

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

原 著

- 荒川 浩 二：筋紡錘発射よりみた相反神経支配について……………597
- 足立 明：化学調味料の味覚作用に関する神経生理学的研究……………607
- 小林春雄・江原貞博・臼田貞夫：心房筋細胞電位に対する二価金属イオンの作用……………614

地 方 小 学 会 報

- 第27回近畿生理学談話会（つづき）……………623

Originals

- ARAKAWA-Kōji : On the reciprocal innervation observed from the spindle discharge ……597
- ADACHI-Akira : Study on the taste mechanisms of Na-glutamate and Na-inosinate……………607
- KOBAYASHI-Haruo・EHARA-Sadahiro and USUDA-Sadao : The effect of divalent metallic
ions on the shape of action potential of toad's atrial muscle fibre ……614

附：日本生理学雑誌第24巻総目次

日本生理学雑誌投稿規定

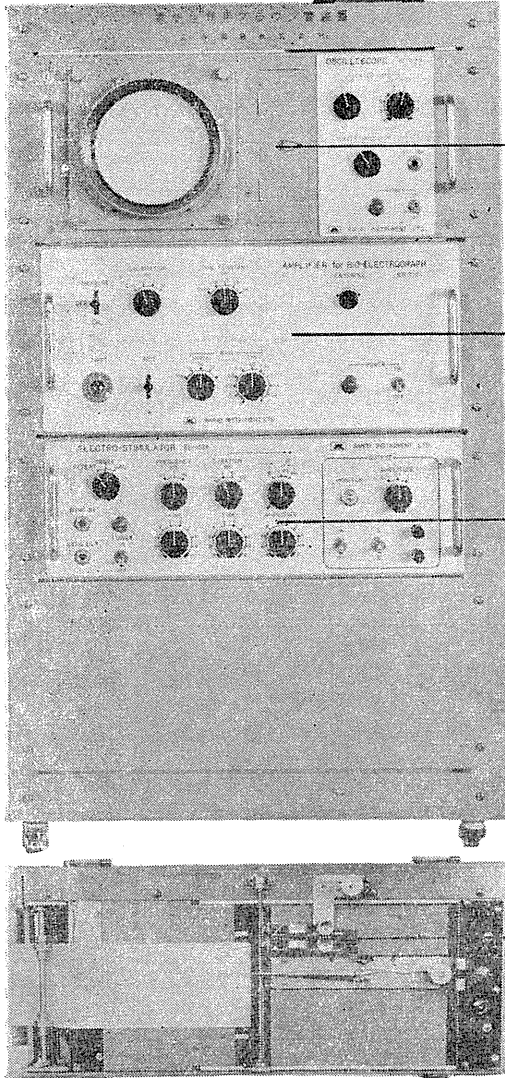
日 本 生 理 学 会

Physiological Society of Japan



電気生理測定装置

研究用・実習用



●自由な組合せができます

増巾器, 刺激器, ブラウン管オシロスコープはそれぞれラックパネル式構造で, プラグイン式になっているため, 測定しようとするあらゆる現象に応じて自由な組合せができます。

ブラウン管装置

●とくに学生実習向きです

医学教育用に充分耐える堅牢な構造で設計され, 操作部分をできるだけ簡素化しています。

生体電気現象増巾器

●研究用としても好適です

広汎な用途に適する増巾器の性能, 二重電気刺激のできる刺激器, またブラウン管オシロスコープ, インク書きオシログラフなどとの組合せからコンパクトされた装置はすぐれた性能によって研究用としても好適です。

電気刺激器

インク書きオシログラフ

販売

三栄測器商行株式会社

東京都新宿区柏木1-9-5 TEL (371) 7117-8・8114-5

製造

三栄測器株式会社

三栄レコーダー製造株式会社

●主要製品 脳波計 脳波分析装置 筋電計
電磁オシログラフ インク書きオシログラフ
ブラウン管連続撮影装置

筋紡錘発射よりみた相反神経支配について 612. 743 : 612. 748

On the reciprocal innervation observed from the spindle discharge

荒川 浩 二 (ARAKAWA-Kōji) *

Sherrington reported the law of the reciprocal innervation, but it has not been yet explained whether the innervation, as inhibition or facilitation, influences directly the alpha motoneurons, or indirectly by mediating the gamma efferents.

Gallamine triethiodide, 1, 2, 3-(2-triethylammonium ethoxy) benzene triiodide (flaxedil) one of the non-depolarizing muscle relaxants, was used in this experiment to make use of its characteristics that the gamma endplates on the intrafusal muscle fiber are far more resistant to its blocking action, than the alpha endplates on the extrafusal.

The spindle discharges of the gastrocnemius and the soleus muscle was markedly inhibited and the tension was decreased during stretching the ipsilateral antagonist, tibialis anterior muscle or the contralateral synergist, triceps surae. Under the blocking state of the extrafusal endplates by the injection of flaxedil, the same phenomena except decrease in the tension was also observed in the similar degree. But stretching the contralateral antagonist, tibialis anterior muscle tends to release such an inhibition for the spindle discharges of the gastrocnemius and the soleus muscle and reproduces the spindle discharges again.

It was discussed that the reflex facilitation and inhibition of the motoneurons influenced by stretching these muscles is due to an indirect effect by mediating the gamma efferents.

I. 前 置 き

相拮抗する筋群の活動に際してそれらの間に合目的な協調がなされることは古くから知られ、相反神経支配の法則として理解されている (Sherrington 1913¹⁾). 動物の一侧後肢の求心神経刺激により同側後肢の屈曲と対側後肢の伸展がおこる事が実験的に確められ、また去脳動物において膝屈筋を手で引張ることにより伸張すると、膝伸筋の筋緊張性反射が抑制を受けて、その反射的弛緩が直ちに得られることも示されている²⁾. 一侧のある筋、または筋群の運動ニューロンが興奮して当該筋(群)が収縮する場合、同側の拮抗筋、並びに同時に対側の協力筋の運動ニューロンが抑制を受けてそれらの支配筋が弛緩し、対側の拮抗筋の運動ニューロンが興奮して収縮するように調整されるが、これは脊髓の反射中枢の働きにより反射的に促進と抑制とがこれら拮抗筋の間に行われるためであるとされ、

この神経支配の様式は筋運動を円滑にし、歩行や駆足の基本的機構をなすと考えられる。

一方、筋紡錘発射は筋の伸展のみならず、明らかに γ -運動神経の活動に支配され (Leksell, 1945³⁾, Hunt, 1951⁴⁾), 筋緊張性反射も γ 系の働きに由来する事が大きいと考えられる。 γ -運動神経は錘内筋を支配し、その収縮は筋紡錘発射を促すものである (Barker 1948⁵⁾). 幸いなことに非脱分極性筋弛緩薬 (non-depolarizing muscle relaxants) である Curare や Gallamine triethiodide, 1, 2, 3-(2-triethylammonium ethoxy) benzene triiodide (Flaxédil, Rhône-Poulenc) は軽度の麻酔において、まず α -運動終板のインプルス伝達をブロックし、次いで γ -運動終板をも侵すようになり、感覚受容器に対して特異的な直接作用を欠いているとされる。特に Flaxédil の場合、錘外筋麻痺から錘内筋麻痺に陥るまでかなり時間的なずれがあり、 γ -運動神経の活動のみが保持される状態が得られることが報告された (Henatsch u. Schulte⁶⁾). ウサギやネコの錘内筋終板が同様に Flaxédil に対して神経筋伝達に高い抵抗性を示すこともみられている^{7,8)}.

* 千葉大学医学部第1生理学教室

1st Dept. of Physiol., Chiba Univ. School of Med.

[昭和37年10月16日受付]

ネコの腓腹筋およびヒラメ筋の筋紡錘発射を指標として、Flaxédil 静注によって α -運動終板を麻痺せしめた状態をつくり、相反神経支配による反射的抑制、並びに反射的促通をしらべた。即ち、これら反射が主として α 系に対する直接的な影響に基くものであるか、あるいは γ 系を介しての間接的効果に依るものであるかを検討しようとして試みた。

II. 実験方法

実験動物として成育ネコを用い、一群には chloralose-urethane 腹腔内注入による麻酔を施し、他群にはエーテル麻酔下で両側総頸動脈を結紮した後、去脳（前丘切除）してエーテルを呼出しその後2時間経過し無麻酔の状態を実験した。

検測下肢においては腓腹筋、ヒラメ筋、並びに前脛骨筋支配神経以外の下肢神経枝を切断し、これら3つの筋の附着部を腱をつけたまま切断し、起始部を除いて筋を損傷せぬよう慎重に遊離した。他側の下肢では支配神経以外の神経枝を切断した後、下腿三頭筋（腓腹筋とヒラメ筋を一緒のまま）、および前脛骨筋を筋起始部を除いて遊離した。筋遊離後は速やかに被覆皮膚を縫合し保温に留意した。各筋腱に鉤を結び付けて strain gauge を貼布した鋼板に固定し、鋼板に生じた歪みをこの strain gauge を介してブラウン管オシロスコープに導き筋張力を記録した。

脊椎弓切除、硬膜切開によって第5腰髄から第1仙髄まで脊髄を露出し、検測および対側の遊離した各筋の腱反射の存在を確かめた後、検測第7腰髄後根の極く一部を切断してその末梢端を時計用ピンセットで分離し、腓腹筋またはヒラメ筋からの機能的単一後根線維を求めた。この後根線維は末梢神経単一刺激による応答時(1.5 msec 以内)、および筋収縮時の筋紡錘発射の休止期の存在から環ラセン終末よりの求心性線維であることを確認した。同側拮抗筋、並びに対側協力筋、および拮抗筋伸張により、筋紡錘発射におよぼす影響を観察記録した後、0.1%

Flaxédil を対側大腿静脈に挿入したポリエチレンカテーテルより緩徐に静脈注射して α -運動終板をブロックし、再び前記の操作による効果を記録して両記録を比較検討した。

III. 実験成績

A. Flaxédil 注射と筋紡錘発射および筋強力

ヒラメ筋筋紡錘発射および間接的刺激によるヒラメ筋、並びに前脛骨筋の等尺性単収縮曲線を記録しつつ、Flaxédil を徐々に注射した (Fig. 1). a は投与前の所見であるが、Flaxédil の作用のため間接刺激によって筋は殆ど収縮しなくなる (α -運動終板ブロック)。一方、 γ -運動神経が刺激され、そのため錘内筋の収縮によって筋紡錘発射を生じ、Flaxédil 注射前は錘外筋の収

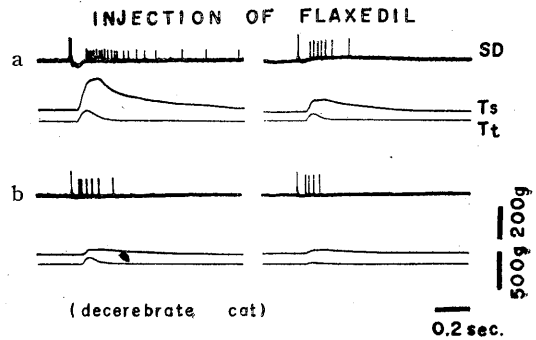


Fig. 1.

Blocking of the extrafusal endplate (α -system) by a slow injection of flaxedil. In each record the upper trace (SD) shows the spindle discharges from the soleus muscle, and the middle (Ts) and lower (Tt) the tension of the soleus and the tibialis anterior muscles. Recording the isometric twitch curve of the soleus and tibialis anterior muscles by stimulation of the popliteal nerve, if flaxedil is slowly injected to the femoral vein, the state is soon reached in which the concerned muscles do not almost contract by nerve stimulation but the afferent discharges from the muscle spindle become marked due to the activity in the gamma efferents during the period corresponding to the pause. a shows the discharges before and b after the administration of flaxedil. In such a state (α -blocking) I tried again to test the effect of stretching the tested muscle on the spindle discharges. See Fig. 2-4.

縮により筋紡錘発射がみられなかった休止期に却って発射がみられた(b)。以下この状態を利用して種々の実験を行なった。一方、このブロック時におけるヒラメ筋筋紡錘発射と筋伸張との関係を求めた。Fig. 2, a は Flaxédil 注射前にヒラメ筋自身を 0, 2, 4, 6 mm と伸張した場合の筋紡錘発射(SD)とその張力(Ts)の変化を示し、伸張と共に両者の増大をみる。同図bは Flaxédil 注射により錘外筋が麻痺された場合に、同様にして求められたものである。ブロック前後における筋伸張(mm)と筋紡錘発射頻度(imp/sec), または張力(gr)との関係を Fig. 3 および Fig. 4 に示した。筋はブロック前よりやや弛緩し約 2 mm 多く伸張しないと、ブロック前にみられたような SD および Ts の変化が現われなくなる。2 例は去脳例(○印および□印), 1 例は chloralose-urethane 麻酔例(△印)であって(○印はヒラメ筋, 他 2 例は腓腹筋), 同時に活動張力(active tension)の消失によって全張力(この場合は受動張力 passive tensionのみとなる)もかなりの低下を示すようになる。

B. Chloralose-urethane 麻酔ネコにおける相反神経支配

一側の腓腹筋の筋紡錘発射を脊髄後根より導

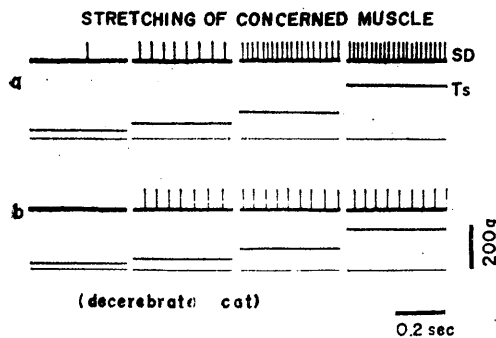


Fig. 2.

Comparison of the augmentation of the spindle discharges and the muscle tension during stretching the concerned muscle with that in the α -blocked state. a shows changes in an intact state and b those in a state of α -blocking. After α -blocking the concerned muscle (soleus) is required to be stretched 2 mm more than in the intact state in order to make its spindle discharges and tension increase in lesser degree than in a. See Fig. 3-4.

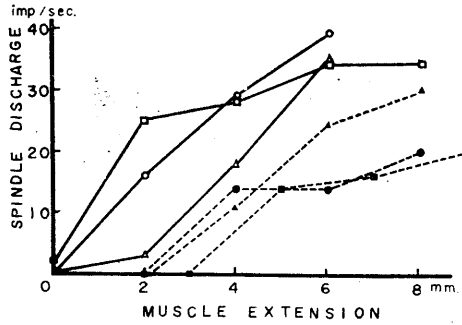


Fig. 3.

Diagram showing the relationship between the concerned muscle extension and the spindle discharges before and after α -blocking in three preparations (various marks). Ordinate represents the frequency of the spindle discharges and abscissae the stretching of the concerned muscle in mm. Solid lines indicate values in the intact state and broken lines those in the state of α -blocking. Circles and squares indicate values observed in the soleus and the gastrocnemius muscle respectively under decerebration, and triangles indicate values in the gastrocnemius muscle under the chloralose-urethane narcosis. In all the preparations the concerned muscles were relaxed by 2 or 3 mm in the α -blocking state. If the transmission in α -endplate is blocked, the frequency of the spindle discharges increases almost in parallel with that in the intact state, but in one preparation (circles) it increases in lesser degree.

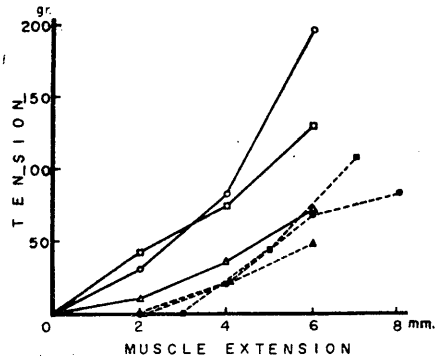


Fig. 4.

Diagram showing the relationship between the concerned muscle extension and the tension before and after α -brocking in three preparations. Various marks are the same as in Fig. 3. Ordinate indicates the tension in gr. and abscissae the muscle extension in mm. If the α -system is blocked, the increase in the total muscle tension brought about by its extension is lowered, for the active tension due to the proprioceptive reflex disappeared.

出し、同側拮抗筋である前脛骨筋の伸張による筋紡錘発射の変化をしらべた (Fig. 5). 2 mm 伸

張した腓腹筋の筋紡錘発射は同側前脛骨筋の伸張 (10 mm) により著しい抑制を受けるが (Fig. 5,

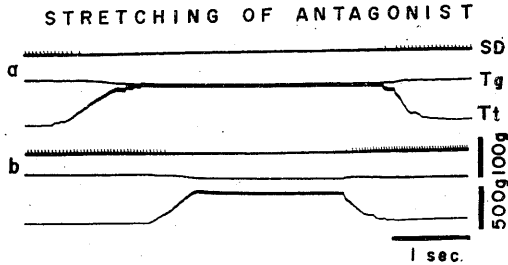


Fig. 5.

Effect of stretching the ipsilateral antagonist muscle on the spindle discharges from the gastrocnemius and its tension. In each record, a and b, the upper trace (SD) shows the spindle discharges from the gastrocnemius muscle, the middle (Tg) and the lower (Tt) the changes in the tension of the gastrocnemius and the tibialis anterior muscle respectively. a represents the intact state after 2 mm stretching of the gastrocnemius muscle, and b the α -blocked state in 4 mm stretching. During the 10 mm stretching of the antagonist muscle, which is shown in the upward deflection of its tension (Tt), the spindle discharges from the gastrocnemius muscle are stopped (make pause) and at the same time its tension (Tg) is slightly lowered, i. e. the muscle is relaxed. After blocking of α -system (b) the same effects are observed as in a, i. e. before the injection of flaxedil. The preparation in a chloralose-urethane narcosis.

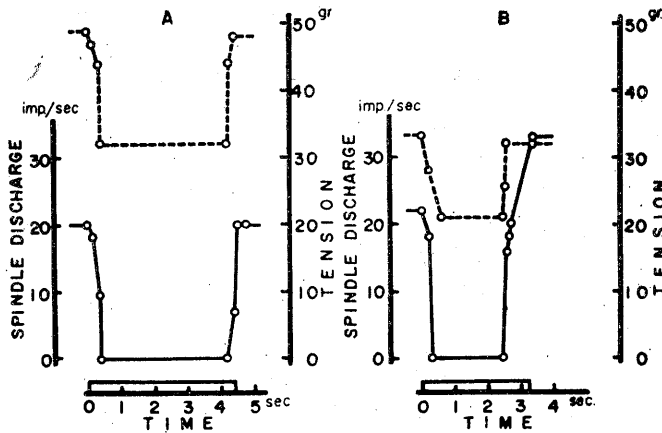


Fig. 6.

Diagram showing the effect of stretching the ipsilateral antagonist on the spindle discharges (imp./sec.) and the tension (gr.). Abscissae represents the time course in sec. The rectangle on the abscissae shows the period of stretching the antagonist muscle. Ordinates represent the frequency of the spindle discharges in imp./sec. (solid lines) and the tension in gr. (broken lines). It is clear that in either state the spindle discharges are completely inhibited, and the tension is concurrently lowered during that period. Drawn from the case of Fig. 5.

a の SD), Flaxédil を緩徐に静脈内に注射することにより α -運動終板のみがブロックされた状態 (間接刺激により腓腹筋が全く収縮しなくなる状態, Fig. 1 参照) をつくり, 再び同様に前脛骨筋を伸張してもやはり筋紡錘発射は全く抑制された (Fig. 5, b). 腓腹筋の張力 (Tg) は前脛骨筋伸張 (Tt で示される) によって減ずることも確認された.

