R_m$  は相当大,  $R_e$  は小) が神経線維の静止状態の等価回路であり、K が閉鎖された場合のものは興奮状態のそれである (Fig. 1, (II))。したがって (初め開放状態) K を閉鎖し、次いでこれを開放する際に現れる細胞電位の変動  $E_c(t)$  は活動電位とみなされる。理論的にその経過を求め、あるいは Fig. 1, (II) の回路を電気的素子をもって構成し電磁リレーなどを用いて K を操作すれば  $E_c(t)$ ,  $E_m(t)$  および  $E_o(t)$  などの経過を記録することが出来る。これについては次項に述べ、種々の条件下で現れる  $E_c(t)$ ,  $E_m(t)$  および  $E_o(t)$  の全経過を理論的に求めることについては「2重分極興奮系の活動電位の経過」として別に報告する予定であるからここでは省略し、2重分極興奮系の活動電位として最も特徴的経過はその初期の経過 overshoot であると考えられるのでこれについて理論的に取り扱った結果を示す。

さて Fig. 1, (I) に示された神経線維の静止状態の等価回路 (K が開いた状態) の K を閉じて興奮状態のそれにし (Fig. 1, (II))、次いで K を開いて元の状態に戻す際、抵抗  $R_m$  を瞬間的に  $R_e$  にし  $R_m$  を再び元の値に戻す場合に現れる電位変動 (活動電位) の経過を求めてみよう。この際簡単に先ず  $R_e$  を 0 と仮定すればその初期の経過は次のようになる。

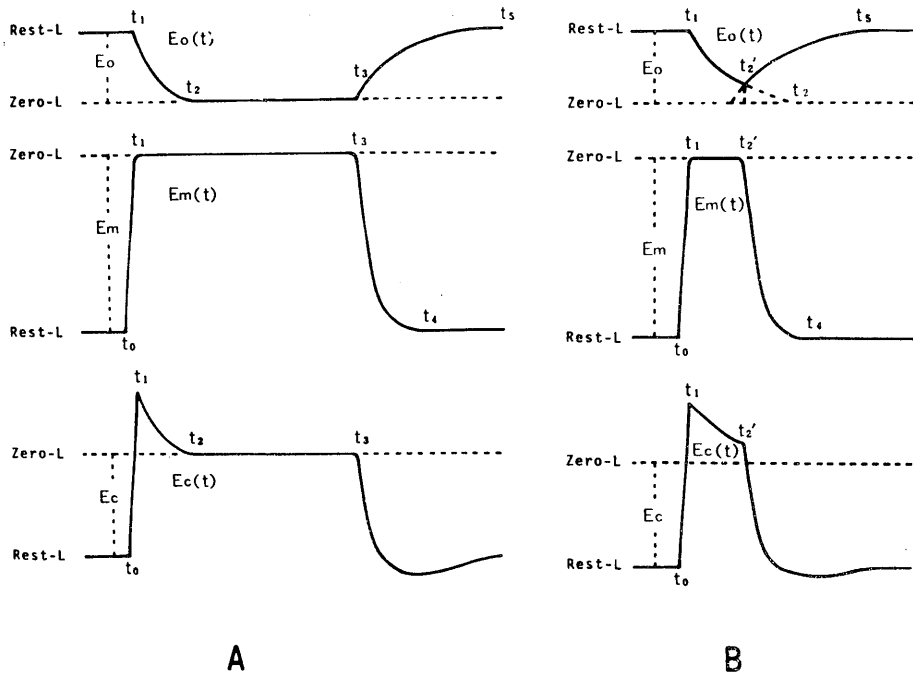


Fig. 2  $E_c(t)$  (action potential),  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  theoretically calculated, when K was temporarily closed in the circuit shown Fig. 1, (I). In A duration of close of K was long, so appeared the spike and plateau, but in B it was brief and no plateau was shown.

静止状態における時点  $t_0$  で K が閉鎖されれば微小時間  $\varepsilon$  後の  $t_1$  において

$$E_m(t_1) = 0 \quad (3)$$

$t_1$  より大きい  $t$  において  $E_o(t)$  は指数函数的経過で 0 に近づくから

$$E_o(t_1 < t) = E_o(t_0) e^{-\frac{t-t_0}{k}},$$

$$k = C_0 \frac{R_0 R_s}{R_0 + R_s} \quad (4)$$

$$\therefore E_o(t_1) = E_o(t_0) e^{-\frac{\varepsilon}{k}} \doteq E_o(t_0) \quad (5)$$

(3), (5)を(2)に入れば

$$E_c(t_1) \doteq -E_o(t_0) \quad (6)$$

(6)は  $t_1$  における spike の頂点の位置であり, overshoot に当り, その高さは大体静止状態における外層電位の値に近いことを示すものである.

(4)において  $t_1$  より大なる  $t_2$  で

$$E_o(t_2) \doteq 0$$

とすれば(6)より  $t_1 < t < t_2$  の  $t$  において

$$E_c(t) < 0$$

すなわち  $E_c(t)$  は  $t_1 \sim t_2$  の区間において負であり overshoot の期間になる.  $t_2$  より大なる  $t_3$  で K が開放されれば  $t_3$  以後は after potential の経過になるが  $t_2 < t < t_3$  の  $t$  において  $E_c(t) \doteq 0$  であるからこの期間は plateau となる. また Fig. 2, B のように  $t_1 < t_2' < t_2$  の  $t_2'$  で K が開放される場合には overshoot の部から plateau を形成することなく after potential の経過になる.

以上はこの興奮系の活動元である内分極層の抵抗  $R_m$  が瞬間的にゼロとなり, その後再び瞬間的に元の値に戻る場合の活動電位の spike および plateau の経過である. しかし活動元の活動, すなわち  $R_m$  の減少が種々の速さで起った場合, あるいは  $R_m$  の減少が小で  $R_e$  がゼロでない場合などにおける  $E_o(t), E_m(t)$ , したがって  $E_c(t)$  の経過を理論式から求める手数は容易でない. よってこれらの場合における

$E_m(t)$ ,  $E_o(t)$  および  $E_c(t)$  を実験的に記録した例を次に示す。

#### Ⅳ. 種々の条件による 2 重分極興奮系の活動電位

静止状態における神経線維の等価回路 (Fig. 1, (I)), 2 重分極興奮系を電気的素子を用いて構成し, その活動元  $R_m$  を一過性に減少させる際に現れる  $E_m(t)$ ,  $E_o(t)$  および  $E_c(t)$  を oscilloscope を用いて記録すれば, 前項において理論的に求めたこれらの電位の経過と同様の経過がえられる。

この際実験条件として興奮の場を構成する  $C_o$ ,  $C_m$  の値を変えた場合, 活動元の活動期間, 活動の速さ, 活動の極限における  $R_m$  の値 ( $R_e$  の値) などを変えた場合における活動電位の経過などを Fig. 3~Fig. 6 において示した。

1. 興奮期間が異なる場合: Fig. 3 の A および B においては興奮の場の各素子の値は同一であ

るが興奮期間すなわち K の閉鎖から開放までの期間が A においては B の場合より長い。そのため活動電位  $E_c(t)$  の期間が長いことは勿論であるが,  $E_o(t)$  が下降してゼロ線に非常に接近した後再分極過程に移行し,  $E_c(t)$  は plateau を形成するが, B においてはその前に後電位の経過になる。すなわち B においては  $E_o(t)$  がゼロ線に近づく途中において後電位の経過になるので overshoot の部から急速に下降した後電位となる。また A と B において undershoot, すなわち陽性後電位を比較すれば A において B におけるより著明に現れている。A, B において再分極過程になり  $E_o(t)$  が下降経過から上昇経過に移る点が A においてはゼロ線に近い点, B においては遠い点から静止状態に戻るために現れる現象である。

2. 興奮の場の  $C_m$  の値の差: Fig. 4 の A と B は, いずれも K の閉鎖, 開放によって現れた  $E_m(t)$ ,  $E_o(t)$  を示したものである。K の閉

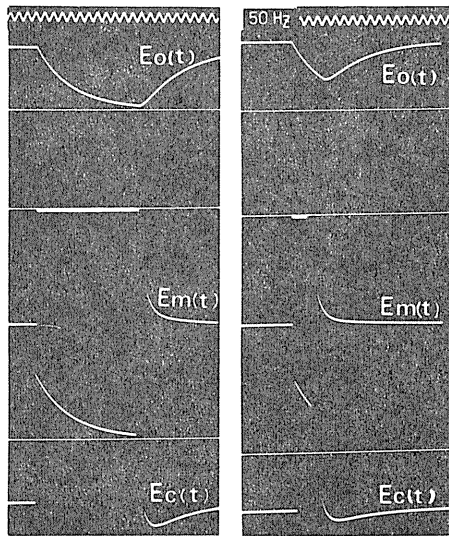


Fig. 3.  $E_c(t)$  (action potential),  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  recorded by temporary on of K in the circuit assembled of the equivalent circuit of Fig. 1, (I) with electric elements. Duration of temporary on of K were 250 msec and 100 msec in A and B respectively.

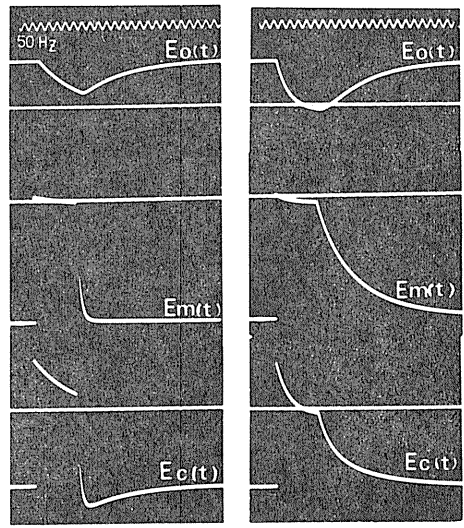


Fig. 4.  $E_c(t)$  (action potential),  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  recorded by temporary on of K in the same circuit used to record of Fig. 3. Duration of on of K was 100 msec in A and B, but  $C_m$  were  $5.0 \mu\text{F}$  in A and  $20.0 \mu\text{F}$  in B. the other elements were the same as in the circuit used to record Fig. 3.

鎖から開放までの期間は同一、 $C_m$  の値は B において A におけるより大であったが、その他の素子の値は同一の場合の記録である。  $E_o(t)$  の経過は A, B において  $C_o$  の値が同一であるため殆んど等しい。しかし  $E_m(t)$  の経過については A と B の場合に  $C_m$  の値が B ( $20.0\mu\text{F}$ ) において A ( $5.0\mu\text{F}$ ) におけるより大であったため、  $E_m(t)$  が静止状態の level に戻る経過がゆるやかである。このような理由で A では陽性後電位、 B では陰性後電位が認められる。なお  $C_m$  の値を同一にし、  $C_o$  の値を変えることで陽性後電位または陰性後電位のいずれかが現れるようになる。

さらに A, B において  $C_m$  の値が異なるために現れる  $E_m(t)$ ,  $E_c(t)$  の後電位の経過は上述したところであるが、  $E_m(t)$ ,  $E_c(t)$  の上昇経過も  $C_m$  の値に関係あるわけであるが、 A, B における  $E_m(t)$ ,  $E_c(t)$  の立ち上りには殆んど差はみとめられない。 Fig. 3 および Fig. 4 はすべて K の閉鎖と開放によって起った電位変動の記録で、  $R_e \doteq 0$  の場合であるから  $R_e C_m$  の値は  $C_m$  の値によって差があることは勿論であるが、有意の差に達しないため立ち上り経過は殆んど同様であることになる。  $R_e$  がある値以上の場合は  $C_m$  の値によって、また  $C_m$  が同一であれば  $R_e$  の値によって上昇経過に差が現れる。このことはさらに後述する。

3. 活動元の活動の速さの差： Fig. 3 および Fig. 4 の記録は活動元  $R_m$  を K を閉鎖して  $R_e$  にし、次に K を開放して元の値に戻した場合、すなわち  $R_m$  の値を瞬時的に変化させた場合における各電位の経過である。しかし Fig. 5 に示したものは  $R_m$  を可変抵抗を用いて構成し、その値を、特に考案された機械的装置を用いて変化させた場合に現れた各電位の記録である。 Fig. 5 の A, B の場合における  $R_m$  の変化値は同様でいずれの場合にも  $R_e \doteq 0$  であったが  $R_m$  が  $R_e$  になり、  $R_e$  が  $R_m$  に戻る速さが異なる場合で、 A において B におけるより速かであった。 A, B における  $E_m(t)$ ,  $E_c(t)$  の上昇および下降の経過はそれぞれ A の場合に急であるこ

とは当然であるが、 A および B における  $E_c(t)$  の overshoot の高さを比較すれば A において B におけるより大である。 overshoot の高さを論議する場合に考慮しなければならない重要な事

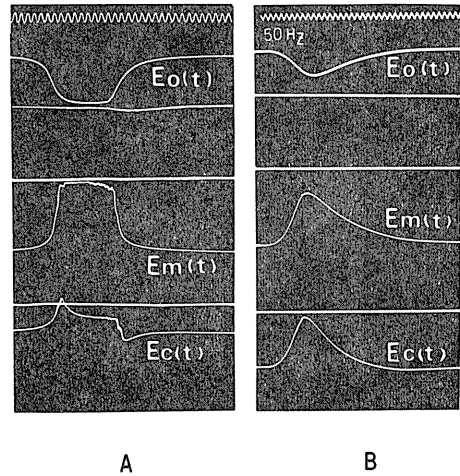


Fig. 5.  $E_c(t)$  (action potential),  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  recorded by temporary change of  $R_m$  from  $5\text{ k}\Omega$  to zero in the same circuit used to record Fig. 3. Velocity of temporary change from  $R_m$  ( $5\text{ k}\Omega$ ) to  $R_e$  ( $\doteq 0\Omega$ ) was greater in A than in B.

