

日本

# 生理学

雑誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

37巻 4号 1975

原 著

松本政雄, 北村奉正, 半場道子: 神経の活動電位の高さの減少状態について.  
坐骨神経と ENM についての比較.....73

短 報

MATSUMOTO, H., YABU, H. and MIYAZAKI, E.: Extraction of Ca-sensitive  
actin from intestinal smooth muscle .....82

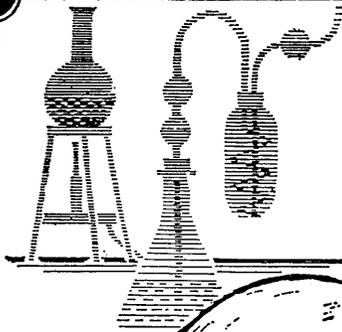
第7回東北生理学談話会 .....84

会 報 第25回 J. J. P. 編集委員会議事録.....89

日本生理学会事務局よりのお願い .....90

日本生理誌  
J. Physiol. Soc. Japan

日本生理学会



## ラット Donryu

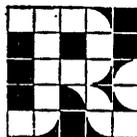
### 特長

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

Donryu Rats を作り出した日本最大の  
Conventional Rats 生産専門メーカー  
です。今後なお皆様のお役にたつため  
量・質ともに向上するよう努力いたし  
ます。

ドンリュウラット T.D 967894  
Donryu-rat T.D 995227

飼育系統——〈Donryu〉〈Wistar〉〈Buffalo〉



日本ラット(株)

埼玉県浦和市根岸608-3  
TEL(0488)61-6850・6401

神経の活動電位の高さの減少状態について 612. 816-083  
坐骨神経と ENM についての比較

松本政雄, 北村奉正, 半場道子  
(群馬大学医学部第一生理学教室)

**On decrease in spike height of nerve action potential. A comparison between sciatic nerve and ENM** Masao MATUMOTO, Takamasa KITAMURA and Michiko HANBA (*Department of Physiology, School of Medicine, Gumma University, Maebashi*)

Employing ENM and a sciatic nerve removed from bullfrog, configuration of decrease of spike under various experimental conditions was studied. The amplitude of the membrane potential change in excitation was also recorded simultaneously with the decrease of spike in ENM (electric nerve model).

Both on the nerve and ENM, with decrease of the resting potential, the amplitude of the spike and the amplitude of the change of the membrane potential were decreased. On the nerve and ENM, the decrease in spike amplitudes was induced by an elevation of the niveau and by a lowering of the top. However, the amplitude of the change of membrane potential of ENM was reduced only from the base of the spike due to an elevation of the niveau, with the top remained at a constant level. These decreases of the spike amplitude and the change of the membrane potential in nerve were consistent with that the electric constitution was the same for nerve and ENM, which is the experimental equivalent circuit of the nerve fiber devised by the authors.

〔J. Physiol. Soc. Japan (1975) 37, 73-81〕

**key words** : spike height of action potential.

I. 緒 言

神経の活動電位 (spike) の高さは同一神経線維でもその状態によって変ることは一般に知られた事実である<sup>2)5)20)</sup>。この場合、状態の変化とは不可逆的と見なされるもの、たとえば取り出して長い時間を経過したため活動性が低下して (簡単にいえば死にかけて) 再び元の状態に戻りえない状態などは別として、可逆的、たとえば相対不応期あるいは電気緊張等の状態を指すものである。従来、このような場合に spike の高さが変ることは報告されているが<sup>5)14)19)20)</sup>、そのように変る機序についてはほとんどの場合不問に付されている。

著者等がしばしば用いている電氣的神経模型 ENM<sup>10)</sup> でも、神経の種々の状態に対応した状態の変化にしたがって、spike の高さが変化する<sup>5)</sup>。ENM においては神経線維等の場合に比

較して、一般にその原因を確かめ易いので、まず神経および ENM に現れる spike の高さの変化の状態を比較し、次に ENM に現れる spike の振巾の変化の原因を解明し、それによって神経線維における spike の変化の機序解明を企てたのでこれについて報告する。

II. 実験方法

A. 実験材料 実験材料としてウシガエルの坐骨神経および ENM (Fig. 1) を用いたが、これらの材料の取扱いは既報<sup>11)12)</sup>のものと同様であった。

B. 刺激電流を適用し、活動電位 (AP) の誘導回路等も既報<sup>11)12)</sup>の場合と同様であったので、その回路を図示するに止めた (Fig. 2)。

C. 種々の実験条件における spike の高さは、oscilloscope によって直接、または撮影した記録によって観察したが、ENM については活動電位「静止電位の変化<sup>6)12)</sup>」と同時に膜電位の変動を記録した。

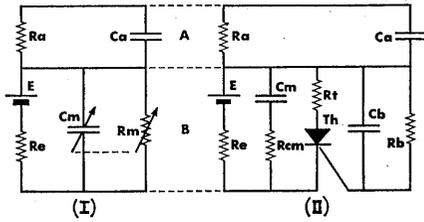


Fig. 1. Equivalent circuit of the nerve fiber (I) and the electric nerve model ENM (II). A : equivalent circuit of the surrounding tissue of the fiber. B : equivalent circuit of the excitable membrane.

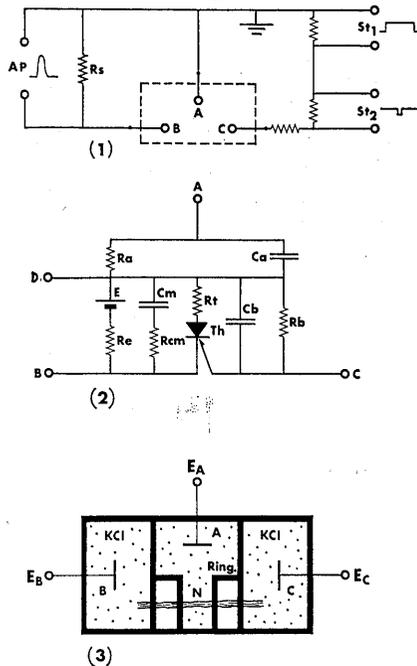


Fig. 2. Experimental set up used in the experiment (1), ENM with terminals A, B, C to be connected to the circuit, and D (with B) for recording variation of membrane potential (2). And the isolating vessel with electrodes to be connected to the circuit and a sciatic nerve set through the walls (3).

坐骨神経および ENM の AP および ENM の膜電位の変動等の記録において、時標は1000 cps の交流、刺激電流等の適用した電流の期間と強さを示す trace には 1, 2, 3 等の数字を付し、それらの電流によって現れた AP には A, B, C 等の大文字の符号、ENM の膜電位の

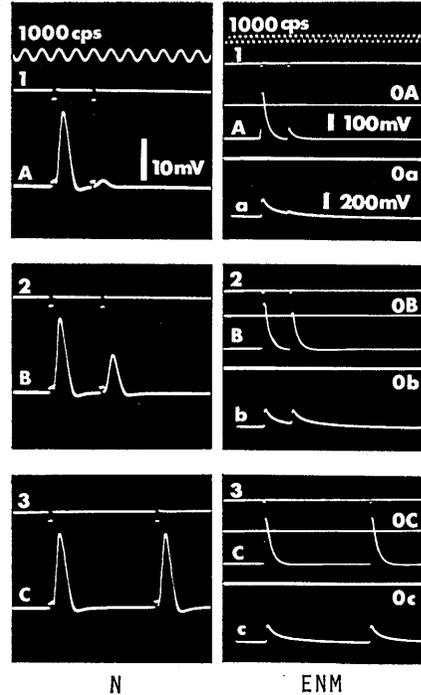


Fig. 3. Action potentials (AP's) of the sciatic nerve and ENM elicited in the relative refractory period. N : records of AP's of the sciatic nerve, ENM : records of AP's of ENM, time scale : 1000 cps. Traces labeled with figures represent applied current, traces labeled with capitals and small letters represent AP's and variations of the membrane potential respectively. OA, OB, OC : zero potential line for trace A, B and C respectively, Oa, Ob, Oc : zero potential line for trace a, b and c respectively. These notes are applied to all records in the following figures. Interval between the first and second stim. pulse was 2.2, 3.0 and 6.0 msec in 1, 2 and 3 of records N respectively and 5.0, 5.2 and 18 msec in 1, 2 and 3 of records ENM respectively. Stim. pulse in records N : 1st pulse, 25 mV-0.2 msec, 2nd one, 35 mV-0.2 msec, in records ENM : 1st pulse, 110 mV-0.2 msec, 2nd one, 150 mV-0.3 msec.

変動には a, b, c 等の小文字の符号を付した。また、下部に N と印した記録は神経、ENM と印したそれは ENM についての記録である。

### III. 実験成績

A. 相対不応期中の spike の高さ  
相対不応期中に現れる spike の高さは正常状

態に現れるそれより一般に小である<sup>5)14)18)19)20)</sup> (Fig. 3, N). ENM の spike の高さについても同様である<sup>5)</sup> (Fig. 3, ENM). Fig. 3 の N および ENM の A では刺激電流に対してわずかに電位の高まりが認められるだけで, spike は現れていないが B では小さい spike, C では大体正常の場合と同様の spike が現れている. これらの場合に spike の高さが小さいものを観察するに, N および ENM のいずれにおいても基線の変化はわずかに認められるのみで, spike の頂点(最上部)が低下している. これに反して, ENM における膜電位(膜電位と静止電位の意味については後述)の変動の振巾の頂点の位置は一定で, 基線が上昇した値だけ減少している. 相対不応期においては, 膜電位がまだ元の状態(正常の状態)に戻らない<sup>5)</sup>からこの時点で興奮が起ればこのような形になるものとみなされる. また膜電位の変動の頂点の高さが一定していることは, 興奮が起れば膜電位は常に一定の値(ゼロとは限らない)まで減少することを示すもので, この意味で興奮の発現が all or none であることを示している. しかし, このような膜電位の変動が原因となって現れる spike の振巾が頂点の低下および基線の上昇両方向から減少することは注目しなければならない現象であろう.

