

日本

生理学

雑誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

29巻 2号 1967

綜 説

田崎京二：動物の眼と偏光…………… 51

原 著

吉村寿人・今井雄介・三好正人・山本豊・平位喜七郎：
ATP投与による犬顎下腺唾液分泌機転に関する研究…………… 59

足立明・岡本純一・浜田徹・河村洋二郎：Sodium 5'-inosinate
に各種アミノ酸を混合した場合の味覚…………… 65

地方小学会報

第173回生理学東京談話会…………… 72

第12回生理学中部談話会…………… 74

速 報

Koji Uchizono: A possible mechano-receptor in the cardiac muscle of the rabbit…………… 83

Jap. J. Physiol. 抄録

Vol. 16, No. 1 (1966. 2)…………… 85

日本生理学史

東京医科歯科大学歯学部生理学教室史…………… 89

短 報

〔書評〕戸塚武彦：Cybernetics of the Nervous System, Wiener, N. and Schädé,
J. P. (Elsevier Publ. Co. 1965)…………… 95

戸塚武彦：聴覚と音声，電気通信学会（1966-9）…………… 95

〔意見〕岩間吉也：刺激が伝わる…………… 95

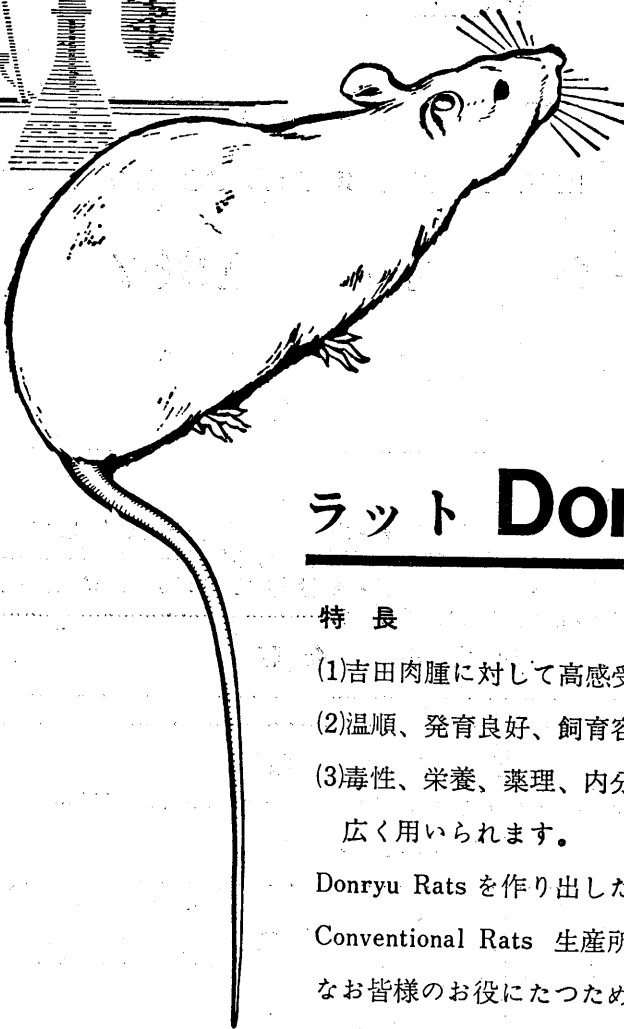
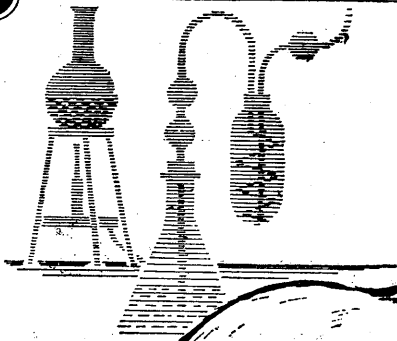
〔総会日程変更〕：第44回日本生理学会総会開催の御案内（第3報）…………… 96

〔講習会予告〕第2回物理学基礎講習会（第2報）…………… 97

〔編集後記〕…………… 98

日本生理誌
J. Physiol. Soc. Japan

日本生理学会



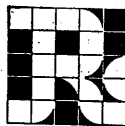
ラット Donryu

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)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 生産所です。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。

飼育系統——〈Donryu〉 〈Wistar〉



日本ラット(株)

埼玉県浦和市根岸608-3
TEL (0488) 22-7493

生理科学の進歩

—第23回国際生理科学会議解説記録—

本書は、第23回国際生理科学会議（1965，東京）と、関連シンポジウムの総括的解説記録を系統的にまとめてある。

招待講演，シンポジウム，一般講演等の執筆にはそれぞれの副座長が，各関連シンポジウムには主催者が当った。これによって，各国の生理科学研究の動向と成果が明らかにされた。

国際生理科学会議出席者は，国際会議の印象を新たにするために，また，不参加者や関連領域の研究者は，最近の生理科学の全貌をみるために，ご一読されるようおすすめする。

内 容

昭和 41 年

12 月 発 売

B 5 判 約 250 頁

定 価 1000 円

1. 国際会議での挨拶：名誉会長，会長，副会長
2. 招待講演解説：荒木辰之助他12編
3. シンポジウム解説：13編
4. 一般講演解説：Molecular Physiology 他14群110余編
5. 映画，示説の解説：3編
6. 関連シンポジウム解説：12編
7. 外人の感想：A. L. Hodgkin (England) 他 9 名
8. 印象と感想：原 三郎他10名

決定定価と郵送料とについて

本書は定価，予約定価を予報して参りましたが，内容の増大，印刷事情，郵送料等の関係から，この度改めて慎重に検討した結果，定価1000円（別に送料1部90円）と決定致しました。

医 歯 薬 出 版 株 式 会 社（販売元）

東京都文京区本駒込1丁目7-10 TEL (942) 0101

発 行 日 本 生 理 学 会

東京都文京区本郷 7-3-1 東大医学部生理学教室内

追 加

本書30頁の“Excitation and inhibition in smooth muscle (Bülbring)”
には日本生理学雑誌29巻2号(本号)末尾に添附の文章が追加されます。

実験感染学

宮川正澄・三橋 進・石田名香雄 編 [3月下旬刊]

感染という高等生物と微生物間の現象を純度の高い実験動物と物理化学的検索技術を駆使して、感染の開始から感染の現実・感染の応答・炎症を説明する物質群・感染からの回復を支配するもの・感染における神経支配・ホルモン支配・感染の生化学にわたって実験的に記述、さらに各論を個別に解説。★B5判 572頁 価6800円

細胞生物学

中原和郎・藤井 隆・三浦義彰 編 [3月下旬刊]

本書は、新しくひらけつつある細胞生物学の分野を、広汎な見地から概観しようとしたもので、第一線で活躍する多くの生物学者、生理学者、生化学者、生物物理学者の協力によって完成された。わが国における細胞生物学の水準を示すものであり、大学や研究所における研究者大学学生の好指標。★A5判 748頁 価3800円

分子薬理学

アリエンズ編/木村正康・高柳一成訳 [最新刊発売中]

ホルモン、選択毒性を有するもの、オーキシンなどを含む各種薬物活性物質の作用、およびこれらの生体内で変化したものなど生物活性のある物質の作用態度を分子レベルから解明したもので、一般薬理学の教科書に見られるような全項目羅列を避け、その底に流れる薬物作用の原理を具体的に解説。★A5判 452頁 価3000円

病理学入門

九大教授 医学博士 田中健蔵 著 [最新刊発売中]

分子レベルの研究にまで拡大されている病理学の新しい胎動の中で、臨床の経験をもつ病理学者である著者が臨床と病理とのかけ橋となるよう、すでに刊行された多数の病理学書の精華を取り入れ新しい知見を加え簡潔にまとめた。医学・生物学を志す学生のみでなく、臨床家の絶好の参考書である。★A5判 416頁 価1900円

医学生物学のための有機化学 6 生体色素

東大名誉教授 理学博士 服部 静夫 東大教授 理学博士 下郡山正巳 著 [3月下旬刊]

医学・生物学を学ぶ人のための生体色素の最新入門書。[内容]カロチノイド類、フラボノイド類、キノン類、諸種の構造の母核をもった色素(全7巻4回) 予価1000円

(1回発売中) 3巻「タンパク質」佐竹 一夫著 ★価1000円
(2回発売中) 7巻「核 酸」浮田忠之進著 ★価1000円
(3回発売中) 2巻「炭水化物」江上・西沢著 ★価1000円

臨床診断微生物学

—検査の進め方と考え方—

牛場大蔵・甲野礼作他5氏編 価5000円

実験腫瘍学

宮川・佐藤・螺良 監修 価8000円

放射線治療学

宮川・山下・梅垣 監修 価5000円

医学実験装置ハンドブック

東 昇・中垣 正幸 編 価3800円

医学・生物学のための数学

デファレンス スネッドン 宮脇 一男・他3氏訳 価2500円

酸-塩基平衡の臨床

山村 秀夫 編 価2000円

公衆衛生検査

辺野喜正夫・児玉 威 編 価2500円

脳の生理学

時実 利彦 編 価3000円

ウイルス学

東 昇・石田名香雄 編 価8500円

臨床酵素学

赤堀 四郎・沖中 重雄 監修 価5500円

酵素ハンドブック

赤堀 四郎 監修 価3500円

血液化学

吉川・藤坂・黒田・中尾 編 価4800円

免疫化学

山村 雄一・石坂 公成 編 価4800円

内分泌学 [全II巻]

三宅 儀・山本 清 編 各巻価8500円

腫瘍生化学

久留 勝・三浦 義彰 編 価4300円

人体寄生虫ハンドブック

松林 久吉 編 価3300円

新細胞学

妹尾左知丸・高木 康敬 編 価4000円

微生物学入門

小笠原・松本・阿多 著 価1500円

新栄養学

中川一郎・二国二郎・吉川春寿 編 価3800円

—最新「医学図書目録」進呈—

東京都新宿区
東五軒町 55
振替口座 東京 8673

朝倉書店

[綜説]

動物の眼と偏光 612. 844 : 535. 51

Eye and polarized light

田崎 京二 (Kyoji Tasaki)*

ある種の動物は自然偏光の振動方向を検知する能力を持ち、しかもこの能力を彼等の生活に利用していることは紛れもない事実といわれている⁴⁾¹¹⁾²⁶⁾。特に von Frisch⁵⁾⁶⁾⁷⁾ によって開拓された蜜蜂の帰巢に関する研究はよくこれを物語っている。蜂は青空から来る偏光の振動面の方向を検出することにより、たとえ太陽を明視出来ない曇天下でも、また室内でも、もし青空の一部が見えさえすれば太陽の方向を知ることが出来るという。そして自分と太陽を結ぶ方向を基準にして「蜜蜂のダンス」として知られている円舞運動により、自分が記憶した餌場の方向と距離を仲間に知らせるのである。この von Frisch の蜜蜂に関する研究に引続き、他の動物についても偏光面識別能は疑いのないものであることが次第に明かとなって来た。

さて、昆虫を始め多くの動物が偏光面識別を行なっているとすれば、先づ第一に眼そのものが偏光の分析器であることが必要であるが、眼のどの部分がこれに当るのであろうか。光学的に均質な角膜、レンズ、水晶体、硝子体などの光学系に偏光板のような分析装置を発見出来なかったという理由で、直接的証明がないまま、構造の複雑さのため視細胞そのものが分析器と考えられて来たのは当然であろう。昆虫の複眼は多数の個眼の集合であり、各個眼は8箇の視細胞が放射状に互に45°の角度で規則正しく配列したものである。もし各視細胞は偏光板(分析器)の性質をもち、それぞれ固有の振動方向の光を撰択的に吸収するものとすれば、蜂の個眼は8箇の分析器が放射状に並んだものという事が出来る (Fig. 1)。これが蜂の偏光面識別

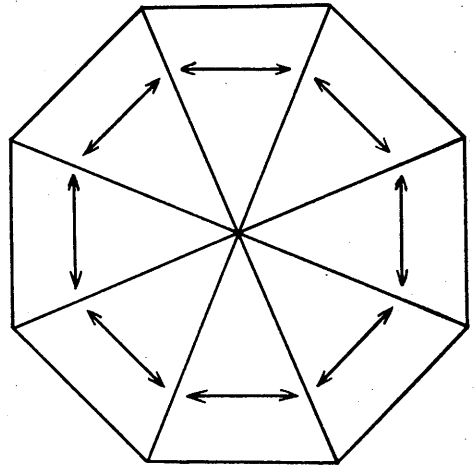


Fig. 1. The model of the bee's ommatidium proposed by Autrum.