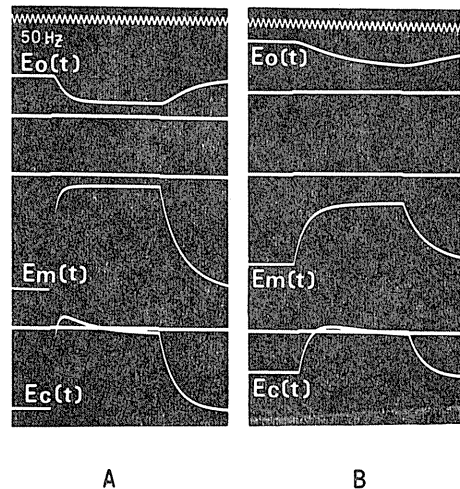


Fig. 6.  $E_c(t)$  (action potential),  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  recorded by temporary on of K in the circuit assembled of the equivalent circuit of Fig. 1, (I).  $R_e$  were  $100\Omega$  and  $500\Omega$  in A and B respectively.

項であろうと考えられる。

4. 活動元の活動の極限の差：活動元の活動を  $R_m$  が  $R_e$  になり、再び元の値に戻ることであったとした場合に  $R_e$  の値は実際の神経線維の場合において  $R_e \approx 0$  であるか、ゼロでない一定の値であるかなどについては不明であって、今後の研究に待たねばならない問題であろう。しかし2重分極興奮系における興奮の場合、活動元の活動の速さなどが一定であるとすれば  $R_e$  の値によって  $E_c(t)$  の経過、特に上昇経過が変る。1例を示せば Fig. 6 の A, B である。  $R_e \approx 0$  でないから興奮期間 (K の閉鎖から開放までの期間) が長い場合でも、 $E_m(t)$  はゼロ線に達することはない。そのうえ  $E_m(t)$  の上昇経過は  $R_e C_m$  の値に関係するので  $R_e$  がゼロでない場合には  $C_m$  は不変であっても  $R_e C_m$  の値は  $R_e$  の大小によって変り、 $R_e$  が大なる場合 B において上昇経過がゆるやかである。しかし下降経過には殆んど差は現れない。すなわち  $R_e$  が大きい場合は  $E_m(t)$  がゼロ線に達しないこと

と、その上昇経過がゆるやかであることの2つの理由により overshoot の高さは非常に小であるか全く現れないで under peak (spike の頂点がゼロ線以下) の場合も現れる。

神経線維などの生体組織における活動電位の経過、特にその上昇枝の立ち上りをみれば  $R_e$  は相当小さい値であると推定されるが、しかしゼロであるとは考え難い。また繰り返し刺激を与えて興奮させる場合に  $R_e$  の値が次第に大になってゆくような結果も現れるが、これらのことに関しては未だ不明である。何等かの方法によってこの問題の解決に対するいとぐちを見出しえないかと模索中である。

5. 活動元の活動なしに起る電位変動：ここでは(1)2重分極興奮系における電源 E の連結を断ち、次にこれを連結した場合と(2)2重分極興奮系の静止状態において内分極層に対して脱分極性の矩形波を適用した場合の電位変動の経過を観察した。

(1)の場合の記録は Fig. 7, A であるが、電位変動の経過における上昇と下降が幾分対称的であって活動電位におけるように上昇と下降の経過に著しい差は現れない。 $E_m(t)$  の経過は膜電位の消失と再現を示す単純な経過であって勿論 overshoot は認められないが、 $E_c(t)$  の経過には overshoot が認められ、したがって undershoot も認められる。この場合の経過と活動電位の経過の違いは活動電位の場合は活動元の抵抗  $R_m$  の変化によって2次的に起る電位変動であるが、この場合のものは活動元の変化によるものでなく、電源の除去と連結によるものであるから活動電位とは全く異なる機序によって起る現象とみなされる。

(2)の場合、すなわち Fig. 7, B は静止状態にある2重分極興奮系の内分極層に外部から脱分極性の矩形波を適用して現れた電位変動の記録である。この場合にも上昇および下降の経過は大体対称的で overshoot と undershoot の経過はその方向は反対であるが類似の経過をしている。その他の経過についても(1)の場合と同様のことがみられる。しかしここで指摘しておきた

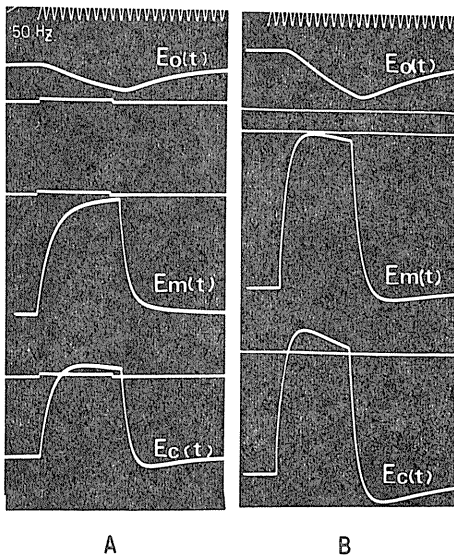


Fig. 7. A :  $E_c(t)$ ,  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  recorded when E (source, 1.5 V) was set aside for 180 msec in the circuit of Fig. 1, (I). B :  $E_c(t)$ ,  $E_m(t)$  and  $E_o(t)$  recorded when depolarizing pulse (520 mV, 180 msec) was applied to the inner polarized layer of the circuit shown in Fig. 1, (I).

いことは、この場合〔(1)の場合も同様〕の電位変動は全く活動元の活動を伴わないものであるが overshoot がありその形は通常の活動電位と異なりいわゆる spike を形成していないためと思われるが、従来この部分は局所興奮<sup>5)</sup>とみなされている。しかしこの経過は2重分極興奮系における特徴的の脱分極時の電位の経過であって、局所興奮とは何等の関係ないことは明らかである。しかし神経線維の場合に2重分極興奮系の脱分極時の電位の経過と共に局所興奮のために現れた電位の経過が重畳していないと断言することは出来ないであろう。いずれにしても将来の研究によって解決されるであろう問題であると考えられる。

## 考 按

A. 実験的に測定した神経線維の静止状態および興奮状態の等価回路は既に述べたような回路であるからその中で起る根源の電位変動の経過とそれが外部に導かれ記録される経過とは同一ではない。したがって活動電位によって起る機序の解明に当っては根源部位の電位経過と外部に導かれる波形を区別して考えることが必要である。この意味において興奮性組織(細胞)を「興奮の場」と「活動元」とから構成される興奮系とみなし、活動元の活動によって直接起る電位変動と、それが興奮の場によって受ける変形を区別して考えなければ活動電位の経過からその原因となる化学反応、物理化学的反応などの解明に到達することはできないであろう。

さて神経線維の静止状態と興奮状態の等価回路を比較すると静止状態の等価回路の内分極層の抵抗  $R_m$  (Fig. 1, (1)) を  $R_e (\equiv 0)$  にすれば  $C_m$ ,  $E$  などが仮りにそのまま存在しても電気的には消失したと同様の状態、すなわち興奮状態の等価回路に移行し、それに伴ってそれまで存在した電位は消失する。このように抵抗  $R_m$  が  $R_e (\equiv 0)$  に変化するだけで静止状態の等価回路は興奮状態のそれになり活動電位が発現し、興奮が起る。この場合に抵抗  $R_m$  は興奮発現の根源となる部位であるとみなされるからこれを

活動元と名づけた。具体的に、膜においては透過性の変化を起す部位と電位の発生および電気容量の存在部位などは区別し難く一体のものであるかもしれないがこれらのものを別に扱い、透過性の変化を生ずる部位だけを活動元、その他の部位は興奮の場の一部であるとみなすのである。したがって神経線維における興奮の場は静止状態の等価回路から  $R_m$  を除いた他の部分全体である。これらは2つの分極層から構成されているのでこれを2重分極興奮系と名づけた。2重分極興奮系の構成を上述のように考えれば、興奮の場は実測によるものである。しかし活動元については刺激作用によって、速やかにその抵抗値が殆んどゼロになり、速やかに元の値に戻ると仮定したので、このような仮定を満す膜乃至物質の実在性が問題になるが、このような膜(層)は事実存在する。鉄と硝酸からなる電気化学的興奮模型<sup>7)8)</sup>における鉄の核の表面に形成される鉄の酸化膜はこの例である。したがって2重分極興奮系における活動元に関する仮定は少しも無理のない仮定である。

そこで著者は神経線維を2重分極興奮系として活動元の活動が上述のような状態で起るとの見解に基づいて種々の実験条件のもとに現れる活動電位の経過を理論的、または実験的に求めた結果の2, 3の例を示したわけである (Fig. 2-Fig. 6)。

B. 前項Aにおいて興奮性組織の電気現象解明に当り、これを興奮の場と活動元からなる興奮系として取り扱う意義と、神経線維の興奮の場が2重分極層から構成されることから神経線維は2重分極興奮系であるとみなし、その活動元について考察した。本項においてはさらに興奮系の活動元は内分極層の膜抵抗であって、刺激作用によってBernsteinの膜説<sup>1)</sup>におけるようにその透過性の一過性増大により、膜抵抗の減少が起ると仮定した場合に現れる活動電位の経過について考察してみよう。

a) 活動元の活動として透過性が増大し、抵抗  $R_m$  が  $R_e (\equiv 0)$  に減少し、短期間の後  $R_e$  が  $R_m$  に戻る場合に現れる活動電位の経過は

Fig. 3A, Bに示されるように、急激な上昇枝と overshoot が現れる。overshoot の高さは大体静止状態における  $E_0$  の値に近い。しかし  $R_e$  が  $R_m$  に戻る際の下降経過は上昇経過に比較してゆるやかであり、undershoot (陽性後電位) は overshoot に比較して小であり、経過は全体としてゆるやかである。overshoot と undershoot の起る機序は類同であるにもかかわらずその経過にこのような差が現れる (Fig. 3) のは活動元の活動の経過が再分極の場合に脱分極の場合よりゆるやかな場合にも起る。しかし、Fig. 3 の場合は  $R_m$  が  $R_e$  になり、逆に  $R_e$  が  $R_m$  への復帰はいずれも電鍵の閉鎖と開放によったので速さの差は殆んどないと考えられるにもかかわらず現れる現象である。このような現象は2重分極興奮系の活動電位の特徴であろう。

上述の現象が起るのは上昇枝および overshoot には  $C_m, C_o$  の放電経過、下降枝および undershoot には  $C_m, C_o$  の充電経過が主として関係し、上述のような場合には充電経過が放電経過よりゆるやかである。このような関係によって undershoot に関する経過が overshoot に関する経過に比較してゆるやかになる。これらの経過は異なるものであり、理論式によってこれを示せばこれらの関係は明瞭になるが、既に述べたようにこれらは別に報告する予定であるからこれを省き、理論式からえられる結果と同様の経過すなわち実験回路を用いて記録した  $E_m(t), E_o(t)$  およびこれらの代数和としての  $E_c(t)$  を示してこれに代えた (Fig. 3 および Fig. 4)。

b) 活動元の活動の速さ、すなわち  $R_m$  から  $R_e$  への減少、およびその逆行をゆるやかに進む場合に活動電位の上昇、下降の経過がゆるやかになることは当然であるが、それと同時に overshoot の高さおよび undershoot の深さは共に小となり、それらの経過もゆるやかな curve を描くようになる。種々の実験条件下において現れる神経線維・筋線維の活動電位の経過と比較して考えれば示唆される点が多い現象