Fig. 6 は以上のことを整理した図である. Flaxédil 静注前 (A) 後 (B) における筋紡錘発射頻度 (実線) と張力 (破線) が拮抗筋伸張によって受ける影響を示したものである. 横軸 (時間) の上の長方形は前脛骨筋の伸張期間を示し, A および B いずれにおいても筋紡錘発射頻度が減ずると同時に張力の低下 (筋弛緩) を見る. これは Flaxédil 静注下でも見られるので, この反射的抑制は γ 系を介して間接的に行われるように思われるが, 腓腹筋張力の低下は, 前脛骨筋伸張によって大腿二頭筋が引き伸ばされて腓腹筋がゆるめられるという下肢の固定の不完全さによる実験操作に原因しているとも考えられるので次の実験を試みた.

Ⅳ. 去脳ネコにおける相反神経支配

A. 耳介反射 (pinna reflex), 及び交叉性伸筋反射 (crossed extensor reflex)

去脳 (前丘切除) により伸張

反射が充分に高まっている状態をつくり、腓腹筋、ヒラメ筋並びに前脛骨筋を完全に遊離し、前脛骨筋を少し伸張するだけでその効果が観察できるようにした。これによって前記した如き実験操作上の影響を可及的に少ないものとする事ができる。まず去脳による反射の亢進は耳介反射と交叉性伸筋反射による筋紡錘発射の増強から伺うことができる。耳介反射は去脳ネコで左側の耳の皮膚を刺激すると頭部が右にかたむき、左前肢および右後肢が屈曲し、右前肢、および左後肢が伸展することであるが⁹⁾、この際、抗重力筋の筋紡錘発射が増強する (Granit et al.¹⁰⁾、また左前肢刺激 (pintching) により左前肢および右後肢が屈曲し、右前肢および左後肢の伸展を見る⁹⁾ のが交叉性伸筋反射である。これら両反射、特に耳介反射によってヒラメ筋の筋紡錘発射 (SD) が著明に増加し、それと同

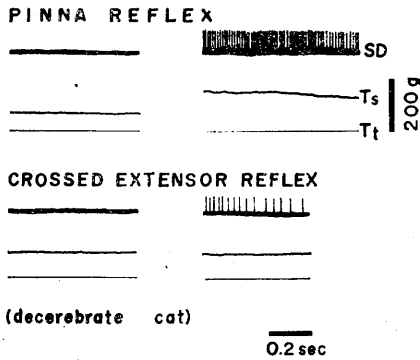


Fig. 7.

Changes of the spindle discharges from the soleus muscle and its tension in the pinna reflex and the crossed extensor reflex in a decerebrate cat. In each record the upper trace (SD) shows the spindle discharges, and the middle (Ts) and lower (Tt) the tension of the soleus and the tibialis anterior muscles respectively. Left column represents findings in the resting state without manipulation, where no spindle discharges are found, but right column shows those under the stimulation. In the pinna reflex (pintching the ipsilateral ear-lobe) the spindle discharges from the soleus muscle are markedly produced and its tension (Ts) is also augmented. In the crossed extensor reflex (pintching the ipsilateral fore limb) the afferent discharges are somewhat produced, but the tension remains unchanged. In either reflex there is no change of Tt.

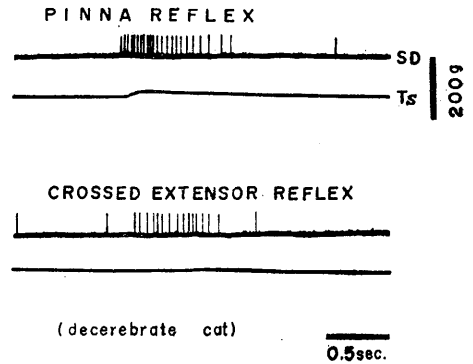


Fig. 8.

Changes of the spindle discharges from the gastrocnemius muscle and its tension in the pinna reflex and the crossed extensor reflex in a α -blocked state of a decerebrate cat. In each record the upper trace (SD) shows the spindle discharges, and the lower the tension of the muscle. In the α -blocked state the spindle discharges are markedly increased in both reflexes as those in the intact state (cf. Fig. 7).

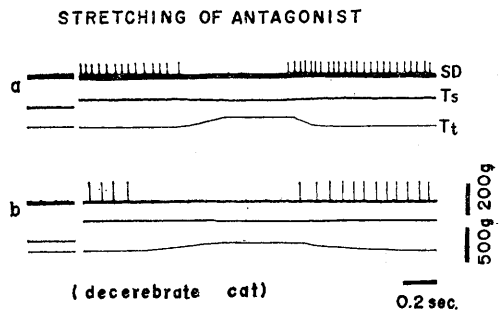


Fig. 9.

Effects stretching the ipsilateral antagonist muscle on the spindle discharges from the soleus muscle and its tension in a decerebrate cat. In each record, a and b, the upper trace (SD) shows the spindle discharges from the soleus muscle, and the middle (Ts) and lower (Tt) the changes in the tension of the soleus and the tibialis anterior muscle respectively. a represents findings in the intact state under 4 mm stretching of the soleus muscle and b those in the α -blocked state under 6 mm stretching. A slight stretching (3 mm) of the antagonist, tibialis anterior muscle, is in the intact state adequate to stop or inhibit the spindle discharges from the soleus muscle. The muscle tension is lowered then slightly. In the α -blocked state the similar effect are obtained as in a. The preparation is the same as Fig. 7.

時にその張力 (Ts) の増大がみられる (Fig. 7). Flaxédil を注射して α -ブロックをおこし間接刺激で殆ど筋収縮をおこさない状態で, 同様に耳介反射および交叉性伸筋反射を検すると, Fig. 8 に示す如く筋紡錘発射の増強に対しては Flaxédil 注射前と同様であった. ただ張力の発現は殆どみられなくなる. このことは両反射が γ -運動神経支配によるものであることを思わせる.

B. 同側拮抗筋伸張

同側前脛骨筋を僅かに (3 mm) 伸張するだけで, ヒラメ筋の筋紡錘発射は Fig. 5 にみられたと同様に, その伸張期間中発射は停止する (Fig. 9, a). その際, ヒラメ筋の張力 (Ts) は幾分減ずる (約20 g) が Fig. 5 ほど著明ではない. Flaxédil を静注して, 錘外筋麻痺を起した後に

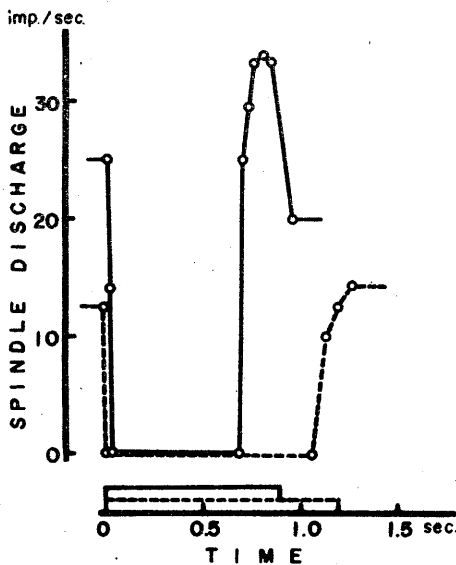


Fig. 10.

Diagram showing the effect of stretching the ipsilateral antagonist, tibialis anterior muscle, on the spindle discharges from the soleus muscle. Ordinate indicates the frequency of the spindle discharges in imp./sec. and abscissae the time course in sec. Solid lines show the effect in control (intact state) and broken lines that in the α -blocked state. The rectangles on the abscissae show the period of stretching of the antagonist muscle. In either state the spindle discharges are completely inhibited during that period. Drawn from the case in Fig. 9.

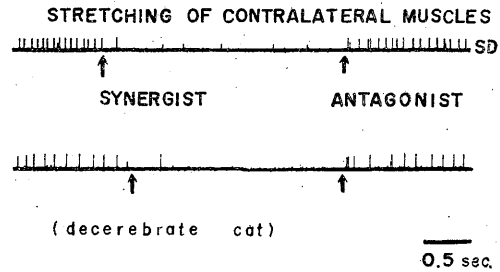


Fig. 11.

Effect of stretching the contralateral muscles on the spindle discharges of the gastrocnemius muscle. The upper trace indicates the spindle discharges of the gastrocnemius muscle in the intact state under 2 mm stretching of the muscle and the lower the same in the α -blocked state under 5 mm stretching. Arrows show the onset of stretching the contralateral synergist (triceps surae = soleus and gastrocnemius muscle) or the contralateral antagonist (tibialis anterior muscle). Stretching the contralateral triceps surae soon abolishes the spindle discharges from the gastrocnemius muscle and the inhibitory state remains maintained even after the stretching is stopped. Stretching the contralateral antagonist releases this inhibition and tends to facilitate the generation of the spindle discharges. These effects are similar after blocking of α -system as before (the lower trace).

同様な操作を試みても, やはり筋紡錘発射の停止がみられた (Fig. 9, b). Fig. 10 はブロック前のヒラメ筋紡錘発射 (4 mm 伸張下, 実線) と Flaxédil による α -ブロックのもとにおける筋紡錘発射 (6 mm 伸張下, 破線) が同側前脛骨筋伸張 (横軸上の長方形の示す期間) により著しい抑制を受け発射が停止することを示す.

C. 対側後肢協力筋, 並びに拮抗筋伸張の効果

これまでの実験はすべて同側後肢における拮抗筋伸張によっておこる反射性抑制を筋紡錘発射の減少から観察してきた. これに対して, 対側後肢の協力筋 (例えば腓腹筋, およびヒラメ筋), または拮抗筋 (前脛骨筋) を伸張した際の影響を同様に筋紡錘発射の増減から検した. この場合は対側後肢筋の伸張であるから, 前記した如く拮抗筋伸張という機械的操作により被検筋が人為的に引き伸ばされたり縮んだりすることはない.

耳介反射、並びに交叉性伸筋反射を著明に示す好状態の去脳ネコの腓腹筋紡錘発射は、対側協力筋（腓腹筋およびヒラメ筋を一緒にしたまま）の伸張により速やかに停止した。その抑制はこの対側協力筋の伸張を止めて元に弛緩させても続く。しかし、対側拮抗筋である前脛骨筋の伸張により直ちに筋紡錘発射の出現を見るに至る (Fig. 11 上段)。このような反射的抑制、並びに反射的促通の効果は錘外筋麻痺後に試みても同様に得られる (Fig. 11 下段)。

V. 考 察

一对の対称筋の場合（左右の伸筋と屈筋）本質的に相反的な反射的支配をうけていて、歩行や駆足の際に相反的に働き、一方の反射性抑制は他方における促通的效果の増減と同一歩調で増減し、しかもこの促通的效果と抑制的效果は同側において強く、対側では比較的弱いことが知られている (Sherrington¹¹)。相反神経支配と同種のもので Philippson 反射があるが、これは去脳動物で一側後肢を受動的に屈曲させる（この際、伸筋は受動的に引き伸ばされる）とき、他側後肢が反射的に伸展するというものである。Sherrington (1906⁹) も同様の現象を記述している。相反神経支配は同側後肢の拮抗筋や左右の後肢の間のみならず、前肢と後肢の複合においても成立する⁹⁾。Samojloff & Kisseloff (1928¹¹) は上記の現象の他に、同側前肢の伸展と対側前肢の屈曲、並びに上体の対側への回転を認め、Pi-Suñar & Fulton¹²) も同様の現象を観察し、これは膝関節伸筋腱を引張る結果として起ることを指摘した。従ってこの一見奇異に思われる Philippson 反射は強制屈曲によって伸筋が無理に伸張されるために、Golgi 腱受容器からの求心性インプルスにより自原性抑制 (autogenic inhibition) が起こり、ここに伸び反射、または折りたたみナイフの現象 (lengthening reaction or clasp knife phenomenon) が成立し、かくして伸張された伸筋は弛緩するのみならず、その拮抗筋は収縮し、恰も皮膚神経が刺激された場合の如く同側後肢の屈曲と対側後肢の伸展が惹

起されるわけである¹³⁾¹⁴⁾。

その後 Hoff 等¹⁵⁾は去脳ネコの一側後肢の感覚神経を電気刺激するとき、同側後肢のみならず、対側後肢においてもヒラメ筋の神経筋単位の活動の変化がおこることを確めている。また本間および高野¹⁶⁾は去脳ネコにおける拮抗筋反射増強時にはヒラメ筋の活動張力の発生は遅延し、張力は減少すると述べている。

猪飼 (1947¹⁷⁾, 1955¹⁸⁾ は健康人において、高い椅子に腰かけさせて下腿を下垂させた状態で一側下肢の膝蓋腱を叩打する際、その下肢が反射的に伸展する（膝蓋腱反射）のみならず、これよりややおくれて (60~90 msec) 対側下肢の伸展を生じ、これとほぼ同時期に反射の現われ易い状態では同側上肢の屈曲と対側上肢の伸展とが現われることを認め、四肢反射と名付け、その様式は Philippson 反射と同様であると述べている。更に又大腿四頭筋の運動点を電気刺激したり、両側膝関節を軽度伸展させた状態で膝関節の他動的屈曲を緩急いづれに行なっても、上記と同様な四肢反射がみられ、かつ対側大腿直筋の運動単位の放電間隔の短縮がおこるとし、膝屈筋腱（大腿二頭筋腱）を叩打するときは上記と逆の現象を惹起すると述べている。彼はこの現象を促通する条件として他側下肢の軽度の随意的緊張や頭部後屈を挙げ、この抑制的要因として頭部前屈・酸素欠乏・アルコール飲用を挙げている。しかしその記録の一部（他動的屈曲の場合）を見ると、同側肢の伸展後に収縮を示し、それと殆ど同時に対側肢の伸展を来していると考えられる。Schenk & Koehler¹⁹⁾ は健康人について猪飼と同様に筋電図法を用いて、これを追試しているが、刺激された肢以外にも遠隔作用の波及することは認めているけれども、四肢反射というものの存在は否定している。猪飼が挙げているような条件等を考えると、この現象は純粋な脊髓レベルでの反射とは見做し難く、複雑な相互作用の組合せによって誘起されるものであろう。吉田²⁰⁾ は人体単シナプス反射 (H波) を示標にして相反神経支配を研究した。すなわち、両側脛骨神経を電気刺激

し、共に夫々の側の腓腹筋にH波のみを出現せしめておいたとき、一側の腓腹筋におけるH波を対象としてその刺激を試験刺激とし、他側脛骨神経刺激を前置刺激として両刺激の間隔を短縮するに従って、そのH波の振幅は減少していく。かくして一側の反射弓成立は、その後約

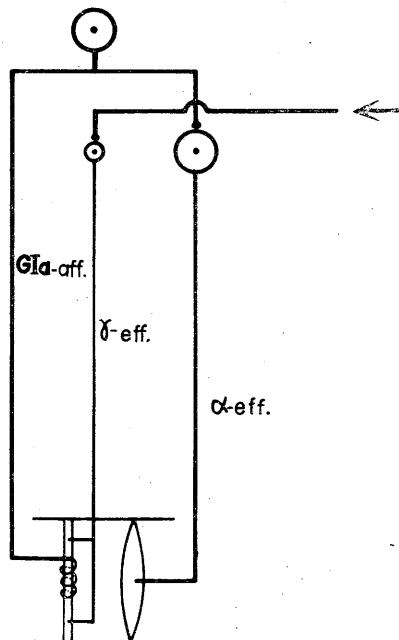


Fig. 12.

Schematic representation of the reciprocal innervation. According above mentioned results, the influences of this reflex is indirect. The homonymous γ -motoneurone in the spinal cord receives the reflex inhibition due to stretching the ipsilateral antagonist or the contralateral synergist. This inhibition lowers the excitability of γ -cell, decreases the discharges of γ -efferent, and relaxes the intrafusal muscle fiber innervated by the γ -system. So the afferent impulses from the annulospiral ending is decreased or stopped and the monosynaptically evoked activity of the α -motoneurone is inhibited: the extrafusal muscle fiber is therefore relaxed. The homonymous γ -cell also receives the reflex facilitation due to stretching the contralateral antagonist. Thus when a muscle contracts and its tension is augmented, the ipsilateral antagonist and the contralateral synergist relax and their tension is decreased, and the contralateral antagonist contracts and the tension is increased. Due to such a reciprocal innervation, walking and running of animals and men can be much facilitated.