を説明するものとして広く受け入れられている「Autrum のモデル」⁷⁾である。このモデルの妥当性は次の実験で確かめることが出来る。微小電極を個眼内の1箇の視細胞内に挿し、偏光刺激を行なって受容器電位を記録する。そして偏光の振動面を一廻転すれば90°おきに受容器電位の振巾が最大と最小を繰返えすことが期待される。KuwabaraとNaka¹⁰⁾を始め、この種の細胞内受容器電位を示標にした実験が昆虫の複眼について行なわれ、何れの場合も少なくともある視細胞は偏光の種々の方向の振動面の中、最大振巾を以つて反応する面 (sensitive plane) があり、それと直交して振動する方向では最小の反応を示すことが明かになった¹⁾³⁾。このことから直ちに「Autrum のモデル」が証明されたということにはならない。それには一つの個眼内にある8つの視細胞はすべて一つの sensitive plane を持ち、しかもそれら8つの sensitive plane は互に45°ずつ傾いて規則的に配列していることを示さなければならないからである。

* 東北大学医学部第2生理学教室
Department of Physiology, Tohoku University School of Medicine

実際問題として1箇の個眼の中の全部の細胞に例外なく電極を挿すことは不可能であるので、at randomに電極を挿し、多数の細胞のsensitive plane の方向を統計的に表わして見るという方法もある¹⁷⁾。

しかし何れにしる昆虫や甲殻類の単一視細胞から細胞内電位を記録する実験の結果は必ずしも一致せず、これらを矛盾なく説明することは困難なことが多い。その主な理由は、光がある

面に当たるとき、入射角が直角でないと「Fresnelの反射」により入射面は偏光源となり、入射および屈折光は偏光を含むことになるからである。このような実験条件で眼に偏光を与え、その振動面を廻転すれば視細胞に入る光の強さは振動方向によって周期的に変化することになり、ある特定方向の振動面をもつ偏光に対して最大の受容器電位が得られたとしても、その方向がsensitive plane の方向という訳には行かない。昆

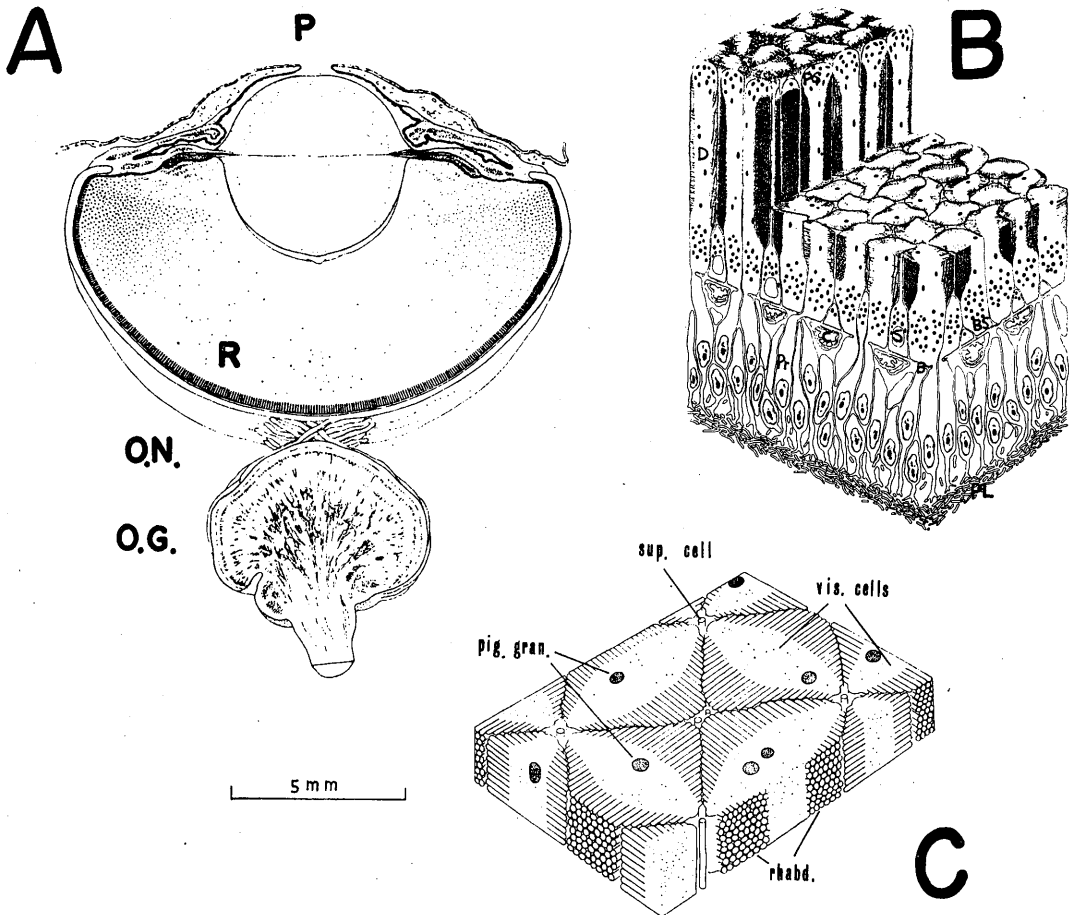


Fig. 2. A : Cross section of the octopus visual system. P, pupil ; R, retina ; O. N., optic nerve ; O. G., optic ganglion (Yamamoto, T. 1966).

B : Schematic, three-dimensional reconstruction of the octopus retina. B, basement membrane ; BS, basal spindle portion of the visual cell ; C, blood capillary ; D, distal segment of the visual cell (Yamamoto et al.³⁰⁾)

C ; Schematic representation of the tangential section of the receptor layer of the octopus retina. vis. cell : visual cell, rhabd. : rhabdomere, sup. cell : slender process from supporting cell, which extends to the vitreal surface of the retina. pig. gran. : pigment granules (Based on Yamamoto et al.³⁰⁾ and modified from Moody and Parriss¹³⁾).

虫や甲殻類の眼を扱う限りこの困難は避けることが出来ないし、また細胞内に刺入されたガラス毛細管電極もまた「Fresnelの反射」を引起こす可能性があることも考慮しなければならない。このような観点からKennedy & Baylor⁹⁾は細胞内電位を示標とした従来の実験結果を激しく批判している。

ではこのような実験誤差や誤まった解釈を下す可能性が全くない理想的実験はどうすれば可能であろうか。頭足類網膜がこの目的に極めてよく適していることを次に述べよう。

頭足類の視覚系

頭足類の眼は無脊椎動物の中では最大のものであり、光学系として見れば脊椎動物の眼に酷似している (Fig. 2A)。しかし網膜は脊椎動物に比べて簡単で、一層に並んだ視細胞とその間に介在する支持細胞からなっている。光感受性のある視細胞外節の先端は入射光線の方向、すなわちレンズの方を向き、また外節と反対側の端からは軸索突起が出てこれは鞏膜を貫き視神経となり、視葉に至って始めてニューロンを代える³¹⁾³²⁾。視細胞の配列は極めて特徴的である。Fig. 2Bは電子顕微鏡所見に基づいて作られた立体模型である。外節の部分で網膜の表面に平行に切断すると、碁盤の目のような規則的な模様が現われる (Fig. 2C)。その一つの目は互に直交する四つの細胞からなり、これは rhabdome と呼ばれる。Rhabdome を形成する各細胞からはこの四辺形の各辺に直交する極めて細い microvilli といわれる直径数百 Å の管が突出している¹⁴⁾²⁹⁾³⁰⁾³³⁾。更に興味深いことは、rhabdome が規則的であるのみならず、rhabdome を形成する四辺形の各辺はそれぞれ *in situ* の水平および鉛直方向を向いていることである。従って microvilli もまた *in situ* では水平と垂

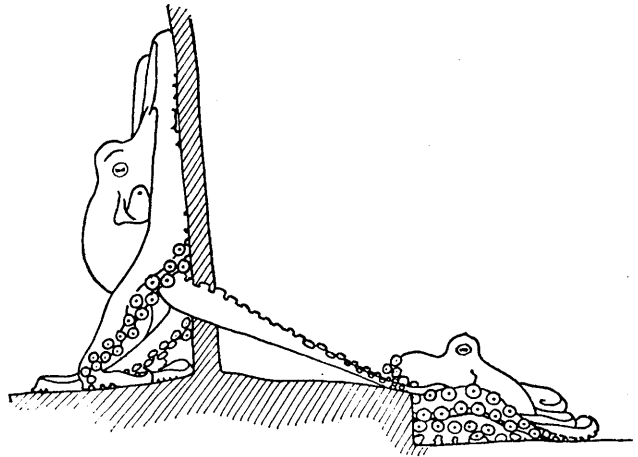


Fig. 3. Horizontal slit pupil of the octopus (Wells²⁸⁾).

直の二方向をとることになる。Microvilli は視物質を含む光受容部と考えられるので、microvilli の水平垂直の配列こそ今ここで問題にしている頭足類網膜の偏光面識別を説明する基本的構造なのである。

次にもう一つ付け加えたいことは眼球の運動である。眼には瞳孔があり、タコでは瞳孔は長軸が水平方向を向いたスリット状をしている。面白いことにタコは体位 (実際は頭の位置) を如何にとらうとも外眼筋的作用によって瞳孔が水平になるように眼球の変位が直ちに補償される (Fig. 3)。両眼の間に存在する statocyst と呼ばれる平衡器官を破壊すればこの補償作用は失なわれる²⁸⁾。

この眼球の補償運動と先に述べた microvilli の配列の規則性とを合わせて考えると、少なくともタコでは microvilli は頭の位置如何に抱らず常に海面に平行と垂直の二方向を維持していることになる。また rhabdome を作る細胞の一组 (同じく microvilli の一组) がスリット瞳孔と平行になっていることは、後で述べる実験には極めて好都合である。何故ならスリット瞳孔の方向を肉眼で見ただけで、電子顕微鏡によってしか見る事の出来ない microvilli の走向を知ることが出来るからである。

頭足類網膜と偏光

Microvilli の規則的配列, しかも配列方向が海面と平行 (および垂直) に保たれていることは, この動物が海面と平行および垂直にやって来る偏光を識別するであろうことは想像に難しくない. 事実MoodyとParriss¹²⁾¹³⁾はこのような想定のもとに, タコを偏光の振動方向によって条件づけることを試みている. つまり一方の振動面とタコの好物であるカニ, 振動面の他の方向と電撃という組合せで, タコの偏光面識別能を調べたのである. この実験の結果によると, 水平と垂直の偏光はよく識別されるが (約80%), 45°と135°の互に直角な偏光もまた可成りよく識別されている (約70%). したがってこの結果は予想とは違ったものだし, この結果とタコ網膜の微細構造とを対応させることは困難である.