であろう。

c) 同一の興奮の場合において活動元の活動すなわち  $R_m$  の減少、増大の速さが異なる場合の活動電位の経過の差については前項 b) において述べた所であるが、 $R_e$  の値による活動電位の経過の違いの例は Fig. 6 の A および B においてみられる。 $R_e \equiv 0$  の場合には  $E_m(t)$  はゼロ線まで達した後静止状態に戻る。しかし  $R_e$  がある程度大 (例えば  $500\Omega$ ) の場合には  $E_m(t)$ 、したがって  $E_o(t)$  もゼロ線まで達することなく静止状態に戻る場合も起る。この現象は容易に理解されるであろうが、この外、活動電位の上昇経過がゆるやかになり、overshoot の高さは小になるか、認められなくなり overshoot に相当する位置に半円形のふくらみが現れる場合もある。なお下降経過はその方向は逆向きであるが上昇経過と類似の形となる。以上のような現象は興奮に際して活動元の活動によって起る膜抵抗の減少の極限がどの程度まで起るかなどに関する研究に対して十分参考となる資料であろう。

d) 静止状態の神経線維の等価回路 (Fig. 1, (I)) において電源  $E$  を開放し、短期間の後閉鎖した場合の電位の変化はそれぞれ脱分極および再分極に当るわけであるが、この場合の電位の経過 (Fig. 7, A) は活動電位の経過と異なり対称形に近い。活動元の活動がなく  $R_m$  の値が不変で  $R_m C_m$  が一定であることによる。このような電位変動は活動電位とは言ふことは出来ないであろう。

上記のように電源の開放、閉鎖の代りに電源をそのままに保ち、内分極層の両端から脱分極性 pulse を適用した場合 (Fig. 7, B) にも電源の開放閉鎖の場合と同様の経過の電位変動が現れる。このような電位変動は神経線維・筋線維において、特に取り出してから長時間経過した活動性が半ば消失し、刺激域が高くなった標本に刺激電流を適用した場合にえられる電位変動の経過に類似している。本実験の場合には活動元の活動は全くないわけで2重分極興奮系の分極電位の経過である。従来このような経過

の電位変動における立ち上り初期の overshoot に相当する部の半円形のふくらみは局所興奮<sup>5)</sup>によるものであるとみなされているが、あるいは局所興奮のための経過も神経線維の場合に一部含まれているかも知れないが単に2重分極系の脱分極電位の経過として現れる現象であるかも知れない。十分検討を要する問題であろう。

c) さて神経線維を2重分極興奮系としてその活動電位の経過の解明を計る著者の立場と、活動電位発現について、古典的な Bernstein の膜説<sup>1)</sup>、および現今広く容認されている Hodgkin の ion 説<sup>2)</sup> について簡単に比較してみよう。

Table 1. Excitable System=Field of Excitation+Active Element

	Bernstein	Hodgkin	Matumoto
Field of Excitation	—	—	◎
Active Element (Excitable Membrane)	○	◎	○

まず Bernstein の膜説においては刺激作用によって膜の透過性が増大、膜抵抗の減少、それによって既存の膜電位が消失、それに伴って起る電位変動が活動電位であるということと興奮の場など全く考慮することなく、根源部位に現れた電位変動の経過がそのまま活動電位とみなされているので既存の膜電位(静止電位)の値が微小電極の開発によって正確に測定されるにおよんで活動電位の振幅はそれより大、すなわち overshoot が現れることが明らかにされ説明に窮した。そのような時代に現れたのが ion 説である。この説においても荷電した単層の興奮性膜に現れる電位変動の経過が直ちに活動電位の経過とみなされ興奮の場等によってその経過が修飾されることなど全く考慮されていない。したがって活動電位の overshoot を始めすべての経過を興奮性膜に現れる電位変動とみなさないわけにはいかない。そのため興奮性膜の電気的性質について複雑、かつ不可思議な仮定を設けなければならない立場になった。以上述べた2つの説を興奮系を考える著者の立場から考

ればいずれの説も活動電位の経過のすべてを活動元の活動経過に求めたものである (Tab. 1)。それに対して著者の理論においては活動電位の経過によって起る原因を活動元の活動と興奮の場の両者に求めたものである (Tab. 1)。

## 総 括

神経線維の静止状態および興奮状態の等価回路を実験的に測定した結果、静止状態の等価回路は電位  $E_m$  に分極した内分極層とその電位  $E_m$  のために2次的に電位  $E_o$  に分極された線維の外田組織：外分極層の2つの分極層およびこれらを短絡する抵抗とによって構成される2重分極系であること、また興奮状態の等価回路は静止状態のその内分極層の抵抗が殆んどゼロになり、 $E_m$ 、したがって  $E_o$  が消失した回路であることが知られた。このことから活動電位は神経線維の静止状態の構造が一時的に興奮状態のそれに移行し、再び元の状態に戻るに際して現れる電位変動とみなされる。このような電位変動の発現に当っては内分極層の抵抗の変化がその根源となり、その他の電気的構造は電位変動の起る場であるとの見解から、内分極層の抵抗(膜の抵抗)を「活動元」、その他の電気的構造を「興奮の場」とする興奮系、そして興奮の場が2重分極系である場合にこれを2重分極興奮系と名づけた。

この興奮系すなわち神経線維において内、外側間の電位差を  $E_c$  とすれば、 $E_c = E_m - E_o$  の関係がある。 $E_c$  は従来の静止電位に当る電位であるが混同をさけるため細胞電位と名づけた。また活動電位発現は静止状態の等価回路の内分極層の抵抗がゼロに、したがって  $E_m = 0$  となり、その逆の過程において  $E_m$  は元の値に戻るわけであるから、これと前述  $E_c = E_m - E_o$  の関係および  $E_m$  がゼロになれば  $E_o$  は一定の経過でゼロに近づくことを基礎にして活動電位の経過を理論的に導き、あるいは静止状態の等価回路を電気的素子を用いて構成し内分極層の抵抗を変化(短絡および開放)させることによって現れる活動電位の経過の記録から次の事項が

明かにされた。

1) 活動電位の経過は活動元の活動経過と興奮の場の構造の両者に依存する。

2) 活動元の活動が Bernstein の膜説におけるように透過性の一時的増大により既存の膜電位が一時的に消失するという単純な経過のものと仮定しても活動電位の経過には overshoot, undershoot その他神経線維の活動電位において既知の経過はすべて現れる。

3) 上記 2) の経過は活動元の活動経過が同一であって興奮の場を構成する素子の値によって著しく変る。

4) 活動電位の overshoot の高さ, undershoot の深さは脱分極の際の上昇勾配, 再分極の際する下降勾配によって変る。

5) 一般に神経線維その他の生体組織の活動電位は上昇経過と下降経過は非対称形であるが, これは2重分極興奮系の活動元の活動に基づいて起る活動電位の特徴である。

6) 活動電位の発現は活動元の活動(抵抗または impedance の変化)によって2次的に起る電位変動であって単なる膜電位の一時的消失および再生ではない。

#### 附 将来, 実験によって2重分極興奮系が裏づけられるであろう2, 3の現象

本論において神経線維を2重分極興奮系とみなしてその活動電位の経過を理論的および実験的方法によって求めた結果を提示した。神経線維において興奮の場が2重分極構造のものであることは, 神経線維の等価回路の実験的測定の結果であるが, 活動元の活動としての内分極層の抵抗が刺激作用によって一時的に殆んどゼロに減少するとしたのは仮定である。しかし, このような仮定を満す膜は本論においても述べたように実在<sup>7)8)</sup>する。したがって神経線維が2重分極興奮系であることについては疑いの余地はないと考えられる。しかし, これを裏づける現象, すなわち2重分極興奮系とみなすことによって期待される現象のうちすでに発見されたものは未だ数少ない。

著者はこのような現象の存在が一つでも多く実験的に証明され神経線維が2重分極興奮系であることが普遍的事実として認められ, 神経線維の電気現象の解明に寄与しうるに至ることを期待してこれらを附として掲げる次第である。

1. 細胞電位  $E_c$  と Nernst の式から算出される  $E_m$  の値の相違

2重分極興奮系においては  $E_c = E_m - E_o$  の関係があるから線維の内外の電位差(従来の静止電位)  $E_c$  と興奮性膜の電位  $E_m$  とは同一ではない。Nernst の式<sup>13)</sup>によって求めることが出来るのは  $E_m$  の値である。したがって  $E_c$  とは一致しない。 $E_c + E_o$ , すなわち細胞電位  $E_c$  とその状態における spike の overshoot の和 (spike 全体の高さ) が大体 Nernst 式から算出される膜電位の値に近い(稍小)ことになる。

2. 活動電位の overshoot の部に対する impedance の減少

2重分極興奮系から導かれる活動電位の overshoot は外層電位によるものであるから impedance の値とは無関係である。したがって overshoot の値に依存するような impedance の減少経過は認められないわけである。これについての検討により神経線維が2重分極興奮系か否かは殆んど決定的になるであろう。

3. 興奮状態における分極

既述のように興奮状態の等価回路は静止状態の等価回路の内分極層を短絡したものであるから興奮期間中短絡されている内分極層には分極は起り難いであろうが, 外分極層は別に関係ないからいずれの方向の電流に対しても分極が起るわけである。但し分極容量は静止状態のそれより大であろう。従来興奮期間中において分極電圧が発現することを認めた報告もあると言うがさらに精密な検討を要する問題である。

4. Spike の頂点の最低, 高さの異なる spike に対する impedance の減少状態

適当の間隔で繰り返される短期間の矩形波刺激電流によって現れる神経線維の spike の頂点は次第に低下する。2重分極系においては spike の頂点の低下は overshoot の減少, すな

わち  $E_o(t)$  の低下によって起るから、頂点の低下の最低限は plateau の線までであり、ゼロ付近の一定の電位 level である。この際 spike の頂点は異っても各興奮に対する impedance の減少の程度は等しいわけである。これらの点の検討は 2重分極系の可否の判定として極めて重要な問題である。

#### 5. 過分極状態における impedance の減少

この現象は最初 2重分極興奮系において発見され、次いで坐骨神経において確認された現象<sup>12)</sup>である。神経線維においてある強さ以上の過分極電流をある期間適用後これを開放すれば開放興奮が現れる。しかし北村<sup>6)</sup>によれば電流の強さが相当大になれば開放興奮は認められなくなり、さらに電流を強くすれば通電中の過分極状態から静止状態に戻るだけで、すこしも脱分極状態(静止状態を規準にして)になることなく静止電位の値に戻る。この際 impedance の変化の状態は電流開放に際して活動電位が現れる際と同様の減少状態が現われる。すなわち静止電位を規準にして全く脱分極状態にならないにもかかわらず通常の興奮に際して現れると同様の impedance の減少が現れる。2重分極興奮系の有力な証明であると考えられる。

しかし上述の実験は坐骨神経について行われた報告のみで単一神経線維, giant axon などについては未だ報告されていない。

#### 文 献

- 1) Bernstein, J. (1912) *Elektrobiologie*. Braunschweig, Wieweq und Sohn.
- 2) Hodgkin, A. L. (1951) The ionic basis of electrical activity in nerve and muscle. *Biol. Rev.* **26**, 339
- 3) Hodgkin, A. L. & Katz, B. (1949) Ionic Currents underlying Activity in the Giant Axon of the Squid. *Arch. Sci. Physiol.* **3**, 129-50 [**36**, 53-54, 61-62, 163]
- 4) Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F. (1952) Currents Carried by Sodium and Potassium Ions through the Membrane of the Giant Axon of *Loligo*. *Ibid.* **116**, 449-72. [**22**, 36-43]
- 5) Katz, B. (1937) Experimental Evidence for a Non-Conducted Response of Nerve to Subthreshold Stimulation. *Proc. Roy. Soc. B*, **124**, 244-76. [53]
- 6) 北村奉正 (1975) 陽極開放興奮に伴う電位変動の経過について. *北関東医学* **25**, 365
- 7) 松本政雄 (1970) 電気化学系による生理現象の再現と機序の研究. *日本生理誌* **32**, 581
- 8) 松本政雄 (1975) (人工“生命現象”の研究) 神経模型. 東京, 篠原出版
- 9) 松本政雄 (1979) 神経線維の 2重分極興奮系に関する研究(II), 第56回日本生理学会大会予稿集, 369.
- 10) Matumoto, M., Watanabe, T. & Asakawa, M. (1964) A method to determine the equivalent circuit of the muscle fiber and some results. *Gunma J. Med. Sci* **13**, 252
- 11) 松本政雄, 北村奉正, 半場道子 (1973) 神経線維の等価回路と電気的神経模型. *日本生理誌* **35**, 639
- 12) 松本政雄, 半場道子 (1977) 神経の過分極状態における impedance の減少について. *日本生理誌* **39**, 173
- 13) Nernst, W. (1889) Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen. *Zeit. physik. Chem* **4**, 129-181
- 14) Tasaki, I (1959) Demonstration of two stable states of the nerve membrane in potassium-rich media. *J. Physiol. (London)* **148**, 306-331
- 15) Tasaki, I. (1959) Conduction of the nerve impulse. *Neurophysiology section 1*. 75p. *Handbook of Physiology*. 1

## 第48回日本生理学会北海道地方会

日 時：昭和54年9月22日（土）10：00～15：30

会 場：ムトウビル講堂（札幌市北区北11条西4丁目）

当番幹事：北大，医，第二生理 加藤 正道

### 1. 頸筋求心線維の脳幹投射について

村上新治，加藤正道（北大，医，第二生理）

麻醉ネコを対象に Biventer cervicis, Splenius, Occipitoscapularis などの頸筋求心線維の中樞神経への投射に検討を加えた。