神経においても spike の振巾の減少状態は ENM と同様であるが, 膜電位変動の状態は観察できないが, ENM の場合と同様であると推定すれば神経の相対不応期において spike の高さが小さいことは相対不応期において膜電位が小であるためであるという半場の報告<sup>5)</sup>と一致する.

B. 陰性電気緊張状態における spike の高さ  
 神経に持続的に電流を流せば, 陰極および陽極下ではそれぞれ陰性および陽性電気緊張状態になる. これらの状態においては静止電位, 刺激閾, 活動電位等に変化が現れ, 陰性電気緊張下では spike の高さは減少する<sup>1)3)15)17)21)</sup>. 本来, 電気緊張は電流を比較的長い期間持続した場合を取り扱っているが, 本実験においては電

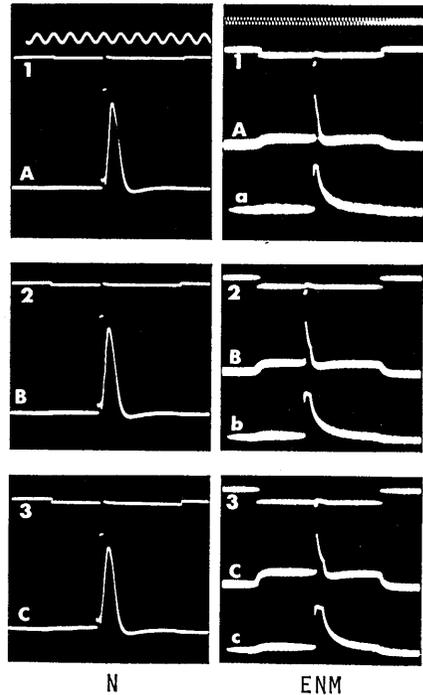


Fig. 4. AP's of the sciatic nerve and AP's and variations of membrane potential of ENM elicited during application of the depolarizing current of different voltage. Depolarizing current : 5, 10 and 15 mV in 1, 2 and 3 of records N respectively, and 40, 80 and 190 mV in 1, 2 and 3 of records ENM respectively. Stim. pulses : 65 mV-0.2 msec in records N and 220, 180 and 95 mV-0.5 msec in 1, 2 and 3 of records ENM respectively.

気緊張電流を数 msec 与えて実験を行った. 電気緊張電流が定常的になった後であれば, 電流を長く持続した場合と異なる結果は認められなかったからである.

さて, 神経および ENM に対して種々の強さの矩形波を適用し, 電流適用時点から数 msec 後, 短期間の刺激電流によって現れた spike は Fig. 4 に示すごとくである. 陰性電気緊張下では電気緊張を起す電流の強さにしたがって静止電位は浅くなり, spike はその電位を基線として発現し振巾が減少する. この場合にも spike の頂点が低下し, この方向からも振巾は減少する. しかし, ENM における膜電位の変動においては頂点(上部)は一定の高さ(ゼロ電位付

近)に保たれていて振巾の減少は膜電位が浅くなった値に等しい。神経の spike の振巾の減少は ENM の場合と同様であるから、膜電位の変動の状態も ENM におけると同様であろうとの推定が可能になるが実験的には確め難い。

### C. 膜電位を種々の値にした場合の spike の高さ<sup>3)</sup>

実験成績 A, および B の場合も結論としては種々の値の膜電位における spike の高さの減少状態を示したものとみなされるが, ENM (Fig. 1) において構成素子 Re, Rb 等の値を変えれば, 外部から脱分極性または過分極性電流を適用することなしに膜電位, したがって静止電位の値を変えることができるので<sup>5)12)</sup>, このよう

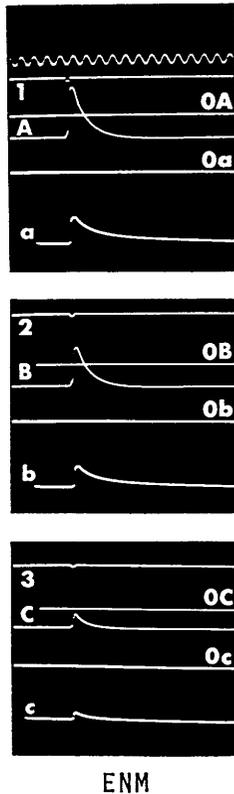


Fig. 5. AP's and variations of membrane potential of ENM with different membrane potential. Membrane potential (produced by change of the value R, in ENM): 1070, 1000 and 840 mV in A, B and C respectively. Stim. pulse: 300 mV -0.3 msec.

にして膜電位を変えた場合において spike の振巾の変化の状態を観察した。しかし, この実験を神経について行うことは困難であるから, ENM についての実験のみを行った。Fig. 5 は ENM の Rb によって膜電位を種々の値にした場合の spike の高さや膜電位の変動を示したものである。図において OA, Oa 等はそれぞれ静止電位, 膜電位に対するゼロ電位を示したものである。静止電位が深い場合には spike の振巾および overshoot が大きく (Fig. 5, A), 静止電位が浅い場合には spike の高さは小さく overshoot は小となりついに認められなくなった。膜電位の変動を示す a, b および c においてはこの順に振巾が減少しているが, これらの場合の各変動の頂点とゼロ電位 Oa, Ob, Oc との間隔は一定で振巾の減少は膜電位の減少すなわち基線の上昇に等しい。

### D. 周期性興奮における spike の高さ

#### 1. 自動的周期性興奮の場合

坐骨神経では通常の状態では周期性興奮は現れないので, ENM についての実験成績だけを示した。ENM では Rb の値を小にすれば周期性興奮が現れ<sup>10)</sup>, この際膜電位および静止電位は, 小となり, 興奮周期は短く spike の振巾は小となった。膜電位変動の振巾も静止電位の減少と共に小となったが, 膜電位変動の頂点と膜電位のゼロを示す Oa, Ob, Oc との間隔は実験成績 B に述べたと同様に一定であった (Fig. 6, 左)。Fig. 6, 右は ENM において周期性興奮が現れつつある際に脱分極性電流を適用して静止電位を変化させた場合の spike および膜電位の変動である。図において 1, 2 および 3 の順に脱分極電流を大にした場合, したがって静止電位 (膜電位も) はこの順に浅くなり興奮からの回復がおそくなり, 興奮期間 (plateau) が長くなっている (Fig. 6, ENM (2), B, C)。これらの場合に spike の振巾は spike が起った際の電位 level が上位, すなわち膜電位が浅ければ変動の巾はそれだけ小となっているので, この場合にも spike の高さや静止電位の間には既述の結果と同様の関係が見られる。

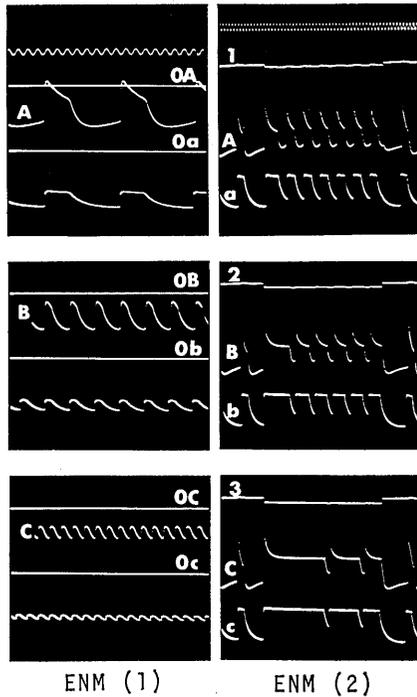


Fig. 6. AP's and variations of membrane potential in periodic excitation of ENM [ENM (1)] and AP's in periodic excitation of ENM during application of depolarizing current of different voltage [ENM (2)]. Frequency of the periodic excitation was 130, 390 and 850 per sec in A, B and C in records ENM (1) respectively, and that during application of depolarizing current in ENM (2) was altered due to the intensity of the current and also to the interval from the initiation of the current. Voltage of the depolarizing current was 160, 220 and 260 mV in A, B and C in records ENM (2).

2. 強制的周期性興奮における spike の高さ

坐骨神経, ENM いずれにおいても適當の強さの脱分極性電流を適用すれば持続期間中に周期性興奮が起る<sup>6)</sup>. 直線的漸増電流を適用した場合には, 神経ではその勾配が小さいときは周期は長く, spike の高さは電流の上昇と共に漸減し, 勾配が大のときは周期は短く, spike の高さは急速に減少する (Fig. 8).

ENM では漸増勾配にかかわらず初期において spike の振巾は大で電流の漸増と共に振巾

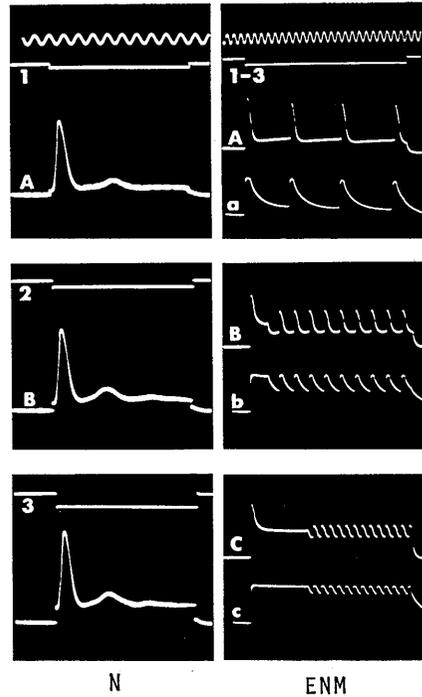


Fig. 7. AP's of the nerve in periodic excitations produced by depolarizing current and AP's and variations of membrane potential of ENM in the periodic excitation produced by application of the depolarizing current. Depolarizing current was 20, 60 and 180 mV in A, B and C of records N respectively, 240, 380 and 550 mV in A, B and C in records ENM respectively.