10 msec まで他側の反射弓の成立を抑制することが認められた。しかし彼自身も述べているように、末梢神経を刺激しているから、反応としては記録できないけれども、他の反射弓の成立に影響を及ぼすような別の神経 (Group Ib 求心性神経、皮膚神経等) も同時に刺激されているかも知れないが、方法に制限のある人体実験では避け得ないことである。

一方、微小電極法によってネコの下肢筋紡錘からの Group Ia 線維の求心性インパルスは、直接その筋および協力筋を支配する前角運動ニューロンに達して、細胞膜の一過性の脱分極性(興奮性)シナプス後部電位 (EPSP) を惹起し、また同じ求心神経線維の側枝は1個の介在ニューロンを経て、拮抗筋を支配する運動ニューロンに達し、その細胞膜に一過性の過分極性(抑制性)シナプス後部電位 (IPSP) を発生せしめることが明らかになった²²⁾²³⁾。

かくして一側のある筋と同側の拮抗筋、対側協力筋、並びに対側拮抗筋との間にみられる相反神経支配が前述の如く、 α -運動ニューロンに対する直接効果(抑制または促通)によるものか、あるいは γ -運動ニューロンを介しての間接効果、すなわち、筋紡錘発射の減少もしくは増加をひきおこす効果、 α -運動ニューロンの発火が抑制、または促通されるものか、そのいずれかに由来するものである。このことは筋紡錘発射の増減によって確かめてみた。すなわち、同側拮抗筋または対側協力筋の伸張により、その筋の伸張反射を増強せしめるときに、被検筋の筋紡錘発射が著しい抑制を蒙る。これによって、被検筋の反射的抑制による筋弛緩が惹起される。このような反射的抑制は、 α -運動終板がブロックされた状態でも起り得るとすれば、それは γ 系を介しての間接的な抑制によって惹起されたものと見做し得るであろうし、 α -運動終板ブロック時に筋紡錘発射の抑制がみられなければ、このような抑制機序は前角運動ニューロンに対する直接的抑制であると考えることができよう。

本研究の成績によると、錘外筋ブロックの如何に拘らず、同側拮抗筋または対側協力筋の伸

張による単シナプス反射成立時には同程度の抑制がみられ、しかもその際いずれも被検筋の張力低下（筋弛緩）を予想することができた。Fig. 12 に示す如く、このような抑制は第一に γ -細胞に対して与えられるものと考えられる。ヒラメ筋または腓腹筋の伸張により、その筋の単シナプス反射成立により錘外筋の収縮が起り、その伸張を阻止しようとする自動制御機序（servo-mechanism）が働くが、同様にして同側前脛骨筋または対側下腿三頭筋の伸張によっても、それ自身の筋紡錘発射が増強してその錘外筋の収縮を来し筋の張力増大を来す。一方、同側前脛骨筋または対側下腿三頭筋伸張時には、それらからの求心性線維は同側腓腹筋またはヒラメ筋の錘内筋を支配する γ -運動ニューロンに働き、 γ 系活動を抑制する結果、その支配する錘内筋が弛緩して筋紡錘発射が減じて単シナプス性に α -運動ニューロンの活動を低下させることによって、錘外筋が弛緩し張力が低下するものと考えられる。対側下腿三頭筋伸張による腓腹筋からの筋紡錘発射の抑制が、対側前脛骨筋伸張により解除されて発射が再び現われることも本研究によって認められた。しかも、それは α -ブロック如何に拘らず殆ど同程度に起ることも実証された。それ故に、このような反射的促進もまた γ 系を介して間接的に行われるものであると推察される。

VI. 結 論

麻酔ネコ（chloralose-urethane）、および去脳ネコについて、筋紡錘発射から相反神経支配の機構を研究した。錘内筋終板が錘外筋終板よりも非脱分極性筋弛緩薬である Flaxédil に対して高い抵抗性を示すことを利用して、錘外筋終板の神経筋伝達のみをブロックし、 γ 系の活動が維持されている状態をつくり、そのブロック前後における筋紡錘発射の頻度の変化を記録した。

腓腹筋、またはヒラメ筋の筋紡錘発射は、同側拮抗筋である前脛骨筋、または対側下腿三頭筋の伸張によって著しい抑制を受ける。同時に

筋張力の低下を来す。Flaxédil 静注によって α -運動終板のみをブロックした状態でも同程度に発射の抑制がみられた。従ってこの反射性抑制は γ 系を介して行われる間接的効果であると結論される。

対側拮抗筋の伸張反射増強下では、対側下腿三頭筋の伸張によっておこった腓腹筋、またはヒラメ筋の筋紡錘発射の抑制を解除して、その再出現を促進する傾向のあることがみとめられた。この現象も α -ブロック後にも同様にみられた。従って、この反射的促進もまた γ 系を介するものであると推察される。

本稿の要旨は昭和37年7月第39回日本生理学会総会において発表した。

稿を終るにあたり、御懇篤な御指導と御校閲を賜った鈴木教授、斎藤教授、本間助教授にたいし、心から感謝致します。なお、終始変らぬ内助の功を惜しまなかった妻にたいし感謝する。

文 献

- 1) Sherrington, C. S. (1913) Reciprocal innervation and symmetrical muscles. Proc. Roy. Soc. **86**, 219-232
- 2) Lidell, E. G. T., B. M. Oxen, and C. S. Sherrington (1925) Further observations on the myotatic reflexes. Proc. Roy. Soc. B **97**, 267-283
- 3) Leksell, L. (1955) The action potential and excitatory effects of the small ventral root fibers on skeletal muscle. Acta Physiol. Scand. **10**, Suppl. 31, 1-84
- 4) Hunt, C. C. (1951) The reflex activity of mammalian small nerve fibers. J. Physiol. **115**, 456-465
- 5) Barker, D. (1948) The innervation of the muscle spindle. Quart. J. Micr. Sci. **89**, 143-186
- 6) Henatsch, H. -D. u. F. J. Schulte (1958) Einflüsse von Curare und Flaxédil auf die Muskelspindeln des Frosches. Arch. exp. Path. u. Pharmak. **234**, 247-263
- 7) Granit, R. and S. Homma (1959) Prolonged changes in the discharge of mammalian spindles following tendon taps on muscle. Acta Physiol. Scand. **46**, 185
- 8) Homma, S., M. Kano and K. Takano (1962) On phasic stretch of the annulospiral ending. Symposium on Muscle Receptors, 125-132, Hong-Kong University Press.
- 9) Sherrington, C. S. (1906) The integrative action, of the nervous system. New Haven & London, Yale University Press.

- 10) Granit, R., C. Job, and B. R. Kaada (1952) Activation of muscle spindles in pinna reflex. *Acta Physiol. Scand.* **27**, 161-168
- 11) Samojloff, A. u. Kisseloff (1928) Die Rumpfdrehung bei passiver Bewegung der Extremitäten der decerebrierten Katze. *Pflügers Arch. f. ges. Physiol.* **220**, 424
- 12) Pi-Suñer, J. and J. F. Fulton (1928) The influence of the proprioceptive nerves of the hind limbs upon the posture of the fore limbs in decerebrate cats. *Amer. J. Physiol.* **83**, 548
- 13) Chatfield, P. O. (1957) *Fundamentals of clinical neurophysiology*. Springfield, Illinois, U. S. A.
- 14) Granit, R. (1955) *Receptors and sensory perception*. New Haven, Yale Univ. Press.
- 15) Hoff, H. E., E. C. Hoff, P. C. Bucy and J. Pi-Suñer (1934) The production of the silent period of the synchronization of discharge of motor neurones. *Amer. J. Physiol.* **109**, 123-132
- 16) 本間三郎・高野光司(1960) 筋相性伸張による筋活動張力 第37回日本生理学会口演 *日本生理誌* **22**, 703-704
- 17) 猪飼道夫(1947) 姿勢反射の研究とその応用 *日新医学* **34**, 11-17
- 18) 猪飼道夫(1955) 健康人における体肢の交叉性反射 *日本生理誌* **17**, 253-262
- 19) Schenk, E. and E. Koehler (1949) über eine reflektorische Hemmung in der Willkürinnervation von Beugemuskeln beim Menschen. *Pflügers Arch. f. ges. Physiol.* **251**, 504-512
- 20) 吉田恭二(1959) 逆行性及び対側順行性衝撃の人体単シナプス反射に及ぼす影響について *日本生理誌* **21**, 1044-1052
- 21) Coombs, J. S., J. C. Eccles and P. Fatt (1955) The specific ionic conductances and the ionic movements across the motoneural membrane that produce the inhibitory postsynaptic potential. *J. Physiol.* **130**, 326-373
- 22) Coombs, J. S., D. R. Curtis and J. C. Eccles (1957) The generation of impulses in motoneurones. *J. Physiol.* **139**, 232-249

化学調味料の味覚作用に関する神経生理学的研究 612.819.7

Study on the taste mechanisms of Na-glutamate and Na-inosinate

足 立 明 (ADACHI-Akira)*

The electrical responses of chorda tympani nerve of a cat to the five standard solutions (0.2 M NaCl, 0.2 N acetic acid, 0.01 M quinine, 1.0 M sucrose and pure water) and to the two test solutions (0.2 M, 0.05 M Na-Glutamate and 2.0 M, 0.05 M Na-Inosinate) were recorded.

The results obtained were as follows:

1. Single nerve fibre preparation revealed an element that responded to both 0.2 N acetic acid and 0.01 M quinine but did not to pure water.
2. Single nerve fibre which responded to 1.0 M sucrose was also responded to 0.2 M Na-Glutamate and 0.2 M Na-Inosinate, but some differences were noted in the response patterns to each solutions.
3. The response of "salt" element to 0.2 M Na-Glutamate was a gradually developing activity; to the contrary, 0.2 M NaCl elicited an transient response.
4. Recording from single nerve fibre indicated that an existence of particular type of fibre responsive specially to Na-Glutamate or Na-Inosinate.

1. 緒 言

最近、多くの電気生理学的研究によって、味覚神経活動の生理学的特性が次第に明らかになってきた。特に、Zotterman¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾ 一派 Pfaffmann¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾, Beidler とその協同研究者達¹³⁾¹⁴⁾, および佐藤ら¹⁵⁾¹⁶⁾, の研究は味覚神経が、酸、塩、キニーネ、および蔗糖溶液などの基本的4味覚を生じる物質の1つ、又はそのいくつかに特徴的に反応する神経線維により構成されること、およびそれら各神経線維の生理学的性質を明らかにした。しかし、日常我々が体験する食品味覚は決して基本的4味覚のみで理解出来るような単純なものではなく、それらのいづれにも属さない複雑な味をもつ物質も数多く存在している。このように複雑な味覚受容の生理機構は単に味覚神経の特性を理解するだけで解決されるものでなく、より高位にある中枢機構を明らかにする必要がある。しかし、現段階においては味覚の一次ニューロンで行われている機構そのものにも尚不明の点があり、特に

グルタミン酸ソーダ、イノシン酸ソーダなどの化学調味料の味覚に対する作用機序は末梢神経のレベルにおいても全く不明である。

一部の研究者¹⁸⁾によって「うま味」として名付けられている上記化学調味料の味覚作用がいかなる性質の味覚線維を介するものか、更にその特有な味覚効果がいかなる生理学的機構によるものかの解明は、味覚生理について未だ不明の諸問題を解決するよき足がかりとなるであろう。本実験では特に、グルタミン酸ソーダおよびイノシン酸ソーダ溶液の味覚が如何なる性質の味覚神経線維を介して伝導されるかを解明すると共に、その反応の性質を分析した。

II. 実験方法

実験には、雌雄成熟猫29匹を使用した。動物をオウロパンソーダ (Methyl-hexabitar Sodium 50 mg/kg I. P.) 麻醉下で背位に固定し、気管切開を行い、カニューレを挿入し、気管カニューレを介し自然に呼吸を行わしめた。実験中の麻醉深度は気管カニューレを介しエーテルを吸入させ比較的一定に保った。

顎二腹筋、咬筋および内翼突筋を下顎骨付着部より切断し、下顎骨の下顎枝および臼歯部の

* 大阪大学歯学部口腔生理学教室(河村洋二郎教授)
Dept. of Oral-Physiol., Dental School, Osaka Univ.
〔昭和37年10月11日受付〕

下顎体を除去して後、鼓索神経を約 5 mm 露出し、出来る限り中枢側にて切断した。一方、舌神経は鼓索神経分岐部よりわずかに中枢側の点で切断した。このように周囲組織から完全に遊離させた鼓索・舌神経幹を Ringer 液を満した Cell (小容器) に導き、双眼解剖顕微鏡下で数本の単一神経線維を得るまでに分離した。

基準試験液には、0.2 M 食塩水、0.2 N 酢酸溶液、0.01 M 塩酸キニーネ溶液、1 M 蔗糖溶液、および蒸溜水を、実験試験液としては 0.2 M、0.05 M グルタミン酸ソーダ溶液、および 0.2 M、0.05 M イノシン酸ソーダ溶液を、又、一部の実験では 0.05 M グルタミン酸溶液、および 0.05 M イノシン酸溶液を用いた。試験液を舌に適用した場合、誘発される神経線維の活動電位は Ag-AgCl 電極を用い、C-R 結合 5 段増巾器を介して、一旦テープレコーダーに記録、実験終了後、再生しキモグラフカメラにより必要な部分をフィルムに再生記録した。

試験液は総てピペットにて約 1 ml、舌前半部中央表面に滴下した。尚、試験液は 25-30°C に保ち、鼓索神経中の温線維、あるいは冷線維の反応の混入をさけた。1つの試験液についての実験が終了した後、生理的食塩水で充分に舌表面を洗い流し、神経線維の放電頻度が自発性放電頻度のレベルに復帰してから次の試験液についての実験を行った。

Ⅲ. 実験結果

猫の鼓索神経中には、図 1 A に示した如く蒸溜水に対して著明に反応する神経要素が存在した。この第 1 要素は酢酸溶液に対しても著明に反応し、又塩酸キニーネ溶液に対してもわずかに反応を示したが食塩水 (図 1 B) および蔗糖溶液に対しては全く反応しなかった。この蒸溜水に反応する神経要素は約 150 μ V のスパイク放電で自発性放電は認められなかった。次に、この神経線維束には上記の反応を示した第 1 要素 (水線維) 以外に、0.2 M のグルタミン酸ソーダ溶液に対して特異的に反応する要素が混在した (図 1 C)。しかし、この第 2 の要素は上記

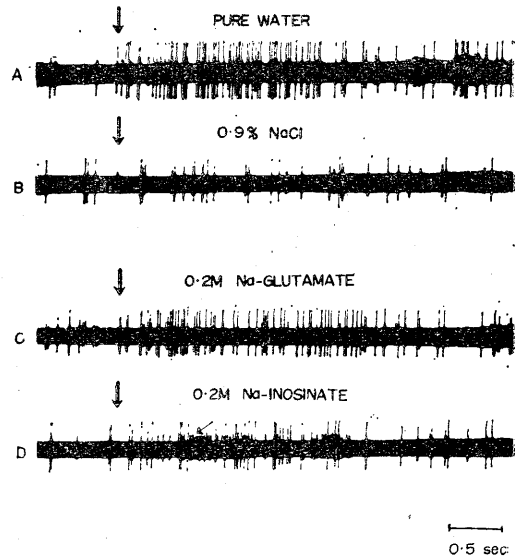


Fig. 1.

Response of chorda tympani nerve bundle to pure water, Na-Glutamate and Na-Inosinate solutions. Large arrows indicate the time of application of test solution.

Small arrow indicates an unit discharge responding to Na-Inosinate solution.

の蒸溜水に反応する水線維に比べ、スパイク放電の高さが低く約 100 μ V であり、又、平均約 4 spikes/sec の自発性放電を示した。更に、図 1 D に示した如くこの神経線維束中には 0.2 M イノシン酸ソーダに特異的に反応する要素も存在し、この第 3 の要素は前 2 者に比べスパイク放電の振巾が最も低く、約 50 μ V にすぎなかった。これらのグルタミン酸ソーダ、およびイノシン酸ソーダ溶液は、蒸溜水に反応する第 1 の要素 (水線維) に対しては何ら反応を誘発せなかった。

鼓索神経中には上記の如き要素を含む神経束以外に酢酸および塩酸キニーネ溶液に特徴的に反応し、それ以外の試験液には全く反応しない第 4 の要素が存在した (図 2 A, B)。この要素は前記の第 1 要素と異り蒸溜水には何の反応も示さなかった。この要素は平均 3 spikes/sec の自発性放電を示し、酢酸溶液に対しては著明に放電頻度を増加し約 50 spikes/sec の放電を誘発したが塩酸キニーネ溶液に対しては酢酸溶液の

場合程著明な反応は示さず、且つ放電が群化して現れる傾向が認められた。この神経束には、図 2 E に示した如く第 4 要素以外に 0.2 M イノシン酸ソーダ溶液に対しても反応を示す、他の要素も混在した。この要素は酢酸溶液および塩酸キニーネ溶液に反応した本線維束中の第 4 要素に比べ、スパイク放電の高さが低く、且つ自発性放電頻度が約 4 spikes/sec で、前者よりもやや高頻度の自発性活動を示していた。また、図 2 D に示した如くこの要素はグルタミン酸ソーダ溶液に対しては全く反応しなかったことから、既述の第 3 要素と同一性質を示すものと考えてよい。

さらに、鼓索神経中には 0.2 M グルタミン酸ソーダおよび 0.2 M イノシン酸ソーダ溶液の両者に共に反応する第 5 の要素も存在した (図 3)。この要素は蔗糖溶液に対しても反応をしめしたが、その他の基準試験液に対しては全く反応しなかった。この第 5 要素は以上の如く 3 種類の試験液に対して反応したが、それらの各試験液に対する反応パターンは、それぞれ相違していた。即ち、0.2 M グルタミン酸ソーダ溶液の場合には一過性に放電頻度が増加し (約 30 spikes/sec)、その後約 2 秒で放電は減少し、平均 4 spikes/sec のレベルにまでその放電頻度が復帰する反応パターンをしめした。これと対照的に 0.2 M イノシン酸ソーダ溶液の場合には、適用後徐々に放電頻度を増加し、約 2 秒で約 12 spikes/sec の最高頻度に達し、しかもこの頻度を記録時間中 (約 5 秒) 持続した。他方、蔗糖溶液を与えた場合はスパイク放電が群化して現れる傾向を示した (図 3)。

上記各種類の神経要素以外に猫の鼓索神経中にはさらに酢酸溶液のみに反応する第 6 の要素 (図 4 A) および塩酸キニーネ溶液のみに反応する第 7 の要素 (図 4 D) がそれぞれ認められた。図 4 D, E に示した如く、それらの要素は共にグルタミン酸ソーダおよびイノシン酸ソーダ溶液に対しては、何ら反応を示さなかった。

塩のかたちをとっていないグルタミン酸、およびイノシン酸は水溶液中では酸性を呈し、こ

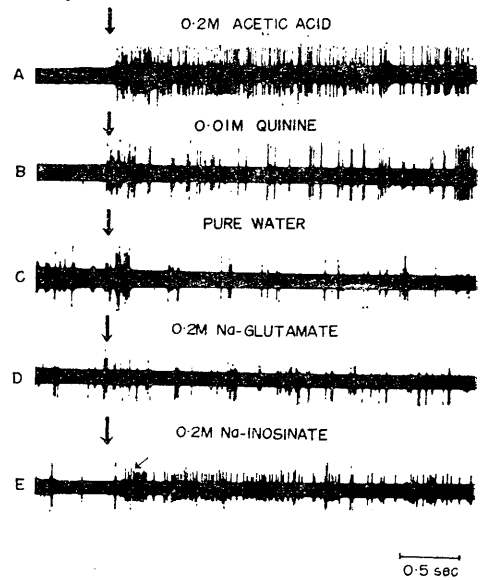


Fig. 2. Response of chorda tympani nerve bundle to acetic acid, quinine and Na-Inosinate solutions. Small arrow indicates an unit discharge responding to Na-Inosinate solution.

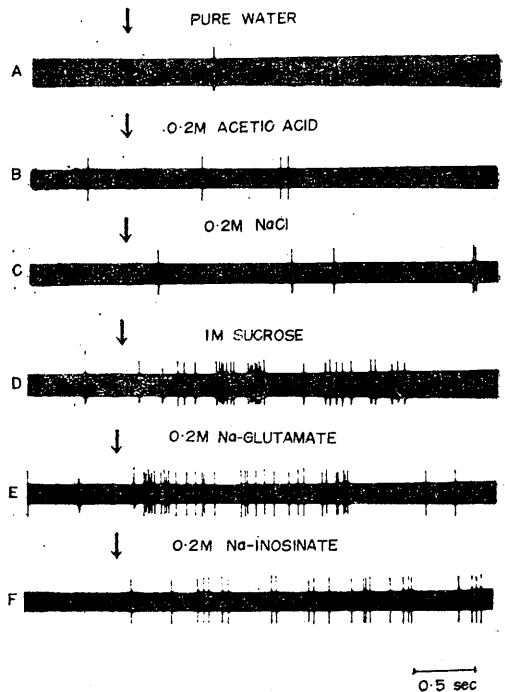


Fig. 3. Response of single element from chorda tympani responding to sucrose, Na-Glutamate and Na-Inosinate solutions.