BIV, SP, OCC 筋求心線維に電気刺激を加え同側脳幹部で 2 M-NaCl 入りガラス管微小電極を刺入して行った記録から，応答ニューロンは外側楔状核にあることが示された。BIV に応答するニューロンは89個でそのうち単シナプス性応答を示すものが35個，Group I に応答するものが46個あり，SP 応答ニューロンは72個でおのおの34個，22個あり，OCC 応答ニューロンは53個でおのおの12個，31個あった。単シナプス性応答で且つ Group I 応答のニューロンは BIV 23個(26%)，SP 13個(18%)，OCC 7個(13%) であった。これら応答ニューロンは一筋からのみに応答を示し皮膚求心線維刺激には応答を示さなかった。またおのおの BIV, SP, OCC 単シナプス性応答ニューロンのうち，BIV は外側楔状核の最外側に，SP は中央外側よりに，OCC は内側に局在していた。

BIV では47個中17個，SP では39個中10個，OCC では24個中5個のニューロンが小脳へ投射していることが示された。

### 2. カハル間質核脊髄路細胞に対する前庭からの入力

福島菊郎，村上新治，松島純一，加藤正道（北大，医，第二生理）

首と目の上下回転運動の調節に重要な役割を果たすと考えられているカハル間質核細胞は，外眼筋支配運動細胞と頸筋運動細胞に単シナプス接続するが，首以下の筋運動細胞とは単シナプス接続しない。このことは間質核脊髄路細胞で首に投射する細胞群と首以下に投射する細胞群で異なった性質をもつことを示唆する。本研究ではカハル核に対する入力のうち重要と考えられる前庭からの入力を解析し，上記2群の間質核脊髄路細胞の応答

に違いがあるかどうかをクロラロース麻醉下のネコで調べた。間質核脊髄路細胞は第1と第4頸髄の逆行性刺激に対する応答の有無により2群に分けた。首領域に終止する細胞は全体の46%を占め，伝導速度が遅く (median 25m/sec)，対側の半器官刺激に対し30%の細胞が応答し，前，後，水平いずれかの半器官に特異的な応答を示した。この群の細胞の中には同側の前庭核に軸索側枝を送るものがあった。首以下に下行する細胞は伝導速度が速く (median 67m/sec) 対側の半器官刺激に対し14%が応答し，それらは水平半器官に応答したが垂直半器官には殆んど応答せず，また前庭核に軸索側枝を送るものも見つからなかった。

### 3. 下半身支配領域の運動野と補足運動野について

丹治 順，Steven Wise\*（北大，医，第二生理・米国国立 NIH\*）

運動野の後肢支配領域についてはこれまでに数多くの報告があるが，その体部位特異性および運動野と補足運動野の境界については多くの未解決点が残されている。そこで今回はサルの運動に伴うニューロン活動をみる手法と皮質内微小刺激法を用いて下半身支配領域の体部位特異性を精査し，また補足運動野との境界を明らかにした。

3頭のマカクザルの頭蓋に記録用シリンダーを装着し，微小電極を刺入して随意運動に伴うニューロン発射活動を記録し，次にその電極に5～10  $\mu$ A 程度の高頻度パルス (300Hz) を加えて刺激を行った。大脳半球外側面における体部位特異性については Woolsey らの報告をはじめとする従来の報告とはほぼ一致する成績が得られたが，微小刺激に低閾値を示す部位は足趾支配部位を中心としてその周囲を下肢遠位筋，さらにその外側を近位筋支配部位が取り囲む半同心円形の配列がみられた。半球内側面および帯状溝背側面については，従来補足運動野後肢領域とされてきた部位が運動野（4野）の尾支配領域であり，補足運動野

後肢領域はそれよりもさらに前方に位置することが明らかとなった。従来の報告で用いられた皮膚表面刺激法では、電流滑走によりこれらの部位の体部位特異性決定は不可能と考えられる。

#### 4. 頸髄の呼吸性ニューロン活動

青木 藩, 河原剛一, 森 茂美, 富山知隆\*(旭川医大, 第二生理・耳鼻咽喉科\*)

頸髄 (C<sub>1</sub> 上端) で脊髄を全切断した脊髄ネコは、しばしば自発性の呼吸運動すなわち脊髄呼吸 (spinal respiration) を生じるが、C<sub>3</sub> レベルで脊髄切断したネコでは脊髄呼吸は生じなかった。この成績は、頸髄 C<sub>1-2</sub> 内に呼吸運動のリズム発生に関与する神経機構の存在を推定させた。そこでその神経機構を解析する目的で、まず脊髄無傷ネコ (brain intact cat) について、微小電極を用いて頸髄の呼吸性ニューロン活動の導出記録を試みた。ネコをネブタールまたはクロラロースで麻酔し、自発呼吸下に C<sub>1-2</sub> のレベルで頸髄にタンダステン微小電極を刺入し、ニューロン活動の細胞外記録を行った。C<sub>1-2</sub> の髄部で後根入口部付近から、垂直に電極を刺入し、探索すると、呼吸位相に同期発射する呼吸性ニューロン活動を記録する事ができた。それらは呼吸曲線の吸気相に同期した群発射を示し、発射数は20~40、平均発射頻度は20-50Hz で呼吸線の吸気開始点よりわずか (0.05~0.2秒) を先行して発射し始めるのが多かった。これらのニューロン発射は組織学的に灰白質の中間外側部、おそらく延髄網様体に相当する部位から記録された。

#### 5. 中脳ネコの除脳固縮と四足歩行

森 茂美, 青木 藩, 河原剛一, 富山知隆\*(旭川医大, 第二生理・耳鼻咽喉科\*)

上丘の前縁と乳頭体の後縁を結んだ線にそって脳幹を切断した中脳ネコは、一般に中等度の除脳固縮を示し、外部からの支持がなくても直立姿勢を維持できる。このような中脳ネコの楔状核に適当な刺激を加えると、後肢は接地面で足踏みを始める。そのさい除脳固縮の程度が強いと、楔状核刺激は最初に後肢伸筋の活動を抑制し、それがあ

るレベルに達すると、左右後肢伸筋のみの相反性活動に基づく足踏み動作をひきおこす。つぎにそれぞれの伸筋活動は相反的に屈筋活動を伴うようになり、伸・屈筋活動に基づく足踏み動作が始まる。除脳固縮の程度が弱いと、同一刺激は一時的に左右後肢伸筋活動を増強し、ただちに伸・屈筋の相反性活動による足踏み動作をひきおこす。このように足踏み動作には常に先行して姿勢の変化が生ずる。これらの成績から、除脳固縮の程度と楔状核刺激に基づく後肢伸・屈筋活動への抑制・促進効果、そしてそれらが足踏み動作をひきおこすに至るまでの神経機構の相互連関を考察した。前肢でも同様に足踏み動作をひきおこすことができる。また四肢のすべてに同様な動作をひきおこすこともできた。どの場合にも姿勢の変化が先行した。

#### 6. げっ歯類の超音波交信

亀田和夫, 鎌田 勉, 米沢功至 (北大, 歯, 生理)

通常われわれが耳にする鳴声のほかに、げっ歯類は超音波によっても交信していることが最近注目されるようになってきた。超音波発声の意義は、コウモリやイルカのような「こだま定位」ではなく distress call であろうと考えられている。

数種のげっ歯類について生後の超音波発声の様相を記録した。どの種でも出生第1日から超音波発声が認められ、次第にその頻度を増すと同時にパターンも FM を加えた複雑なものとなった。しかし成熟すると再び頻度も減少し、単純なパターンに戻った。

この受容機構を調べるため成熟スナネズミ (*Meriones unguiculatus*) の蝸牛マイクロホン電位 (CM) および聴神経活動電位を記録した。閾値曲線は 30 kHz を十分にカバーしていて超音波感受性が立証された。音源の方向に対する感受性を調べると、通常発声域にあたる中音域まではどの方向から来る音でも比較的平等に感受されるが、超音波領域では指向性が鋭く、母体が仔を探索するには超音波が有利であろうと想像された。活動電位の閾値曲線は CM のそれと類似するが、必ずしも一致せず情報の修飾が行われているように思われた。またその潜時から見ると、超音波受容には通常音波受容とは別のメカニズムが働いていると推察された。

#### 7. 赤血球変形能におよぼす血漿蛋白の影響

菊池佑二, 堀本和志, 垣内美弘, 小山富康 (北大, 応電研, 生理)

微小血管での血液の流動性は赤血球の変形能に依存することが明らかにされてきている。われわれは、全血を用いて測定できる有孔膜透過法で変形能を測定し、血漿の性状が赤血球変形能におよぼす影響を検討した。全血を自家血漿および生食水で希釈することによって、血漿の蛋白濃度の変化の影響を調べ、また NaCl を加えることによって電解質濃度の変化の影響を調べた。血漿の蛋白濃度が下ると赤血球変形能が良くなることが見られた。また、蛋白濃度が正常の場合、電解質濃度が高くなると、ある臨界濃度以上で濃度とともに変形能が低下していくのに対し、蛋白濃度が正常の1/6まで下がると、電解質濃度を450m Osmolまで高めても変形能の低下は見られなかった。以上の結果は、電解質濃度が高くなると、赤血球と血漿蛋白の間の電気的斥力が弱まり、血球表面に吸着される蛋白の量が増し、その結果、赤血球の変形能が低下していくことを示しているように思われる。電解質濃度を450m Osmol以上に高めると赤血球の形の変化が生じ、それに基因すると思われる赤血球変形能の急激な低下が蛋白濃度が低い場合でも見られた。

#### 8. 微小循環に与えるニコチンの影響

堀本和志, 小山富康 (北大, 応電研, 生理)

ニコチンが心血管系に与える急性効果を検討するため、蛙の肺および水掻き内微小循環の血流速度変化を追求した。麻酔した食用蛙の片肺を露出し、肺内にタバコ煙を20cc注入した時の肺内微小血管内流速を Laser-Doppler 顕微鏡にて測定した。タバコ煙の肺内導入後心室内圧・心拍数は増加し、直径40 $\mu$ の細静脈内流速も増加した。しかし血管内流速は8分後に peak に達した後減少し始め、心室内圧の peak 時(10~20分後)とは peak phase が異なった。また puff 回数が増すにつれて、peak 後の流速減少の度合いが少なくなった。

次に麻酔した爪蛙の水掻きを14%重酒石酸ニコチン溶液に浸し、生食に浸した反対側の水掻きの微小血管内血流速度を時間を追って測定した。流速は10分後で急増し peak に至り、その後急速に減少した。心拍数は次第に増加し、約30分で

peak になった。タバコ煙の肺内導入後に心室内圧の増加が生じ、微小血管内流速は増加するが、その後の肺血管緊張の増加により、心室内圧が peak に至る前に流速は減少し始め、遂には初期値以下に低下した。一方水掻きでは心拍数が増加して peak に至る前に著明な一過性の微小血管内血流速度の増加が認められ、その際に血管拡張が認められたことから、ニコチンの局所的なコリン作動性線維への刺激が推測された。その後の著しい流速減少は、血管緊張増加によるものと考えられた。

#### 9. モルモット胃輪走筋における内因性プロスタグランディンの作用

石沢光郎, 新田秀昭, 宮崎英策 (札幌医大, 第二生理)

分離モルモット胃前庭部輪走筋の自発収縮はプロスタグランジン(PG)  $E_1E_2$  ( $ID_{50}=0.1\text{ng/ml}$ ) で抑制、低濃度  $PGF_2\alpha$  で軽度亢進し、高濃度で抑制する。

本標本の PG 含量を RIA 法で測定したところ、PGE 量は17.04ng/g tissue wet. wt. (n=12)、PGF 量は27.53ng/g tissue wet. wt. (n=5) で、浴液中への遊離 PGE 量は0.36ng/g/min(n=10)、PGF 量は0.29ng/g/min (n=5) であった。

PG 合成阻害薬の indomethacin (IND) 3 $\mu\text{g/ml}$  で60分標本を処理すると、PG 含量および遊離量は共に著明に減少したが、自発収縮の大きさは逆に増大した。この収縮増大は神経遮断薬、抗 5HT や抗 histamine の影響をうけない。

本標本から遊離する PGE 量は自発収縮を抑制する閾値濃度以上であるが、PGF 量は閾値以下である。したがって自発収縮の抑制は主に PGE によるものと考えられる。また、IND は活動電位の slow wave には影響を与えないが、spike 頻度を増加する。以上から、内因性 PGE は spike 放電を抑制することにより輪走筋の収縮を調節していると考えられる。

#### 10. イガイ前収束筋の K 拘縮について

蓮見孝男, 小坂 功, 永井寅男 (札幌医大, 第一生理)