は小となり, 周期が小となると共に興奮期間 (plateau) は長くなる<sup>1)15)</sup>. これらの場合に神経, ENMの両者において spike の振巾は頂点の低下と基線の上昇の両方向から減少している状態は共通している (Fig. 8). しかし ENM における膜電位の振巾については頂点の高さ (plateau) は不変で基線が上昇した値だけ減少していることは他の場合の実験結果と同様である (Fig. 8, ENM). 直線的漸増電流による強制的周期性興奮の場合に, 電流が漸増するにしたがって AP の plateau が次第に長くなり, ついに無限大になるが, このような場合に plateau の高さは一定であり容易に測定可能である. このことは次の理由によって極めて重要な現象であろうと考えられる.

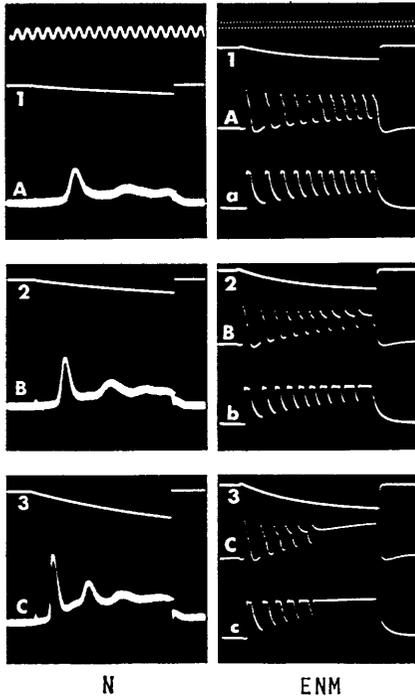


Fig. 8. AP's of the nerve in periodic excitations produced by linearly increasing depolarizing current and AP's and variations of membrane potential of ENM in periodic excitations produced by linearly increasing current. Gradient of linearly increasing current was 7.2, 12 and 22 V/sec in A, B and C of records N respectively, 5, 7.3 and 8.5 V/sec in A, B and C of records ENM respectively.

Plateau の高さはすでに指摘したごとく興奮した場合の膜電位減少の極限を示すもので、この値によって興奮に際して静止電位または膜電位がゼロになるか、ある電位が残っているか、将または逆転するかの判定が可能になるからである。

#### E. 短絡抵抗の値を変えた場合

神経線維・筋線維の AP を細胞内電極を用いて誘導する場合にも、線維の内外側間の短絡抵抗は存在する<sup>7)9)13)</sup>。したがって ENM の場合にも、これに相当する抵抗を設けて AP を誘導した。ENM でも神経線維、筋線維等の場合でも短絡抵抗を小にすれば静止電位は小になる<sup>7)13)</sup>。ENM の場合には興奮部位におけるその他の状態に大きい影響を与えることなく、短

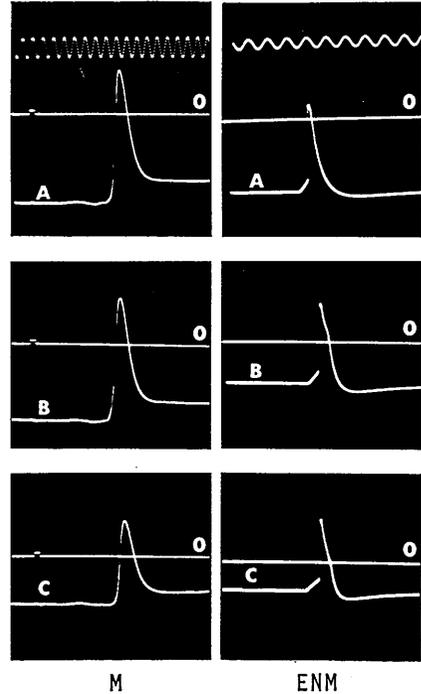


Fig. 9. AP's in successive excitation of the single skeletal muscle fiber of a bullfrog and AP's of ENM with different shunt resistance (see text). M: AP of the single muscle fiber recorded at 1st (A), 3rd (B), and 5th excitation (C) in successive excitation with 1 sec interval between stimulations. ENM: AP's of ENM recorded with different shunt resistance ( $R_s$ ),  $R_s$  was 1,500, 1,000 and 800  $\Omega$  in A, B and C respectively.

絡抵抗を任意に変えることができるが、神経線維、筋線維の場合には相当困難である。著者等は微小電極を筋線維内に挿入して AP を記録するに際し、興奮による筋線維の短縮に伴って微小電極が移動するのでこれを繰り返すと静止電位が次第に減少することを見出した(既報<sup>13)</sup>)。この現象は電極の運動のために電極とその周囲の筋線維の組織との間が次第にゆるみ、この部における筋線維内外の短絡抵抗が減少するためであると見なされた<sup>13)</sup>。このようにして短縮を繰り返すと短絡抵抗が次第に減少し、spike の高さ(記録に現れる高さ)が減少するものと推定された。この場合において spike の高さの減少は他の場合の減少状態と異なり、spike 全体

の高さ(振巾)は減少するが, overshoot の高さに対する spike の高さの比は増大する<sup>13)</sup>. ENM において短絡抵抗  $R_s$  を小さくした場合もこれと全く同様の関係がみられた (Fig. 9). しかし ENM の膜電位の変動の頂点は不変で振巾は膜電位の減少値だけ減少することが知られた.

#### IV. 考 接

##### A. 静止電位と膜電位

一般に静止時の膜電位を静止電位, 活動時の膜電位の変動を活動電位と呼んでいるが<sup>17)</sup>, 本編では「静止電位」とは静止時にかぎらず(本来の意味にかかわらず)線維等の内外側間の電位差を意味するものとした. 一般に静止時には「静止電位」は静止時の興奮性膜の内外側の電位差に等しいと考えられているようである. しかし活動電位の spike の振巾を論ずるに当って本論文において用いた静止電位と膜電位との相違を明記しておかなければならない.

著者等の神経線維の等価回路 (Fig. 1 (1)) は神経線維の外囲を取り巻く組織の等価回路 A と興奮性膜の等価回路 B とで構成されている. 興奮性膜の内側と外側の間には荷電, すなわち膜電位がある. この電位のために線維の外側に現れる電位差が静止電位である. 一般に, 神経線維の外側と内側の間には短絡抵抗  $R_s$  が存在する<sup>8)</sup> ので線維の内側外側間の電位差, 静止電位は短絡抵抗の両端の電位差である. したがってこの電位差, 静止電位は短絡抵抗の両端の電位差である. それゆえこの電位差の値は電源である膜電位と短絡抵抗および A の等価回路の抵抗  $R_a$  の値によって定まる. 換言すれば静止電位は膜電位を電源とするが値は膜電位より小である. 静止状態における膜電位とそれに対する静止電位は上述の関係にあるが, 膜電位の一過性変動によって起る「静止電位」の一過性変動, AP においては等価回路の Ca が関与するので, spike の振巾と膜電位の変動の関係は上述の場合とは異なったものになる.

ENM においては膜電位と静止電位を確実に

区別でき, それらの値も定められるが, 神経線維においては実験的に区別する方法は報告されていない. このことが神経線維に現れる電気現象の機序の解明を困難にしている場合が多いのではないかと考えられる. 実験成績において示した結果について静止電位と膜電位に関する上に述べた関係を考えれば容易に理解されるであろう.

##### B. Spike 振巾の減少状態

実験成績において示されたごとく, 神経および ENM において静止電位の減少に伴って spike の振巾は減少し, その減少は niveau の上昇と spike の頂点の下降の両方向から現れる. したがって spike の振巾の減少は見掛けの上では膜電位の減少によって起る niveau の上昇だけによるものではないと考えられ易いであろう.

しかし, ENM の実験においては AP と共に膜電位の変動も記録され, 膜電位変動の上限, すなわち膜電位の頂点は興奮が起る時点の膜電位の値にかかわらず一定であることが知られた. したがって膜電位変動の振巾の減少値は膜電位の減少値に等しい. それにもかかわらず, ENM の spike にもみられるように振巾の減少は神経におけると同様に上下両方向から現れている. このような現象が spike の振巾の減少の原因の解明を困難にし, 刺激生理学上種々の問題を提起しているように思われるので以下これらのことをさらに詳細に述べよう.