れらは酸に反応する神経要素に対し、酢酸溶液と同様な著明な反応を示した。しかし、これらの反応パターンを定量的にインテグレーターを介して分析すると、図5に示した如く3者共pH値はほぼ同様であるにもかかわらず、酢酸溶液の場合には、適用後直ちに放電頻度が増加し、続いて再び急激に頻度が減少し、反応曲線に著明なピークが認められ、時間経過による反応量の増減が著しかった。一方、グルタミン酸、およびイノシン酸の場合にはいずれも適用直後に現れる急速な反応増加が少く、酢酸溶液の場合に比し反応放電最高頻度も低く約2/3にすぎず、曲線のピークが不明瞭であった。しかし、最高頻度を持続する期間が前者に比べて長く、反応量の増減がゆるやかな反応パターンを示した。

グルタミン酸ソーダおよびイノシン酸ソーダも一種の塩であるため、これらは当然、食塩等

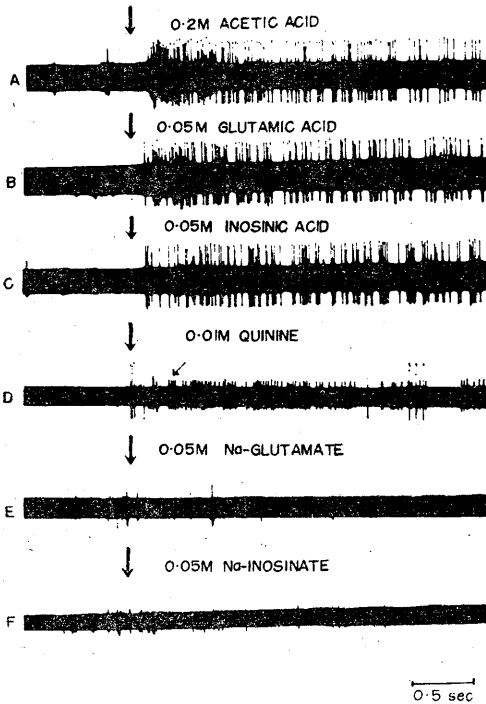


Fig. 4.

Response of chorda tympani nerve bundle to acid and quinine solutions. Small arrow indicates a unit discharge responding to quinine solution.

の塩類に反応する要素に対しても反応を生じさせた。即ち、図6に示した如く、0.2N 酢酸溶液および0.2M 食塩水に反応した第8要素は、同時に0.2M グルタミン酸ソーダ溶液に対しても反応した。しかしこの場合にも、反応パターンには各試験液によりその特徴が認められた。0.2M 食塩水に対する反応と、0.2M グルタミン酸ソーダ溶液に対する反応は両者の濃度が等モルに調整されている場合その反応放電の最高頻度はほぼ同一で(約20 spikes/sec)であったが、最高頻度に到達するまでの時間は、0.2M 食塩水を適用した場合約1.2秒であるのにな

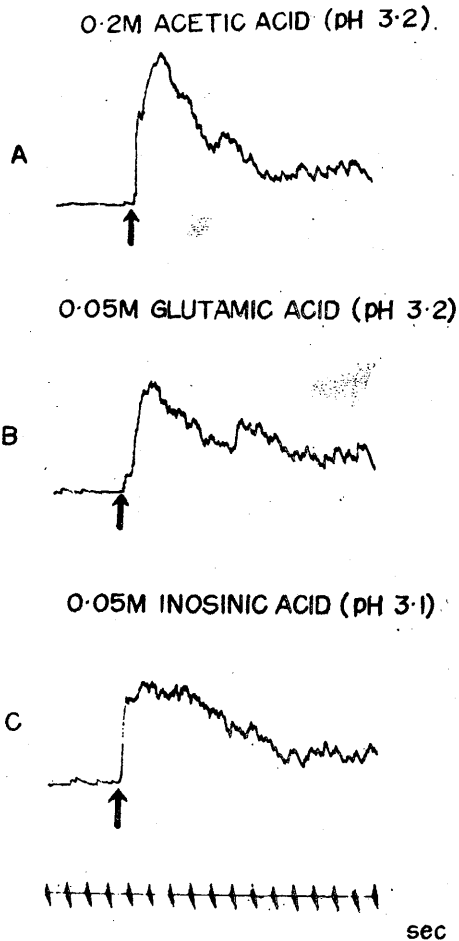


Fig. 5.

Integrated electrical response of acid element. Temperature of solutions: 25°C. Time scale: 1 sec.

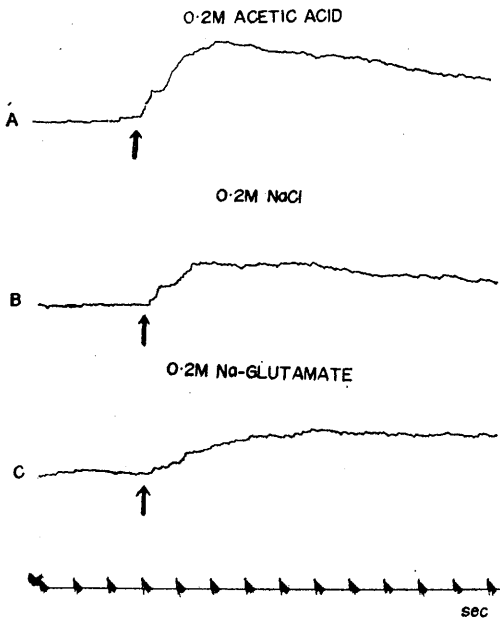


Fig. 6.
Integrated electrical response of salt element.
Time scale : 1 sec.

し、0.2 M グルタミン酸ソーダ溶液では約 4.7 秒を要した。しかも、食塩水の場合反応が最高頻度に到達した後、徐々に放電頻度が減少したのに対し、グルタミン酸ソーダ溶液の場合、記録時間中（約 5 秒）低下することなく最高頻度の放電を持続した。

以上の如く、5 種の基準試験液、および 2 種の実験試験液に対して猫の鼓索神経中に、1) 蒸溜水、酢酸、及びキニーネに反応する要素、2) グルタミン酸ソーダにのみ反応する要素、3) イノシン酸ソーダにのみ反応する要素、4) 酢酸とキニーネに反応する要素、5) 蔗糖、グルタミン酸ソーダおよびイノシン酸ソーダに反応する要素、6) 酢酸にのみ反応する要素、7) キニーネにのみ反応する要素、8) 食塩、酢酸、グルタミン酸ソーダ、およびイノシン酸ソーダに反応する要素、の 8 種類の特徴ある線維を区別し得た。

IV. 考 察

Pfaffmann¹⁰⁾ は猫の鼓索神経中に、酸に対してのみ反応する線維、酸と塩の両者に反応する

線維、および酸とキニーネの両者に反応する線維の 3 種類の神経線維の含まれることを明らかにした。又、Cohen, Hagiwara and Zotterman⁸⁾ らは同じく猫の鼓索神経について、塩および酸に対して反応する“塩”線維、蒸溜水、酸およびキニーネに対して反応する“水”線維、キニーネにのみ反応する“キニーネ”線維、および酸に対してのみ反応する“酸”線維の 4 種類の線維の存在を報告している。その他各種の動物について、多くの研究者の研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾から上記の如き味覚線維の生理学的特性が明らかになって来た。

本実験で猫の鼓索神経から得た、蒸溜水に反応した第 1 要素は、それ以外に酢酸溶液、およびキニーネ溶液に対しても反応したが、その反応態度および自発性放電をもたないことから Zotterman らの報告した“水”線維と同一のものと思われる。又酢酸溶液に対してのみ反応した第 6 要素、および塩酸キニーネ溶液にのみ反応した第 7 要素は、それぞれ Zotterman らの“酸”線維および“キニーネ”線維と同一の性質を有するものである。

Pfaffmann は猫の鼓索神経中に、酸とキニーネの両者に反応する味覚神経線維の存在を認めているが、Zotterman らはこの種の線維を確認していない。Pfaffmann がこの“酸・キニーネ”線維が蒸溜水に対して如何に反応するかを記載していないため、Zotterman らはおそらく“水”線維と同一のものであろうと考察した。しかし、本実験においては図 2 に示した如く、酸とキニーネの両者にのみ特異的に反応し、蒸溜水には反応しない要素が存在することを認めている。

味覚神経中に、蔗糖に反応する線維が存在することは、犬について Andersson, Landgren, Olsson and Zotterman⁴⁾らが、ラッテについては、Pfaffmann¹²⁾および Beidler¹³⁾が、又、猿については Gordon, Kitchell, Ström and Zotterman⁹⁾らが認めているにも拘らず、猫については Pfaffmann および Zotterman 一派は蔗糖線維の存在を認めることが出来なかった。しかし、その存在を全

く否定したわけではない。本実験では、猫の鼓索神経中に蔗糖溶液に特異的に反応する線維の存在することを確認し得た。

Grocker and Henderson²⁴⁾らは、甘・酸・鹹・苦の4原味を適当に配合することにより、或る濃度のグルタミン酸ソーダ溶液と同様な味質をもつ溶液を作り得ることを報告している。4種の基本的味覚を適当に組合わせることによって各種の味が合成されるものとすれば、味覚生理の問題は各信号をいかに中枢で積分するかの問題に要約してよいであろう。

特に最近の研究は多くの動物について、味覚神経線維中に“水”線維の存在することを明らかにした。これは従来古い概念に更に1つの末梢要素を加えたことになるのであって、味覚認知の中枢機序にも考慮すべき要素が加わったことになる。これら以外更に特徴的な生理的反応を示す未知の末梢味覚受容構造がないと言い切れることは出来ない。勿論、各種食品の味は多様で、それら夫々に特徴的に反応する個有の細胞や、その伝導線維が無数に存在することは不可能である。故に、各種のいくつかの味細胞が興奮し、その活動の組合せが中枢において積分され、その食品個有の味を生じさせるには違いないとしても、これに関与する末梢要素に今一度眼を向ける事は決して無駄なことではない。特に、化学調味料として広く用いられ、微量で味覚作用を示すグルタミン酸ソーダやイノシン酸ソーダの生理的作用機序が全く不明な現在、これら化学物質が味覚受容器に対しいかなる機序により作用しているかを知ることは極めて有意義といわなければならない。

本実験から猫の鼓索神経中の食塩水に対して反応する要素の中に、グルタミン酸ソーダおよびイノシン酸ソーダにたいしても反応するもの(第8要素)があることが明らかになった。この要素の食塩水に対する反応は、急激に放電頻度が増加し、急速に順応することが特徴であった。“塩”線維特有のこの反応は Beidler¹³⁾、Pfaffmann¹²⁾あるいは Zotterman⁸⁾らが食塩水あるいは酸溶液に対する“塩”線維の反応として

指摘したものと同一性質のものであった。しかし、グルタミン酸ソーダ溶液に対する反応は、緩慢に放電頻度が増加して比較的順応が遅いことが特徴であり、食塩水に対する反応とは全く対照的であった。一般に、塩類の味覚の強さは主として陽イオンによって決定され、その質は陰イオンにより決定されることが、Kionka and Strätz¹⁹⁾により報告されている。従って、塩線維に対する食塩水とグルタミン酸ソーダ溶液との反応様相の差は、おそらく陰イオン差によるものと推察出来よう。又、Acetylcholine等の化学物質はそれ自身ではインパルスを発生しないが、種々の受容器に作用させた場合、その興奮性を高める作用をもつことが知られている⁶⁾²⁰⁾。グルタミン酸ソーダの場合にもこれと似た作用を仮想することも不可能ではない。即ち、グルタミン酸はイオンの細胞内移動に重要な役割を果しているので²¹⁾²²⁾²³⁾、グルタミン酸が味細胞の細胞膜透過性に作用し、細胞興奮性を変化させることの仮定も不可能ではないであろう。いづれにしてもグルタミン酸ソーダ等の化学調味料が塩味に添加された場合、特に微妙な旨味を呈する日常経験と照合して、塩線維がグルタミン酸ソーダ溶液に対して反応したことは興味ある現象と言える。なお、イノシン酸ソーダ溶液の塩線維に対する反応様相の詳細な分析は次の論文で報告する予定である。

一方、蔗糖溶液、グルタミン酸ソーダ溶液およびイノシン酸ソーダ溶液に反応した要素(第5要素)についても同様に各溶液に対する反応様相がそれぞれ著明に相違していた。単一味覚神経線維が一つ以上の味覚を伝え得ることは広く認められており、単一神経線維によって支配される味覚受容器は、受容単位(receptor unit)と名づけられている味覚受容細胞群から構成されている。第5要素の反応は、同一線維が各種の味覚受容器からのインパルスを伝導していることを物語っており、生理的性質の相違する各種味細胞によって受容単位が構成される可能性を示したものと見えよう。

更に、グルタミン酸ソーダおよびイノシン酸

ソーダのそれぞれに特異的に反応する別個の要素の存在が認められた。このように本実験においても、各味質に特異的に反応する種々の神経要素を分類し得たが、これより直ちに、如何なる刺激強度（溶液濃度）においても、又如何なる環境下（溶液の温度等）においても、常にこのような8種類の神経要素を区別し得ると断定することは出来ない。水線維が0.5 M以上の濃度の食塩溶液に対して、わずかではあるが反応を示す Zotterman⁸⁾らの報告、および哺乳動物の舌に種々の温度の味刺激溶液を与えた時、味覚神経の反応に差異が認められるとの永木・山下¹⁷⁾らの報告から、本実験で得たグルタミン酸ソーダ溶液およびイノシン酸ソーダ溶液に反応した特異的神経線維が他の味質に全く反応しないとは言い切れない。同じ理由から、これまで検討されなかった新しい味質を異った条件下で適用することにより、更に新しい性質を有する要素が見出され、味覚の生理機構に新しい要素を考えなければならぬ可能性も否定することは出来ない。

V. 総 括

1. 猫の鼓索神経中に、酢酸とキニーネにのみ反応し、蒸溜水には反応しない要素が存在した。

2. 猫の鼓索神経中に、蔗糖に特異的に反応する要素が存在した。この要素はグルタミン酸ソーダおよびイノシン酸ソーダに対しても反応を示したが、それぞれの反応様相には相違が認められた。

3. グルタミン酸ソーダに対する“塩”線維の反応は食塩水に対する反応と著明に相違し食塩に対する反応が、急激に放電頻度を増加し急速に順応するのに対し、グルタミン酸ソーダに対する反応は、緩慢に放電頻度が増加し比較的順応が遅かった。

4. 猫の鼓索神経中に、グルタミン酸ソーダに対してのみ特異的に反応する要素が存在した。又、イノシン酸ソーダに対しても特異的に反応する別の要素を認めた。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った河村洋二郎教授に対し、衷心より謝意を表し、併せて本実験を行うに当り種々御協力を得た、味の素食研、池田真吾氏に厚く感謝する。

文 献

- 1) Zotterman, Y. (1935) Skand. Arch. Physiol. **72**, 73-77
- 2) Zotterman, Y. (1949) Acta Physiol. Scand. **18**, 181-189
- 3) Andersson, B. and Y. Zotterman (1950) Acta Physiol. Scand. **20**, 95-119
- 4) Andersson, B., S. Landgren, L. Olsson and Y. Zotterman (1950) Acta Physiol. Scand. **21**, 105
- 5) Landgren, S., G. Liljestrang and Y. Zotterman (1952) Acta Physiol. Scand. **26**, 264
- 6) Landgren, S., G. Liljestrang and Y. Zotterman (1954) Acta Physiol. Scand. **30**, 105-114
- 7) Landgren, S., G. Liljestrang and Y. Zotterman (1954) Acta Physiol. Scand. **32**, 291-303
- 8) Cohen, M. J., S. Hagiwara and Y. Zotterman (1955) Acta Physiol. Scand. **33**, 316-332
- 9) Gordon, G., R. Kitchell, L. Ström and Y. Zotterman (1959) Acta Physiol. Scand. **46**, 119-132
- 10) Pfaffmann, C. (1941) J. Cell. Comp. Neurol. **17**, 243-258
- 11) Pfaffmann, C. (1953) Science **117**, 140
- 12) Pfaffmann, C. (1955) J. Neurophysiol. **18**, 429-440
- 13) Beidler, L. M. (1953) J. Neurophysiol. **16**, 595-607
- 14) Beidler, L. M., I. Y. Fishman and C. W. Hardiman (1955) Am. J. Physiol. **181**, 235-239
- 15) 草野 皓・佐藤昌康 (1956) 日本生理誌 **18**, 288
- 16) Kusano, K. and M. Sato (1957) Jap. J. Physiol. **7**, 324-338
- 17) 永木譲治・山下 智 (1962) 日本生理誌 **24**, 332
- 18) 前田清一 (1959) 化学の領域 **8**, 184-189
- 19) Kionka, H. and F. Strätz (1922) Arch. Exp. Path. Pharm. **95**, 241
- 20) Skouly, A. P. and K. Zilstoff-Pederson (1955) Acta Physiol. Scand. **34**, 250-256
- 21) Ternner, C., L. V. Eggleston and H. A. Krebs (1950) Biochem. J. **47**, 139
- 22) Weil-Malherbe, H. (1952) Metabolism and Function in Nervous Tissue. Biological Society Simp. 8
- 23) Riggs, T. R., L. M. Walker and H. N. Christensen (1958) J. Biol. Chem. **233**, 1479-1485
- 24) Crocker, E. C. and L. F. Henderson (1932) The American Perfume and Essential Oil Review **27**, 156-158

心房筋細胞電位に対する二価金属イオンの作用 612.172.4-083:612.014.463

The effect of divalent metallic ions on the shape of action potential of toad's atrial muscle fibre

小林 春雄・江原 貞博・臼田 貞夫
(KOBAYASHI-Haruo・EHARA-Sadahiro・USUDA-Sadao)*

(本論文の要旨は昭和34年第36回日本生理学会総会において発表した)

The effects of divalent metallic ions on the shape of action potential of toad's atrial muscle fibre were studied by means of the microelectrode technique.

1) Ni, Co and Cd ions prolonged the plateau-phase of the action potential, while Mn retarded the repolarization-phase after the shoulder-point extremely, without affecting the magnitude of the resting and action potential.

2) One of the organic arsenite, mapharsol, also prolonged the plateau and showed an antagonism to the plateau-curtailling action of acetylcholine. On the other hand, p-chloromercuribenzoic acid shortened the plateau.

3) The contraction of the atrial muscle fibre decreased remarkably under the influence of these divalent ions.

I. 緒 言

有髄神経線維の活動電流は二価金属イオン，殊に遷移金属元素の作用によって著るしい持続時間の延長を来し，その波形において心筋活動電位に極めて類似したものとなる (Takahashi, H. et al.^{1,2}). かかる変化の内容については，形質膜 SH 基の役割に関してかなりの部分が明らかにされている以外，未だ不明の点が多いが，今回は比較研究の意味で，心房筋線維に対する二価金属イオンの作用を細胞内電極法によって検討したので報告する。

II. 実験方法

材料はすべてガマ心房の自動性を持たない固有筋の部分を用いた。これを約 5 mm 角の小片とし，内側を上にして或程度伸展しつつ，Ringer 液槽の底に固定したゴム片にガラス製ピンを以てとめ，下方より透過光を以て照射しつつ，実

体顕微鏡下で実験を行った。

電気刺激には持続 5 msec の矩形波を用い，一双の銀電極を通して頻度毎秒約 20 回で与えた。電氣的現象の導出，記録の方法，及び薬物の適用方法は既に発表した論文に記載されている通りである (Kobayashi, H.³)。

実験液槽内の Ringer 液中には絶えず純酸素を泡出させた。Ringer 液の温度はいつも 17°C 附近に保たれるように注意した。

III. 実験結果

今回用いられた限りの二価金属イオンはいずれも静止電位，活動電位の大きさにはたいした変化を与えず，活動電位の再分極相の時間経過の延長をもたらした。その作用の強さは Ni が最も強く，Co, Cd は略同程度であった。第 1 図に Ni を作用させた場合の活動電位の波形変化のオッシログラムを示した。変化の特徴は，1) 活動電位頂上直後の速い下降部分 (Woodbury の所謂 "Phase 1"⁴) の著明化，2) Plateau 相 ("Phase 2") の延長，であった。従って Plateau はややレベルが下ってその傾斜をかえずに長さが延長した訳である。Plateau 以後の速い再分

* 東京医科大学第 1 生理学教室 (久保盛徳教授)
1st Dept. Physiol., Tokyo Med. College (Prof. M. Kubo)

[昭和37年10月17日受付]

極相 (“Phase 3”) の持続時間は余り変化なく, Phase 2 から Phase 3 への移行点(所謂 Shoulder) が Plateau の延長のために低くなる結果, Phase 3 の falling rate がやや遅くなる程度である. 結局, Ni, Co, Cd 等の作用による活動電位持続時間の延長は主として Plateau 相の延長によるものである, という事が出来る. Ni を高濃度, 且つ長時間作用させた場合, しばしば Phase

2 から殆んど平坦な 1 秒近くも続く相に移行し, その後に Phase 3 が続く例が観察された(第 1 図の E). この時, 刺激頻度を毎秒約 40 回程度に高めると平坦部分は消失した.