次に微細構造の上から非常によく説明することが出来るタコの ERG を示標として行なった実験¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾について説明しよう. 前述の通りタコ, イカの眼は甚だ大きいので角膜, レンズ, 硝子体などを取除き, 網膜と鞏膜のみを互に密着した1枚の膜として実験用標本を作ることが出来る. 前以って鞏膜側の結合組織や視神経をきれいに切り取っておけば, この網膜標本は無関電極である銀板にのせる場合, 網膜表面を完全に近い平面とすることが出来る. 刺激光をこの網膜面に垂直に入射させれば, 昆虫や甲殻類の眼を使用する時に生ずるような標本前面で起こる「Fresnel の反射」を除去することが出来る, また大きい網膜の広い部分に光を当てるの

で, 細かいガラス電極からの反射によって生ずる偏光は問題にならない. つまり前に述べた理想的実験条件が設定されたことになる. 更に便利なことは, この標本作成に当りスリット瞳孔の方向を実験台上に引いた直線に合わせておけば, microvilli の方向はこの直線と平行および垂直方向をとることであり, 偏光刺激に際しその振動面と microvilli との間の相対角度を正確に規定出来ることである.

さて, 平面状に上げられた網膜面に微小電極を当て, *in situ* の瞳孔方向を基準として振動面を少しづつ廻わしては短かい持続の偏光で照らすと Fig. 4 に示すような結果が得られる. ここで上向きの緩電位は既に記載されている軟体動物の electroretinogram, ERG²⁾⁸⁾¹⁶⁾²⁴⁾と本質的に同じものであり, 一般には視細胞の興奮に基づいて生じる集合受容器電位と考えられている. これが純粹の受容器電位という考えには疑問があり, 更に別種の電位が混在していると思われる証拠もあるが²²⁾²³⁾, この ERG には受容器電位が可成りの部分を占めていることも事実であるから, この点は余り問題としないで先に進むことにする. Fig. 4 の結果は単純である. スリット瞳孔の, したがって microvilli の方向に対して, 如何なる方向に振動する偏光を与えても受容器電位の大きさは変らない. つまり網膜全体として特定方向の偏光に対して特異的に大きい反応を示すということはない. 勿論この際不用意な操作の結果, 網膜上にヒダを作ってしまったような場合には明かに「Fresnel の反

射」の結果, 90°おきに ERG の最大と最小が現われて来る. しかしこの場合 ERG の最大・最小の現れる方向は網膜の場所によりまた標本の違いにより一定しない. 注意深く網膜を上げ, どの方向の偏光に対しても一定の ERG が得られることを確めて (control run), 続いて次のような操作を網膜に加えて見る. 例えば 0° (スリット瞳孔) の方

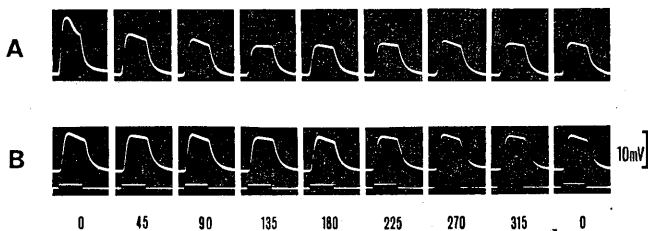


Fig. 4. Octopus ERG with rotation of the polaroid. A : after dark adaptation, B : after light adaptation by weak non-polarized white light. Numerals at the bottom of figures indicate angle of rotation of polaroid in degree. Stimulus duration, 0.5 sec. Negativity is upward in this and all following figures.

向に振動面を持つ偏光 (0° の偏光) で長時間網膜を持続的に照らす (selective adaptation). そして直ちに control run と同じ操作を行なう (test run). 結果は Fig. 5A 上に示される通り順応光と同じ振動面を持つテスト偏光に対する ERG は著しく振巾が小さく, これに直角方向の偏光では逆に大きい. 順応光を 90° にすると Fig. 5A 中のように, 90° のテスト光で最小, 0° で最大となるが, 45° の順応光ではこのような変化は見られない (Fig. 5A 下).

この selective adaptation の方法は Fig. 5B のように行なうことも出来る. 先づ始めに 0° で持続の短い光を数回与えると, 反復刺激による明順応の結果 ERG は小さくなる. そこで振動面をすばやく 0° から 90° に廻転してやり, 光を与えると第 1 発目の刺激光に対しては大きい ERG が出て, また刺激を繰返していると ERG は小さくなる. これは 0° と 90° の間何度でも反復して観察出来る (Fig. 5B 上・下). しかし振動面を同じく 90° 廻転するにしても 45° と 135° の間では, この一過性の ERG の振巾増大は決して起こらない (Fig. 5B 中).

これらの実験から次のような想像をすることは少しも無理ではない. 頭足類網膜には少なくとも二つの反応系 (細胞群) がある. それらはそれぞれ水平と垂直偏光に対して最大の反応を, それと直角方向の偏光には最小の反応を示す. これら二つの反応系の示す電気的活動 (ERG) をそれぞれ H, V とすれば, 0° の偏光刺激で H は最大, V は最小, 90° ではその逆である. H と V の定義から明かであるが, Fig. 4 の結果を満足させるためには, 刺激偏光の振動方向如何に拘らず $H+V=一定$ ということは重要である. また水平 (または垂直) 偏光 (0° の偏光) の selective adaptation により H (または V) が V (または H) より強く反応性の低下を来たすため, test run では V (または H) の性質がより明かに現れてくると考えれば Fig. 5 の結果もよく理解出来る. 更に 45° の adaptation ではこの二つの sensitive plane には等しいベクトル成分が作用するので, H と V の反応性の低下

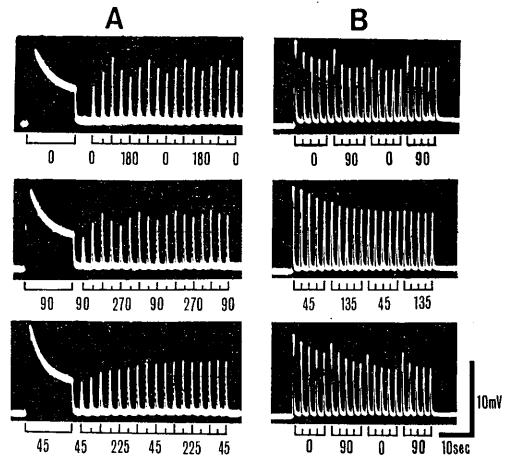


Fig. 5. Oscilloscope tracing of octopus ERG. DC recording. A, Retina was first light-adapted at 0° (vertical) for top, 90° (horizontal) for middle, and 45° (oblique) for bottom record. The 'Polaroid' was then rotated at 45° interval. B, Five flashes in same plane of polarization, then the 'Polaroid' was rotated by 90° , and the same procedure was repeated. Experiment was carried out from top to bottom in both A and B. Numerals under each record indicate position of 'Polaroid' in degree.

は同程度に起こることになり test run は control run と同じ結果を示すことになる.

以上要約すると sensitive plane は水平と垂直方向に少なくとも二つ存在し 45° と 135° の斜方向にはないということであって, それ以上の数は存在しないという結論は出せない. Sensitive plane がそれ以上存在するか否かは, 問題とする方向で selective adaptation を行ないそれに続いて test run を行なって見ればよい. Fig. 6A では Fig. 5A 下同様 90° で selective adaptation を行なって 90° で最小, 0° で最大の反応を得ることを示しているが, B, C では 90° から 30° づれた方向で adaptation をしている. もし 90° より 30° づれた 60° (または 120°) の方向に sensitive plane があるならば, test run で 60° (または 120°) で最小, それと直角方向で最大の反応を呈しなければならぬ. 所が B, C の結果は明かに 60° , 120° には sensitive plane が存在しないことを示しているのみならず, 90° 付近ではどの方向で selective adaptation を行なっても

90°の sensitive plane が撰択的に反応性の低下を起こしていることを示している。この種の実験を90°や0°の附近のみならず、多くの方向について繰返せば、結局の所網膜には水平と垂直の唯二つの sensitive plane しか在存しないことが明かになる。

ここまで説明がおよべば、機能的に水平と垂直方向にあると考えられる sensitive plane 或いは反応系、細胞群などと呼ばれて来たものと網膜の構造とを対応させることには何の困難もない。Fig. 2B, C に示されている水平と垂直方向に延びる microvilli がそれぞれの sensitive plane を形成していると考えるのである。このように二つの sensitive plane が互に直交していれば入射する偏光の振動方向を検出することは不可能ではない。最も簡単には H と V の大きさの比が入射偏光の振動方向によって決まると考えることすら差支えないことであろう。勿論この例は単純に過ぎるけれども、光受容の第一段階にこのような道具だてが揃っていれば、

引続いて分析処理を行なう中枢神経に対する準備としては充分であろう。ともかくも、今迄述べて来た sensitive plane, つまり microvilli は偏光の検出器となり得るということである。最近のカニ網膜の電子顕微鏡の研究によると、個眼内の個々の視細胞は放射状になっていても、細胞表面から出る microvilli はどの細胞から出るものも結局は互に直交する二方向の何れかになってしまおうという²⁷⁾。そしてカニもまた直交する二方向の偏光を織別するともいわれるが、ここで述べた実験をそのまま適用すれば簡単にこれを証明することが出来よう。

次に、水平と垂直に走る microvilli が偏光の検出器とすれば水平（または垂直）偏光は二つの中何れの rhabdomere によって検出されるのだろうか、という問題が起こってくる。これを実験的に解くための方法として幾つかの可能性が考えられるが何れも容易ではない。例えば直接 rhabdomere の二色性 dichroism を検出する試みは極めて有意義ではあっても、新鮮な無

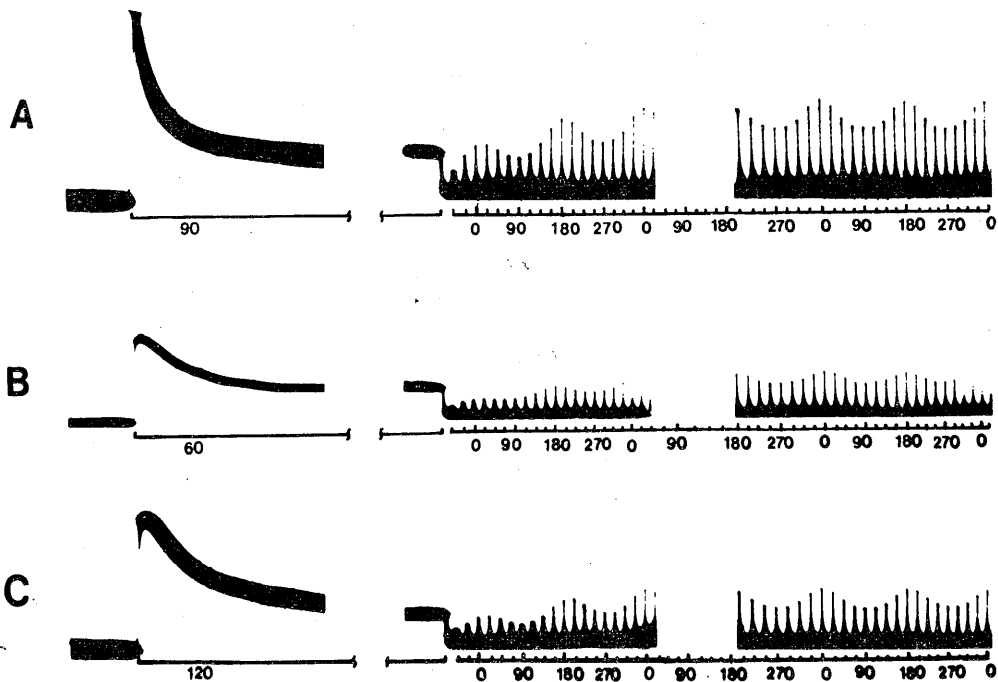


Fig. 6. Selective adaptation at around 90°. Adapting light lasted about 2 min. Long lasting deflections with slow decay at left in A, B and C are the response to adapting light.