##### C. AP の overshoot との関係

静止電位の変動, すなわち AP が細胞内電極によって誘導される回路は, 神経線維の周囲によって誘導される回路は, 神経線維の周囲を取り巻く分極性組織 (Fig. 1, A), その内側にある静止電位の電源とみなされる興奮性膜の電位と外側との間の短絡抵抗からなる回路<sup>13)</sup>である. この回路において速かに膜電位の変動が起り, それに伴って起る静止電位の変動が AP である. したがって, 神経線維を取り巻く組織 A の分極性のために, 活動電位の振巾は膜電位変動の時間的経過によって著しく変る. 膜電位の変動が速い場合は spike の振巾は大で, ゆるや

かな場合は或る値だけ小さい。しかし膜電位が定常状態になれば静止電位も定常状態 (plateau) になり、plateau の高さと同様に関係は静止時における静止電位と膜電位の関係と同様になる。このことから神経線維において AP の plateau の電位は神経線維が興奮して一時的に定常状態になった場合の静止電位と見なすことができる。Plateau の電位は神経線維においても実測できるので、興奮して到達する「静止電位」(線維内外の電位) したがって興奮が起った場合に膜電位が真にゼロになるか、ある値が残っているか逆転するかが明らかにされるであろう。

以上により、神経の spike の振巾の減少は膜電位減少のために起る niveau の上昇が原因であろうこと、また興奮時に到達する膜電位の値は一定であろうとの結果が導かれた。

## V. 総 括

ウシガエルの坐骨神経および電氣的神経模型 ENM を実験材料として、活動電位の spike の高さの減少を引き起す各種の実験条件のもとで坐骨神経および ENM について同様の方法によって、spike の高さの減少状態を、なお ENM については膜電位の変動の状態も同時に記録し、spike の高さの減少の原因の解明を企てた。

Spike の高さの減少を生ずる条件として、1) 興奮後の相対不応期、2) 陰性電気緊張または閾下の脱分極性電流の持続、3) 周期性興奮が現れつつある際に閾下の脱分極性電流の適用、4) 強制的周期性興奮 (種々の強さの脱分極性矩形波または脱分極性直線の上昇電流適用)、5) 神経線維の内部と外部の短絡抵抗の減少、6) 通常より低い膜電位 (ENM においてのみ) 等の条件を選び、次のような実験結果をえた。

1. 神経、ENM の両者において spike の高さの減少は、静止電位減少のため spike の現れる niveau の上昇と spike の頂点の低下と両方向から起った。

2. ENM における膜電位変動の振巾はいず

れの場合も振巾の頂点の電位は一定で、振巾の減少は niveau の上昇、すなわち膜電位の減少値に等しかった。しかし、ENM の spike の振巾の減少は 1 に述べたごとく、神経の場合と同様に上下両方向から現れた。

3. 神経線維の等価回路として著者等のものを用い、神経線維の興奮に際する膜電位の減少は一定の電位水準に到達するので、膜電位の変動の振巾の減少は膜電位の減少値に等しいが、spike の振巾は niveau の上昇と頂点の低下の両方向から減少し、その大きさは膜電位の減少値と一致しないことについて明解な説明を与えた。

## 文 献

- 1) Araki, T. & Otani, T. (1959) Accommodation and local response in motoneurons of toad's spinal cord. *Jap. J. Physiol.* **9**, 69-83
- 2) Eccles, J. C. (1953) *The Neurophysiological Basis of mind. The principles of neurophysiology, at the clarendon press, Oxford.*
- 3) Frankenhaeuser, B. & Vallbo, A. B. (1965) Accommodation in myelinated nerve fibres of xenopus laevis as computed on the basis of voltage clamp data. *Acta physiol. scand* **63**, 1-20
- 4) Hodgkin, A. L. (1951) *The ionic basis of electrical activity in nerve and muscle. Biol. Rev.* **26**, 339-409
- 5) 半場道子 (1975) 神経の相対不応期に現れる活動電位の大きさについて. *北関東医学* **23**, 407-419
- 6) 北里 宏 (1967) *興奮性膜の一般生理*. 南江堂. 東京
- 7) 松本政雄, 北村奉正, 菊地幸江 (1972) 活動電位の overshoot の成因について. *日本生理誌* **34**, 247
- 8) 松本政雄, 北村奉正, 菊地幸江 (1972) 活動電位の overshoot と誘導. *日本生理誌* **34**, 379-384
- 9) 松本政雄, 半場道子, 北村奉正, 半場 哲 (1973) 生体組織を通った変形波を原波形に変換する方法について. *日本生理誌* **35**, 347
- 10) 松本政雄, 北村奉正, 半場道子 (1973) 神経線維の等価回路と電氣的神経模型 (ENM). *日本生理誌* **35**, 639-656
- 11) 松本政雄, 北村奉正, 半場道子 (1974) 神経線維の不応期, 過常期に関する研究 (I) 坐骨神経と電氣的神経模型の不応期の比較. *日本生理誌* **36**, 186-198
- 12) 松本政雄, 北村奉正, 半場道子 (1974) 神経の適応に関する研究. 坐骨神経と電氣的神経模型の適応の比較. *日本生理誌* **36**, 243-252
- 13) 松本政雄, 北村奉正, 三上紘一 (1972) 活動電位の

- overshoot に関する研究. 骨格筋線維の活動電位について. 日本生理誌 **34**, 718
- 14) Ooyama, H. & Wright, E. B. (1959) Effect of anodal and cathodal pulses applied during action potential at a single Ranvier node. *Am. J. Physiol.* **197**, 1247-1253
- 15) Sasaki, K. & Otani, T. (1961) Accommodation in spinal motoneurons of the cat. *Jap. J. Physiol.* **11**, 443-456
- 16) Sato, M. (1952) Repetitive responses of the nerve fiber as determined by recovery process and accommodation. *Jap. J. Physiol.* **2**, 277-289
- 17) 佐藤昌康 (1965) 新生理学, 2版, 上, 医学書院, 東京
- 18) Spyropoulos, C. S. (1950) Changes in the electric response of single nerve fibers following repetitive stimulation. *J. Gen. Physiol.* **40**, 19
- 19) Tasaki, I. (1956) Initiation and abolition of the action potential of a single node of Ranvier. *J. Gen. Physiol.* **39**, 377-395
- 20) 武重祐彦 (1956) 骨格筋の恢復曲線について. 電気生理学研究 **10**, 79-114
- 21) Vallbo, A. B. (1964) Accommodation related to inactivation of the sodium permeability in single myelinated nerve fibres from *xenopus laevis*. *Acta physiol. scand.* **61**, 429-444



## Extraction of Ca-sensitive actin from intestinal smooth muscle

Haruko MATSUMOTO, Hideyo YABU, and Eisaku MIYAZAKI \*

*Department of Physiology, Sapporo Medical College, Sapporo, Japan*

It is now clear that the contraction of smooth muscle is regulated by the intracellular free Ca ion concentration. It is demonstrated by the fact that superprecipitation and ATPase activity of intestinal myosin B show a typical Ca-sensitivity<sup>6</sup>). However, the site of the regulation has not yet been established. As is well known, in vertebrate skeletal muscle<sup>2</sup>), the thin filament contains troponin which is Ca receptive protein. On the other hand, in molluscan muscle<sup>5</sup>) Ca regulates the contraction by interacting with myosin. In this paper, we report the extraction of the Ca-sensitive actin from the intestinal Ca-sensitive myosin B, and show that in smooth muscle the components responsible for Ca-sensitive ATPase activity are associated with actin.

Protein concentration was determined by the biuret method, standardized by the micro-Kjeldahl method. The ATPase activity was determined by measuring the amount of inorganic phosphate (Pi) released during the first 16 min by the method of Fiske-Subbarow<sup>3</sup>). Ca ion concentration was controlled by the ratio of EGTA/CaEGTA<sup>4</sup>), with a total EGTA concentration of 1 mM.

Myosin from rabbit skeletal muscle was prepared according to Tonomura et al.<sup>7</sup>). Actin and Ca-sensitive actin from rabbit skeletal muscle were prepared according to Ebashi and Ebashi<sup>1</sup>).

Intestinal Ca-sensitive myosin B was prepared as described previously<sup>6</sup>), and used as the starting material for the extraction of actin and of Ca-sensitive actin. Final myosin B which was suspended in low ionic strength solvent was centrifuged at  $8,000 \times g$  for 15 min. The resulting precipitate was suspended in three volumes of

cold acetone and left for 5 min, and then filtered through the filter paper (Toyo No. 5 A). This procedure was repeated three times and the filtrated residue was dried at room temperature. The acetone powder was immersed in twenty volumes of 0.3 mM NaHCO<sub>3</sub> containing 0.02 mM ATP for 30 min at 0°C, and then filtered through filter paper. The filtrate was polymerized with the addition of 0.05 M KCl and kept at 0°C overnight. The preparation thus obtained was used as actin. Ca-sensitive actin was also extracted from the acetone powder following the method of actin preparation above described, except that 2 hr and room temperature for extraction were used in place of 30 min and 0°C, respectively.

Effects of intestinal actin and Ca-sensitive actin on the ATPase activity of skeletal myosin were shown in Fig. 1. ATPase activity of myosin was activated approximately three times by an addition of actin in the presence (pCa 5.21) or absence (pCa 7.53) of

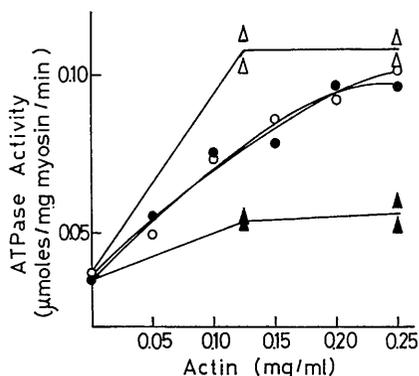


Fig. 1. Activation effects of intestinal "actin" and "Ca-sensitive actin" on the ATPase activity of skeletal myosin. Reaction mixture: 0.5 mg/ml skeletal myosin, 1 mM MgCl<sub>2</sub>, 100 mM KCl, 1 mM ATP, pCa 5.21 (open circles) or pCa 7.53 (closed circles), and 40 mM tris-maleate buffer (pH 6.8). Temperature, 25°C. -○-, ●-, actin; -△-, ▲-, Ca-sensitive actin.