イガイ前収束筋 (ABRM) の K 拘縮がカエル骨格筋の twitch fiber の場合と似た自発性弛緩を

示すことはすでに知られている。本実験では、セロトニンによって catch を除外した300-400 $\mu$ mの ABRM の細束を用いて、K拘縮における mechanical activation および inactivation について詳細に検討した。

K拘縮の tension の立ち上がりおよび弛緩の rete は K 濃度に依存した。K 濃度と peak tension および conditioning K 濃度と test contracture tension の関係を示す activation curve と inactivation curve は鏡像関係にあった。外液 Ca 濃度を1/10に減ざると activation は 100mM 以上の K 濃度下に著しく抑制されたが threshold (35-60mM) に近い K 濃度下ではほとんど変らなかつた。同じ低 Ca 濃度下に inactivation curve は低濃度 K の側に移動した。Ca 濃度を2倍に増すと、逆に activation は増強され inactivation は抑制された。inactivation の時間経過は Ca 濃度の変化にかかわらず1相のみを示した。ABRM を Ca-free 下に平衡させておくと、460mM K を与えても拘縮は起こらないが、次いで460mM K 存在下に Ca を復帰 (10mM Ca を添加) すると拘縮は回復した。この回復した拘縮の peak tension は 460mM K に浸漬される時間に依存して抑制された。これは460mM K による inactivation を間接的に示すものと思われる。

#### 11. カエル骨格筋の収縮に対する Verapamil の作用

小原一男, 高氏 昌, 永井寅男 (札幌医大, 第一生理)

Verapamil は心筋および平滑筋において興奮収縮連関を抑制することが知られている。われわれは、カエル骨格筋の単一筋線維の興奮性ならびに収縮性に対する verapamil の作用を検討した。verapamil の作用はその濃度に依存し、低濃度 (0.1mM) で収縮増強作用、高濃度 (0.5-3mM) で抑制作用をもたらした。今回は低濃度 verapamil の twitch 増強作用の機序を中心に報告した。twitch tension は、0.1mM verapamil により速やかに、かつ著明に増強 (2分後に約3倍) され、その後次第に減少したが30分後でも control 以上に保たれた。同一条件下で、静止および活動電位の大きさは影響されず、活動電位の持続時間の延長ならびに陰性後電位の増大が認められた。

また、twitch 増強後2分時点で、active state の duration は約1.5倍に延長され、その後も徐々に増加した。また頻回刺激 (100Hz, 500msec 持続) による収縮は十分に加重されず、しかも一見 twitch 様であった。同時に活動電位の発生が欠落かつ消失した。さらに、K<sup>+</sup> 拘縮の activation curve の threshold が verapamil により明らかに左方に移動し、低濃度 K<sup>+</sup> による拘縮の peak tension も増大した。また3-7mM caffeine による拘縮も verapamil により著明に増強された。以上にもとづき、verapamil の twitch 増強作用と active state の duration ならびに intensity の変化の関係、その興奮収縮連関促進作用の機序などが論議された。

#### 12. ラット血漿コルチコステロンおよび自発行動量ウルトラジアンリズムの位相解析

渡辺憲治, 遠藤満智子, 広重 力 (北大, 医, 第一生理)

われわれは以前、内因性リズムであるラット血漿コルチコステロン (B) および自発行動量は長期連続照明曝露 (LL) により概日リズムを失い、ウルトラジアン成分に変化することを報告した。この際ウルトラジアン化した両リズムの位相は互いに強力にカップルしていた。本実験は視交叉上核の限局破壊によって両内因性リズムは消失するか否か、消失する際の血漿Bと自発行動量相互の位相関係を明らかにし、LLラットの場合と比較検討する目的で行なわれた。視交叉上核の破壊によって自発行動量および血漿Bの概日リズムは消失した。最小自乗スペクトル分析の結果自発行動量は3~6時間周期のウルトラジアン成分が主体であった。しかもこのウルトラジアンリズムは両眼が正常にもかかわらず明暗条件の差により左右されなかつた。よりストレスの影響のすくない採血法を用いて両リズムを同一ラットから同時に連続的に計測すると血漿Bと自発行動量とは、LLラットと同様、強い内的同調を示していた。以上より長期のLLは視交叉上核の機能的な破壊をもたらした。ウルトラジアン成分はより基本的なリズム構成要因であるものと推察される。

#### 13. 卵巣摘除ラットにおける拍動性 LH 分泌の発現部位と視床下部カテコールアミンの役割

遠藤満智子, 渡辺憲治, 広重 力 (北大, 医, 第一生理)

卵巣摘除後に認められる拍動性 LH パターンの発現部位と拍動性 LH 分泌に対する視床下部カテコールアミンの影響について検討した。まず下垂体門脈血管を電氣的に切断することにより, 下垂体への上位中枢よりの入力を遮断したところ, 拍動パターンは明らかに消失した。したがって下垂体より上位中枢にその発現部位があると考えられる。次に上位中枢における発現部位の局在をきめる為に, ハラス様ナイフを用いて視床下部正中基底部 (MBH) 完全カットを行った。その結果 LH の基礎値は低下し, 振幅もやや低下したが, 拍動パターンは残存した。したがって拍動性 LH パターン発現に関与するインパルスは, MBH 内に発するものと推測した。拍動性 LH 分泌に対するカテコールアミンの影響をみる為, ドパミン (DA), ノルアドレナリン (NE), 6-ハイドロキシドパミン (6-OHDA) などの薬剤を側脳室内に投与して効果を観察した。DA, NE 投与では拍動パターンの消失を認めた。6-OHDA 投与後は, LH 基礎値の上昇と明らかな振幅の増大を認めたが, 周期に変化はなかった。したがってカテコールアミンによる拍動性 LH 分泌の修飾は, 周波数変調様式ではなく, 振幅変調様式によるものと推測された。

#### 14. ヒトの血中グルカゴンおよび代謝基質濃度の季節変動

大野都美恵, 黒島晨汎\*, 土居勝彦\* (北海道教育大, 栄養生理・旭川医大, 第一生理\*)

われわれはラットでグルカゴンが寒冷および暑熱馴化の成立に脂質代謝の促進を介して関与していることを報告した (Life Sci. 23 : 1405, 1978)。しかしヒトでこのホルモンの温度馴化における役割は明らかでないので, この点を明らかにする目的で, 寒地旭川で大学の教職員 (20-42歳) 男女 21名で, 血漿グルカゴン, 血中遊離脂肪酸 (FFA), ケトン体 ( $\beta$ -ヒドロキシ酪酸), グルコース, ヘマトクリットを毎月 1 回 1 年間測定した。血液は午後の食間時 (4:00-5:00pm) に採取した。観察期間中の月別平均気温は -7.8 (1月) ~ 23.9 (7月) であった。

ヘマトクリットは月, 季節による変動を示さな

かった。グルカゴン, FFA, グルコース, ケトン体は男女とも有意の月間変動を示した。季節毎にまとめるとグルコースには季節差はみられなかったが, グルカゴンと FFA は冬に夏より高値を示し, ケトン体は夏に冬より高い値を示した。また年間を通して血漿グルカゴンと血中 FFA の間に有意の正の相関関係が認められた。

以上の結果はグルカゴンが脂質代謝を介して気温の季節変動への馴化の成立にカテコールアミン, 甲状腺ホルモンなどとともに関係していることを示すものと考えられる。

#### 15. 温度馴化によるカテコールアミン $\beta$ 受容体の適応性変化

倉橋昌司, 黒島晨汎 (旭川医大, 第一生理)

カテコールアミンの分泌およびその代謝作用に対する反応性の変化することが温度馴化の成立に重要であることが知られている。この点を膜受容体レベルで明らかにするために, 温度馴化による膜カテコールアミン  $\beta$  受容体の変化を検討した。 $\beta$  受容体の数と結合親和性は, ラット副睪丸白色分離細胞膜と  $\beta$  受容体アンタゴニスト [ $^3$ H] ジヒドロアルプレノロール (DHA) (2.5-20nM) とを 37°C, 6 分間反応させ, 急速真空ろ過法により結合 DHA を分離し, イソプロテレノール ( $10^{-4}$ M) またはプロプラノロール ( $10^{-5}$ M) によって拮抗される特異的結合の Scatchard プロットより求めた。 $\beta$  受容体に対する DHA の結合親和性は寒冷馴化 (5°C, 4 週間) および暑熱馴化 (33°C, 4 週間) により変化しなかった。また DHA とノルアドレナリンとの拮抗実験より求めた  $\beta$  受容体に対するノルアドレナリンの結合親和性も変化しなかった。一方,  $\beta$  受容体の数は寒冷馴化により減少し, 暑熱馴化により増加した。以上の結果は, 温度馴化過程におけるノルアドレナリンの分泌の変化に対して, 標的細胞がその  $\beta$  受容体の数を変化させることにより, ノルアドレナリンに対する反応性を調節していることを示唆する。

#### 16. グルカゴンと耐寒性

八幡剛浩, 黒島晨汎, 大野都美恵\* (旭川医大, 第一生理・北海道教育大, 栄養生理\*)

われわれは先にグルカゴン (G) が温度馴化の成立に関与していることを示す成績を報告した

(Life Sci. 23 : 1405, 1978 ; Pflug. Arch., Eur. J. Physiol. 381 : 113, 1979). そこでさらに G の温度馴化における意義を検討するために G 投与 (50  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 皮下, 1日2回4週間) が耐寒性におよぼす効果をラットでみた. G は肝臓, 褐色脂肪組織 (BAT) 重量の増加を起こしたが成長率, 副腎丸白色脂肪組織重量は変化しなかった. BAT 細胞では核の肥大, 脂肪の減少, 細胞質の増加, ミトコンドリアの増大とクリステの発達がみられた. G 投与動物を  $-5^{\circ}\text{C}$  の寒冷に曝露した時の体温低下は対照動物より有意に小さく耐寒性の改善が認められた. さらに G 投与動物のノルアドレナリン (40  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , 筋注) による BAT 温, 結腸温の上昇はともに有意に大であり, 非ふるえ熱産生能力の増大が示唆された. また, 寒冷曝露は, 対照動物では血中遊離脂肪酸 (FFA) を上昇させたが, ケトン体 ( $\beta$ -ヒドロキシ酪酸), グルコースレベルは変化させなかった. 一方, G 処置動物では FFA, ケトン体レベルともに上昇させ, グルコースレベルは減少させた. 以上の結果はグルカゴンが肝臓でのケトン体の産生と BAT での代謝機能を促進することにより, 非ふるえ熱産生を増大させて寒冷馴化の発現に寄与していることを示唆している.

#### 17. 妊娠ラット寒冷馴化の仔ラット耐寒能への影響

土居勝彦, 黒島晨汎 (旭川医大, 第一生理)

成熟期に寒冷に馴化したラットでは温暖環境 ( $25^{\circ}\text{C}$ ) にもどすと4週間には完全に脱馴化されるが, 新生期に獲得された耐寒能は成熟後も長期間 (18週) 持続維持されることを報告した (Jap. J. Physiol., 29 : 139, 1979).

今回は妊娠ラットを寒冷に馴化 ( $5^{\circ}\text{C}$ , 2週間) させ, 母体を介した寒冷曝露のその仔ラット (F-CA) の耐寒能への影響について検討した. ウレタン麻酔下のラットに急性寒冷曝露 ( $5^{\circ}\text{C}$ , 60分) を行ない, 頸部筋の電気活動 (ふるえ) と結腸温の変化を測定した. 出生2週後の F-CA では寒冷曝露によるふるえの増加の程度と結腸温の低下度はいずれも, 温暖馴化母体から生まれた対照仔ラットのそれよりも有意に小さかった. またノルエピネフリン投与による熱産生反応もこの時期での F-CA では対照よりも有意に大きかった. しかし, 出生4週間後, これら3つの耐寒能の指標に関していずれも F-CA と対照群との間には有意の差がみられなくなった. 以上の結果は, 胎児期においても, 母体を介した寒冷曝露によって, 寒冷に馴化しうることを示している. しかし, このような耐寒能は出生2週間まで持続されるが, 成熟期ラットの場合と同様, 4週間にはすでに脱馴化しており, 新生期の寒冷馴化能に比較して著明に劣っているといえる.

## 〔会報〕

## 第54回JJP編集委員会議事録

日時：昭和54年9月14日（金）3：00 p.m.～5：00 p.m.