染色網膜を透過光で観察することは頭足類の場合網膜と鞏膜が分離しにくい為もあり容易でない。また rhabdomere tubules の形質膜内外の光学的常数, rhabdomere の幾何学的諸数値から、この構造がどの方向の振動をよく通過させるかを純粋に光学の問題として扱うことも出来る。しかしこの小管内に配列する rhodopsin 分子も考慮する必要もあろうから、計算の準備がすべて整っているとはいえない。

視細胞のレベルで分析が出来たとして、この情報は視神経の中ではどう伝達されるのだろうか。最近の電子顕微鏡所見では、1箇の視細胞から出る視神経線維は1本ではなく数本から10本にもおよび、また隣接線維間には collateral が発達し複雑な神経叢を作っているという²⁵⁾。この神経叢は網膜内の lateral interaction¹⁵⁾²¹⁾を説明するには都合の良いものであるが、偏光識別には如何なる役割を持つものだろうか。更に中枢過程はどうであろうか。頭足類もまた蜂のように、偏光面分析能を彼等の生活に役立てているのだろうか。このような問題を考えると、網膜のレベルでは機能と構造の一応見事な対応を見ることは出来たけれども、動物と偏光の問題は僅かに研究の糸口を得たというに過ぎないようである。

文 献

- 1) Autrum, H. and Zwehl, V. von (1962) Die Sehzellen der Insekten als Analysatoren für polarisiertes Licht. *Z. vergl. Physiol.*, **46**, 1-7
- 2) Beck, A. (1899) Über die bei Belichtung der Netzhaut von *Eledone moschata* entstehende Aktionsströme. *Pflüg. Arch. ges. Physiol.*, **78**, 129-162
- 3) Burkhardt, D. and Wendler, L. K. (1960) Ein direkter Beweis für die Fähigkeit einzelner Sehzellen des Insektenauges, die Schwingungsrichtung polarisierten Lichtes zu analysieren. *Z. vergl. Physiol.*, **43**, 687-692
- 4) Dethier, V. G. (1963) *The physiology of insect sense*. Richard Clay & Co., Ltd., London.
- 5) Frisch, K. von (1948) Gelöste und ungelöste Rätsel der Bienensprache. *Naturwiss.*, **35**, 38-48
- 6) Frisch, K. von (1949) Die Polarisation des Himmelslichter als orientierender Faktor bei Tänzen der Bienen. *Experientia*, **5**, 142-148
- 7) Frisch, K. von (1950) *Bees: Their Vision, Chemical Senses and Language*, Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y.
- 8) Fröhlich, F. W. (1914) Beiträge zur allgemeinen Physiologie der Sinnesorgane. *Z. Sinnesphysiol.*, **48**, 28-164
- 9) Kennedy, D. and Baylor, E. R. (1961) Analysis of polarized light by the bee's eye. *Nature*, **191**, 34-37
- 10) Kuwabara, M. and Naka, K. (1959) Response of a single retinula cell to polarized light. *Nature*, **184**, 455-456
- 11) 桑原万寿太郎 (1963) 動物と太陽コンパス, 岩波新書
- 12) Moody, M. F. and Parriss, J. R. (1960) Discrimination of polarized light by Octopus. *Nature*, **186**, 839-840
- 13) Moody, M. F. and Parriss, J. R. (1961) The discrimination of polarized light by Octopus: A behavioural and morphological study. *Z. vergl. Physiol.*, **49**, 268-291
- 14) Moody, M. F. and Robertson, J. D. (1960) The fine structure of some retinal receptor. *J. Biophys. Biochem., Cytol.*, **7**, 87-91
- 15) Norton, A. C., Fukada, Y., Motokawa, K. and Tasaki, K. (1965) An investigation of the lateral spread of potentials in the octopus retina. *Vision Res.*, **5**, 253-267
- 16) Piper, H. (1904) Das elektromotorische Verhalten der Retina bei *Eledone moschata*. *Arch. Anat. Physiol., Lpz.*, 453-474
- 17) Shaw, S. R. (1966) Polarized light response from crab retinula cells. *Nature*, **211**, 92-93
- 18) Tasaki, K. (1965) The octopus retina as an analyzer for polarized light. Symposium on comparative neurophysiology, in conjunction with XXIII Internat. Congr. Physiol. Sci. and sponsored by IUPS, Sept. 10-12, Tokyo, p. 7.
- 19) Tasaki, K. and Karita, K. (1966) Intraretinal discrimination of horizontal and vertical planes of polarized light by octopus. *Nature*, **209**, 934-935
- 20) Tasaki, K. and Karita, K. (1966) Discrimination of horizontal and vertical plane of polarized light by the cephalopod retina. *Jap. J. Physiol.*, **16**, 205-216
- 21) Tasaki, K., Norton, A. C. and Fukada, Y. (1963a) Regional and directional differences in the lateral spread of retinal potentials in the octopus. *Nature*, **198**, 1206-1208
- 22) Tasaki, K., Norton, A. C., Fukada, Y. and Motokawa, K. (1963b) Further studies on the dual nature of the octopus ERG. *Tohoku J. exp.*

- Med., **80**, 75-88
- 23) Tasaki, K., Oikawa, T. and Norton, A. C. (1963c) Dual nature of the octopus electroretinogram. *Vision Res.*, **3**, 61-73
- 24) Therman, P. O. (1940) The action potentials of the squid eye. *Amer. J. Physiol.*, **130**, 239-248
- 25) Tonosaki, A. (1966) The fine structure of the retinal plexus in *Octopus vulgaris*. *Z. Zellforsch.*, **67**, 521-532
- 26) Waterman, T. H. (1960) Light sensitivity and vision, In "Physiology of crustacea", ed. T. H. Waterman, Academic Press, New York, Vol. **2**, 1-64
- 27) Waterman, T. H. (1965) Visual information processing in crustaceans. Symposium on comparative neurophysiology, in conjunction with XXIII Internat. Congr. Physiol. Sci. and sponsored by IUPS, Sept. 10-12, Tokyo, p. 17.
- 28) Wells, M. J. (1962) Brain and behaviour in Cephalopods. Heinemann, London.
- 29) Wolken, J. J. (1958) Retinal structure, Mollusc Cephalopods: *Octopus*, *Sepia*. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, **4**, 835-838
- 30) Yamamoto, T., Tasaki, K., Sugawara, Y. and Tonosaki, A. (1965) Fine structure of the octopus retina. *J. Cell Biol.*, **25**, 345-359
- 31) Young, J. Z. (1960) Regularities in the retina and optic lobes of octopus in relation to form discrimination. *Nature*, **186**, 836-839
- 32) Young, J. Z. (1962) The retina of cephalopods and its degeneration after optic nerve section. *Phil. Tr. Roy. Soc. London, B*, **245**, 1. 18
- 33) Zonana, H. V. (1961) Fine structure of the squid retina. *Bull. Johns Hopkins Hospital*, **109**, 185-205

〔原著〕

ATP 投与による犬顎下腺唾液分泌機転に
関する研究 617. 313. 3 : 612. 014. 469

吉 村 寿 人・今 井 雄 介
三 好 正 人・山 本 豊
平 位 喜 七 郎 *

Studies on the mechanism of salivary secretion by ATP
with canine submaxillary gland

Hisato Yoshimura, Yusuke Imai, Masato Miyoshi, Yutaka Yamamoto
and Kihichiro Hirai (*The first Department of Physiology, Kyoto Prefectural
University of Medicine*)

1. It was confirmed with dog's submaxillary gland that the arterial infusion of ATP initiates the salivary secretion and decreases concomitantly the blood pressure taken from the carotid artery.
2. The similar salivary secretion was initiated by infusion of ADP, creatine-phosphate, but not by AMP, adenosine or creatine. On the other hand, the administration of ATP, ADP, and adenosine could equally initiate the vasodilation and promoted the blood circulation through the salivary gland.
3. The action of ATP on the salivary gland and the blood vessels was verified to be abolished by administration of α -ketoglutaric acid, which is an inhibitor of choline acetylase. Thus the ATP action on the salivary secretion may be due to the liberation of acetyl choline which is promoted by high energy phosphate through the action of choline acetylase.
4. The potent vasodilating action of ATP may be explained by the additive interaction of acetylcholine liberated as above mentioned and the direct action of adenosine itself.

〔J. Physiol. Soc. Japan (1967) 29, 59-64〕

唾液腺の動脈血中に ATP を加えることにより著明な唾液の分泌増加が認められることは教室の井上 (1) が始めて報告したことである。彼の実験では, pilocarpine 刺激中に ATP を与えたものであったが, 著者ら (2, 3) は分泌刺激を与えていない犬顎下腺動脈内に ATP を投与することにより, 同様に著明な唾液分泌が起ることを報告してきた。またこれらの原因として ATP のエネルギーが分泌のエネルギーとして利用される可能性について論じてきた。しかし, 近時に到り, Kraitz 等 (4) が ATP 投与による唾液分泌について研究を行ない, 分泌と同時に血圧降下が起り, atropine の投与により分泌および血圧降下が抑制されることを見, ATP が acetylcholine 様物質の遊離をうなが

し, これが分泌を起す可能性のあることを報告した。

今回, 著者等は, さらに実験を重ね ATP 投与による唾液分泌が, acetylcholine の遊離をうながすものか, また, 分泌のエネルギーとして利用されるものかどうか, また, acetylcholine の分泌をうながすとすれば, それは如何なる機転によるものか等について再検討を加えた。

実験方法

実験動物としては, 犬30匹を用いた。犬はラボナール静脈麻酔下に顎下腺に到る頸動脈の枝のみを残し, 他の枝を結紮して頸動脈に注入する薬物は顎下腺にのみ作用するようにした。また, 唾液の採集には導管にカニューレを挿入し, 分泌する唾液を目盛付試験管に30秒~1分ごとに計量採集した。また, 腺より出る静脈は普通は結紮せず, 従って腺に働いた薬物はその