\* 松本春子, 藪 英世, 宮崎英策: 札幌医科大学第二生理学教室

[Received for publication January 7, 1975]

Table 1. The Ca-sensitivities of various synthetic actomyosin and intestinal myosin B. Experimental conditions were the same as those described in Fig. 1.

Material	ATPase activity ( $\mu$ moles Pi/mg myosin/min)		Ca-sensitivity +Ca / -Ca	Activation by actin
	+Ca (pCa 5.21)	-Ca (pCa 7.53)		
1) Synthetic actomyosin (myosin:actin, 2:1)				
Skeletal myosin	0.0368	0.0350	—	1.0
+ Skeletal actin	0.184	0.184	1.00	5.0
+ Skeletal Ca-sensitive actin	0.195	0.0690	2.83	5.3
+ Intestinal actin	0.0945	0.0927	1.04	2.5
+ Intestinal Ca-sensitive actin	0.107	0.0530	2.02	2.9
2) Intestinal myosin B*	0.0116	0.0046	2.52	—

\* A unit of ATPase activity of intestinal myosin B was  $\mu$ moles Pi/mg myosin B/min.

Ca. Thus, this synthetic actomyosin ( $\circ$ ,  $\bullet$ ) showed no Ca-sensitivity. The ratio of myosin to actin which gave the maximum activation was around 2 by weight. On the other hand, actomyosin ( $\Delta$ ,  $\blacktriangle$ ) composed of myosin and Ca-sensitive actin showed a apparent Ca-sensitivity. ATPase activity was found to be two times greater in the presence of Ca than in its absence.

For the comparison, under the same conditions, skeletal or intestinal actin and Ca-sensitive actin were added to skeletal myosin (Table 1). The Ca-sensitivity was expressed as a ratio of ATPase activity at pCa 5.21 to that at pCa 7.53. The Ca-sensitivities of actomyosin which used skeletal and intestinal Ca-sensitive actin were calculated as 2.83 and 2.02, respectively. Under the same conditions, the Ca sensitivity of intestinal myosin B used as the starting material was calculated as 2.52. Namely, Ca-sensitivity of actomyosin synthesized from intestinal Ca-sensitive actin was about 70% of that from skeletal Ca-sensitive actin, and 80% of intestinal Ca-sensitive myosin B. Activation of skeletal actin to myosin was two times greater than

that of intestinal actin. The reason why the ATPase activity and the Ca-sensitivity of actomyosin synthesized from intestinal Ca-sensitive actin are weaker than those from skeletal Ca-sensitive actin is not clear. However, it is probable that it may be concerned with the impurity rather than the difference in the property of actin preparation. Thus, the existence of Ca-sensitive actin might suggest that the Ca-binding protein localizes on thin filament of smooth muscle.

#### References

- 1) Ebashi, S. & Ebashi, F. (1964) *J. Biochem.*, **55**, 604-613
- 2) Ebashi, S. & Kodama, A. (1965) *J. Biochem.*, **58**, 107-108
- 3) Fiske, C. H. & Subbarow, Y. (1925) *J. Biol. Chem.*, **66**, 375-400
- 4) Imai, S. & Takeda, K. (1967) *Nature*, **213**, 1044-1045
- 5) Kendrick-Jones, J. et al. (1970) *J. Mol. Biol.*, **54**, 313-326
- 6) Matsumoto, H. et al. (1974) *Jap. J. Physiol.*, **24**, 167-176
- 7) Tonomura, Y. et al. (1961) *Arch. Biochem. Biophys.*, **95**, 229-236

**key words** : Ca-sensitive actin, smooth muscle.

## 第7回東北生理学談話会

日 時：昭和49年10月20日（日）

場 所：弘前大学医学部講堂

当 番：尾崎俊行，鈴木寿夫

### 1. 鶏胚血の $O_2$ affinity と Bohr effect

田澤 皓，望月政司，小野 束\*（山形大，医，第一生理・北大，応電研\*）

赤血球のガス反応速度を測定するために開発した顕微比色装置によって，鶏胚の絨毛尿膜毛細血管中に存在する赤血球の酸素解離曲線を日令10日目から18日目にわたって測定し in vivo の log  $P_{CO_2}$ -pH ダイアグラムから，平衡をうるために用いた混合ガスの  $P_{CO_2}$  より pH 値を近似的に求め，各日令における Hill の式を算出した．pH 7.4 における  $P_{50}$  は，日令10, 12, 14, 16および18日目で，60.0, 54.5, 46.2, 33.1 および 28.6 mmHg と減少しており，また，ヘム相互間の作用力も日令と共に弱くなる傾向を示した．Bohr effect の日令による差は明らかでないが，組織への酸素供給を定量的に知るため，effective Bohr effect 量を求めた．この量は，日令と共に変化する酸素親和性，ヘム相互間の作用力， $O_2$  capacity の三因子による効果を含み，結局，酸素消費の比較的多い若い胚へは，低い酸素親和性，強いヘム相互間の作用力によって，多くの酸素が供給され，卵殻の限定された拡散能力のために，hypoxia の状態にあるふ化間際の胚では，酸素親和性および  $O_2$  capacity の増加によって，hypoxia に耐えるような酸素解離曲線の移行が生じ，日令に伴って変化する生活環境への適応がみられる．同時に，Bohr effect の発現速度を測定したが，Bohr effect は一次反応と思われる．

### 2. 皮下血液量を光電的に測定する

山辺紘猷，熊田六郎，片平清昭，斎藤 進，須田 滉，塚原 進（福島医大，第二生理）

簡単に行なえる濃度測定法として光学的な方法が広く用いられている．すなわち，液体の透過率を測定し，その濃度を算出するものである．今回われわれは皮下血液量の測定を目標として，フォトダイオードを受光素子とする反射型の光度計をつくり，数種の水溶液について，その濃度と後方散乱との関係をしらべた．その結果は，濃度の増

加につれて後方散乱が増加するA型，濃度の増加につれて後方散乱が減少するC型，後方散乱が変化しないB型の3型の区別ができた．A型を示めず例は市販の牛乳，B型を示めず溶液の例はヒト血液の希釈物，C型を示めず溶液の例は黒インクの希釈物である．A型は吸光度の少ない物質（アルブミン，脂肪）と水との不均質系で，濃度の増加につれて光散乱が増大すると考えられ，B型は吸光度の大きい物質（色素）と水との不均質系で吸光の増加と散乱の増加とが打ち消しあうと考えられ，C型は吸光度の大きい物質と水との均質系で，濃度の増加につれて光量の減少をおこすと考えられた．A型とB型の複合系，A型とC型の複合系ではB型もC型もC型の特徴をより強く表現した．この反射型の光度計を人体皮膚面に置き，その出力を直流的に記録して皮下の血液の絶対量を知ろうとした．皮下の血液量を変化させた時の出力を記録し，スライドで示めす．或る状況で設定したモデルによる換算係数は0.0025 (ml of blood)/(ml of tissue × mV) であった．完全な虚血状態を実現すればそれからの隔りとして皮下血液の測定が可能である．

### 3. 腎尿管細管刷子縁膜におけるアミノ酸輸送の担体機序

星 猛（東北大，医，第一生理）

腎近位尿管細管細胞の管腔側膜（刷子縁膜）におけるアミノ酸の担体輸送機序を明かにする目的で，Triturus（イモリ）近位尿管細管をアミノ酸含有 Ringer 液で微小灌流し，その際の細胞電位の変化を微小電極により記録して輸送電位発生の様相を調べ，さらに放射性トレーサーにより測定したアミノ酸のとり込み速度を速度論的に解析した．中性，塩基性，酸性アミノ酸のそれぞれの代表として L-alanine, L-lysine, L-asparatate の3者による輸送電位（細胞脱分極）の発生を比較すると，L-alanine が最大（10 mM 液で 22 mV），L-lysine は中等度（8 mV）であり，L-asparatate はゼロであった．電位発生の  $Na^+$  依存性は，L-

alanine では著明で、無  $\text{Na}^+$  の液中ではむしろ過分極を発生せしめる。一方 L-lysine 電位は殆ど  $\text{Na}^+$  依存性を示さず、L-asparatate は  $\text{Na}^+$  の有無によらず、電位を発生させない。無  $\text{Na}^+$  液中での L-alanine による過分極発生並びに alanine のとり込み速度に対する  $\text{Na}^+$  濃度の効果から、alanine は 2 者複合体 (XA), 3 者複合体 ( $\text{XANa}^+$ ) の二つの形で膜で輸送されていると考えられる。L-asparatate は輸送電位を発生させないが、 $\text{Na}^+$  依存性の強いとり込みを示すことから、 $\text{XA}^-\text{Na}^+$  の中性の 3 者複合体で膜輸送されていると考えられる。L-lysine のとり込み、輸送電位は共に  $\text{Na}^+$  依存性が低く、かつ輸送電位は膜電位依存性を示すことから、 $\text{XA}^+$  の形で膜輸送されていると考えられる。

#### 4. 組織 $^{23}\text{Na}$ の核磁気共鳴

物井宏之 (東北大, 医, 第一生理)

1. ラット肝臓組織, そのホモジネート, および遠心分画の  $^{23}\text{Na}$  共鳴シグナルを測定し, 次の結果をえた。(イ)  $^{23}\text{Na}$  の共鳴強度を減少させる能力は顆粒部分に局在する。(ロ) 組織の  $^{23}\text{Na}$  シグナルは, 四重極相互作用によるものであり, 組織の「見えるシグナル」は,  $1/2 \leftrightarrow -1/2$  のエネルギー準位間の遷移に対応する。(ハ)  $\text{Na}^+$  電極によるホモジネート中の  $\text{Na}^+$  の活動度の測定結果によれば, ホモジネート中の結合  $\text{Na}$  は, いわゆる「見えない  $\text{Na}$ 」より少ない。