場所：好仁会会議室 303号室

出席者：真島委員長，入沢，高木（健），中山，星各委員

1. 前回議事録について  
原案どおり承認された。
2. 原稿審査について  
各委員より審査状況の報告ならびに説明があり，第29巻第6号掲載論文（12編）を確認した。またNo. 903は著者校正の遅れのため第29巻第4号への掲載は無理なので，第29巻第5号に掲載することが承認され，第29巻第5号掲載論文は12編となった。
3. 審査書類書式の改正について  
委員長の示した原案に2，3の修正を加えて承認された。（各書式ができあがり次第新書式に移行する）

## 〔お知らせ〕

## 第10回国際脳波・臨床神経生理学会議告（1）

第10回国際脳波・臨床神経生理学会議を下記の如く開催いたしますのでご案内申し上げます。

- I. 会期：昭和56年（1981年）9月13日（日）～9月18日（金）
- II. 会場：京都市 国立京都国際会館
- III. 会議の構成：特別講演，シンポジウム，一般演題，教育講演，脳波示説，学術展示および実験供覧
- IV. 会議使用言語：原則として英語（同時通訳なし）

## V. 主要題目（予定）：

## シンポジウム

- 1) 環境による障害における人間側要因と環境側要因
- 2) 霊長類および運動障害患者の大脳皮質運動領の機能的構成
- 3) 脳幹誘発電位とその臨床的応用
- 4) 動物とヒトの各種脳電気活動に関する神経伝達物質と神経調整物質
- 5) 代謝性ニューロパチー：神経伝導測定による治療の評価
- 6) 幼児のニアミス事故（突然死など）その他の臨床領域への脳波・ポリグラフィの応用
- 7) 薬物の血中濃度と脳波の関係

- 8) 患者の集中治療および長期監視のさいのデータ整理法
- 9) 新しい実験てんかん研究法—燃えあがり現象（Kindling）
- 10) 神経系の可塑性と機能の代償  
教育講演
  - 1) 睡眠の生理
  - 2) 眼球運動のメカニズム
  - 3) 背景脳波の異常
  - 4) データ処理
  - 5) 多発ニューロパチーにおける自律神経障害
  - 6) リハビリテーション医学における人工肢（義手・義足）の筋・電気的および神経・電气的コントロール
  - 7) ミオパチーにおける細胞膜の障害
  - 8) 栄養障害者の臨床神経生理学的研究
  - 9) 筋電図自動分析法の臨床的応用
  - 10) いたみの問題と人の微小神経記録法（マイクロニューログラフィ）
  - 11) 人の行動に伴う脳波の変化
  - 12) 脳死
  - 13) 側頭葉てんかんの症状学：新しい検査法
  - 14) 良性および難治性てんかんの鑑別診断
  - 15) 急性脳症

## 16) 人の脊髄反射に対する薬物の影響

## Ⅵ. 会議の日程 (概略)

	午 前	午 後	夕
9月12日		登 録	
9月13日	開会式・特別講演	シンポジウム・教育講演 一般演題・学術展示	ゲット・トウゲザー
9月14日	シンポジウム・教育講演・一般演題・学術展示		
9月15日	同 上		
9月16日	同 上		
9月17日	シンポジウム・教育講演 一般演題・学術展示	IFSECN 総会 自 由	懇 親 会
9月18日	シンポジウム・教育講演・一般演題・学術展示		

演題申し込み手続、登録手続等につきましては、下記にお問い合わせ下さい。

第10回国際脳波・臨床神経生理学会議 組織委員会委員長 島 蘭 安雄  
 <事務局>〒107 東京都港区南青山2-4-6 クレセントプラザ 103  
 TEL. 03 (470) 3766, 3767

---

 学 会 事 務 局 よ り
 

---

1. 昭和55年度会費 5,000 円 を振込用紙 (本号に添付) 又は現金書留にてお払い込み下さい。特に前年度会費 (5,000円) を未納の方は至急をお願いいたします。
2. 会員の住所変更、退会などの場合は遅滞なく事務局あてお知らせ下さい。
3. 入会 (大会および地方会で発表の者も含む) または購読御希望の方は、所定の用紙にてお申し込み下さい。用紙は事務局にご請求下さい。

☎ 113 東京都文京区本駒込 2-28-21  
 東 洋 文 庫 内

日本生理学会事務局

振替口座東京 3-86430  
 電話 (03) 945-2840

### 【編集後記】

明けましておめでとうございます。内外ともに実に多難な時代の幕開けですが、会員皆様のますますのご発展をお祈りいたします。

さて、本年第1号も原著論文1編のほか、学会抄録（北海道地区）その他の内容となりました。本誌の原著（短報も含めて）論文の投稿数が減って雑誌が薄くなったことを嘆く声を聞くようになって久しいですが、*Jap. J. Physiol.* は勿論、海外で発行されている学術雑誌に論文を投稿される会員数が年々増加している事実からすれば、本誌の原著論文数の減少もそれほど憂慮することではないかも知れません。本誌にはブルーページという会員への情報提供を目的としたスペースがありますが、これをさらに拡大して現在の米国生理学会で *Physiologist* 誌がはたす役割りに近いものにするというのはいかがなものでしょうか。 *Physiologist* 誌の *The Physiology Teacher* セクションのように、比較的若い研究者や専門分野を異にする方々を対象としたある程度教育的？な内容を盛りこんだ *Review* とか、評判の良かったシンポジウム、学術講演の内容再録などどうでしょ

う。わが国では、本誌に限らずどの学会誌でも、見方によっては遊びともみられるゆとりのある編集が少ないようです（*The Physiologist* には生理学に限定してはあるがクロスワードパズルの頁もある）。神聖な学問の場へはいかなる遊びも持ちこむべきでないという潔癖感もありましょうが、印刷費不足などの経済的な困難さなどがこのゆとりを許さない最大の原因でありましょう。英国 *Medical Council* 提唱の4Hとは、別に鉛筆の硬さでも農業経営のことでもなく、現在の医学教育でなされねばならぬ事柄の頭文字全部を集めたものですが、そのHの一つは当然といえば当然、意外といえば意外にも *Humor* であります（他の3はご賢察下さい）。将来、できるならこの生理学雑誌のページに *Humor* の精神を盛りこみたいというのが、新しく編集委員の末席に加わることになりました私のささやかな抱負であります。編集委員会の雰囲気とか、編集方針の基本とかさえまだよくわからない者が勝手なことを書きましたので、全く編集後記にはならなかったかと思いますが、今後ともよろしくご鞭撻のほどをお願いいたします。（永坂鉄夫）

### 編 集 委 員

塚田 裕三 (幹事)	馬 詰 良 樹	植 村 慶 一
大 島 知 一	上 山 章 光	中 村 嘉 男
菅 野 富 夫 (北海道)	中 浜 博 (東北)	新 島 旭 (関東)
永 坂 鉄 夫 (中部)	品 川 嘉 也 (近畿)	村 上 憲 (中・四国)
河 田 溥 (九州)		

# 日本生理学雑誌投稿規定

昭和45年6月制定  
昭和49年8月1日改訂

本会の会員は誰でも本誌に投稿することができますが、下記の規定にしたがってください。原稿の採否は編集会議で決定します。

## I. 原著

A. A 4版(21×29cm)の400字詰原稿用紙を用いて書き、別にコピーを一部つけます。

長さには制限はありません。印刷に要する費用はすべて自己負担とします。

(組代、凸版代、紙代、印刷代、別刷代など)

なお、短報、総説についても原著の場合と同様印刷費用は自己負担となります。

B. 表紙(原稿第1枚目)の上半には表題、欄外見出し、著者名、所属およびその所在地、国際十進分類(UDC、日本語版:国際十進分類法、日本ドクメンテーション協会、1967参照)などを書き、下半には原稿の枚数、図表の数、別刷請求部数、編集者への希望などを書きこみます。

C. 英文の摘要(表題、著者名、所属および200語以内の抄録からなる)をダブルスペースでタイプしてつけます。これは2部(1部はコピー)必要です。

D. 本文とくにローマ字などはできるだけ読み易く書き、イタリック指定をしたいところはアンダーラインをしてその下にイタリックと書きます。動物名などは原則として片カナを 사용합니다。単位および単位記号はなるべく国際単位系(本誌28巻, 141頁, 1967参照)によって下さい。

E. 図表の説明は Fig. 1, Table 1 など英文で書きます。本文の欄外に赤字で図表を挿入すべき位置を指定しておきます。

F. 項目分けは I, II, ……さらに A, B, ……さらに 1, 2, ……さらに a, b, ……というように分けて下さい。

G. 文献表の作り方

1. 本文中に引用文献の著者名を書きこみ、その右肩に番号をつけます。3人以上連名の場合には“たち”または“et al.”を 사용합니다。

例1: 高木たち<sup>3)</sup>によれば……

例2: Hodgkin & Huxley<sup>1)</sup>によれば……

2. 末尾文献表は著者名のABC順に整理し、本文中の番号と照合します。著者名は et. al. と略さず全員を掲げます。

3. 雑誌は著者名(西暦年数)表題、雑誌名、巻、頁(始-終)の順に記します。

例1: 藤本 守, 宮尾賢爾 (1969) 電磁流量計の応用による腎血行調節機転の研究, 日本生理誌 31, 65-75

例2: Hodgkin, A. L., Huxley, A. F. & Katz, B. (1952) Measurements of current voltage relations in the membrane of giant axon of Loligo. J. Physiol. 116, 424-448

イタリック 4. 単行本は著者または編者名(西暦年数)書名、版数、章名、発行所、その所在地、引用頁の順に記します。論文集などの場合は雑誌に準じますが、雑誌名のところに上記単行本の項が入ります。

例1: Conway, E. J. (1957) Microdiffusion analysis and volumetric error, 1st Ed., Carbon monoxide, Cresby Lockwood, London, 326-330

例2: Scher, A. M. (1965) Electrical correlates of the cardiac cycle. In: Ruch, T. C. & Patton, H. D. Physiology and Biophysics, 19th Ed., Chap. 30, Saunders, Philadelphia, 365-599

5. 孫引きの場合は原典とそれを引用した文献およびその引用頁を明らかにし、“より引用”と明記します。

6. 雑誌名の省略名は雑誌により決めてあるものについてはそれに従い、決めてないものについては日本自然科学雑誌総覧(1969, 日本医学図書館協会編, 学術書出版会)または Index Medicus によって下さい。これらにないものについては国際標準化機構のとり決め ISO R 4 (ドクメンテーションハンドブック, 1967, 文部省大学学術局編, 東京電機大学出版局, 39-42頁参照)に従って下さい。

## II. 総説または解説

A. 400字詰原稿用紙40枚以内を希望します。掲載料は著者負担となります(原著 A項参照)。

専門外の人にもわかるように注意して下さい。

B. 図表の数は原稿4枚に1個以内です。

C. 原著の規定B～Gに準じます。ただし図表の説明は和文とし、コピーおよび英文摘要をつける必要はありません。その代り表紙の表題、著者名、所属などは英文もつけて下さい。

### Ⅲ. 短 報

速報や研究方法、教育法などの原稿は大略原著規定に準じます。尚、掲載料は著者負担となります（原著A項参照）。

#### A. 和文短報

1. 刷り上り2頁以内とします。400字詰原稿用紙約8枚です。

2. 図表は2個以内です。

3. 表紙をつけ、表題、著者名、所属を和文と英文の両方記入します。

#### B. 英文短報

1. 刷り上り2頁以内とします。ダブルスペースでタイプ用紙約4枚です。コピーを1部つけて下さい。

2. 図表は2個以内です。

3. 表紙をつけ、表題は英文で、著者名、所属は和文と英文と両方記入します（原著の規定B

参照）。

4. 文献表はスペースの関係で表題名を省略することができます（原著の規定G参照）。

5. 和文要旨をつけて下さい。

### Ⅳ. 抄録または講演要旨

A. 原則としてその集会の幹事の定める規定に従って下さい。

B. 抄録は通常、表題、著者名、所属、本文を含めて400字詰原稿用紙1.5枚（600字）以内（図表は不可）です。欧文抄録（大会のみ）は、本文200語以内とします。

C. 講演要旨は通常400字詰原稿用紙10枚以内、図表4個以内です。但し印刷費を頂くことがあります。

### Ⅴ. その他

集会などの内容紹介、海外だより、ニュース、討論、意見、書評、随筆など生理学または生理学者に関係あるあらゆる投稿を歓迎します。すべて図表、写真などを含めて400字詰原稿用紙5枚以内にまとめて下さい。但し、採否は編集委員会にお任せ下さい。

# 日 本 生 理 学 会 会 則

(昭和54年4月5日改訂)

1. 本会は日本生理学会と称する。
2. 本会は生理学の進歩発展をはかることを目的とする。
3. 本会は毎年1回大会を開いて会員の業績を発表討議し、総会および評議員会を開いて会務を評議する。大会の開催は前もって全会員に通知し演題を募集する。なお会員は各所在地において適宜地方会をつくり、業績を発表討議することができる。
4. 本会は会員の原著、大会および地方部会の講演抄録を発表するため機関誌邦文の日本生理学雑誌を発行し、欧文の The Japanese Journal of Physiology を編集する。
5. 会員は、本会の趣旨に賛成する同学者で評議員の紹介あるものに限る。会員は年額 5,000 円の会費を負担し、学会および機関誌に業績を発表することができる。また日本生理学雑誌の頒布を受ける。