* 京都府立医科大学第1生理学教室
〔昭和41年10月14日受付〕

まま静脈を通り心臓にもどることになる。しかし、一部の実験では、外頸静脈に入る他の静脈を全部結紮して、外頸静脈には腺より来るもののみとし、これにカニューレを挿入して静脈血を集めて腺への血液流量を測定した。血圧測定に関しては、Statham の strain gauge type の probe を用い、記録には GME の polygraph を用いた。

ATP はシグマの 2 Na 塩またはワコーの 4 Na 塩を用いた。また、Ringer 液に ATP を溶解した場合、pH を 7.4 になるように調整した。また、ADP, AMP, adenosine および creatine phosphate, creatine 等についても実験した。これ等の ATP 以外の薬物は何れも 10~20 mg/ml の濃度として、頸動脈の枝の舌動脈より 1 分間 1 ml の割合にて注射器により注入した。注射量は概ね 1 ml である。また、顎下腺の分泌誘発に鼓索の電気刺激を用いることもあったが、その場合には型の如く鼓索を分離し (1, 5) これを 20 cps 3 V の電圧によって刺激した。ただし、刺激を長く続ける場合には、1 分間刺激

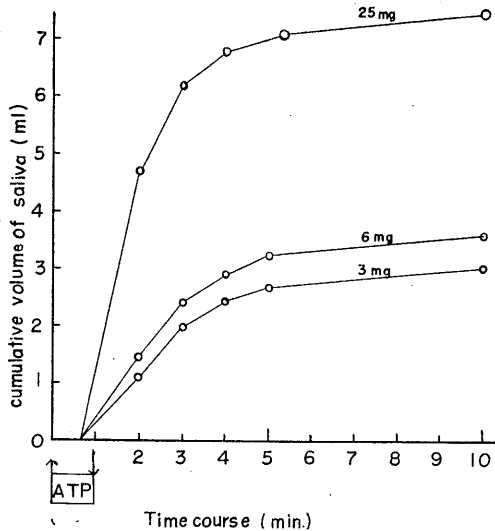


Fig. 1. Relationship between time course and cumulative sum of saliva volume secreted by ATP infusion into the gland artery. Secretion of saliva is increased by raising dose of ATP. The infused dose is indicated on each curve of salivary secretion.

を持続し、その後数分間これを休み、また、刺激を繰り返す方法をとった。

実験結果および考察

頸動脈内に ATP を 0.5~100 mg を 1 ml の Ringer 液にとき、1 分間に注入すると、約 40 秒の潜時の後、著明な唾液分泌が始まり、約 5 分間持続する (Fig. 1)。

分泌量に関しては、各個体により差が認められたが、全例に分泌を認めた。Fig. 1 は同一の犬について、ATP 注射量を 3 mg, 6 mg, 25 mg とかえて実験した成績である。分泌は約 10 分後には完全に止まり、繰返し実験が可能であるが、数回実験をくりかえすと段々分泌量の減少するのが認められるものもあった。また、図に見るように分泌速度も分泌量も共に ATP の注射量の多いほど大きい。この場合に注目すべきことは、ATP を与えた時の分泌はかなり長い潜時

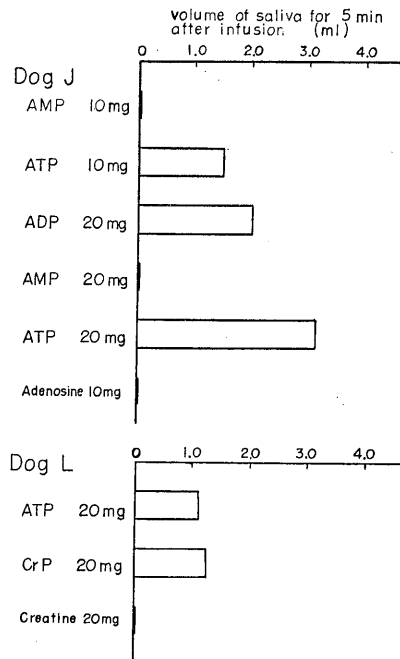


Fig. 2. Effect of infusion of various drugs into the gland artery on salivation. ATP, ADP and creatine phosphate (Crp) cause the salivation, whereas AMP, adenosine and creatine do not. The saliva excreted is indicated by the column. The dose administered is indicated in the figure.

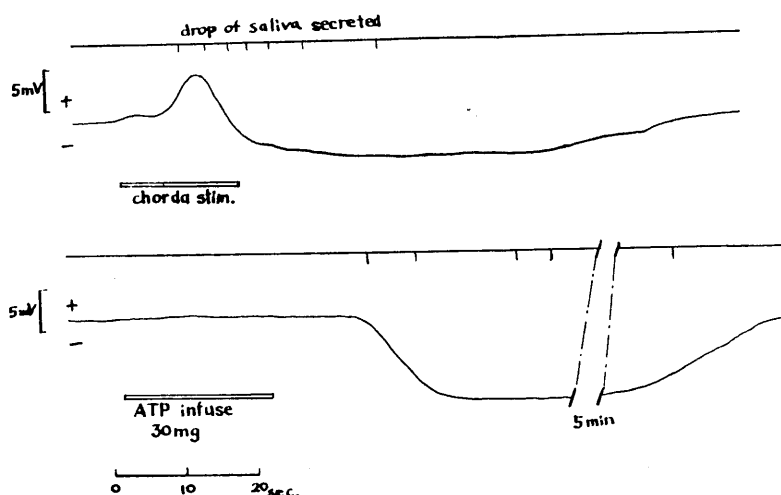


Fig. 3. Salivograms led externally between the gland surface and the duct. The upper record is the electrogram by the chorda stimulation and the lower one after ATP infusion. The signals on the upper part of each salivogram indicate drops of saliva.

を要し、かつ長く分泌が持続することである。すなわち、acetylcholine の $0.1 \sim 1 \mu\text{g}$ を 1 ml の Ringer 液に溶解して、1 分間に頸動脈より注入すると、潜時は約 2～3 秒で唾液分泌は速やかに現われ、かつ持続時間は約 1 分間である。しかし ATP 注入時には潜時は 30 秒以上もかかり、10 分間またはそれ以上も持続した。また atropine (1 mg) の頸動脈よりの投与により、ATP による分泌も、acetylcholine による分泌も完全に停止した。

ADP, AMP, adenosine, creatine phosphate, creatine を ATP 投与と同様の方法、すなわち、頸動脈より注入して顎下腺に作用させたところ、ADP および creatine phosphate では唾液分泌が認められるが、しかし、AMP, adenosine および creatine では分泌は起こらなかった (Fig. 2 参照)。

このことより、高エネルギー磷酸化合物が唾液分泌と関係があることが結論された。

Adenosine 系の薬物に血管拡張作用のあることについては多くの報告がある。犬顎下腺の 1 分間血液流量は静脈血採集法にて測定した結果、静止時では約 $0.2 \text{ ml/min/g. gland}$ であるが、ATP, ADP, AMP, adenosine の注入により、いずれも $0.8 \sim 1.2 \text{ ml/min/g. gland}$ まで増加

し、分泌腺血管の拡張を認めた。しかし、分泌を起したのは上記の通り、ATP, ADP のみであって、adenosine の分泌促進作用はなかった。従って、ATP, ADP による唾液分泌と adenosine の血管拡張作用とは全然同一の機転であるとは考え難い。しかしながら一方 acetylcholine 注入や chorda tympani の電気刺激でも分泌と同時に、血液流量は静止時の数倍から十倍程にも増加する (1, 5)。これは何れも acetylcholine の腺細胞刺激作用と、血管拡張作用によるとされている。

ATP による分泌と腺分泌時の電気現象をみるに、腺表面と導管部においた塩化銀電極で誘導した salivogram は第 3 図に示すごとく、30 秒程の潜時の後に導管部に大きな陰性の電位変化が見られ、対照の chorda tympani の刺激による salivogram とは潜時の長いことおよび初期陽性波の無いことおよび持続時間等が異なるが、しかし陰性波の形はほぼ同様のものが得られた。細胞内電位を微小電極法で記録した成績では、腺底部細胞 (静止時約 -40 mV) は chorda tympani 刺激、acetylcholine 投与および ATP 投与にて、潜時がそれぞれ 0.4 秒、3 秒、13 秒と異なるが、いずれも過分極 (分泌時約 -55 mV) を示した。すなわち分泌時の電気現象は ATP

投与時も acetylcholine 刺激, chorda tympani 刺激もいずれも同種のもと見られる (第 4 図).

以上の実験成績より ATP の分泌促進作用は acetylcholine の作用と全く同様の性質のものがあることが判ったが, しかしまた一面 ATP や CrP のもつ高エネルギー磷酸の分泌促進作用を如何に説明するかを説明しなければならない. そこで仮りに高エネルギー磷酸が腺細胞に常在性にある自働性分泌を促進することが ATP 分泌の本態であると考えられることも可能である. こ

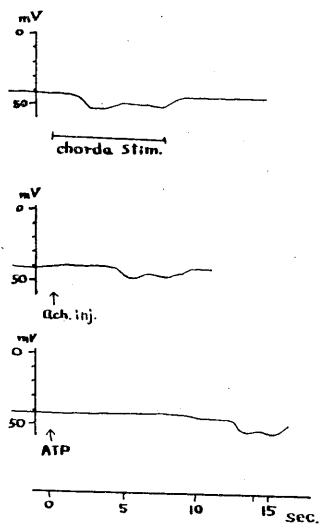


Fig. 4. Intracellular potential of acinal cells of canine submaxillary gland. Secretory potential (hyperpolarization potential) was recorded during chorda stimulation, and after acetylcholine and ATP administration.

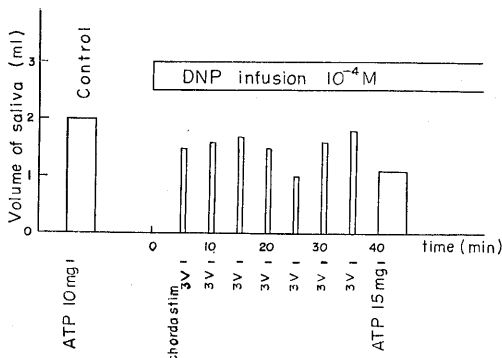
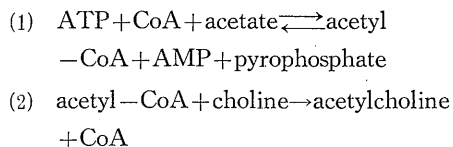


Fig. 5. Effect of DNP on the salivation initiated by ATP administration and chorda stimulation.

のような ATP による分泌エネルギーの供給が分泌促進の本態であるかどうかを検討するために, 酸素を与えぬ状態, すなわち顎下腺を血球を含みぬ Ringer 液 (PVP 加) (5) で灌流した状態で ATP を与えて見た. その実験によると chorda tympani の刺激でも唾液分泌が起らない状態においては, ATP を投与しても唾液分泌はやはり起らなかった. しかし灌流液を正常血液にもどすと chorda 刺激にも, また ATP 注入によっても唾液が分泌されるようになった. 次に DNP を 10^{-4} ~ 10^{-3} M の濃度にて灌流血に加えて oxydative phosphorylation を阻害しておいて実験した場合には chorda 刺激による唾液分泌が認められたが, 同様に ATP 投与による唾液分泌も認められた. しかし分泌量は chorda 刺激の方が高かった (第 5 図).