2. 組織の  $^{23}\text{Na}$  の吸収線の形を, 次の条件のもとに求めた。(I) 組織中の  $\text{Na}^+$  には, 二つの状態がある。(II) この二つの状態間の  $\text{Na}^+$  の交換は, 速い (速すぎはしない)。(III) 交換のない時, 一方の状態の  $\text{Na}^+$  は, 単一の共鳴周波数および単一のスピン-スピン緩和時間  $T_2$  を持つ。(IV) 他方の状態の  $\text{Na}^+$  は, 二つの異った  $T_2$  および (または) 二つ以上の共鳴周波数 (一次の摂動効果の範囲内において) を持つ。えられた理論的線形は, 二つの成分より成る。その共鳴周波数は互いに等しく,  $T_2$  は異なる。速い  $T_2$  が十分短かければ, 全共鳴強度の 40% のみが観測される。

#### 5. モルモット輸精管における ouabain の catecholamine 遊離作用

桂木 猛, 鈴木泰三 (東北大, 医, 応用生理)

高濃度 ouabain ( $10^{-5} \sim 10^{-4}$  g/ml) によるモルモット輸精管の収縮の機序について薬理学的, 生化学的解析を試みた。この収縮は ouabain 投与後, 約 5 分間の latency の後, 小刻みな rhythm を伴って現われ, 緩かな tonus の上昇と共に約 15 分間で最大値に達する。これは atropine ( $10^{-7}$  g/ml) や methysergide ( $3 \times 10^{-6}$  g/ml) では全く影響されず phentolamine ( $5 \times 10^{-6}$  g/ml) によって拮抗された。また, 交感神経遮断剤である bretylium ( $3 \times 10^{-5}$  g/ml) や局麻薬である cocaine ( $5 \times 10^{-5}$  g/ml) によっても有意に抑制された。さらに reserpine 処理標本でも, この収縮反応は消失していたが, その後, bath 中に NE ( $5 \times 10^{-6}$  g/ml) を加え 30 分間浸漬した後, 再び ouabain を投与した処, 即座に明瞭な収縮が現われた。この収縮も phentolamine により完全に拮抗された。一方, 輸精管標本を Krebs-Ringer 液で 30 分間灌流後, control と ouabain 存在下の灌流液中に出てくる catecholamine 量の比較を行なうため, p-cellulose column で分離後, 螢光分光法にて検討した。この時, control 液中の catecholamine は常にほとんど測定不可能であったが, ouabain 処理液中には, しばしば定量可能 ( $0.1 \sim 0.08$  nmol/one vas) な量が検出された。これらの結果から, ouabain は catecholamine 遊離促進作用によって輸精管の収縮を引き起すものと考えられる。

#### 6. イモリ腸管平滑筋の神経支配

鈴木恒彦, 長沢純一郎, 鈴木泰三 (東北大, 医, 応用生理)

最近 Baumgarten らにより, ヤツメウナギの腸管に 5-HT を含む神経細胞の存在が明らかにされたが, 今回, 腸管の比較生理学的研究において, それより高等なイモリの hind gut が 5-HT に特異的な反応を示すことを見出し, 5-HT の化学伝達物質としての可能性について検討した。イモリ腸管は経壁の電気刺激 (0.5 msec, 10 Hz, 5 sec) に対して一過性の収縮を示した。この反応は saxitoxin ( $10^{-7}$  g/ml) で抑制され, 神経を介する反応であることを確認した。一方外から与えた薬物については, acetylcholine, GABA, 5-HT はいずれも収縮をもたらしたが, このうち電気刺激による反応とよく似ていたのは 5-HT の反応だけであった。さらに, 電気刺激による収縮は

methysergide ( $5 \times 10^{-6}$  g/ml), LSD ( $5 \times 10^{-7}$  g/ml) で完全に抑制されるが, atropine ( $10^{-5}$ ~ $10^{-8}$  g/ml) や picrotoxin ( $10^{-5}$ ~ $10^{-8}$  g/ml) でほとんど影響をうけない。これらのことからイモリ腸管には 5-HT を化学伝達物質とする内在性神経が存在し, それが腸管の収縮をになっている可能性が考えられた。さらに, 同標本の 5-HT の化学定量, 組織化学標本, 電顕標本により検討したところ, 化学定量においては多量の 5-HT が証明され, 組織化学標本においても catecholamine 由来の螢光と異なる黄色い螢光の神経細胞が認められ, 電顕標本においては, monoamine を含む大きい vesicle (1,500~2,000 Å) が平滑筋細胞に近接した神経末端に密に存在していた。これらの顆粒が 5-HT を含むと考えれば, 薬理学的実験結果とよく一致し, ヤツメウナギよりはるかに高等な脊椎動物の腸管にも 5-HT 性自律神経の存在が考えられる。

#### 7. 第 2c 波と眼球律動電位との関係

二唐東朔, 高松隆常, 佐藤 慧, 三田俊定, 佐藤良子 (岩手医大, 第一生理)

Kolder 等<sup>1)</sup>は明相と暗相が共に66秒の点滅反復する刺激光に対する眼球常存電位を記録すると, 従来の網膜常存電位に重って, 刺激光の明相時に極小を示し, 暗相時に極大を示す小波を観察し fast oscillation と命名したが, その発現機序は不明である。著者等は不動化ネコの散瞳した眼を持続光で刺激し, 網膜常存電位を直流増幅器で記録した所, 刺激時点から20~30秒に出現する ERG の c 波下降脚底部 (c 波後溝電位, 著者等命名す) に続いて, 明極大起始部との間に頂点時が65~98 秒を示す陽性の波を発見し, 第 2c 波と名づけた (日本生理誌 31, 301, 1974)。その後の調査で, 第 2c 波の発現は弱い刺激光では刺激期間が 100 秒以上を要するが, 強い刺激光では 5~10 秒で充分であることが判明した。さらに Kolder 等と同様の点滅刺激で網膜常存電位を記録し fast oscillation の出現時刻を比較検討すると, 明相の極小は c 波後溝電位に, 暗相の極大は第 2c 波にそれぞれ良く一致する。明相と暗相を66秒より延長または短縮する時に fast oscillation が不明瞭との彼等の報告の原因は, 点燈刺激で c 波後溝電位と第 2c 波が共に発現することによる。すなわち,

明相が 100 秒以上になれば, 暗相の極大として観察された第 2c 波は出現してしまい, 50 秒以下の明相下では c 波後溝電位ならびに第 2c 波の成長の時間が充分得られないためである。

1) Kolder, H. & Brecher, G. A. (1965) Arch. Ophthal., 75, 232-237

#### 8. 人眼の c 波を直接誘導する試みについて

高松隆常, 猪股孝四郎 (岩手医大, 第一生理)

ヒト ERG 特に c 波を記録するのに直流増幅器を用いた報告例はあまりみうけられない。

その理由はヒトの角膜に鞏角膜型電極を接する従来の方法では, たとえ点眼麻酔を行った眼球でも異物感が強く感ぜられ, そのために眼球は動き易く瞬目回数も多くなり, ERG の c 波のような遅い波を記録することはほとんど不可能であった。そこでわれわれはヒトの ERG を誘導するのに次の新しい方法を試みた。それは在来の鞏角膜型電極と角膜との間にさらにソフトコンタクトレンズ (以下 Soft C.L. と略す) を挿入する方法である。この方法を用いると眼の異物感は著しく減少し, その結果, 眼球の動きは非常に少なくなった。さらに, この Soft C.L. を両眼に用いることによって瞬目回数は著しく減少した。一般に市販の Soft C.L. は親水性ではあるが導電性の存否が疑問であった。そこでウサギを用いて試みた結果では, 導電性は充分で (Soft C.L. の挿入に基づく直流抵抗の増大は精々  $5 \text{ k}\Omega$  ぐらいであった), しかも ERG の記録波形にはほとんど影響のないことが確認できた。かくして直流増幅器を使用して人眼 ERG を記録することが可能となった。この方法で記録される人眼 ERG の b 波に続く比較的遅い波の特徴は菅原らの報告したウサギ眼の c 波の諸特徴とよく一致するので, われわれはこの波は人眼の c 波であろうと考えている。この実験に際しては被験眼を散瞳させ, 角膜には点眼麻酔を行っており, 誘導電極には亜鉛-硫酸亜鉛電極を用いた。

#### 9. Rabbit LGB の P cell, I cell について

滝森 徹, 加藤宏司, 小川哲朗 (秋田大, 医, 第一生理)

ラットおよびネコの外側膝状体 (LGB) 内のニューロンは視索および大脳皮質視覚野 (VC) の電

気刺激によって誘発される放電パターンから、P-細胞、I-細胞に区別される。P-細胞は視索の単一刺激に対して比較的短い潜時につづいて主として1個、ときには数個のインパルス放電をもって反応する。また適当な視覚野の部分の電気刺激によって逆伝導性の放電を示す。これに比してI-細胞は視覚刺激に対して比較的長い潜時の後に高い頻度のインパルス放電を示し、視覚野の刺激に対しても同様のくり返し放電を示すことを特徴とする。

本研究はウサギのLGB内で、P-細胞、I-細胞がどのように分布しているかを調べる目的で開始された。その結果ウサギのLGB内では、P-細胞は容易に記録されたが、I細胞はほとんど記録できなかった。そこでI細胞の存在を確認すべくLGB周囲の組織にも電極を刺入して調べたところ、主にLGBの内側縁に比較的にI-細胞と同定できるものが発見された。