また上記のような電気現象の変化に伴って筋の収縮は著るしく減弱し, Ni $10^{-3} M$ の作用下では殆んど機械的の反応を見せない事が顕微鏡下で観察された.

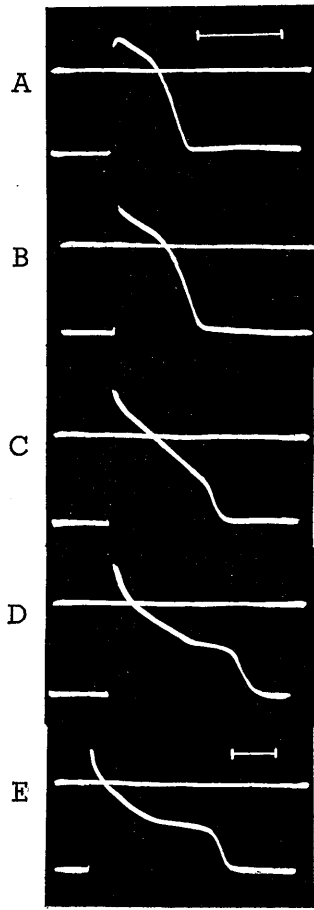


Fig. 1.

Effect of NiCl_2 . A-Control, B-2 min. after the application of $10^{-3} M$, C-30 min. after $10^{-3} M$, D-5 min. after $5 \times 10^{-3} M$, E-46 min. after $5 \times 10^{-3} M$. Time and voltage calibration in all the oscillograms indicate 500 msec and 100 mV respectively. Time scale in A refers also to B, C and D.

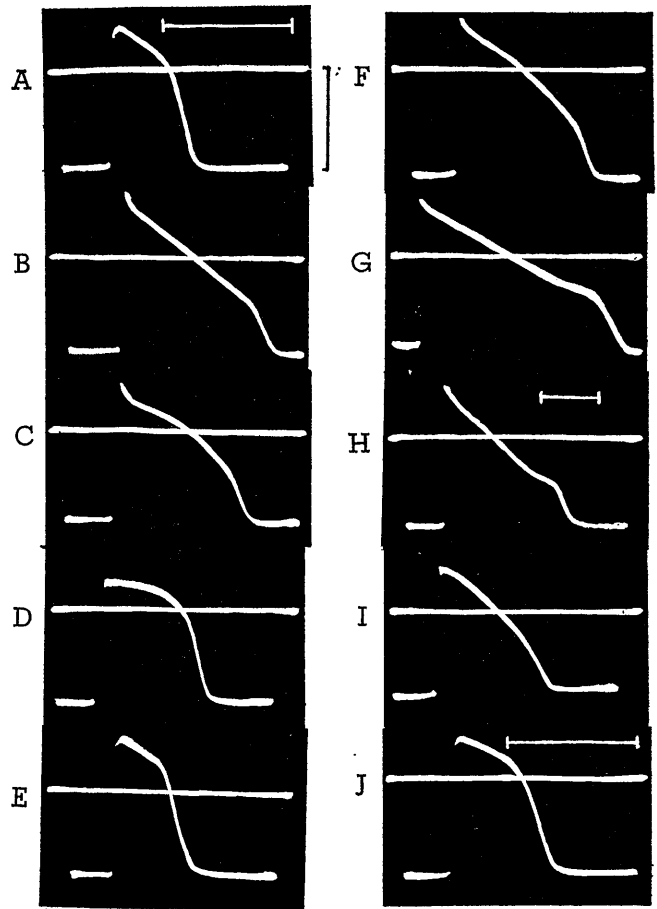


Fig. 2.

Prolongation induced by NiCl_2 and recovery. A-Control, B- $10^{-3} M$ Ni, C-9 min. after the re-immersion into Ringer's sol., D-treated with $10^{-3} M$ cysteine for 10 min., E-44 min. in Ringer, F- $10^{-3} M$ Ni, G- $5 \times 10^{-3} M$ Ni, H-3 min. after Ringer, I- $10^{-3} M$ cysteine for 10 min., J-about 60 min. in Ringer. Time scale in A applies to all figures except H and I.

以上の諸変化からの回復は、与えた二価金属イオンを Ringer 液で洗除することにより直ちに始まり、暫くの後、略完全に元の状態に復する。有髄神経線維における事実から考慮して Cysteine を回復過程において与えてみたがこのような SH 基還元剤は回復過程をやや促進する程度で、特に目立った作用は見せなかった。なお Cysteine それ自体は、 $10^{-3}M$ 程度以下では活動電位波形に特に変化を与えない。Ni イオンの作用による諸変化、及び回復過程のオシ

ログラムを第2図に、時間的経過の様態を第3図に示した。

二価金属イオンのうちでも Mn によって生ずる変化は、Ni 等の場合とは異って、Plateau よりむしろ Phase 3 の延長が著るしい (第4, 5図)。

有髄神経線維の場合、p-Quinone のような酸化剤が二価金属イオンと同様の作用を持つことから考えて、心筋でも検討してみたが、p-Quinone はやはり活動電位持続時間の延長をも

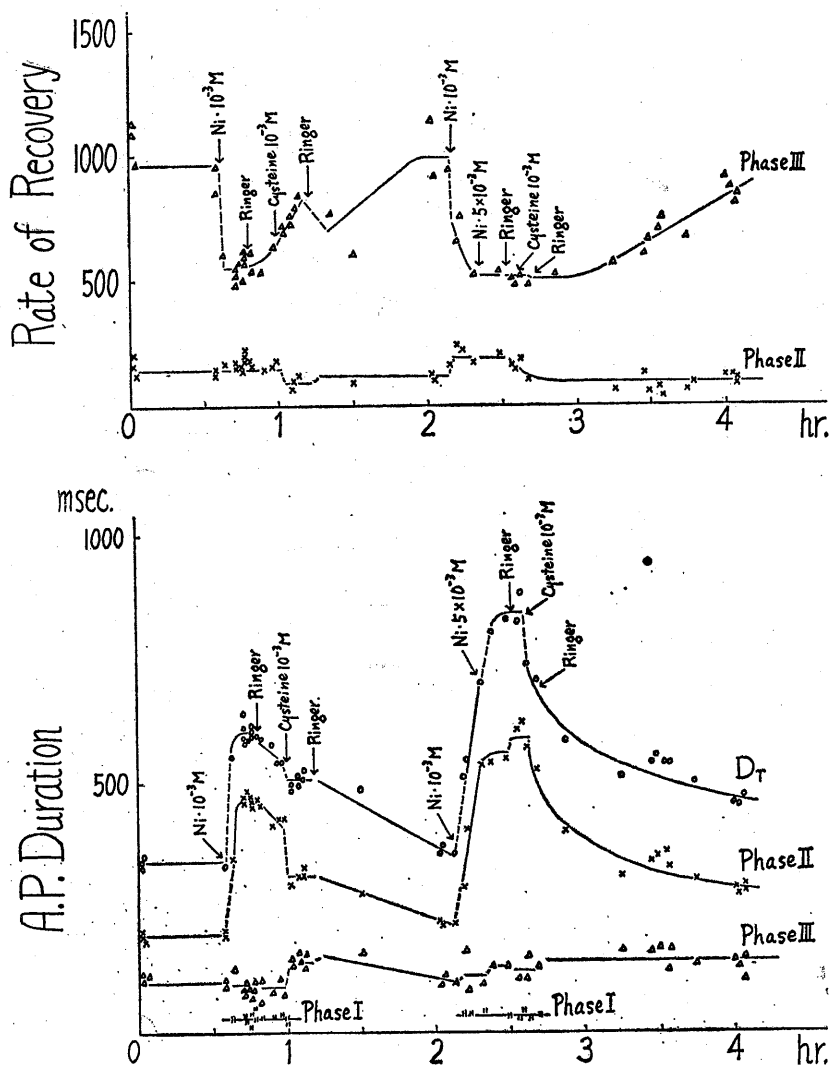


Fig. 3.

Changes in each component of action potential under the influence of $NiCl_2$. Scale of ordinate in the upper drawing is mV/sec. DT in the lower drawing means total duration.

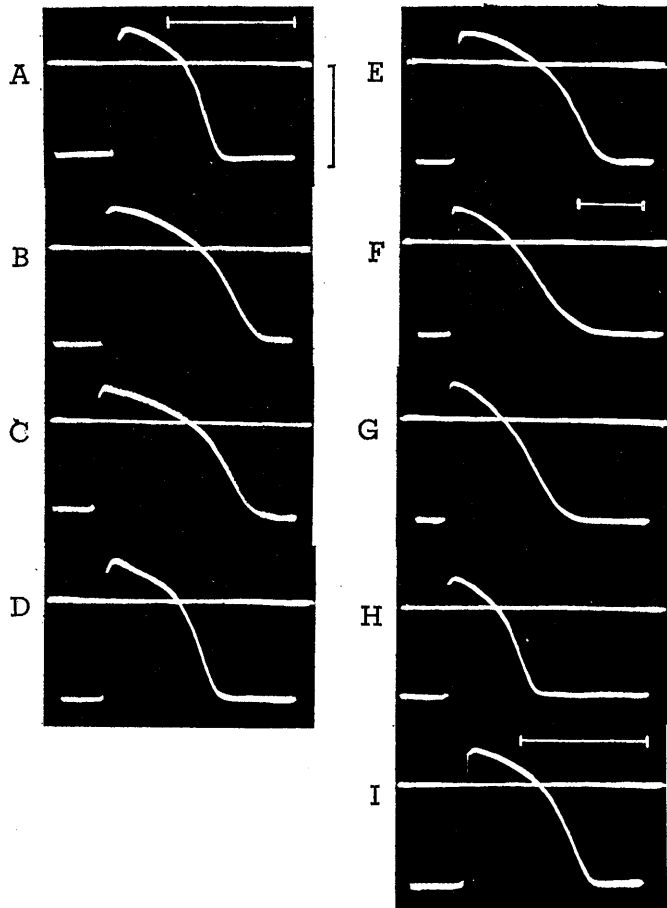


Fig. 4.

Effect of $MnCl_2$. A-Control, B- $10^{-3} M$, C-4 min. in Ringer, D-44 min. in Ringer, E- $10^{-3} M$, F- $5 \times 10^{-3} M$, G-2 min. in Ringer, H- $10^{-3} M$ cysteine, I-42 min. in Ringer. Time scale in F refers also to G and H, all others are in accord with A.

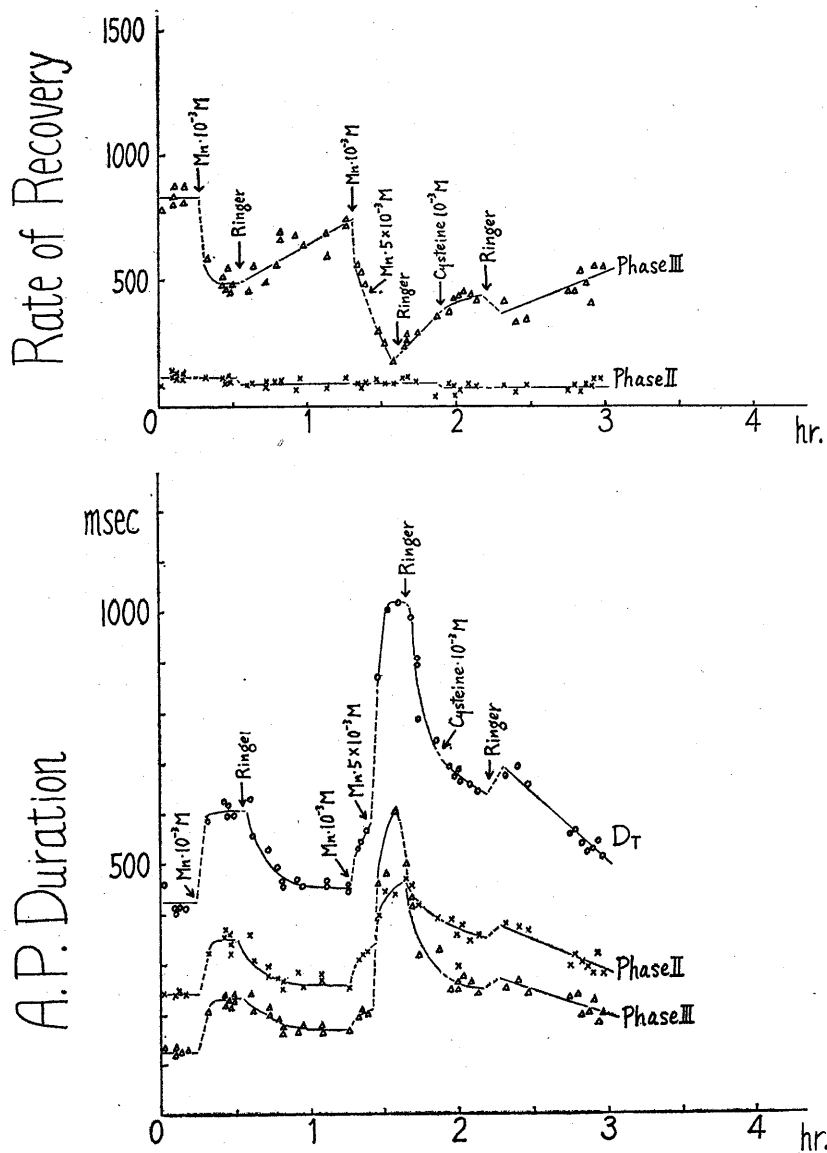


Fig. 5.

Effect of $MnCl_2$ on the components of AP. Every scales and symbols are the same as shown in Fig. 3.

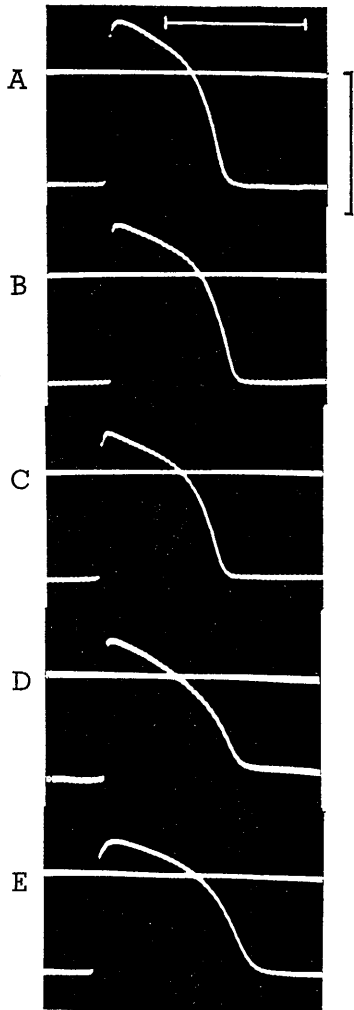


Fig. 6.
Effect of p-Quinone. A-Control, B- $10^{-4} M$, C, D and E-2, 16 and 24 min. after $10^{-3} M$ respectively.

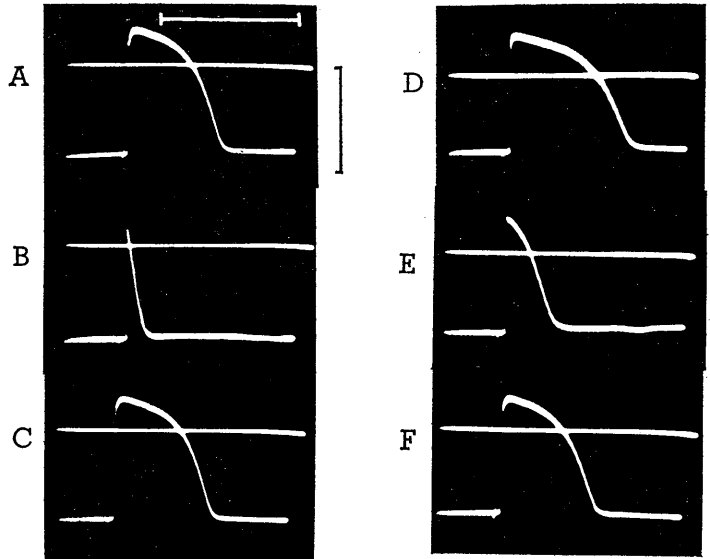


Fig. 7.
Effect of mapharsol and anti-ACh action. A-Control, B- $10^{-6} M$ ACh, C-Ringer, D- $10^{-3} M$ Mapharsol, E- $10^{-3} M$ Mapharsol + $10^{-6} M$ ACh, F-Ringer.

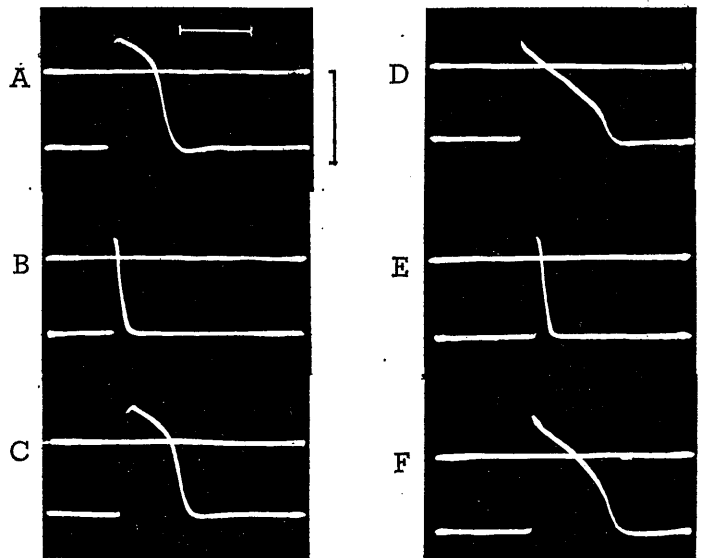


Fig. 8.
Absence of anti-ACh affect in the case of $NiCl_2$. A-Control, B- $10^{-6} M$ ACh, C-Ringer, D- $5 \times 10^{-3} M$ Ni, E- $5 \times 10^{-3} M$ Ni + $10^{-6} M$ ACh, F-Ringer.

たらした(第6図). 但し, この場合, 作用は漸進的, 且つ不可逆的で, 次第に静止電位の低下を来たして後, ブロックに陥った. この状況は有髄神経線維に対する p-Quinone の作用の場合とよく似ている.

有機砒素, 有機水銀の作用もあわせて検討した. Mapharsol (有機砒素) は活動電位をやや延長する作用を持ち, またアセチルコリンの心房筋活動電位短縮作用と拮抗する事が見出された(第7図). なお, Ni イオンにはこのような Ach との拮抗作用はない(第8図). p-Chloromercuri-

benzoic acid (有機水銀) は活動電位を短縮する効果を持ち, アセチルコリンとは協力的で活動電位は大きさも, 持続時間も著るしく減少した(第9図).