DNP を 5×10^{-3} M の濃度にすると chorda 刺激による唾液分泌も停止し, 同様に ATP による分泌も停止したが, これは強度の組織阻害によるものであると考えられる. というのはこの腺に正常血を流してもはや回復しないからである. いずれにしても唾液分泌の代謝エネルギーとして投与した ATP のエネルギーが利用され分泌をおこすと言う可能性はこれらの実験によって証明することが出来なかった. 一方 ATP 等の高エネルギー磷酸化合物は, 神経組織中に存在する choline acetylase および coenzyme A により acetylcholine の合成を促進することが Lipmann 等 (6, 7) および Nachmansohn 等 (8, 9) によって報告されている. すなわちその反応を化学式にて書けば次の如くである.



Nachmansohn (8, 9) によればこの choline acetylase は α -ketoglutaric acid により強く阻害される. 従って ATP は何れの神経にも存在するといわれる choline acetylase 作用によって acetylcholine の生成を促進し, これが腺分泌を

促すと考えることも出来る. この考えは Krantz 等 (4) の実験によって強く支持される. すなわ

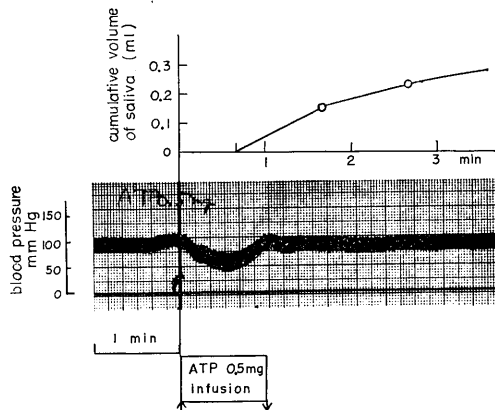


Fig. 6. Effect of ATP infusion on salivary secretion as well as the blood pressure of carotid artery. ATP (0.5 mg) infusion causes the salivation as well as the decrease of arterial blood pressure.

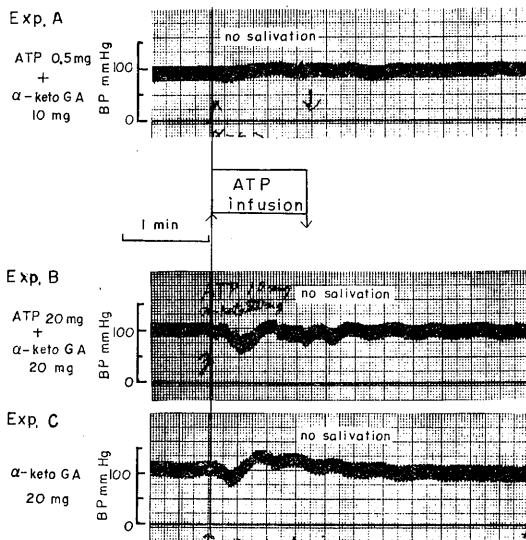


Fig. 7. Effect of α -ketoglutaric acid (an inhibitor of choline acetylase) on the salivation as well as the fall of blood pressure resulting from ATP infusion.

Exp. A α -ketoglutaric acid (10 mg) being infused into gland artery with ATP (0.5 mg), the salivation and drop of the blood pressure resulting from ATP disappeared.

Exp. B and C When the dose of α -ketoglutaric acid is increased, some fluctuation of blood pressure appeared, but the effect is not related with ATP action.

ち彼等は ATP 投与による唾液分泌を確めると同時に頸動脈血圧を測定したところ, ATP 投与により著明な血圧降下が唾液分泌と相前後して現れた. 従ってここに acetylcholine 様物質が発生していると推論した. そこで著者等は この ATP による acetylcholine 生成が現れるかどうか, またこの生成は choline acetylase 作用によるかどうかを確かめるために ATP 0.5 mg を 1 ml の Ringer 氏液に溶解して, 上記のごとく動脈内に投与し, 唾液分泌を測ると共に, その血圧を頸動脈においた Statham 圧力計にて測定することにした. 実験の結果は第 6 図にみるように, 明らかに唾液分泌と共に血圧下降が現れた. 従ってこれは Krantz (4) の言うように acetylcholine がかなり多量に生成されて血中に流出したのと考えれば説明がつく. しかしこの場合血圧低下は注入後直ちに現れるのに対して唾液分泌は長い潜時をおいて現れている. これは ATP の血管拡張作用が単に acetylcholine 生成によるのみならずその直接の薬理作用があるためと思われる. 唾液分泌の方は acetylcholine 生成反応に時間を要するために潜時が長くなったと思われる. そこでこれをさらに確かめるために, ATP (0.5 mg) と同時に α -ketoglutaric acid 10 mg をとくして, 動脈内に入れてやると (第 7 図) 第 6 図の対照例に見たような唾液分泌も血圧降下も共に消失してしまった. これをさらに確かめるために ATP の大量 (10 mg) を α -ketoglutaric acid 20 mg と同時に与えた時も同様に唾液分泌は完全に消失した. この場合には第 7 図下段にみられるような血圧変化が認められたが, この血圧変動は α -ketoglutaric acid (20 mg) の単独注入でも認められ ATP によるものではない.

以上の如く, choline acetylase の阻害剤として α -ketoglutaric acid を ATP と同時に与えることにより唾液分泌が全く起らなくなり, しかも血圧降下も起らないことより ATP 投与による唾液分泌の機転は, ATP のエネルギーが分泌のエネルギーとして直接使用されるものでなく, その高エネルギー磷酸根のもつエネルギー

一附加により、神経組織に存在する choline acetylase 作用による acetylcholine 合成が促進されて、二次的に唾液の分泌をおこしたものであることを示す。Creatine phosphate や ADP の分泌促進もこの考えにより説明することができる。ただし ATP の血管拡張作用（または血圧降下作用）もまたこの acetylcholine 生成によるところが大きい、高エネルギー磷酸をもたない adenosine もまた血管拡張作用を示すから、血管拡張作用には adenosine 自身の薬理作用が加わるものと思われる。ATP の血管拡張作用が adenosine によるものより強力であるのは、この acetylcholine 生成促進による血管拡張が相加的に作用するためであろう。

総 括

1. 犬顎下腺動脈内に ATP を投与することにより、無刺激状態の腺より著明な唾液分泌を認め、また同時に血圧低下の起ることを証明した。この唾液分泌は同様に ADP, creatine phosphate 投与によっても認められ、AMP adenosine および creatine 投与では起らなかった。しかし ATP, ADP, AMP, adenosine のいずれも程度の差こそあれ血管拡張作用のあることが唾液腺血流量の測定により確かめられた。

2. Choline acetylase の阻害剤である α -keto-glutaric acid を ATP と同時に与えることにより、唾液分泌と ATP 投与時に現れる血圧降下が現れなくなった。従って ATP 投与による唾液分泌は、ATP の高エネルギー磷酸の附加によって、acetylcholine 生成促進の結果、二次的に起ったものであると結論された。

3. ATP の血管拡張作用並にそれともなう血圧降下作用もまた同様の機転によるものと

思われるが、しかし adenosine 自身にも血管拡張作用があるから、ATP の作用はこの両者が相加的に働いて強力な血管拡張をおこすと考えられる。

この研究は文部省科学研究、分泌吸収の総合研究(吉村寿人教授)、ならびに生物物理生体膜の特定研究(大西勤教授)によったものであることを附記し謝意を表します。

文 献

- 1) 井上太郎 (1958) 唾液腺灌流法による唾液分泌に関する研究 (第3報) 唾液分泌のエネルギー的研究 日本生理誌 **20**, 734
- 2) 吉村寿人・今井雄介・山本 豊 (1964) 唾液腺腺底部の細胞膜のイオン輸送の機転と分泌電位 日本生理誌 **26**, 519 (抄録)
- 3) Imai, Y. and Yamamoto, Y. (1965) Studies of salivary secretion of the submaxillary gland of dog. Abstracts of papers, XXIII International Congress of Physiological Science, Tokyo, Japan, p. 77, No. 125
- 4) Kraitz, L. and Puil, E. A. (1966) The effect of adenosine triphosphate on salivation in the dog. Arch. Oral. Biol., **11**, 269
- 5) 今井雄介 (1965) 犬顎下腺分泌に関する研究 (第2報) 唾液分泌電位に及ぼす灌流液イオン交換の影響と分泌時の腺組織の出納について 日本生理誌 **27**, 313
- 6) Lipmann, F. L. and Kaplan, N. O. (1946) A common factor in the enzymatic acetylation of sulfanilamide and of choline. J. Biol. Chem., **162**, 743
- 7) Lipmann, F. and Kaplan, N. O. (1946) Report on a coenzyme for acetylation. Fed. Proc., **5**, 145
- 8) Nachmansohn, D. and John, H. M. (1945) Studies on choline acetylase. 1. Effect of amino acids on the dialyzed enzyme inhibition by α -keto acids. J. Biol. Chem., **158**, 157
- 9) Nachmansohn, D. and John, H. M. (1944) Inhibition of choline acetylase by α -keto acids. Proc. Soc. Exper. Biol. Med., **57**, 361

[原著] **Sodium 5'-inosinate に各種アミノ酸を混合した場合の味覚効果** 612. 819. 7

足 立 明・岡 本 純 一
浜 田 徹・河 村 洋 二 郎*

Taste effectiveness of mixtures of sodium 5'-inosinate and various amino acids

Akira Adachi, Junichi Okamoto, Tooru Hamada and Yojiro Kawamura (*Department of Oral Physiology, Dental School, Osaka University*)

Sodium 5'-inosinate is known as a useful taste adjunct and serves to enhance flavor appeal. In this experiment, background mechanisms of taste potentiating effects of the mixed solutions of sodium 5'-inosinate and various amino acids were studied.

As the test stimulants, sodium 5'-inosinate, L-sodium glutamate, L-sodium aspartate, L-valine, L-histidine and sodium succinate were used. One ml of mixed solutions of these test chemicals with 30°C-35°C were applied to the anterior part of the tongue surface, and the integrated responses of the chorda tympani nerve were recorded in the rats.

The mixture of monoaminodicarboxylic acids and sodium 5'-inosinate always displayed more potentiated response of the nerve than arithmetic sum of responses to the individual single solutions. However, the response to the mixture of sodium 5'-inosinate and other amino acids (L-valine, L-histidine) did not induce any such potentiating effects on the taste nerve, and they displayed only additional effects. The mixture of sodium 5'-inosinate and sodium succinate also did not induce any potentiating effects.