なお実験はすべてウレタン・ $\alpha$ -クロロローズ混合麻酔下のウサギで行なわれた。また各細胞については受容野の大きさ、光に対する性質についても調べられた。

## 10. 三叉神経脊髄路核尾側亜核の痛覚ニューロン

横田敏勝 (北大, 歯, 口腔生理)

痛覚を唯一の感覚とする歯髄の電気刺激によって興奮するニューロンを三叉神経脊髄路核尾側亜核より検出し、その性質を調べた。

尾側亜核の最も広い部分を占める大細胞部Pars magnocellularisのニューロンは三叉神経領域の触刺激によって興奮し、その末梢受容野は限局して、ニューロンの配列には somatotopic organization が認められた。しかし、歯髄刺激によって興奮するニューロンはえられなかった。

ところが、尾側亜核の辺縁部 Pars marginalis ないし膠様部 Pars gelatinosa の表層とみられる部位から、歯髄刺激によって興奮するニューロンを検出することができた。これらのニューロンは三叉神経領域の非侵害性機械的刺激によって興奮せず、痛覚刺激によって特異的に興奮する可能性が示唆された。

歯髄刺激によって興奮するニューロンは尾側亜核の腹内側に隣接する外側延髄網様体からも検出

された。この部のニューロンの中には、歯髄刺激のみならず三叉神経領域の触刺激によっても興奮するものがあつた。この部位は頸髄後角第V層の延長で、機能的には三叉神経脊髄路核尾側亜核の一部に含めてもよいように思われる。

## 11. 外舌筋の反射活動

鈴木恵三 (北大, 歯, 口腔生理)

われわれは、外舌筋の反射活動を調べてその機能的分化を明らかにしようとして試みている。

実験はウレタン・クロロローゼ麻酔ネコ、ならびに除脳ネコについて行なった。

ネコの舌背の機械的刺激による外舌筋運動単位の反射活動からみて次のことが知らされた。

1. 茎突舌筋ではその運動単位が機械的刺激受容野が5種類に分類できた。すなわち、同側糸状乳頭部、同側非糸状乳頭部、両側非糸状乳頭部、同側糸状乳頭部+同側非糸状乳頭部、同側糸状乳頭部+両側非糸状乳頭部の5種部である。

2. 茎突舌筋運動単位の開口による自発性放電は、同側舌根部に抑制性受容野をもつ。

3. 舌骨舌筋運動単位の機械的刺激受容野には腹側舌骨舌筋運動単位と背側舌骨舌筋運動単位に差があり、前者は同側舌背の後部、後者は同側舌背前部に認められた。

4. オトガイ舌筋運動単位は機械的刺激に興奮するものが少ない。

5. オトガイ舌骨運動単位、腹側舌骨舌筋運動単位の中にも自発性放電を示すものがある。

## 12. ネコの性行動発現における嗅球の役割について

片平清昭, 熊田六郎, 山辺紘猷, 斎藤 進, 須田 滉, 塚原 進 (福島医大, 第二生理)

先に一側扁桃核広範破壊によってネコが性行動亢進状態となることから扁桃核は性行動の発現に密接に関与すると報告した。嗅球は扁桃核や前梨状葉から遠心性線維を受けており、その機能については議論が多い。本実験の目的はネコの性行動発現における嗅球の果す役割を解明することであった。性行動発現の有無のテストは12例の成熟オスネコを用い実験ケージ (99×62×71 cm) 内でメスネコに対して3分間内に mounting 行動を示すか否かによって判定し、試行回数に対する mount-

ing 回数の割合を sexual activity として検討した。

両側嗅球剔除群 (3例) は嗅球剔除後 1~9 週目より sexual activity が顕著に上昇し連続発情状態となった。38~47週の術後観察期間中、発情最大持続期間 (sexual activity 90%以上の持続期間) は10~21週であった。去勢術を施行しても sexual activity は1例では次第に低下したものの他の2例では6週以上も亢進状態が持続していた。一側嗅球剔除群 (2例)、去勢両側嗅球剔除群 (2例) および対照群 (5例) ではいずれも性行動の亢進は認めえなかった。両側嗅球剔除ネコは主たる嗅覚路が遮断されていた。

以上の結果、嗅球はネコの性行動発現に密接に関与するものといえる。そして嗅球が嗅情報の単なる処理機構としての役割を果すばかりではなく、扁桃核やその周囲野とも関連して性行動発現の調節機能をも有するものと推察した。

### 13. ヒキガエル嗅粘膜の単一ユニットおよび EOG の二重刺激に対する応答

若林恒雄, 飯島正治 (東北歯大, 生理)

嗅覚受容における順応について、二、三の知見をえたので報告する。n-amyl acetate (以下 nA), iso-amyl acetate (以下 iA) という構造のよく似た2種類の物質を刺激とし、先行の条件刺激を変化させる事により次の刺激に対する応答の差異を検討した。

EOG: 条件刺激として nA puff 刺激を行ない、数秒後に同臭で刺激すると、応答に30%減少が見られたのに対し、異臭ではほとんど減少が見られなかった。さらに、10秒間の nA 持続刺激を行ない、持続刺激開始6秒後に puff 刺激を行なったところ、同臭に対する応答は持続刺激の濃度を増すと減少してくるが、異臭ではほとんど変化がなかった。ただし条件刺激を iA とした場合は、nA, iA puff 刺激で応答に有意差は見られない。

単一ユニットの応答: nA により puff 刺激を行ない、数秒後に再び nA, iA の puff 刺激を行なうと、nA (同臭) では11例中5例で応答が刺激間隔5秒で消失したのに対し、iA (異臭) では22例中の6例でのみ消失が見られた。

これらの事から撰択疲労の現象は嗅粘膜レベルでも存在すると考えられる。

### 14. 培養脊髄神経節細胞の電気生理学的機能変化

半田康延, 木村 裕, 佐藤 元, 志水義房\* (東北大, 脳研, 内科・信州大, 医, 解剖\*)

培養細胞の再分化過程を、鶏胎脊髄神経節の分離培養細胞により形態と生理的機能の面より検索した。

[培養法] 用いた材料は10日目の鶏胎脊髄神経節で、これを Trypsin により分離し、コラーゲンでコーティングされたカバースリップにばらまき、シャーレ内で培養する方法を用いた。

[結果] 培養された時点で、神経細胞は一旦脱分化するが、その後再分化し、約1ヶ月の培養で分化が完成する。これを、位相差顕微鏡による新鮮標本と、Nissl 染色標本で経時的に観察すると、培養初期には、胞体は小さく、核は偏在し、ニッスル小体は周辺部のみ認められるが、培養日数の経過と共に、胞体は大型化し、核は中央に移動し、ニッスル小体は細胞全体に均等に濃染されるようになる。細胞表面積の増加は初期の約3~5倍に達する。この細胞に微小電極を刺入し、電橋法を用いて膜の諸性質を検索した所、形態的变化に並行して、静止電位および実効膜抵抗が増加し、実効膜容量が減少するのが認められた。しかし興奮性の出現は比較的早期 (培養3日頃) に認められ、培養10日目にはほぼ全ての細胞がオーバーシュートを伴う活動電位を発生する。また、活動電位そのものも分化と共に成長し、振幅の増大、持続時間の短縮が認められた。

〔会報〕

## 第25回 J.J.P. 編集委員会議事録

日時：昭和50年1月18日

場所：学会センタービル会議室

出席者：岩間吉也、勝木保次、栗山 照、真島英信、高木健太郎、渡辺 昭、吉村寿人（出版会：川崎）

（欠席者：松田幸次郎）

1. 前回議事録について：「50年度予算」の項で、別刷代の値上げの箇所は、具体的な額を示した方がよいということで、別刷代金表を加えることにした。その他は原案どおり承認された。

2. 値上げ実施について：購読料、別刷代の値上げおよび超過頁代を新たに設ける件については、すでに24巻6号で通知済でもあるので25巻1号から実施することを確認した。

3. 原稿審査について：論文審査の状況ならびに説明があり、第25巻1号の掲載論文を確認した。

4. 投稿規定について：前回の委員会では出席委員が約半数だったので決定を控えていた Abstract については、欠席委員に意見を求めた結果、Summary を廃し、Abstract とすることに

決定した。

5. 新委員長選出について：4月からの一部編集委員の交代に伴う新委員長の選出は、次回委員会までに郵便投票をもって行うことにした。その方法は、委員会開催の通知とともに委員名簿と用紙を送り、会議当日に持参または郵送して開票し決定することとした。

6. 雑誌交換について：J.J.P. では現在 Abstract 掲載誌関係以外には寄贈を行っていないが、外国から、寄贈や交換の希望があった場合、他学会ではどのように処理しているか問い合わせることにした。ただし原則的には交換希望は受けず、購読を依頼する方向に持って行く方針を改めて確認した。

7. 次回は3月15日の予定。

## 〔編集後記〕

最近のこの雑誌の内容は、原著、短報、学会抄録、会報の4つに分類されます。本号は第4号ですが、今年の第1～5号の構成を通覧しますと、原著のない号が2号もありますが、他の3つのカテゴリーのものは毎号載せられています。なお、学会抄録はすべて地方会の記録です。

このように検討してみますと、この雑誌の性格は自然に落ち着くところに落ち着いたという気がします。原著が少ないことについて特に心配する必要はなく、会員の必要に応じて原著も掲載できるという体勢を維持していればよいのだと私は思います。

結局、編集部として努力すべきことはこの雑誌の速報性を高めるために入稿から雑誌発送までの期間を短縮することであり、また会員の方々が積極的に会報欄に原稿をお寄せ下さると有難いのです。特に国内、国外のシンポジウムの予告および報告の記事を充実させたいと思います。この種の原稿は出来るだけ簡潔に、また予告は出来るだけ早い時期にお願いします。