学校、図書館、研究所等の団体は準会員として年額 5,000 円の購読料を前納し、会誌の頒布のみを受ける。

特別会員は多年本会に功労のあった会員で、評議員から推薦され総会の賛同によって定められる。特別会員の会費は免除される。

名誉会員は、本会に多大の貢献のあった外国人で、評議員から推薦され総会の賛同によって定められる。

名誉会員の会費は免除される。
6. 本会の役員には評議員、常任幹事、当番幹事がある。
7. 評議員は本会の中核となる会員であって、評議員の推薦により選考委員会を経て評議員会に附議して決定される。

評議員会は毎年大会の際開催され本会に必要な事項を評議する。

評議員会は地区別に定数の常任幹事を選出し、日常および緊急の会務を委嘱する。
8. 常任幹事の中に庶務・会計・編集等幹事をおく。
9. 当番幹事は大会の開催を引受けた評議員であ

って、大会の一切の事務を行なう。大会終了後次回当番幹事に事務引継を行なって任期を終わる。この任期中は常任幹事会の一員に加わる。当番幹事は大会開催中常任幹事会・評議員会および総会を招集しこれを司会する。

10. 常任幹事会は必要に応じて各種の専門委員会を設け委員を委嘱することがある。必要に応じてその委員は常任幹事会に出席し専門事項の審議に参加する。
11. 本会の会計年度は毎年1月に始まり12月に終わる。
12. 本会の事務報告は総会および日本生理学雑誌に発表する。
13. 本会の事務所は東京都文京区本駒込2-28-21 東洋文庫内におく。
14. 本会則を変更するには評議員会の決議を経て総会の承認を得なければならない。

## 附 則

### <常任幹事に関する事項>

全国8地区に分け各地区の評議員の互選によって常任幹事を定める。地区およびその定員は下表による。任期は3カ年とし重任を妨げない。選挙の際選挙管理委員会を設け選挙事務を委嘱する。選挙の結果は日本生理学雑誌上に報告する。

幹事の選出区分	定員 (計29名)
北海道地区	2名
東北地区	2名
関東地区 (新潟を含む・東京を除く)	4名
東京地区	8名
中部地区	4名
近畿地区	4名
中国四国地区	2名
九州地区	3名

## 内 規

- 1) 評議員選考基準：多年本会員として在籍し相当の生理科学の業績発表があり、満5年以上の研究歴があるもので本会評議員の推薦がなければならない。

- 2) 評議員は The Japanese Journal of Physiology を購読するものとする。
- 3) 会費滞納の会員は会員の資格が自然消滅する。
- 4) 庶務幹事は必要な場合に限り日本生理学会代表と称することができる。
- 5) 常任幹事会で選ばれた2名の監事が本会の会

計を監査する。

- 6) 本会に次の常置委員会をおく。日本生理学雑誌編集委員会, The Japanese Journal of Physiology 編集委員会, 評議員選考委員会。
- 7) 文部省科学研究費補助金審査委員候補者の選出方法は別に定める。

0.7mmのリージョンから脳浮腫までを  
均一なサイズ、すばらしい再現性をもって作成する！

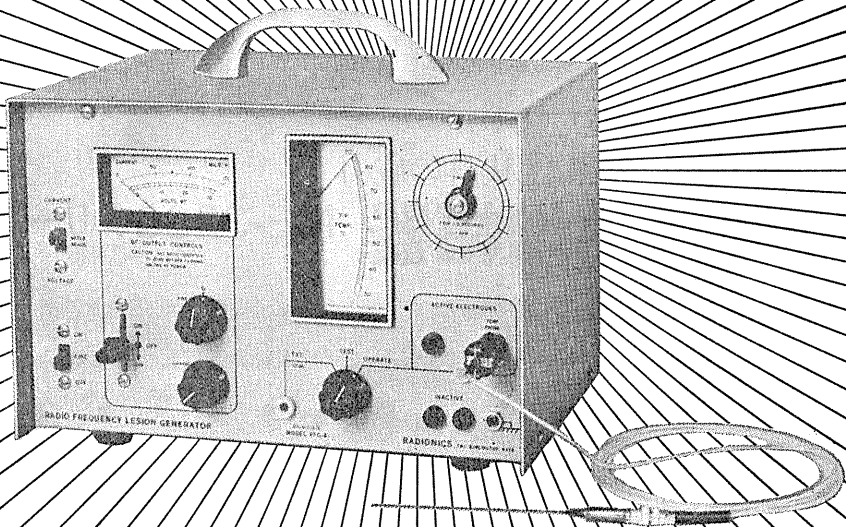
RADIONICS社

動物用

高周波

# RF リージョン ジェネレータ

Model RFG-4



- 〔特長〕
- ①電極先端の温度モニターが可能
  - ②こまかい温度コントロールが可能
  - ③刺激装置と組合せて、同一電極から刺激が可能
  - ④タイミング用の秒針を内蔵

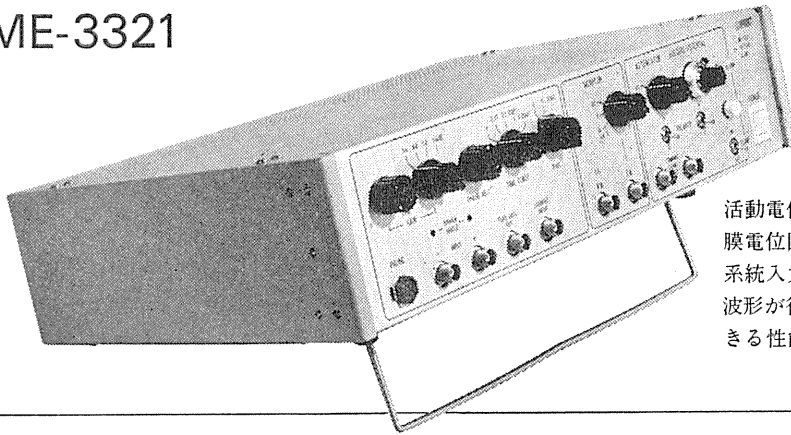
日本総代理店  
**室町機械株式会社**

〒103 東京都中央区日本橋室町4-3(大辻ビル)  
電話(03)241-2444(代表)

膜電位固定法に必要な機能をフルに搭載

# ボルテージクランプユニット

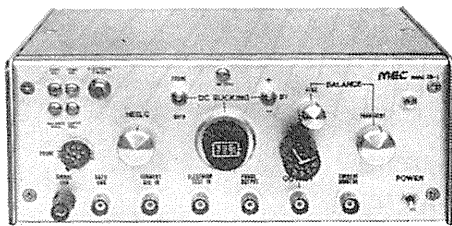
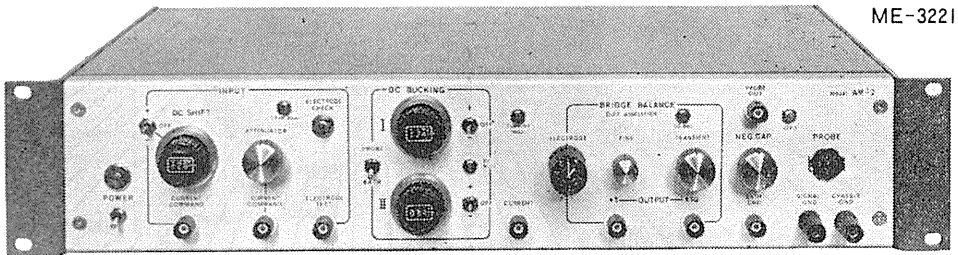
ME-3321



活動電位発生メカニズムを追求する膜電位固定法のための専用装置で、2系統入力を組み合わせた複雑なクランプ波形が得られ、高抵抗の電極を使用できる性能をもっています。

電極抵抗の高い実験にも抜群の威力

# 微小電極用増幅器 ME-3200シリーズ



ME-3211

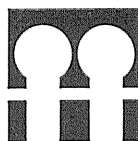
ME-3221 通電回路・DCシフト・2ch DCバックキックつき

ME-3211 通電回路つき

●細胞電位の研究をおこなうために特に設計された装置で、1000MΩまでと広範囲の電極が使用できます。

●差動増幅器を内蔵しています。

●ME-3221は、色素注入が可能なDCシフトなど、高度な機能を盛り込んでいます。



株式会社

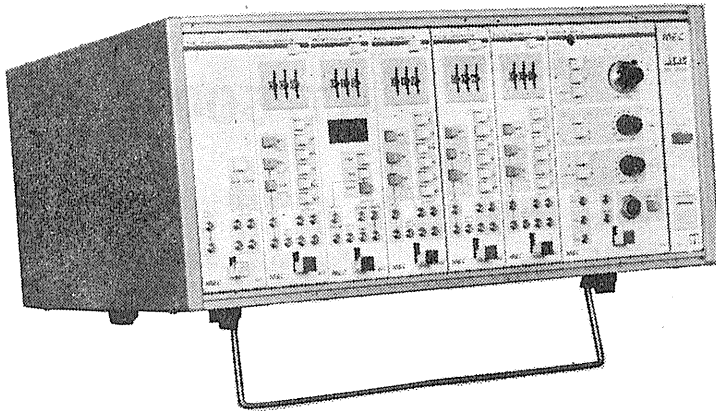
**エム・イー・コマーシャル**

本社：〒166 東京都杉並区和田3-54-11 ☎(03)317-1451(代表)  
 大阪営業所：〒564 大阪府吹田市江坂町2-2-20 ☎(06)380-2601  
 福岡営業所：〒814 福岡市西区茶山5-12-18 ☎(092)863-2757  
 工場：〒411 静岡県駿東郡長泉町下土狩1320 ☎(0559)87-8645

ME機器の機能をシステムデザイン

# MEAC

メアックシステム  
ME-2100シリーズ



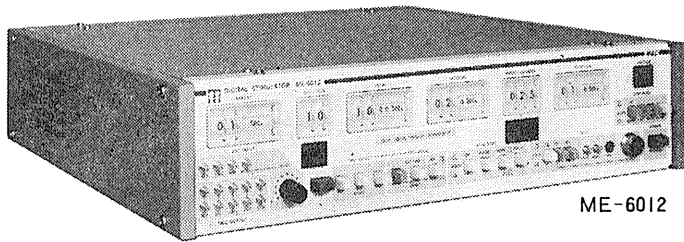
個々の装置として別れていた専用機能を有機的にユニット化し、用途に応じてひとつの装置として組みあげることができるシステムです。

★構成ユニット

- 301—トリガ
- 302—パルスジェネレータ
- 303—プリセットカウンタ
- 304—パワーアンプ-A
- 305—ステップパルスジェネレータ
- 306—プログラマブルジェネレータ
- 307—タイムマーカ
- 308—パワーアンプ-B
- 309—オーディオモニタ
- 310—ウインドディスクリミネータ
- 311—マルチカウンタ
- 312—パワーアンプ-C

高度化する電気生理学に対応する

## デジタル刺激装置 ME-6000シリーズ



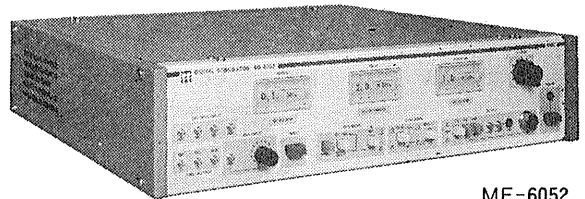
ME-6012

### 研究用高級機 ME-6012

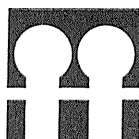
- 階段波やステップ波に至る4種の刺激電圧パターンを持っています。
- 各設定部をトリガで動作させることができ、豊富な刺激時間パターンをつくりだせます。
- 出力電圧がデジタル設定できます。

### 実用機 ME-6052

- 水晶発振子とデジタルスイッチの使用により、波形精度そのものは高級機と同一できわめて高精度です。
- 設定された時間間隔のダブルパルスが得られます。
- 外部装置との組み合わせが容易です。



ME-6052



株式会社

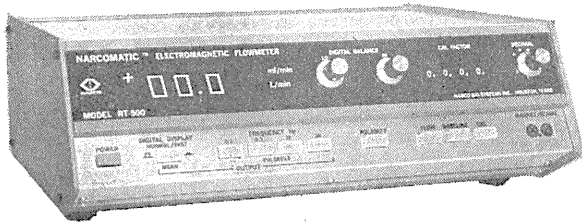
## エム・イー・コマーシャル

本社：〒166 東京都杉並区和田3-54-11 ☎(03)317-1451(代表)  
 大阪営業所：〒564 大阪府吹田市江坂町2-2-20 ☎(06)380-2601  
 福岡営業所：〒814 福岡市西区茶山5-12-18 ☎(092)863-2757  
 工場：〒411 静岡県駿東郡長泉町下土狩1320 ☎(0559)87-8645

NASAの技術を導入した未来のフローメーター登場!