Based on these results, we discussed that both amino group and dicarboxyl group might be important chemical components to induce potentiation of taste response when amino acid was blended to sodium 5'-inosinate. [J. Physiol. Soc. Japan (1967) 29, 65-71]

I. 緒 言

著者ら(1-7)は先に、各種化学調味料の味覚効果をネコの味覚神経(鼓索神経)に生じる反応より分析した結果、核酸関連物質である sodium 5'-inosinate あるいは sodium 5'-guanylate に L-sodium glutamate を加えた場合、味覚神経反応に著明な相乗効果が生じることを明らかにした。この相乗効果は同じ核酸関連物質に属する sodium 5'-inosinate と sodium 5'-guanylate を混合した場合には認められなかった。この事実は、異種の化学調味料を混合した場合の相乗効果が、それら物質の化学構造と密接な関係をもつことを示唆している。

本研究は引き続き、sodium 5'-inosinate に各種アミノ酸を混合したものを舌表面に与えた場

合、味覚神経から記録できる反応を指標にして相乗効果と化学構造の間にある関係をより明らかにする目的で行なったものである。

II. 実験方法

実験にはウイスター系成熟ラット30匹を使用した。Nembutal (4 mg/100 g) と urethane (15 mg/100 g) とを混合した溶液を腹腔内注入することにより動物を麻酔し、前報(河村ら, 4)と同様な方法で鼓索神経を露出し、神経周囲の結合組織を剝離した後、白金線電極に導き、CR結合5段増巾器、電気積分計(時定数0.5 sec)を介し、インク書き oscillograph により神経反応を積分曲線として記録した。味覚神経から記録した積分曲線について、反応後20秒間の基線と積分曲線で囲まれる図形の面積を測定し、各味質溶液に対する味覚神経の反応量とした。

核酸系化学調味料としては、sodium 5'-inosi-

* 大阪大学歯学部口腔生理学教室

[昭和41年10月31日受付]

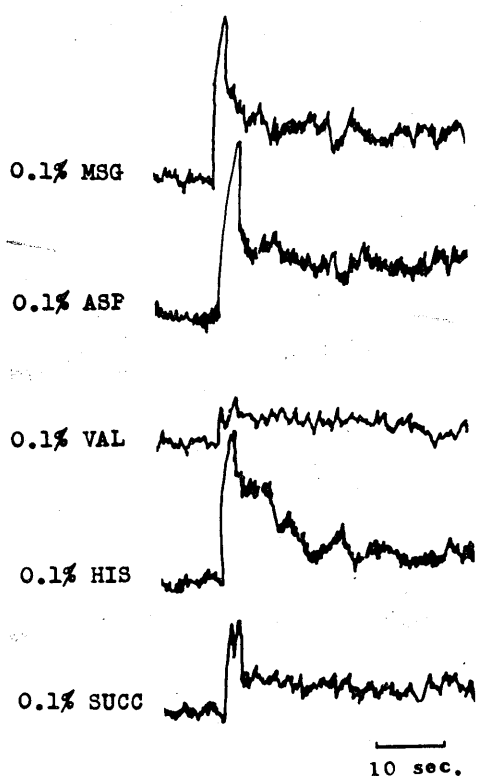


Fig. 1. Integrated responses of whole chorda tympani nerve to various amino acids and to sodium succinate solutions.

MSG : L-sodium glutamate.

ASP : L-sodium aspartate.

VAL : L-valine.

HIS : L-histidine.

SUCC : sodium succinate.

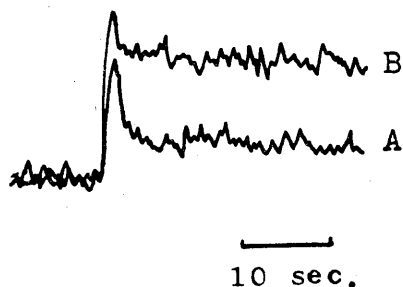


Fig. 2. Difference of integrated response of whole chorda tympani nerve to different taste solutions on the tongue.

A : Response to 0.1% IMP.

B : Response to 0.06% IMP+0.04% MSG.

nate (IMP) を用いた。混合するアミノ酸としては、L-sodium glutamate (MSG), L-sodium aspartate (ASP), L-valine (VAL) および L-histidine (HIS) の4種類を用いた。なお、混合物として化学調味料の一種である sodium succinate (SUCC) をも用いた。

混合溶液は、最終濃度が 0.1 W/V% になるように定め、混合物の配合率、すなわち、(混合物重量/IMP重量+混合物重量)×100%を 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%および 100%の11段階に変えた試験液をそれぞれ調整した。

試験液は、すべて舌の表面温度とほぼ同温(30°C~35°C)に保ち、舌の前半部中央表面に約 1 ml そそいだ。

III. 実験結果

舌表面に各種アミノ酸および sodium succinate 溶液を与えた時、ラットの鼓索神経幹に生ずる電気活動は、Fig. 1 に示したとき積分曲線として得られた。L-valine をのぞきいずれも急激な初期反応がまず認められ、この初期反応は約10秒後には減弱して、一定のレベルとなる。この反応レベルがその後比較的長時間持続する。

一般に、これらの積分曲線から反応の大小を評価する場合、普通、基線から最高点までの高さを測定し、任意の単位で表している。この方法は試験液の濃度変化と共に各溶液に対する反応パターンが相似的に変化する場合には正しい評価方法であるが、必ずしも反応パターンが相似的に変化するとは限らないので正確な表現方法とは考えられない。Fig. 2 は、0.1% IMP 溶液に対する反応と、IMP に40% MSG を配合し最終濃度が 0.1% になるように調整した混合溶液に対する反応とを比較したものである。両溶液に対する反応について初期反応曲線の高さの差よりも持続性反応時期の反応レベルの差の方が極めて大きい。この場合、単に反応曲線の高さのみを測定して反応量とすることは正確な評価方法と考えられない。従って、本研究では

一定時間に積分反応曲線が描く図形の面積を測定し、これをもって反応量とした。Fig. 1 から明らかなように、最初の急激な反応は約10秒後には一定の反応レベルに低下するから、その2倍の時間、すなわち、20秒間の面積を測定し、味覚神経反応量とした。

Fig. 3 は IMP と MSG を種々な配合率で混合した溶液をラットの舌表面に与えた場合、鼓索神経に誘発される反応量を測定し、グラフに表したものである。縦軸は味覚神経反応量、横軸は MSG 配合率である。なおグラフ中の各反応量は5例の平均値である(以下同様)。図中二重丸印は IMP に MSG を混合した場合の反応量を表わし、黒丸印は混合溶液中に含まれる IMP と等濃度の IMP 単独溶液に対する味覚神経反応量を示す。同様、白丸印は各混合溶液中に含まれる MSG と等濃度の MSG 単独溶液に対する反応量である。

配合率10%、20%および30%において、それに含まれている MSG は単独では、その濃度で何ら味覚神経に反応を生じさせないにも拘らず、混合溶液は著明な反応を誘発させた。配合率90%の場合においても、この溶液に含まれる IMP 濃度と同濃度の IMP 単独溶液では味覚神経に何ら反応が生じないにも拘らず、混合溶液に対する反応は0.09% MSG 単独の場合に比し増強された。また、IMP、MSG それぞれ単独溶液について味覚

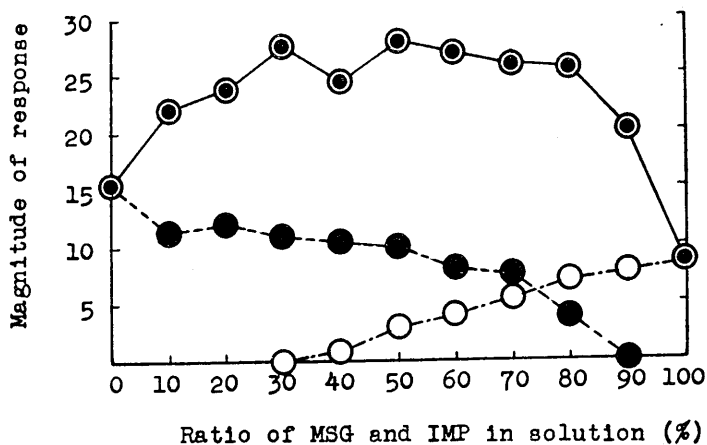


Fig. 3. Difference of response magnitude between MSG-IMP mixture and the single solution.

Double round mark : response to mixture of MSG and IMP.
Open circle : response to single MSG solution with same concentration in mixture.
Solid circle : response to single IMP solution with same concentration in mixture.

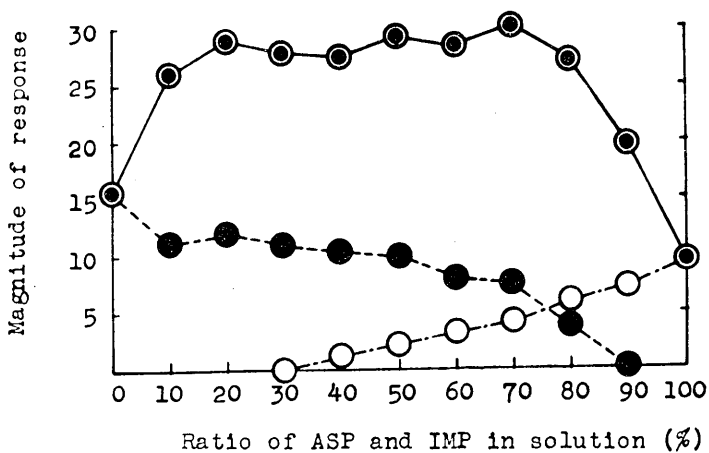


Fig. 4. Difference of response magnitude between ASP-IMP mixture and the single solution.

Double round mark : response to mixture of ASP and IMP.
Open circle : response to single ASP solution with same concentration in mixture.
Solid circle : response to single IMP solution with same concentration in mixture.

神経に反応が生じるような配合率, すなわち, 40%, 50%, 60%, 70%および80%においても, 混合溶液に対する反応は, 単独溶液に対する反応量をそれぞれ加算した値より, はるかに大きかった. 反応量は, 配合率30%から80%の間においては, ほぼ最高値に達し, その間, 反応量に著変は認められなかった.

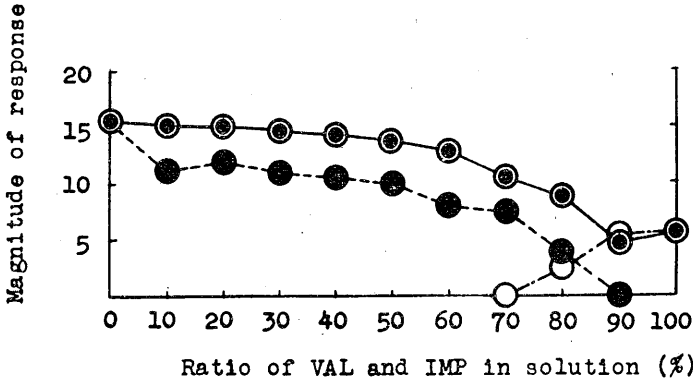


Fig. 5. Difference of response magnitude between VAL-IMP mixture and the single solution.

Double round mark : response to mixture of VAL and IMP.

Open circle : response to single VAL solution with same concentration in mixture.

Solid circle : response to single IMP solution with same concentration in mixture.

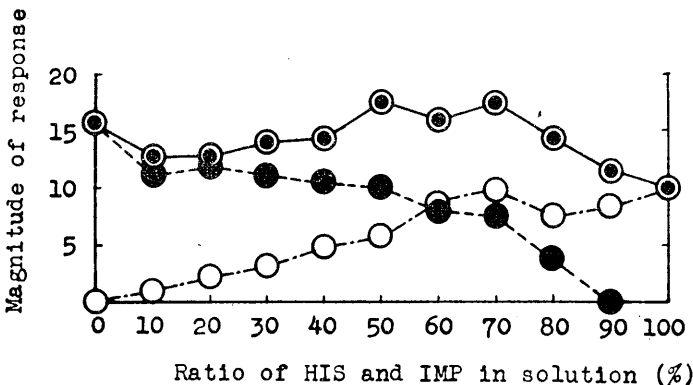


Fig. 6. Difference of response magnitude between HIS-IMP mixture and the single solution.