以上のほかに、この雑誌に会員の方々の御意見をのせる論壇ないしは談話室のようなもの、および求人求職欄があってもよいのではないかと思います。如何なものでしょうか。

(入内島十郎)

## 日本生理学会会費お払込のお願い

昭和50年度会費4,000円、未納の方はなるべく速かにお送り下さるようお願い申し上げます。また、49年度会費未納の方は大至急をお願いします（振替用紙は第36巻11号に挿入してあります）。

異常な経済状況の下で、出費多端の折柄まことに恐縮に存じますが、会費は学会運営上の唯一の活動の源泉でございますので、何卒ご賢察いただき度く、重ねてお願い申し上げます。

尚、教室、研究所等では、まとめてお払込みいただければ幸甚です。

お払込みには必ず郵便振替又は現金書留郵便にてお願いします（普通郵便に現金または小為替の同封は紛失の例がございます）。

〒 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 86430

電話 (03) 945-2840

### 編集委員

塚田裕三(幹事)	入内島十郎	酒井敏夫
植村慶一	戸塚武彦	大島知一
村田計一	菅野富夫(北海道)	星猛(東北)
新島旭(関東)	東健彦(中部)	品川嘉也(近畿)
入沢宏(中・四国)	栗山熙(九州)	

プログラム変更・特殊プログラムの追加が  
できるON-LINE多目的生体情報処理装置

# シグナルプロセッサ 7S06



拡張性・融通性に富み経済的です!

単能機としての使いやすさ、経済性に加え、高性能多目的データ処理装置としての特長を巧みにアレンジした設計です。平均演算プログラムを標準装備し、固定記憶カード〔ROM〕の交換により、各種ヒストグラム、各種相関、CNV等のプログラムをセットできます。

汎用コンピュータ接続のためのタイプライタ、駆動装置など各種周辺装置も用意しています。

明日の健康と福祉を守る

**三栄測器**

本社 東京都新宿区西大久保2-223-2 千160 ☎03 (209) 0811 代表  
工場 東京都小平市天神町1-57 千187 ☎0423(41) 0821 代表

# 静岡協が新しい会社を設立……

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 〉

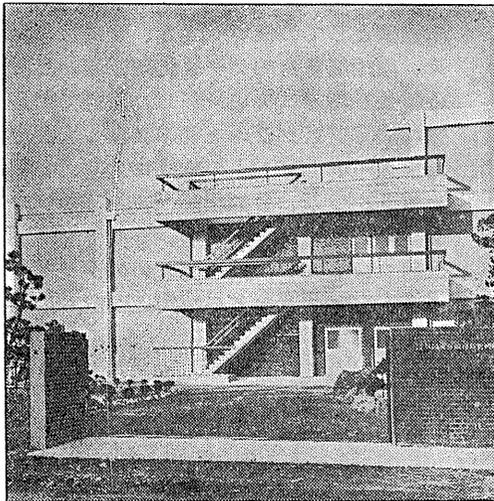
- ◇ 一般毒性試験
- ◇ 催奇性試験
- ◇ 発癌性試験
- ◇ 世代試験
- ◇ 刺激性試験
- ◇ 組織標本の作成並びに検査

## 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)36-1957



## —Barrier System (SPF) 実験動物の生産販売—



### SPF動物

マウス SLC-ddY	(国立予防衛生研究所)
マウス SLC-ICR	(Charles River)
ラット SLC-SD	( )
ラット SLC-Wistar	(東大医科学研究所)
ラット SLC-Fischer	( )

### 普通動物

マウス ddY/S	(国立予防衛生研究所)
モルモット Hartley	( )
ハムスター Golden	( )
ラット Wistar	(東大医科学研究所)

カニクイザル アカゲザル 輸入検疫9週間経過後出荷

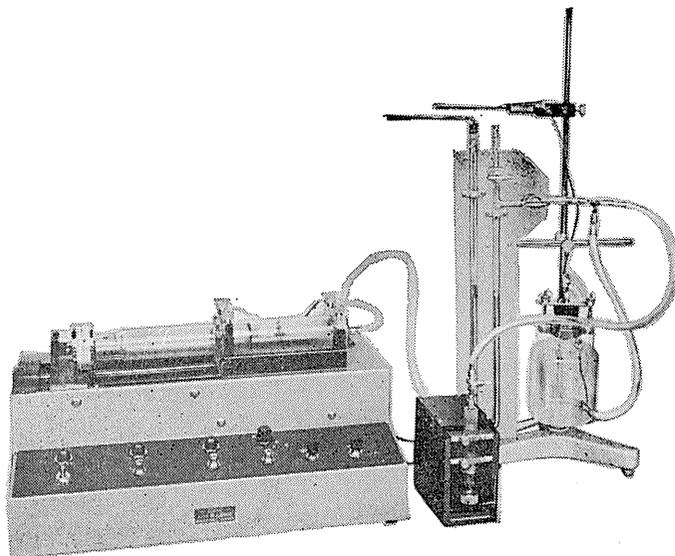
## 静岡県実験動物農業協同組合

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

HAFFNER法

# 鎮痛効果測定装置

実中研 医学研究所 御指導

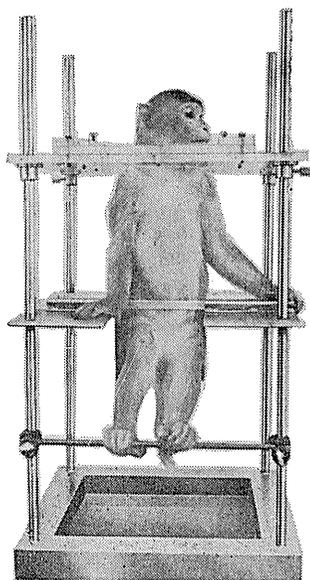


本装置は機械的刺激によるマウスの仮性疼痛反応閾値上昇から薬物の鎮痛効果を測定する装置であります。

尾部に加わる圧力はモーターにより加圧されマンオメーターにより記録されますので常に一定の加圧速度が得られ、かつ反応閾値を記録紙上で求めることができます。

## モンキーチェヤ

実験動物中央研究所  
医学研究所 御指導



● 本装置チェヤに依るモンキーの体重は3kg～6kg迄使用可能です。

● 汚物を取り出す引出しが下部後方に付いています。

● ステンレス製 上部はアクリル盤

### 特別附属品

● チェヤ固定盤 600×600×21mm (木製)

### 特別附属品

● 移動用固定盤 600×600×21mm キャスター4ヶ付  
別途附属註文に応じます。

### 使用目的

- |           |                      |
|-----------|----------------------|
| (1) 薬物の投与 | (3) 生体電気現象の誘導        |
| (2) 採血及採尿 | (4) 其の他無麻酔下で処置を加へる場合 |

**KANO**

株式会社 野上器械店

郵便番号113 東京都文京区本郷3丁目44～6 TEL(03)813-4811(代)

J. Physiol. Soc. Japan Vol. 37, No. 4 (1975)

**Original**

MATUMOT, M., KITAMURA, T. and HANBA, M. : On decrease in spike height of nerve action potential. A comparison between sciatic nerve and ENM .....73

**Short communication**

MATSUMOTO, H., YABU, H. and MIYAZAKI, E. : Extraction of Ca-sensitive actin from intestinal smooth muscle.....82

昭和五十年三月二十日印刷

編集兼  
 発行人

東京都文京区  
 塚田裕三  
（郵便達二二八一三）  
 日本生理学会）

印刷者  
 印刷所

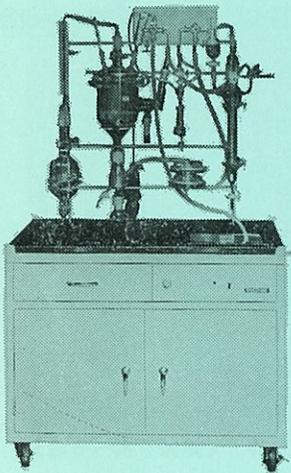
山形県鶴岡市山王町一四の二二  
 三浦経夫  
 鶴岡印刷株式会社

発行所

〒一三三  
 東京都文京区本駒込二二八一三  
 日本生理学会

電話  
 替  
 振替  
 東京九四五一二八四〇  
 三〇八六四三〇〇  
 百五十五  
 円〇〇

# NAUME KM式動物吸気<sup>14</sup>C<sup>14</sup>CO<sub>2</sub>計測試料採取装置



**\* 使用目的 \***

- 投与標識物質の収支決算としての吸気排出率の測定。
- 動物の一般代謝の指標として、特定物質（<sup>14</sup>C-Gluco-cose など）の Oxidation Test.
- 薬物の作用機構の解明手段として、代謝系路のよく判っている物質の代謝に、目的の薬物がどのような作用を示すか……。

**\* 本装置の構成 \***

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1. 除埃用プレフィルター | 11. 脱水器         |
| 2. 乾燥、炭酸ガス吸収塔 | 12. 吸収塔         |
| 3. 流量計        | 13. 吸収液注入瓶      |
| 4. 温度計        | 14. 積分測定用試料採取装置 |
| 5. 動物チャンバー    | 15. 微分測定用試料採取装置 |
| 6. 給水瓶        | 16. コールドトラップ    |
| 7. 採尿瓶        | 17. ポンプ         |
| 8. ステンレス床鋼    | 18. 樹脂製フード      |
| 9. 採糞瓶        | 19. 移動式台車       |
| 10. 給餌器、餌屑採取瓶 |                 |

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)