IV. 考 察

Co, Ni, Cd のような二価金属イオンの心房筋活動電位に対する作用は, Plateau の延長であって, この事実は既に Kleinfeld, M. et al.⁵⁾, Takahashi, H. et al.⁶⁾ その他によって報告された Cd による心室筋活動電位の Plateau の短縮

の事実と対比してみると, 心房筋と心室筋の興奮様式の質的な差異を形質膜の化学的性質の側面からうかがうものとして極めて興味深い. ただ, 心房筋の場合には SH 基の関与は必ずしも明確でなく, このような変化からの回復は Ringer液によって二価金属イオンを洗除しただけでもかなり良好に起り, Cysteine はこの回復過程を時間的にやや促進する, という程度であった. しかし SH 基に対してかなり特異的であると言われる有機砒素剤 (Mapharsol) も軽度ではあるが Plateau の延長をもたらすので心房における Plateau と SH 基の関連は相変らず問題となる所である. また Mapharsol は, Plateau の延長と共に Ach の活動電位短縮作用と拮抗するので, 心房に対する Ach の作用機構の分析に何かの手がかりを与えるものとして注目されるが, 同じく SH 基に特異的である有機水銀剤 (p-Chloromercuribenzoic acid) はかえって Plateau を短縮し, Ach との拮抗も見せない. 又 Ni イオンも Mapharsol と同じく Plateau を延長しなが

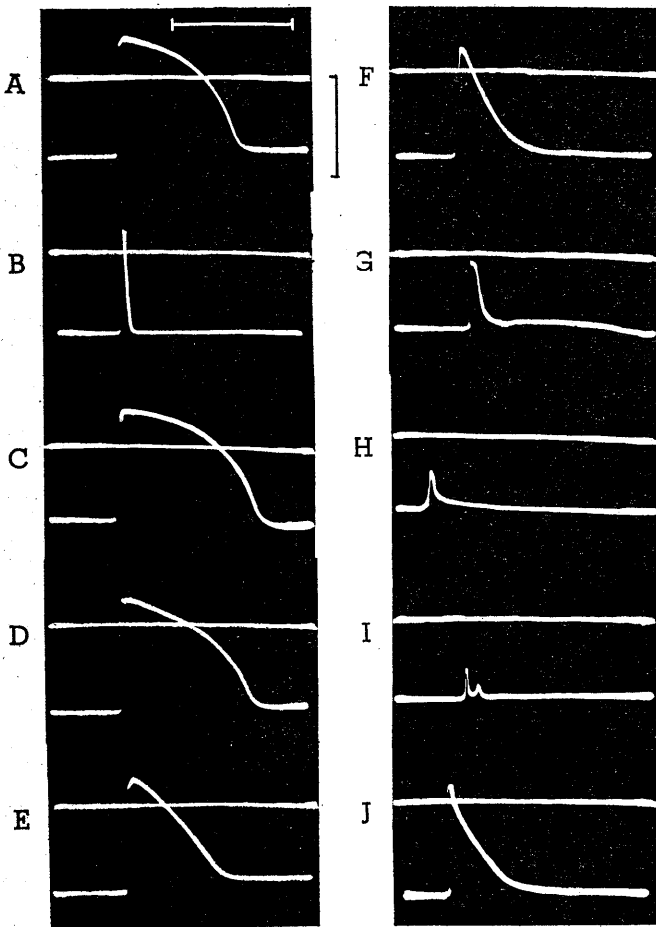


Fig. 9.

Effect of p-chloromercuribenzoic acid (p-CMB) and co-operation with ACh. A-Control, B- $10^{-6} M$ ACh, C-Ringer, D- $10^{-5} M$ p-CMB, E and F-2 and 8 min. after $10^{-4} M$ p-CMB, G, H and I- $10^{-4} M$ p-CMB+ $10^{-6} M$ ACh, J-Ringer.

ら Ach との拮抗作用はないので、今の所、二価金属イオンの作用点、Achの作用点、及び形質膜のSH基と言うもの間には、はっきりした関連性の有無を論ずる事は出来ない。

Mn が他の二価金属イオンとはやや異った作用を持つと言う、イオン間の質的相異についても、今の所、明らかな結論はない。カエル骨格筋では、二価金属イオンはCaと類似した作用を有すると考えられるが³⁾、 γ 心房筋ではCaの作用と他の二価金属イオンの作用は全く異なる(第10図)。即ちCaはPlateauを消失せしめて活動電位の持続を短縮し、一方、活動電位の末尾に長く尾を引く後電位様のものを生ぜしめる点、温血動物心房筋における成績と殆んど一致し⁷⁾、また収縮はPlateauの短縮にも拘らずかえって増強されるなど二価金属イオンの作用とは正反対であるように見うけられる。Ca増加

はカエル心室筋では活動電位持続を短縮させると言うが⁸⁾、そうすると結局、少くとも冷血動物では心房と心室はCaに対しては同じ様に反応し、Ni等のような二価金属イオンにたいしては、正反対に反応する事になって、この違いは興味深い。

二価金属イオンの作用が、いくらか時間と共に漸増の傾向を持ち、また代謝阻害剤でも心室筋活動電位持続に変化の起る事があり得る(新井武雄⁹⁾)などの点で、代謝阻害ではないかと言う可能性もなくはないが、二価金属イオンを与えた後、変化が直ちに起る事、静止電位、活動電位の大きさが殆んど影響を受けない事などから見て、やはり形質膜への直接作用を考える方が容易である。

二価金属イオンの作用によって、活動電位がかなり変形を受けつつもすべてのcomponentを充分保っているに拘らず、収縮が著しく減弱すると言う、所謂「電気現象と機械現象の分離」も、心房筋において心室筋におけると同様に観察された。これはTakahashi等の述べている如く、収縮機構としてのActomyosin系が二価金属イオンによって抑制されるためであろう。

V. 総括

1) γ 心房筋単一筋線維の活動電位波形に対する二価金属イオンの作用を細胞内電極法によって検討した。

2) Co, Ni, Cdは静止電位、活動電位の大きさを変化させず、活動電位のPlateauを延長する作用を持ち、その強さはNiが最大で、CoとCdは同程度であった。

3) MnはPlateauよりもむしろShoulder以後の再分極相を著しく延長した。

4) MapharsolはやはりPlateauを延長し、且つAchの活動電位短縮作用と拮抗した(なおNiはこの拮抗作用はなかった)。p-Chloromercuribenzoic acidはPlateauをかえって短縮した。

5) 二価金属イオンは心房筋の収縮力を著しく減弱させた。

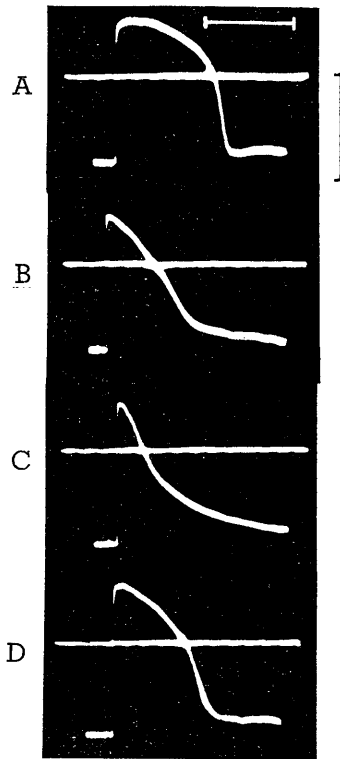


Fig. 10.

Curtailment of plateau by CaCl_2 . A—Control ($\text{Ca} = 1.36 \text{ mM}$), B— 6.53 mM Ca , C— 11.7 mM Ca , D—incomplete recovery in Ringer's sol.

6) 二価金属イオンの作用と心筋形質膜のSH基の関連性について論じた。

研究の遂行中、たえず御鞭撻下さった久保教授と、こまかく御指導下さった高橋助教授とに対して、深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Takahashi, H., Murai, T. and S. Sasaki (1958) Plateau-formation and sulphhydryl groups in the plasma-membrane. *Nature*, **182**, 1675-1677
- 2) Takahashi, H., Murai, T. and S. Sasaki (1960) Some chemical aspect of plateau-formation in the action current of the myelinated nerve fibre. *Jap. J. Physiol.* **10**, 280-291
- 3) Kobayashi, H. (1962) The effect of divalent metallic ions on the electrical activity of frog's skeletal muscle. *J. Physiol. Soc. Jap.* **24**, 521-524
- 4) Woodbury, L. A., Hecht, H. H. and A. R. Christopherson (1951) Membrane resting and action potentials of single cardiac muscle fibers of the frog ventricle. *Am. J. Physiol.* **164**, 307-318
- 5) Kleinfeld, M., Green, H., Stein, E. and J. Magin (1955) Effect of cadmium ion on the electrical and mechanical activity of the frog heart. *Am. J. Physiol.* **181**, 35-38
- 6) Takahashi, H., Watanabe, K., Morita, N. and T. Tomikawa (1956) Effect of some sulphhydryl reagents on the mechanical and electrical activity of the toad's heart. *Jap. J. Physiol.* **6**, 226-235
- 7) Hoffman, B. F. and E. E. Suckling (1956) Effect of several cations on transmembrane potential of cardiac muscle. *Am. J. Physiol.* **186**, 317-324
- 8) Niedergerke, R. (1956) The staircase phenomenon and the action of calcium on the heart. *J. Physiol.* **134**, 569-583
- 9) 新井武雄 (1956) 心臓の機能と代謝の關係に就いて *東京医大誌* **14**, 384-400

地方小学会報

第27回近畿生理学談話会 (つづき)

時 昭和37年10月6日(土) 午前10時半より午後5時

所と当番 大阪大学・松下会館 久保秀雄

6. 古河太郎・朝田芳男・深見 安 (大阪市大第1生理)

Mauthner 細胞に於ける第3の抑制機序

金魚を材料として用い Mauthner 細胞に於ける軸索側枝性抑制を解析した結果、今迄に報告してきたのとは別の抑制機序の存在することがわかった。Mauthner 細胞に逆方向性刺激を与えるとまず軸索起始部に作用する電気抑制(1)が起りそれに引続いて化学抑制後シナプス作用(2)が起る。今迄はこの両者で抑制現象がすべて説明できると考えていたが、(2)の時期に観察せられる EPSP の減少について詳しく検討したところ、それが (2) のみでは充分説明できないことがわかった。即ち EPSP の減少は (2) の作用の最も強く現れる時期を過ぎてから却って著明になる。又 procaine を筋注して一定時間すると (1) 及び (2) は全く消失するがその時でも EPSP の減少は著明に起る。一方第8神経の活動電位に対する抑制効果も証明されるのでこの第3の抑制はいわゆる presynaptic inhibition に属するものと思われる。

7. 河村洋二郎・三好清勝 (阪大歯学口腔生理)

歯軋誘発に關する脳幹機構について

著者らは先に家兎大脳皮質顎運動野を高頻度(60 c/s) 刺激することにより歯軋が誘発されることを報告した。本実験は歯軋誘発に關する皮質下構造を明かにすると共に皮質運動領とこれら皮質下構造との機能的關係を分析したものである。家兎を用い浅麻酔下で皮質下諸構造を点状に電気刺激し歯軋のみを誘発する点を求めた。歯軋の判定は歯軋音及び顎の動きによった。脳刺激には尖端以外絶縁した直径約 100 μ のスチール電極を用い電極はステレオタキックに脳に挿入した。50, 100, 500 c/s 持続 1.0 msec の矩形波刺激を用いた。電圧はすべて反応を起すに十分な閾値上電圧を用いた。前交連のレベルから少し前に広がった内包部に約 9 c/s の刺激で歯軋を誘発さす部分があった。更に視床腹部の中央部と大脳脚との境に

約 19 c/s の刺激で歯軋を誘発する点が存在した。これらの部位より誘発された歯軋は皮質刺激により誘発される歯軋と類似し刺激と反対側の著明な顎の動きからなり平均 4.4 c/s であった。視床腹部破壊後は皮質顎運動領及び内包から歯軋を誘発しなくなることから内包、視床腹部は皮質からの歯軋インパルスの下行路に当ると考えられる。

扁桃核部は主としてその外側核部に平均 20 c/s の刺激で歯軋を誘発さす点があった。扁桃核部からの歯軋は平均 5.2 c/s で顎は刺激と同側に比較的優位に振れた。

中脳網様体、三叉神経運動核部からは歯軋は誘発されず単なる顎の対単運動のみが生じた。視床下部には歯軋を誘発する点の分布は認めにくかった。扁桃核より誘発される歯軋運動は両側皮質顎運動領破壊によっても何ら影響されなかった。

8. 吉井直三郎・堀 泰雄・林 泰正・竹口尚実 (阪大第2生理)

低脳温の視床内側核単位放電に及ぼす影響

encephale isole cat の一側視床内側核 (VA 又は CM) に先端直径 2 μ 以下のタングステン又は 3 M-KCl を満したガラス毛细管電極を挿入し、その単位放電を記録する。又中脳網様体及び他側の視床内側核に双極刺激電極を挿入し、これを通してそれぞれ 100 c/s 及び 3-8 c/s の矩形波で刺激する。刺激電圧及び持続時間は適当に定める。低脳温を得る為に両側頸動脈を露出し、これに冷却 Ringer 液を注ぐ。視床内側核の単位放電のうちで自発性又は誘発性視床同期波の一定位相上に出現するもの、あるいは密接な関連を有するものを選んだ。

1) 先づ常温で中脳網様体を刺激すれば、これら単位放電は一般にその数を減じ群化傾向を失う。しかし数の増すものも少数ある。また、視床内側核の低頻度刺激はその数を増し群化傾向を強める。

2) 低脳温にしながら 1) の効果を生じるよう

な網様体又は視床の刺激閾値を求めると、脳温低下に略比例して閾値が上昇する傾向がある。

3) 低脳温における自発性、誘発性の視床単位放電は温度低下に従って次第にその数を減ずる。特に約 25°C 以下で極端に少なくなるが、復温して 25°C 以上に戻すと再び恢復する。

4) 同期波と関係ある単位放電はしばしばburstとなるがそのスパイク間隔は低脳温時には、略、温度低下に比例して延長する。皮質漸増反応は脳温 30°C 前後で最も大きくなることが報告されており、著者も同様な観察を行ったが視床内側核の単位放電に関する限りでは、この皮質漸増反応の温度変化に対応するような実験事実、即ち、30°C 附近における放電数増加或いは閾値の低下等はみられなかった。

9. 上岡利春・松下 宏 (和歌山医大第2生理)

肥満高血糖マウスの血液性状について

1949年 Ingalls 等によって見出された肥満高血糖マウスは典型的な劣性遺伝に基いて、過度の脂肪沈着、高血糖、糖尿及び不妊を発現する系統動物である。我々は昨年秋このマウスを Roscoe B. Jackson 研究所より移入し、この純系マウスの糖及び脂肪代謝に関する酵素やホルモンの異常を解析するため現在繁殖をつづけている、この間にあって、基礎資料を得る目的で血液性状の一般的検索を行った。

対照動物にはこれ等の疾病を発現しない同腹の兄妹を行った。

検査を行った項目の内、対照動物と差異が認められなかったものとして、赤血球数、白血球数、ヘモグロビン量、血清蛋白濃度、赤血球抵抗、赤血球沈降速度等が挙げられた。

一方、対照動物と差異が認められたものとして次の如きものが挙げられた。

1) 白血球像に於て、リンパ球が比較的多く、中性多核白血球が比較的少なかった。2) 血糖値は生後20日目ですでに 160 mg% 前後となり、それ以後日令の進むにつれて血糖値も順次上昇する。3) 血中総脂肪酸は対照動物に比べ約50%も高い値を示した。4) 血中総コレステロール値は対照動物の約2倍であった。5) 血中総リン脂質は対照動物に比べ高い値を示し総コレステロール/リン脂質 (即ち TC/TP) は対照動物に比べかな

り高い値を示した。6) 非エステル型脂肪酸も対照動物に比べ高い値を示した。7) 白血球機能検査に於て、実験動物の機能が低下していることが判明した。

10. 丸尾雅弘・大柴 進 (神戸医大第1生理)

家兎子宮内膜に於ける線維素溶解酵素系に関する研究

ヒトの子宮内膜に Plasminogen の賦活物質が存在していることが、Albrechtsen 等により指摘されて以来、月経血の非凝固性や機能性子宮出血の原因等に関しては、子宮内膜局所に於ける線維素溶解酵素系の問題が特に注目せられている。又抗 Plasmin 物質を用いての子宮内膜に於ける線維素溶解酵素系の統御に関しては、基礎的研究が要求せられている。著者等は成熟家兎の子宮内膜組織を用い、in vitro に於いて、この組織の蛋白分解能及び Plasminogen 活性化能を分析すると共に、抗 Plasmin 物質による抑制効果を分析して、家兎子宮内膜組織中に、蛋白分解酵素と Plasminogen 賦活物質の二因子が存在することを明らかにした。

線溶能、蛋白分解能測定法としては、標準及び加熱平板法、紫外部吸収による Fibrinogen 分解能測定法、紫外部吸収による Casein 分解能測定法の三法を用い、抗 Plasmin 物質としては、 ϵ -Amino caproic acid (EACA)、Aminomethyl cyclohexam carboxylic acid (AMCHA) を用いた。

得られた成績を要約すれば次の通りである。

1) 家兎子宮内膜組織は、一種の蛋白分解酵素を含む。この蛋白分解酵素の Casein, Fibrinogen 分解能は強度であるが、Fibrin 分解能はしめざな

い。

2) 家兎子宮内膜組織は、Plasminogen 賦活物質を含む。この賦活物質により活性化された Plasmin の Fibrin 分解能はかなり強度であるが、Casein 及び Fibrinogen 分解能は極めて軽度である。

3) EACA, AMCHA は、家兎子宮内膜組織の蛋白分解能を抑制しない。

4) EACA, AMCHA は、家兎子宮内膜組織により活性化された Plasmin の Fibrin 分解能を強く抑制する。しかし、活性化 Plasmin の Casein 及び Fibrinogen 分解能を殆んど抑制しない。

5) AMCHA の抑制効果は、EACA の抑制効果よりも強度である。

11. 藤下成周 (大阪学芸大保健科生理)・木村修平 (大阪市大第2生理)

桿体外節に Cytochrome oxidase は存在するか

蛙の網膜の桿体外節は木村氏法によって簡単に分離して純粋に集めることが出来る。演者は分離桿体外節の中に有機鉄の存在する事を先に証明した。また、埴・久家等は桿体外節が酸素を吸収する事を見出している。これらの実験事実から、桿体外節中に呼吸系酵素が存在して酸素を消費しているように見られる。しかし、Sjöstrand 及びその他の研究者の撮影した電子顕微鏡写真によると、桿体外節には mitochondria は存在しない。その上、演者が剥離直後の蛙の網膜に Nadi 試薬を作用させても桿体外節は青く染らなかつた。即ち桿体外節には Cytochrome oxidase は存在しない様に思われる。これらの幾つかの観点の外見的不一致を除くため、Cytochrome oxidase の存在を Warburg 検圧計で測定した。その結果、桿体外節には Cytochrome oxidase は存在しないことがわかった。すなわち、Warburg 検圧計の主室に Cytochrome C, Semicarbazide, Phosphate buffer 及び桿体外節の浮游液を入れ、側室に Hydroquinone を入れて実験した。明順応した蛙から採集した桿体外節で実験すると Hydroquinone を加えようが加えまいが、酸素は吸収されない。しかし、暗順応した蛙から採集した桿体外節では Hydroquinone を加えても加えなくとも、酸素を吸収し、Hydroquinone を加えた場合の方が、反って酸素の吸収が減少する。この事より、暗順応に伴って酸化され易い物質が桿体外節に移動してくるものと考えられる。そしてこの物質はおそらく Phospholipid と考えられるが、この物質のために、桿体外節は酸素を吸収して一見、呼吸をしているように認められるのであろう。