# NARCOMATIC 電磁血流計



## RT-500

米国ナルコ・バイオシステムズ社がRT-400に続き開発したナルコマチックRT-500はこれまでの常識を破る革命的な新型の自動血流計で、ナル調整やゲイン調整は必要ありません。オートマチック・ゼロの特徴により、血管上のプローブが動いてもベースラインの変動はなく、正確且つ迅速な血流測定ができます。

※カタログ等の御請求は本社医用電子課へ

### 《特長》

- オートマチック・ゼロによりゼロレベルの変動はありません。
- 流量はデジタル表示で直読できます。
- 操作が簡単ですから臨床用として最適です。
- コンパクトで持ち運びに便利です。
- プローブはすべて較正済みで臨床用から研究用まで豊富に用意されています。

日本総代理店



株式会社 **東海医理科**  
TOKAI IRIKA CO., LTD.

本社：東京都千代田区内神田3-2-12クリハラビル  
〒101 電話 (03)254-0052(代表)  
営業所：大阪(06)787-0544/福岡(092)472-3800

米国MIDGARD社製

脳波からユニット電位まで  
測定できるミニ・テレメータ

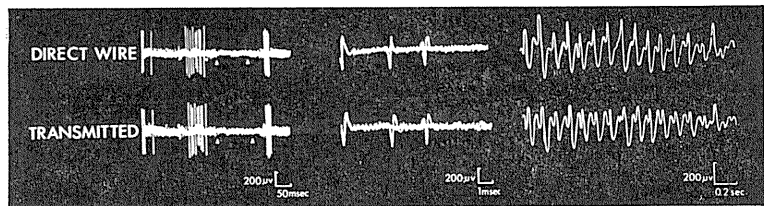
## Miniature FM Transmitter

### Model MXM-100



本装置はEEGからユニット電位までの生体信号を無線で送ることができるテレメータです。

モデル MXM-100 のユニークな特徴はインピーダンスの高い微小電極と共に使用できることです。



日本総代理店



株式会社 **東海医理科**  
TOKAI IRIKA CO., LTD.

本社：東京都千代田区内神田3-2-12クリハラビル  
〒101 電話 (03)254-0052(代表)  
営業所：大阪(06)787-0544/福岡(092)472-3800

# 静動協の受託試験研究所

医薬，食品添加物，農薬，化粧品，化学物質等の諸物質に関する安全性試験をお引受けいたします。

生産から試験終了まで、一貫してSPF施設で実施

## 〈 受 託 項 目 〉

- ◇ 一般毒性試験
- ◇ 発癌性試験
- ◇ 刺激性試験
- ◇ 催奇性試験
- ◇ 世代試験
- ◇ 組織標本の作成並びに検査



株式会社 生物科学技術研究所

〒430 静岡県浜松市葵町95番地の10 TEL(0534)36-9021

Technical Research Laboratory of Biological Science Co.,Ltd.

## Barrier System (SPF) 実験動物の生産販売

### SPF 動物

クローズドコロニー		近交系	
マウス Slc :ddY	(国立予防衛生研究所)	マウス BALB/cCr Slc	(東大医科学研究所)
マウス Slc :ICR	(Charles River Lab.)	マウス C57BL/6Cr Slc	( " )
マウス Slc :C3H/He	(東大医科学研究所)	マウス C3H/He Slc	( " )
マウス Slc :C57BL/6	( " )	マウス DBA/2Cr Slc	( " )
マウス Slc :DBA/2	( " )	交雑群	
ラット Slc :SD	(Charles River Lab.)	マウス SLC-CDF <sub>1</sub>	(東大医科学研究所)
ラット Slc :Wistar	(東大医科学研究所)	マウス SLC-BDF <sub>1</sub>	( " )
ラット Slc :Wistar/ST	( " )	マウス SLC-B6C3F <sub>1</sub>	( " )
ラット Slc :Fischer	(Charles River Lab.)	ミュータント	
ラット HOS®:Donryu	(星野試験動物飼育所)	ヌードマウスBALB/c- <sup>nu</sup> Slc	(東大医科学研究所)
		ヌードマウスBALB/c- <sup>nu</sup> Slc	( " )

### Conventional 動物

クローズドコロニー			
マウス Std :ddY	(国立予防衛生研究所)	モルモット Std :Hartley	(国立予防衛生研究所)
ラット Std :Wistar	(東大医科学研究所)	ハムスター Std :Golden	( " )
ラット Std :Wistar/ST	( " )	イヌ FUJ:Beagle	(富士アニマル)
		カニクイザル	輸入検疫9週間経過後出荷
		アカゲザル	



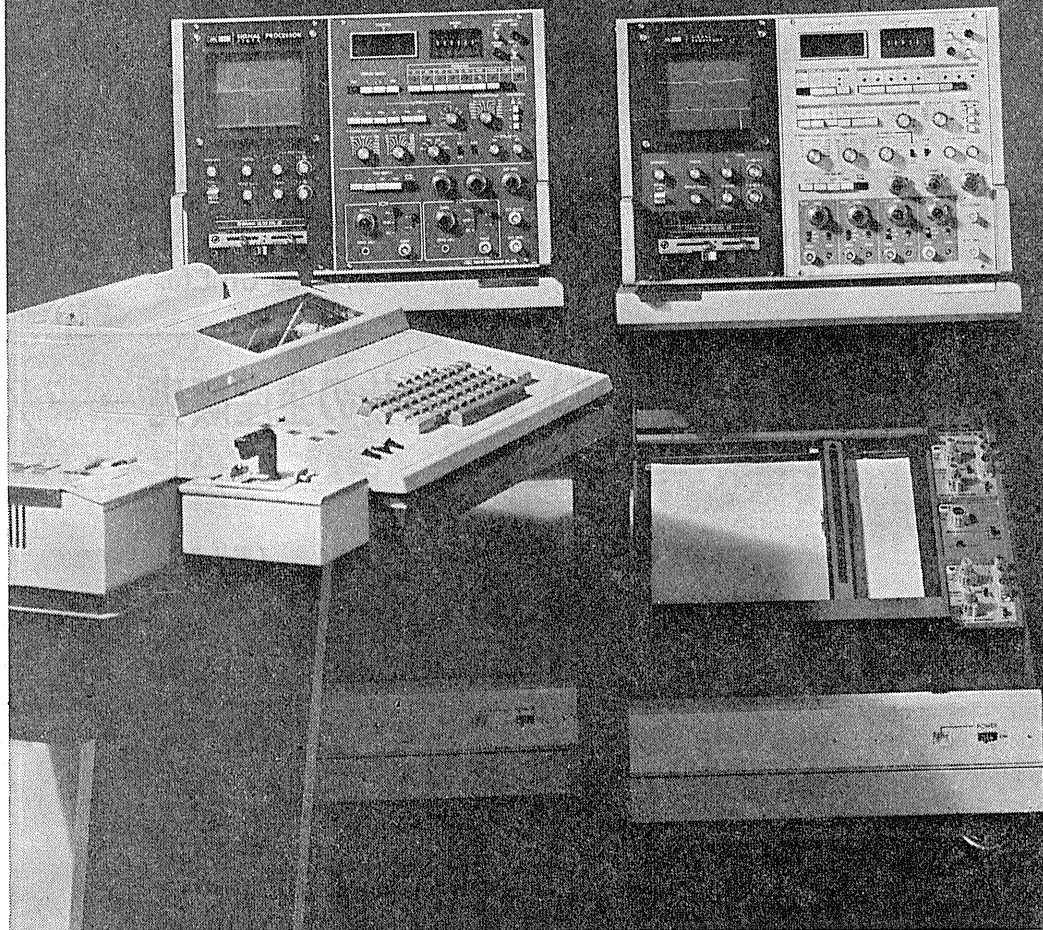
静岡県実験動物農業協同組合

〒435 静岡県浜松市小池町1616番地 TEL(0534)63-0865(代)

Shizuoka Agricultural Cooperative Association  
for Laboratory Animals.

ますます機能が拡張、データ処理装置の決定版

## シグナルプロセッサ



7T07A ●メモリ4K ●入力数2ch.  
7T08 ●メモリ8K ●入力数4ch.

ソフトウェアがさらに充実、処理プログラムは100種類を突破しました。メモリは最大16Kまで内蔵可能で、ほとんどのアナログデータの統計処理が可能です。

主なプログラム/アペーリジ (アーチファクトクリア付、オルタネート加算、CNVなど各種)、パワスペクトル(2ch)、コリレーション、ヒストグラム及びバリエーション(各種)、フーリエ変換・逆フーリエ変換、回帰直線係数、スペクトルアレイ等。

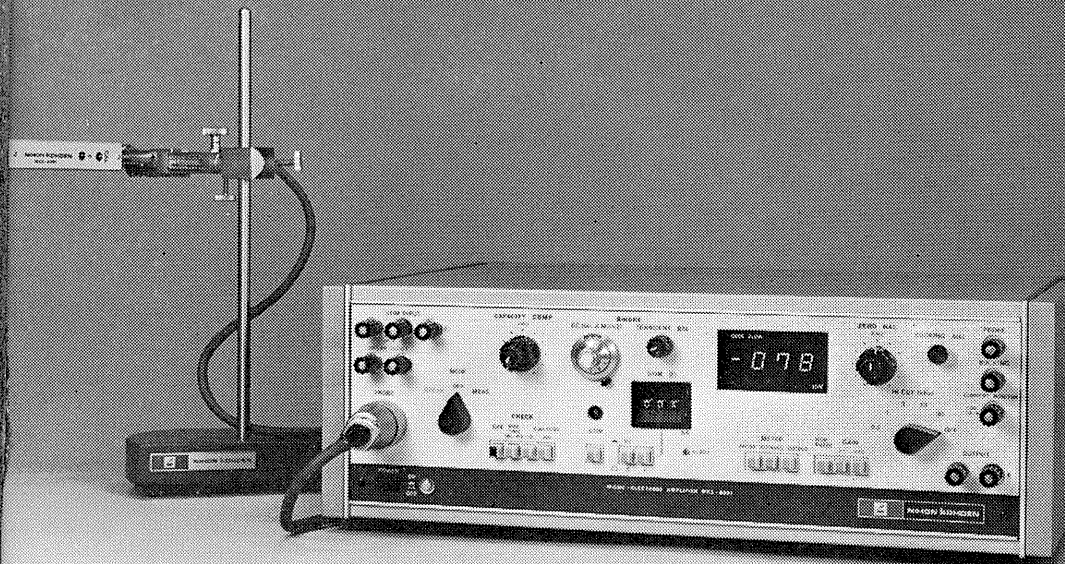
明日の健康と福祉を守る

**SA-NEI 三栄測器**

本社 東京都新宿区西大久保2-223-2 〒160 ☎03 (209)0811(代)  
工場 東京都小平市天神町1-5-7 〒187 ☎0423(41)0821(代)

使いやすさを追求

一段と機能アップ



## 通電誘導型 微小電極用増幅器 MEZ-8201

### 特長

- ①DCポテンシャルをデジタル表示します。
- ②通電は定電流(最大600nA)で行えます。
- ③通電電流をデジタル設定できます。
- ④通電波形は2種類の刺激入力を加算できます。
- ⑤プローブチェック、電極抵抗測定が簡単に行えます。
- ⑥薬物・色素注入のための入力端子付です。
- ⑦ハイカットフィルタ、ハムフィルタ付です。

エレクトロニクスで病魔に挑戦する



NIHON KOHDEN

日本光電

都新宿区西落合1-31-4 ☎03(953)1181大代表 下161

J. Physiol. Soc. Japan Vol. 42, No. 1 (1980)

**Original**

MATUMOTO, M. : Double polarized excitable system of the nerve fiber and  
 its action potential ..... 3

昭和五十四年十二月二十日印刷

編集兼  
 発行人

東京都文京区本郷三丁目二八十二  
 日本生理学会  
 塚田裕三

印刷者  
 印刷所

山形県鶴岡市山王町一四〇四  
 三浦経夫  
 鶴岡印刷株式会社

発行所

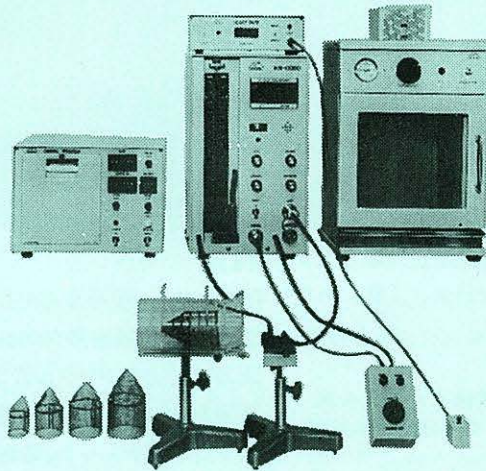
東京都文京区本郷三丁目二八十二  
 日本生理学会

電話  
 振替  
 代  
 価  
 七  
 百  
 三  
 十  
 八  
 円  
 〇〇



# ラット尾動脈圧測定装置 KN-209

非観血的にラットの尾動脈圧を測定するデジタル血压計です。



実験動物解剖器具・一般研究実験器械器具・動物実験器械器具・動物飼育管理器具

株式会社 夏目製作所

東京都文京区湯島2丁目18番6号  
 電話 03(813)3251 (代表)