12. 木下喜博・辻 健三 (大阪市大第2生理)

モルモット骨髄細胞の分離法と分離細胞の純粋培養について

先に木村・榎木等の発表した家兎骨髄細胞分離

法を応用並びに改良してモルモット骨髄より幼若顆粒球細胞を、純粋にかつ、多量分離採集する事に成功した。

即ち私達はアラビアゴム溶液を三層重層する事により、第一層に血小板及骨髄巨核球を、分離し第二層の顆粒球系幼若細胞の層には、従来の方法ではさけられなかつた血小板の混入を除去する事に成功した。更に回収法として従来廃棄していた管底の細胞群から混在している幼若顆粒球細胞を回収する事に成功した。これは従来とは異り浮上法を応用した。分離細胞の酸素消費をカーテンダイバー法にて測定した結果 37°C 1時間細胞1個当り K. R. P. 溶液中 $2.65 \times 10^{-5} \mu l$ で回収法の場合は $2.61 \times 10^{-6} \mu l$ とかなり高い酸素消費を示し回収法に於いても大差がなかつた。

次いで pH の影響について見て見たが 7.4 の場合が最高の値を示した。

更に純粋分離した細胞の培養を企て、同種血清を用い TD-15 の容器で24時間ごとに観察16ミリでその変化を追究した。

現在1週間旺盛な運動が認められ長期培養も可能と思われる。

13. 井上 章・品川嘉也・伊達慶宗・矢原庄司・入交昭彦 (京大第2生理)

赤血球膜とミエリン鞘にみられる二重膜構造

吾々は昨年の生理総会で赤血球膜が内層、外層、明層 (light zone) より成ることを報告した。内層は bound hemoglobin によって構成され、異常ヘモグロビンにより血球の形態維持に異常が起ることに対応している。一般細胞膜に対応するのは外層、明層より成る二重膜構造と思われる。明層は OsO_4 固定では殆んど染色されず明るくみえるが、 $KMnO_4$ 固定ではやや dense に染る。

これを中枢神経系のミエリン鞘と比較すると、 OsO_4 固定では dense line の層状構造のみが通常観察されるが $KMnO_4$ 固定によれば intermediate line が観察される。更にこのミエリン鞘を、遠心力・温度等を用いて開裂させると常に明るい部分、あるいは intermediate line から開裂することが観察される。中枢神経系の homogenate (in 0.32 M sucrose) を 0.8 M sucrose 溶液に重層し超遠心分離すると myelin は 0.32 M 相に残るので myelin 分画を得ることができる。これを固定・

包埋して電子顕微鏡で検鏡すれば色々の程度に破壊された myelin lamellae がみられるがこのときも, dense line が1枚の膜であることを示す。これらの点から myelin 層の形成は血球膜にみられる contact 現象と同様の機構で起り, 明層が合わさって intermediate line を作ると理解される。

ある種の溶血性貧血では膜そのものに異常があり membrane disease とも云うべき像を呈する。特発性夜間血尿症 (PNH) の患者血球ではシャドーイング法により斑点がみられるが, 超薄切片法でこれは直径約 1μ の, 厚い膜と顆粒を含む内部構造をもつ小体であることが知られる。これは PNH に特異的にみられその病因と無関係でないと思われる。家族性溶血性貧血の患者血球では異常に大きな噴出孔や小さく離断した膜がみられ, 血球膜が機械的に弱いことを思わせる, 膜そのものに病因を求めるべきであろう。

14. 森本 孝 (大阪医大第2生理)

Euglena の生長について

Euglena gracilis の Lenco type を用いて Ernst Küster の Peptone を含有する培養液で暗条件のもとで培養し諸条件の影響を調べた結果,

1. 最適温度は $28-30^{\circ}\text{C}$ 附近
2. 最適 pH は 3.4 附近
3. 接種時の細胞数は 10^5 cells/cc 以下では,

最初の24時間の growth rate は一定であるが, 主成分である pepton 量に依存している。

4. 接種時の細胞の age が大きい程 Lag が長く, 又 Culture medium 中に毒性物質 (代謝産物) が蓄積されるらしい事等が明らかとなり, 以上をもととして温度 30°C pH 3.4, Peptone量 5g/l , 接種時の細胞数 10^8 cells/cc, 暗条件で stationary phase の材料を培養すると Lag phase は 6-8 時間, Log phase は 3-4 日, generation time は約10時間, growth rate は 1.03 附近であった。

Log phase に於ける生長を現在迄行なわれて来た一般的な数的表現, それに減少要因を加えた表現及び, 細胞の generation time の分布及び age の分布をもとにした統計的な要素の入った表現で上記 *Euglena* の生長を解析し更に, 接種後の時間の表現を $t-te$ とし (但し te は Lag time) Lag time を toxic 及び active substance の両面から

解析し接種時の個体数細胞内外の有効物質の濃度等の函数として表わした。

外要因のうち生長現象に大きな要因となっている温度を取りあげ growth rate, 呼吸量, 乾量, 容積等について最適温度, 低温度 ($15-20^{\circ}\text{C}$) 培養による違いを調べ更に Arrhenius の式から Activation energy を計算して比較したところ, growth rate, 呼吸量は, 最適温度の方が 1.5-2.0 倍大きい。Dry weight, Volume, Activation energy 等はずっと小さい事がわかった。この事は温度の影響が Cytoplasmic growth と Cell division に対し異った effect をもっている事を伺わしめるが前述の如き表現方法では解析が困難である。そこで growth rate を Internal factor および External factor の函数として表わし, Activation energy と growth rate を指標として解析方法の可能性と意義について私見をのべた。

15. 吉村寿人・三好正人 (京都府立医大第1生理)

唾液のイオン濃度に関する研究

唾液の無機イオンは主に Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- であるが, 我々の教室に於ける従来の研究成績によれば, 唾液の水分塩分は Acinus には略 Isotonic の状態にて組織液に近い組成にてこれが Duct を通る際にその Striated part に於いて, その内のイオンの一部が逆吸収を受けて Hypotonic になり又一部 K^+ の分泌を受けて最後の唾液として外に分泌されるという結論になっている。

そこで著者等はこの学説を実験的に確める目的をもって犬顎下腺を用い 0.05% 昇汞を 0.2 cc だけ逆行性に Duct 内に注入して腺細胞を障害せずして Duct cell のみを破壊した状態におきこの腺について Chorda 唾液を採集してそのイオン組成を調べて見た。先づ昇汞を注入した唾液腺の組織標本を検鏡するに Duct cell には核の濃縮と細胞質の混濁腫張がおこり, その結果得られた唾液は大略等張性に現れ, 確に条紋部細胞の傷害が確認せられる。併し Acinus part の細胞は概ね健在であった。このような腺について Chorda 唾液をとって調べて見ると, Duct cell の健在なる唾液腺に比して, Na^+ , Cl^- 濃度は高く正常唾液に見られる様な流出速度低下に伴う濃度の減少はなく大略一定の組織液の夫に近い濃度を呈する。又 K^+ 濃度は若干正常唾液に比べて低くなる。故にこの成績

は Duct cell に於て、 Na^+ 、 Cl^- の逆吸収が行われる。 K^+ の分泌が行われるとする従来の主張によく一致する。又この事は同時におこなった Stop-Flow の成績ともきわめてよく一致する。又全身に 10% NaCl 或いは 2.5% glucose を注入して血液を Hypertonic 又は Hypotonic の状態にして同様の実験を行うと、昇汞を注入した腺より得られる唾液のイオン濃度には、血液滲透圧の変化の影響が Duct の健全な場合の様に顕著ではない。従って血液滲透圧の唾液滲透圧への影響は主として条紋部を介して現われるものと考えられ Stop-Flow の成績においても高滲透圧に血液をした場合には、Duct cell での Na^+ 、 Cl^- の逆吸収の程度が正常より少くなっている。従って条紋部において血液滲透圧に応じたイオンの逆吸収が現われると考えて差支えない。著者等は生理学総会に於て全身血液の滲透圧の変化は腺自体の機能をかえる外に、脳内の中樞、おそらく視床下部の Osmoreceptor を刺激し、そこからの Impulse が舌下神経、迷走神経、鼓索神経を経て唾液イオン組成に影響する一方、唾液腺を流れる血液の滲透圧そのものが唾液イオン濃度に直接影響し得るのであって、この2つの効果は Additive であると結論したが、この事は血液滲透圧の唾液イオン濃度への影響には条紋部と腺底部の2ヶ所において行われる事を暗示し、今回の成績とも一致する。又従来の成績では HCO_3^- は条紋部より分泌されると考えられたが、昇汞注入唾液腺の唾液と正常唾液の間に HCO_3^- の濃度に差が見られなく、この点は従来の吉村等の見解には再検討を要する。

16. 吉村寿人・今井雄介 (京都府立医大第1生理)

唾液腺の分泌電位に関する研究

唾液腺の分泌電位については多くの研究者によってなされて来た。我教室に於いてもさきに吉村・井上・藤本が外部誘導電位についての成績を報告し、chorda electrogram を分析してこれが腺の acinus part に於ける電位の陰性変動と striated part に於ける陽性変動の組合せによるとの様想を明かにし且 chorda tympani 刺激による腺底部の陰性変動の原因は神経刺激により腺細胞膜表面の Cl^- pump の励起が起るためであると説明した。今回は微小電極法により、acinus part の細胞内電位を記録し、その神経刺激による変動を外部誘

導のそれと比較して吉村等の見解を検討せんとした。動物は犬を使用した。

電極としては、先端 1μ 以下、抵抗 $15M$ 程度のもを用いた。又この場合細胞内電位をとった後にその測定部位を明確にするために予め電極液としては、 $2.5M$ の KCl 及び $0.5M$ の $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ を充した。対極は塩化銀電極を腺表面と導管内に置きその各々について測定した。細胞内静止電位は腺表面にたいして $-30\sim-90\text{mV}$ である。今 chorda tympani を 20c/s 2V にて刺激すると陰性電位は更に増し、 10mV から 40mV にもおおよぶ Hyperpolarization をしめす。ただしこの場合 Sympathicus の刺激では電位に変動は現れなかった。chorda stimulation によってこの様に Hyperpolarization を示す細胞をマークするために通電により電極先端より $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ を遊出せしめて後、速かに $0.1M$ FeCl_2 溶液 50cc を頸動脈内に注入して唾液腺を灌流し、この電極先端部にターブル青沈澱を起さしめた。かくして後動物より腺を切出してその組織標本を作り検討するに直径 50μ 程の青い Spot として明瞭に acinus part が染出されている。故に chorda tympani により陰性変動を示す細胞は acinus part の腺細胞である。今 microelectrode を細胞内より僅かに進め静止電位が急激に零電位に近づいた位置において chorda tympani を刺激すると、この場合もまた陰性変動が現れる。又導管内の対極に対しても細胞内電位は同様に chorda stimulation により hyperpolarization を示す電位変動が見られる。これらの事実より、さきに吉村等の見た外部誘導による chorda electrogram の陰性変動の原因は、この acinus part の細胞内電位の陰性変動に基因するものと考えられ、吉村等の見解を実験的に確かめる事ができた。但しこの場合 Striated part が果して陽性電位を示すや否や、又 Sympathicus 刺激により如何なる変化が起るかについては将来の研究にまかしたい。

17. 近藤義郎・志賀 健 (阪大第1生理)

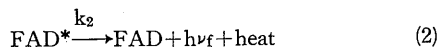
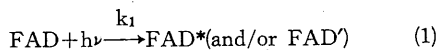
D-アミノ酸酸化酵素の励起状態 (I)

光化学反応に抛って、遊離 FAD、酵素 FAD および安息香酸-酵素 FAD の励起状態に於ける反応性を比較した。

系は光増感剤 (FAD)、水素受容体 (メチレン

青, Mb), 水素供与体 (DH₂) から成り, 励起光として単色光 (460 mμ に極大をもつ) を用いた. 反応系をツンベルグ管に入れ排気後光照射を行ない, Mb 褪色速度を測定した.

実験の結果, FAD は自ら酸化還元を繰返すことによって光増感を行っていることを知った. 反応を簡略化して考えると,



FAD の濃度は $(\text{FAD})_0 = (\text{FAD}) + (\text{FAD}^*) + (\text{FADH}_2)$, ここで反応初期に (FAD) , (FAD^*) , (FADH_2) , について定常状態が成立すると仮定すると,

$$\log\left(\frac{(\text{Mb})}{(\text{Mb})_0}\right) + \alpha[(\text{Mb})_0 - (\text{Mb})] = -k_4(\text{FAD})_0 t,$$

$$\alpha = \frac{k_2 k_4}{n k_1 k_3 (\text{DH}_2)} + \frac{k_4}{n k_1} + \frac{k_4}{k_3 (\text{DH}_2)}$$

なる式が誘導される. この妥当性は実験的に確かめ得た.

次に, 反応のごく初期には $\alpha = 0$ としてよいから Mb 褪色は一次反応で表わされる. その速度恒数 (k_4) は遊離 FAD で 1600 min^{-1} , 酵素 FAD で 12 min^{-1} , 安息香酸-酵素 FAD では殆んど 0 であった. 即ち FADH₂ と Mb との反応性は FAD が酵素に結合すると著しく減少する.

電子供与体については議論があり, FAD それ自身か水かまだ不明である. 系に加えた L-アミノ酸, α-ケト酸は遊離 FAD に対しては供与体となる. しかし L-アミノ酸は酵素 FAD に対しては供与体となり得ない. また安息香酸類は供与体としての性質をもたない. 即ち酵素 FAD* と反応し得るためには, i) 遊離 FAD に対して供与体となり, ii) 酵素と結合して酵素 FAD の電子状態に変化を惹き起すようなものでなければならぬ.

昭和36年度生理学論文表題集 (4).....	553
昭和36年度生理学論文表題集(終).....	589
越智真逸名誉教授略歴及び追悼文 (5号掲載)	
大谷卓造教授略歴及び追悼文 (5号掲載)	
正路倫之助教授略歴及び追悼文 (5号掲載)	

著者名索引

ア

Eyzaguirre, C.	235
青木 功.....	294
青木 一郎.....	344, 434
青木 健.....	373
青木 純一郎.....	320
青木 亘.....	286
青島 健.....	332
青山 定二郎.....	428
青山 新吾.....	130
安芸 謙嗣.....	178, 285
秋元波留夫.....	300, 351
秋山 明子.....	372
秋山 勲.....	325
磯吉 健治.....	587, 588
阿久沢 節男.....	341
朝田 芳男.....	303, 436, 623
浅沼 広.....	421
浅野 達.....	382
浅野 智秋.....	369
浅野 牧茂.....	349, 477
朝比奈 一男.....	443
足立 明.....	304, 333, 607
東 健彦.....	340, 424
東 博彦.....	347
阿部 啓二.....	354
安部 勉.....	252, 513
阿部 久雄.....	342
阿部 正和.....	382
安部 良治.....	339, 481
新井 節男.....	476
荒川 浩二.....	319, 597
荒木 辰之助.....	305, 585
有村 章.....	383
粟津 俊彦.....	291, 510

安藤 滋.....	290
安藤 外秀.....	533

イ

飯塚 鉄雄.....	364
飯利 健.....	364
猪飼 公郎.....	225, 374, 384
猪飼 道夫.....	323
井川 幸雄.....	381, 382
池田 卓也.....	298
老岐 又三郎.....	301, 480
井口 晃一.....	315
石岡 忠夫.....	358
石井 和子.....	368
石井 公正.....	368
石井 哲夫.....	352
石川 一郎.....	380
石川 繁子.....	371
石川 由紀子.....	240, 363
石川 幸重.....	293
石河 利寛.....	203, 267, 323, 350, 513,
	573
石谷 邦介.....	347, 351
磯本 昭夫.....	118, 240, 284, 412, 435
板倉 一民.....	283
市石 稔.....	292
市川 裕一郎.....	332
伊藤 維明.....	347
伊藤 真次.....	379
伊東 敏昭.....	364
伊藤 鋌夫.....	322
伊藤 信義.....	236, 359
伊藤 秀三郎.....	57, 231, 238, 344, 423,
	428, 429, 431, 534, 586
伊藤 寛志.....	327
伊藤 文雄.....	229, 335, 436, 511
伊藤 正男.....	306

伊藤宗之	297, 421
伊藤裕二	533
伊藤嘉房	228
伊藤竜	228, 229
井上章	118, 308, 625
井上喜美雄	351
井上清恒	307, 315, 340
井上五郎	55, 370
井上太郎	56, 106, 111, 237, 364
井手経三	311
稲垣義明	346
猪股孝四郎	327
雪吹周秀	314, 455
今泉正臣	308
今井貞男	495, 506
今井雄介	627
今村昭	377, 432
伊豫享	340
入内島十郎	534
入沢彩	321
入沢宏	224, 321, 353
入交昭彦	308, 625
岩井栄一	297
岩崎静子	318, 426
岩瀬源次郎	429
岩瀬善彦	291, 334
岩間吉也	58, 335
岩村吉晃	294, 296, 478

ウ

上田五雨	231
上田基二	215
上西正章	240, 363
上羽隆夫	365
植村慶一	308
上村彰一	292
上山章光	360
魚住光郎	118, 240, 426, 435
宇佐美駿一	81
宇佐美暢久	346
牛尾博信	236, 359
臼田貞夫	614
内山孝一	341

漆葉昌延	190
------	-----

エ

榎泰義	356, 433
江橋節郎	175
江原有信	428
江原貞博	614
江部充	326
Eldred, E.	235
遠藤英二	385
遠藤博	236

オ

及川敬喜	348
及川俊彦	328
大岩寛	286
大江千広	305
岡田一男	476
岡田芳雄	476
緒方貞夫	482
小川徳雄	512
大川博通	378
大木新平	284
大久保サチ子	316
大久保信一	233, 283, 427
尾崎俊行	510
尾崎幸男	482
長田浩一	461
長塚朗	314, 482
大柴進	358, 624
大島和一	306
大島清	300
大塚恭男	290
大塚為和	369
大塚俊郎	292
大西良子	57
大畑進	379
大原孝吉	373
大村哲昭	178, 284
大村裕	301, 303
岡川和弘	298
岡田一雄	421

岡田勝喜	121, 223, 318	加藤元一	344
岡田敬司	341	加藤漸	342, 418, 455
岡田博匡	222, 345	加藤千代子	371
岡田芳雄	37, 49, 69	加藤寿一	360
岡村桂介	325	加藤正道	311, 312
岡本歌子	293	加濃正明	309
岡本彰祐	358	門田健	240, 284
岡芳包	178, 284	門長生	222
緒方維弘	372	門林岩男	298
緒方貞夫	317	金城清勝	358
小川太郎	327	兼古茂	236
小川義雄	353, 361	鎌倉勝夫	363
小川徳雄	226, 286	上岡利春	624
小木和孝	347	亀田和夫	234, 331
沖田実	353	亀田務	292
沖田充	221	唐橋善雄	292, 427
奥田惇二	297, 303	川井浩	377
奥田治	421	川上正澄	302
奥原昌徳	285	川口戌	119, 178, 363
尾崎俊行	291	川崎博	332
尾崎秀雄	298	川崎了二	314
尾崎幸男	317	川嶋昭司	363
尾関正寛	337	河田真雄	381, 479
小沢遼夫	298	河田溥	481
小田倉力	358	河内十郎	302
小幡邦彦	426	川端五郎	338, 481
越智淳三	59, 334	川村一男	324
小野木宏	229	川村浩	300
小野三嗣	252, 288, 513	河村洋二郎	304, 333, 423, 430, 623
小原昭作	176, 283	管野富夫	232, 341
小保内虎夫	293, 336, 385	菅乃武男	331
大村裕	480, 482, 508, 509		

キ

力		菊地鏢二	336
覚道幸男	364, 430	北里宏	291
葛西四朗	355, 359, 423	北島和夫	291, 480
片岡喜由	308	喜多弘	320
片山次郎	375, 482	木下安弘	346
片山吉穂	371	木下喜博	360, 625
勝木保次	331	木村英一	356
勝田穰	227, 239, 315	木村勝美	301, 509
勝野直	455	木村克弥	324
勝呂清	346	清野茂博	311

木村修平	625
木村慎一郎	364

ク

久家清	329, 431
国吉真	301
久野寧	374
久保田昌良	358
久保秀雄	118, 178, 240, 284, 287, 426, 435
熊谷祐二	385
熊谷洋	290
熊沢孝朗	226
熊本水頼	378
久米敏夫	397
栗田久雄	236
久留勝	298, 302
黒岩晋太郎	351
黒氏謙一	382, 479, 508
黒沢和彦	320
桑田努	55
桑原万寿太郎	332
桑村司	175
Cooper, S.	235

コ

小石秀夫	55, 370
合志弑隆	283
小門峯子	357
高階皓三	283
纈纈教三	482
越野兼太郎	298
呉瑞松	20
小玉作治	343, 510
幸塚嘉一	57, 239, 350, 434, 586
小谷泰造	533
後藤英二	236, 356
後藤賢二	324
五島治郎	451, 569
後藤昌義	338, 339, 481, 508
後藤基成	364
小西喜久治	317

小中和一	366
小林悖一	224, 321
小林真一	283
小林丘	382, 477
小林俊雄	366, 374
小林春雄	343, 525, 614
小林守	226, 286, 512
小林森	384
小山武一	382, 477
小山富康	347, 351
近藤道子	373
近藤義郎	627

カ

斎藤幸一郎	362
斎藤忠義	286, 533
斎藤稔	384
斎藤陽一	295, 296, 299, 351
佐伯欽	376
坂井定治	383
酒井泰一	298
酒井敏夫	322, 478
坂井友吉	491
酒井英夫	294, 295
酒井文徳	290, 378
榎原良平	1
坂田三弥	227, 344, 431, 534
坂本嶋嶺	174
佐川喜一	234, 349, 361
佐久間昭	290
桜井実	375
笹川久吾	237, 285, 287, 429
佐々木和夫	305
佐々木隆	372, 509
佐々木敏弼	294
佐々木長代	377, 432
佐々木日出男	295, 296
佐々木優	327
佐治美昭	290
佐藤昭夫	310, 311, 312
佐藤孝二	451, 569
佐藤侑子	309, 512
佐藤謙助	291

佐藤源	224, 241, 366
佐藤登志郎	351
佐藤昌康	324, 337
佐野忠弘	358
沢田正史	369
沢辺隆司	290

シ

塩見昭三	81
志賀健	77, 118, 178, 240, 284, 426, 435, 627
品川純子	308
品川嘉也	118, 215, 284, 308, 625
篠崎有	320
柴田二郎	339
島田久八郎	336
島田良幸	366, 374, 483
島津浩	319
島本多喜雄	358, 425
清水徳三	337
清水増子	333
下河内稔	149, 421
下山清太	302
神保真也	295, 296

ス

末永一男	324
杉浦茂	352
杉浦耀子	382
梶江勇	225, 374, 384
杉谷正東	418
杉本助男	229, 290
杉本良一	382
杉靖三郎	379
鈴木重隆	421, 476
鈴木泰三	324
鈴木達二	382, 479
鈴木寿	227
鈴木宏哉	336
鈴木正夫	309
鈴木美絵路	429
鈴木光雄	380

鈴木幸子	421
鈴木昭弘	228
寿原健吉	385
栖原六郎	332
須永俊明	358, 425

セ

瀬尾愛三郎	330
瀬川五雄	320
関川徹	354
関園子	314, 325, 332, 427
銭場武彦	223, 304

ソ

副田博之	306, 324, 484
曾根弘	178, 284

タ

平則夫	303
高氏昌	342
高垣玄吉郎	293
高木健太郎	226, 230, 286, 372, 512
高木貞敬	334, 429
高坂広子	240, 363
高下弘夫	332, 499, 506
高田茂	316, 337
高田充	304, 423, 477
高野光司	177
高橋恵	313, 347
高橋義一	375
高橋久仁男	369
高橋国太郎	257, 296
高橋日出彦	175, 335, 343
高橋宏	342
高橋正樹	322
高橋政子	353, 361
高橋政嗣	386
高橋眺正	351
田北周平	225, 367
竹内昭	320
竹内邦夫	358

竹内 享	349
竹内 直司	302
竹内 宣子	320
竹内 宏	292, 427
竹口 尚夷	623
竹田 公久	283, 313
竹田 昌暉	320
竹中 繁雄	229, 283, 287
竹中 敏文	331
竹中 昇	283
武部 吉秀	377, 432
竹宮 隆	288
田崎 一二	479
田崎 京二	328
田多井 吉之介	349, 477
立田 栄光	332
伊達 辰之進	223
伊達 慶宗	308, 625
種瀬 富男	382
田口 秀子	324
田中 育郎	374, 483
田中 一郎	338
田中 英彦	322
谷国 勝美	221, 481
田原 仁	293
田村 恭昭	225, 367
田村 嘉宏	236, 359
田村 好弘	372
玉井 忠	338, 508
玉重 三男	324
玉野井 逸朗	338

子

中馬 一郎	356, 433
千葉 隆一	348
千葉 康則	331
陳 文祥	238

ツ

塚田 裕三	173, 307, 308
塚原 仲晃	305
附田 恵	329

津崎 邦英	375
辻 健三	360, 625
辻 本毅	119, 178, 240, 363
辻本 万里子	587, 588
円谷 豊	341
坪井 実	289, 364

テ

寺沢 肇	302
寺田 栄一	226, 286, 512
寺本 成美	291, 480

ト

問田 直幹	480
土居 良雄	307
渡植 貞一郎	380
戸叶 栄一	339
時実 利彦	257
徳満 豊	352, 354, 509
得本 博允	179, 330
登坂 恒夫	338
戸塚 武彦	342, 455
土肥 豊	351
富田 晋	356
富田 恒男	327
外山 敬介	335, 426, 511
豊木 実	55, 555
豊田 順一	327
豊田 博	348
鳥居 鎮夫	233, 307

ナ

内藤 博江	57, 239, 350, 434, 586
永井 一夫	292, 533
永井 寅男	342
長岡 信一	227, 315
長岡 靖子	587, 588
永木 譲治	332
長倉 政行	352
長島 長節	352
長井 音次	119, 178, 240, 363

永田実男	295	丹生治夫	378
中尾弘之	294		
中島晃	378	ネ	
中川旭子	361		
中島重広	426	根本良一	355, 359, 423
中島淑子	508		
中島洋	293	ノ	
中西政周	58, 239, 312, 587		
中西穎央	290	野口拓郎	351
中野昭一	382	野原広太郎	385
中原孝	342	野原進	341
中村恵子	362	野村浩道	176, 340
中村勉	386	野村恭也	352
中村仁	346	野本昌弘	331
中村豊	300	Allen, C. Norton	328
中村治雄	127, 370		
中村嘉男	296, 478	ハ	
中山沃	225, 368		
中山雪麿	321	羽賀道信	378
那須千鶴子	587, 588	萩原生長	585
名津井悌次郎	226, 362	萩原仁	221
名取礼二	322	橋村三郎	314
浪川素	346	蓮村成子	226, 362
成瀬行夫	57	橋本澄子	178
難波寿夫	506	橋本行則	483
		畠山一平	345, 361
ニ		畠山敦子	361
		八田博英	355
新島旭	344	服部俊亮	227, 239, 315
新山喜昭	55	服部好典	315
新美良純	310, 428	花岡利昌	333
西岡伸子	293	浜清	173
西彰五郎	306, 485	浜島秀典	307
西島早見	225, 367	浜田徹	430
西田勇	222, 330	浜名信也	332
西中弘	58, 239, 312, 587	浜野悦子	355
西丸和義	355	早川貞夫	355, 359, 425
西丸貞	355	林麟	292, 389
西丸直子	355	林秀生	340
西村茂人	352, 354	林泰正	58, 297, 301, 623
西山明德	325	原千代子	215
西脇彰	119, 235, 356	原俊明	335
新田初雄	225, 374, 384	原桃介	351
二唐東朔	327	Hunt, C. C.	235

ヒ

東野庄司	429
東原恭雄	374
菱田不美	315
一ッ子邦泰	533
日野道夫	221, 330
表野篤	329
平井健治	382, 383, 479
平尾武久	177, 233, 257, 294, 478
平川千里	237, 287
平田稔郎	358
平野源一	296, 299
平野修助	307
平間茂之	341
広兼明	291

フ

深見安	238, 303, 436, 623
福住弘雄	434
福田篤郎	382, 424, 477
福原武	366
藤井一元	223, 304
藤井崇知	433
藤沢清	293
藤下成周	329, 625
藤田勉	358
藤田稠清	300
藤田紀盛	379
藤田安一郎	295
藤谷嘉子	345
藤本清一	57, 350, 434, 586
藤本富次郎	55, 95, 106, 111
藤本守	55
藤森聞一	310, 311, 312
二木宏明	177
船木三郎	313
舟木広	61, 357
船越正也	421
古河太郎	303, 436, 623
古沢末義	366, 374, 483
古谷光江	316, 337

K. T. Brown	429
-------------	-----

ホ

星 猛	360, 378
細谷雄二	329, 431
北条太久磨	338
堀田利夫	331
堀内噎子	313, 347
堀江港三	292
堀泰雄	57, 298, 623
本田和正	368
本郷利憲	319
本多夏生	291, 480
本田良行	56, 226
本間慶蔵	324
本間三郎	177, 319, 512
本間邦則	316
本間運隆	451, 569
Boyd, I. A.	235

マ

前川杏二	300
前川裕彦	236, 359
前野 巍	301, 303, 482
巻幡勝之	81
真島利雄	304, 326
真島英信	321, 323
増田剛志郎	509
増田 充	322
榎屋 滋	291, 510
榎村純生	308, 436
松下明成	510
松下 宏	624
松島節子	587, 588
松田幸次郎	360
松谷天星丸	307
松葉三千夫	384
松葉幸雄	352
松本淳治	311, 422
松本 敏	56, 111
松本政雄	314, 325, 427
松本保久	352, 354, 509

松村幹郎..... 321
 馬場先恵美子..... 307
 丸尾雅弘..... 358, 624
 万井正人..... 287
 万木良平..... 372, 376
 McIntyre, A. K..... 235

三

御巫清允..... 320
 三上智久..... 326
 三上芳太郎..... 286
 三木福治郎..... 330
 水上誠..... 375, 482
 水野精一..... 291
 三田俊定..... 326
 御手洗玄洋..... 230, 290, 328
 光辻哲馬..... 358
 箕島高..... 288, 377
 美原恒..... 358
 三村珪一..... 291, 299, 480
 宮川清..... 349, 366
 三宅可浩..... 178, 285
 三宅要交..... 431
 宮崎英策..... 322
 宮沢忠..... 307, 340
 宮島昌子..... 203, 267
 宮原ハツヨ..... 370
 宮原英夫..... 313
 宮本健作..... 421
 宮本博司..... 178, 284
 深山幹夫..... 379
 三好清勝..... 623
 三好正人..... 237, 364, 433, 626

△

武藤幸子..... 175
 宗宮保..... 290
 村上恵..... 375, 482
 村上哲英..... 330
 村上長雄..... 377, 432
 村上元彦..... 327
 村田章..... 366

村田和夫..... 424
 村田計一..... 234

モ

望月政司..... 347, 351
 本川弘一..... 297, 303
 元木沢文昭..... 310, 311, 312
 本林富士郎..... 290
 本山十三生..... 342, 455
 森岡三生..... 347
 森川定雄..... 359
 森川三郎..... 356, 433
 森川重正..... 384
 森川襄治..... 325, 426
 森崎益雄..... 384
 森下敬一..... 355, 359, 423, 425
 森田友喜..... 429
 森信胤..... 385
 森本貞信..... 223, 337
 森本孝..... 237, 285, 287, 429, 626
 森本武利..... 237

ヤ

屋井ヒデ子..... 283
 八木繁実..... 283
 八木舍四..... 359
 矢後長純..... 384
 安田浩士..... 330
 安田省三..... 533
 安田武..... 332
 安原基弘..... 587, 588
 矢永尚士..... 338, 508
 矢原庄二..... 308, 625
 藪英世..... 322
 山川純..... 203, 267, 323, 350, 513,

573

山岸俊一..... 360, 424
 山口恒夫..... 324
 山口俊夫..... 322
 山口豊治..... 406
 山口雄三..... 163, 181, 298, 421
 山崎博男..... 358, 425

山下一邦	382, 508
山下智	332
山下博邦	342
山田敏男	374
山田守	223, 316, 337
山野俊雄	178
山本清	380
山本正	236, 359
山本長三郎	333
山本宗平	372
鎗田健一	283

ユ

湯浅辰一郎	521
遊佐清有	353, 361

ヨ

横井泰生	175
横田健之	347
横田敏勝	311, 312
横村英一	378
横山正松	367
吉井直三郎	298, 421, 623
吉雄敬彦	382
吉田敏郎	326

吉田正雄	480
吉田光雄	294
吉田洋	364, 430
吉村寿人	55, 56, 81, 106, 111, 237, 287, 364, 433, 585, 262, 627

ラ

Laport, Y.	235
------------	-----

ワ

若林勲	309, 512
和合卯太郎	229
和田すみ	341
和田正男	375
和田康敬	346
和知光雄	386
渡辺昭	174, 283, 313, 521
渡部英史	358
渡辺慎五	422
渡辺禎二	314, 325, 427
渡辺昌美	348
渡辺由雄	296
亘弘	118

日本光電の電気計測、診断装置

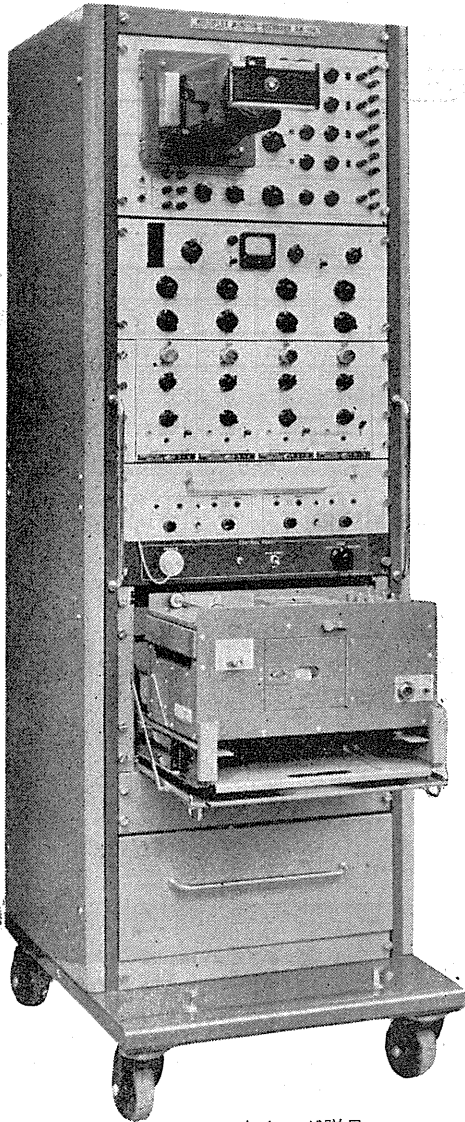
新製品紹介

多用途監視記録装置 RM-150

各種生体现象の4素子監視記録装置であり、4現象ブラウン管オシロにより波形を観測し直記式オシロによりDC~150 c/sの記録ができます。

また前置増幅器はプラグイン式で各種選択組み合わせができますから、1台で多用途に応用できる万能型装置です。

・プラグイン式前置増幅器の種類 生体電気用、ひずみ・力計用、1素子心電図用、心音増幅用、高感度直流増幅用、積分用等。



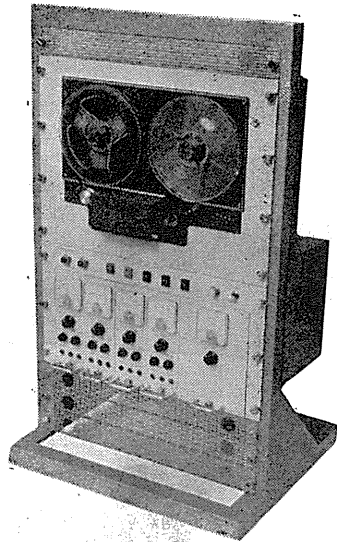
脳波分析装置
 光・音刺激装置
 筋電計
 心電計
 電気脳内(眼底)血圧計
 電気血圧計
 電磁流量計
 呼吸流量計
 電子管刺激装置
 微細電極用増幅器
 多用途監視記録装置
 磁気記録再生装置
 万能ブラウン管オシロスコープ
 顕像式電磁オシログラフ
 インク書オシログラフ

磁気記録再生装置 SDR-41 (ラックタイプ)

1/4" テープ使用、各ユニットの差し換えにより多用途に応用できます。記録波形の再現、波形の解析に最適です。

SVR-21 (ラックタイプ)

SPR-30A (可搬型)



製品型名	SDR-41	SVR-21	SPP-30A
外形	ラックタイプ	ラックタイプ	可搬型
機	4トラック	2トラック	3トラック
積	テープ速度 19.5 cm/sec	19.5, 9.5, 0.975, 0.475 cm/sec	19.5 cm/sec
性	使用ユニット PP-1 PD-1 PK-1 AK-1	-	-
能	周波数範囲 DC DC 100% 100% -60% -1k -5kd	0.3k-3kc	DC-100%
	S/N比 44dB 31dB 24dB 20dB	35dB	46dB
	直線性 1% 1% 1% 0.5%	3%	1%

カタログ贈呈

日本光電工業株式会社

営業部 東京都新宿区角管2丁目84 大阪営業所 大阪府北区南森町11 第一ビル
 仙台営業所 仙台市東3番丁70 山一會館 福岡営業所 福岡市浜小路26 浜小路ビル
 名古屋営業所 名古屋市中区覚王山通り7丁目1 田代ビル 札幌代理店 札幌市北8条西4丁目



編集兼
 発行人

東京大学医学部生理学教室内
 戸塚武彦

印刷所

中村作右衛門
 鶴岡印刷株式会社

発行所

東京大学医学部生理学教室内
 日本生理学会

振替
 東
 定価
 百五拾四円