Double round mark : response to mixture of HIS and IMP.

Open circle : response to single HIS solution with same concentration in mixture.

Solid circle : response to single IMP solution with same concentration in mixture.

Fig. 4 は, MSG と化学構造が酷似している, ASP を混合物として, 同様な実験を行なった結果を示す. 二重丸印は IMP に ASP を混合した場合の反応量を, 黒丸印は IMP 単独溶液に対する反応量を, 白丸印は ASP 単独溶液に対する反応量を示す. ASP 単独溶液の呈味作用は MSG とほぼ同様で, 閾値濃度は 0.03

%であった. 図から明らかなように, IMP に ASP を混合した場合も, 著明な相乗効果が認められた. しかも, 味覚神経反応を指標として比較した限りでは, 相乗効果の強さは, MSG と ASP ではほぼ同程度であった.

このように, IMP に混合して相乗効果を呈するアミノ酸は MSG のみではなく ASP でも認められたので, 他のアミノ酸についても同様な実験を試みた.

MSG および ASP は共にカルボキシル基を二つもつ酸性アミノ酸である. まず, 中性アミノ酸として VAL を用い, IMP に混合して, その効果を検討したのが Fig. 5 である. VAL は MSG, ASP に比べ, 単独溶液での呈味作用が微弱で, その閾値濃度は 0.07% であった. ゆえに, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% および 70% の配合率の混合溶液では, VAL は閾値下となり, IMP 単独溶液と同様な神経反応を誘発させる筈である. しかし, いずれも混合溶液の方がより大きい神経反応を誘発させた. IMP に VAL を混合した場合は MSG および ASP を混合した場合と比べ著しく微弱で, 後者が相乗比

(IMP・アミノ酸混合溶液に対する反応量/IMP 単独溶液に対する反応量+アミノ酸単独溶液に対する反応量) 2~2.5であったのに比べ、前者はわずか、1.2~1.5にすぎなかった。

上記アミノ酸と、構造が著しく異なる HIS について、その効果を検討した。Fig. 6 は IMP と HIS を種々の配合率で混合した溶液に対する味覚神経反応量と、それぞれの単独溶液に対する味覚神経反応とを比較したものである。HIS 単独溶液に対する神経反応は、上記 3 種のアミノ酸よりも強く、閾値濃度は 0.01% 以下であった。しかし、

IMP に HIS を混合した場合には相乗効果は全く認められず、相加効果のみを生じた。すなわち、混合溶液に対する反応量はいずれの配合率においても、各単独溶液に対する反応量を算術的に加算した量とほぼひとしかった。

上述のごとく、IMP と混合して特に著明な相乗効果を呈するアミノ酸は、カルボキシル基を二つもった MSG および ASP であることが明らかとなったので、アミノ酸ではないがカルボキシル基を二つもち、しかも化学調味料として実際に用いられている sodium succinate につき、同様な実験をおこなった。Fig. 7 に示したごとく、IMP にいろいろな配合率で SUCC を混合した各溶液に対する反応量は、0.1% IMP 単独溶液 (配合率 0%) に対する反応量と 0.1% SUCC 単独溶液 (配合率 100%) に対する反応量の 2 点間を結ぶ直線上に並び、相加効果のみを生じ、相乗効果はあらわさないことが明らかとなった。なお、SUCC 単独溶液に対する反応の閾値濃度は、0.02% であった。また、本実験に用いたアミノ酸については、IMP に混合した場合、味覚神経反応を抑制するようなのは認められなかった。すなわち、相乗効果を呈するか、相加効果を呈するか、のいずれかで

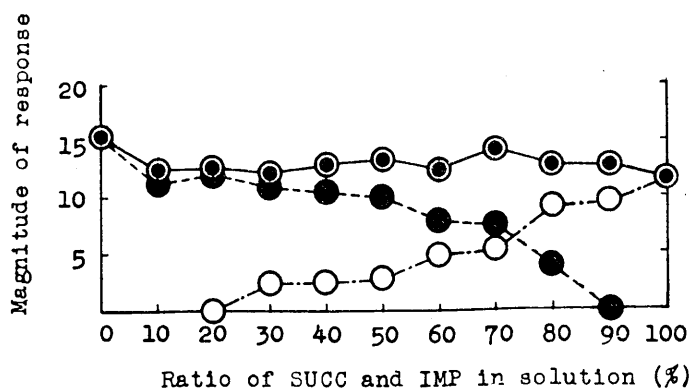


Fig. 7. Difference of response magnitude between SUCC-IMP mixture and the single solution.

Double round mark : response to mixture of SUCC and IMP.
Open circle : response to single SUCC solution with same concentration in mixture.
Solid circle : response to single IMP solution with same concentration in mixture.

あった。

IV. 考 察

河村ら (8) は、味覚刺激により誘発される反射性唾液分泌について、味と唾液分泌量との関係を分析し、味覚神経積分反応曲線の高さが、必ずしも全神経反応量と比例するとは限らず、積分曲線の描く面積をもって神経反応量としなければ、味覚刺激と分泌された唾液量との関係を、正しく求め得ないことを明らかにした。味覚神経反応は刺激強度の変化と共に多くの場合相似的に変化するため、積分反応の高さのみを指標にしても比較的正確に反応量を表現することが可能であった。しかし、種々の味質溶液を広範囲な濃度域にわたって適用し、それらに対する神経反応を評価する場合には、本実験に示したごとく、必ずしも反応パターンは相似的变化を示さず不都合な場合も生じ得る。故に、本実験では、通法のごとく積分曲線の高さをもって反応量とせず、一定時間に積分曲線が描く面積をもって反応量とした。

池田ら (9) は官能検査により、IMP に MSG を配合した場合の味覚の強さを数量的に追求し、IMP 配合率が 30% になるまでは急激に旨

味の強さが増加し、70%まではほぼ同様な強さを呈するが、それ以上の配合率になると、再び味の強さが急激に低下することを報告している。

味覚神経幹に生じる反応を指標とした本実験結果は、上記、人の官能検査で得られた結果と良く一致している。すなわち、IMP に対する MSG の配合率を変化させた場合の、呈味の強さの変化は、末梢味覚神経のレベルで生じていることを示唆している。

IMP に対する MSG の配合率を低くした場合も、逆に、MSG に対する IMP の配合率を低くした場合も、共に相乗効果は弱まる。これは触媒反応にみられる混合触媒の、相互促進作用 (mutual promotor action) と同一の現象であつて触媒 A と添加物 B の配合率を横軸に、触媒能を縦軸にとって得られるグラフと同様なものであったことは興味深い。すなわち、IMP あるいは MSG いずれか一方にのみ、促進作用を呈する因子が含まれているのではなく、両者相互の作用によるものであろう。また、このように不均一触媒反応と同様な現象が認められることから、Beidler (10) の、味覚反応の第一段階は、味物質分子が味覚受容器の特定部位へ吸着することであろうという提唱を支持することが出来る。

本実験では、MSG のみならず ASP もまた、IMP と混合した場合著明な相乗効果を生じることを明らかにし得た。しかも、相乗作用の強さは、両者ともほぼ同一であった。MSG と ASP は化学構造が非常によく似ており、共にカルボキシル基を二つもつ酸性アミノ酸であるが、炭素数が ASP は MSG より一つ少い。このことから、鎖状炭素数が多少異っても、相乗作用には大きな影響がないことが判る。この ASP と同数の炭素鎖をもっているが、アミノ基をもたないコハク酸では、全く相乗作用が認められなかった。このことから、アミノ基が相乗作用を生じさせる重要な一因子であることは容易に理解出来る。また、VAL を IMP に混合しても、このような相乗作用は著明に減弱し

たこと、および、HIS を IMP に混合した場合には全く相乗作用が認められなかったことなどから、著明な相乗作用を生じるためには、カルボキシル基を二つもつたアミノ酸であることが重要であるといえよう。

本研究では、IMP に種々のアミノ酸を混合した場合の味覚神経反応におよぼす影響を追求したが、一方、MSG に種々の核酸関連物質を混合した場合、味覚神経反応に認められる相乗作用については、著者ら (6, 7) がすでに sodium 5'-guanylate と MSG を混合した場合も同様であることを報告した。また、その他の核酸関連物質については、佐藤ら (11) により、sodium 5'-uridylylate あるいは sodium 5'-cytidylylate と MSG を混合した場合にも相乗効果が認められることが報告されている。しかし、その効果は sodium 5'-inosinate あるいは sodium 5'-guanylate の場合より弱いものであった。これらの結果より、かかる相乗効果は purine nucleotides と monoaminodicarboxylic acids 間において特に著明であることが推察出来る。

カツオブシ中には遊離 histidine 含量がきわめて高く、小玉 (12) はカツオブシの呈味はイノシン酸のヒスチジン塩によるものであろうと推論した。しかし、鴻巣ら (13) は、HIS は少くとも呈味の点ではそれほど関与していないと結論している。本実験結果が示した如く、HIS と同様にカツオブシに多量に含まれている IMP を HIS と混合しても全く味覚神経反応に相乗効果が生じないので、HIS はカツオブシ中の IMP の旨味を強めるのではないと考えられる。しかし、両者間に相加効果は認められるから、カツオブシ特有の風味を添える点で、何らかの作用をもつものと思われる。

V. 総 括

IMP に各種アミノ酸を混合した溶液をラットの舌表面に与えた場合、鼓索神経から記録出来る反応を指標として、両者間の相乗効果を分析した。

IMP に monoaminodicarboxylic acids を混

合した場合にのみ、著明な相乗効果が認められたが、その他のアミノ酸を混合した場合には、極めて微弱な相乗効果か、あるいは相加効果のみを生じた。

IMP に SUCC を混合した場合も相加効果のみを生じた。

以上の結果から、IMP にアミノ酸を混合した場合に生じる呈味増強効果に対して、アミノ基と二つのカルボキシル基が特に重要な役割を果たしていることを考察した。

本研究に使用した実験試料は味の素株式会社中央研究所の御好意による。ここに感謝の意を表す。

文 献

- 1) 足立 明 (1962) 化学調味料の味覚作用に関する神経生理学的研究 日本生理誌 **24**, 607-613
- 2) 足立 明 (1964) 化学調味料添加の味覚効果に関する神経生理学的研究 日本生理誌 **26**, 347-355
- 3) 河村洋二郎・足立 明・小原正美・池田真吾 (1964) 化学調味料の味覚作用に関する神経生理学的研究 発酵と代謝 **10**, 168-178
- 4) 河村洋二郎・船越正也・足立 明・岡本純一 (1964) 食品味覚検定に対する神経生理学の応用 1. 日本生理誌 **26**, 286-291
- 5) 足立 明・船越正也・笠原泰夫・河村洋二郎 (1964) 食品味覚検定に対する神経生理学の応用 2. 日本生理誌 **26**, 306-312
- 6) 足立 明・河村洋二郎・小原正美・池田真吾 (1965) グァニール酸ソーダの味覚作用に関する神経生理学的研究 発酵と代謝 **12**, 63-68
- 7) 河村洋二郎・足立 明 (1965) 化学調味料に対する反応を利用しての Taste Receptor Unit の解析 日本生理誌 **27**, 279-284
- 8) 河村洋二郎・船越正也・西山 亨・真島利雄・釜田彰夫 (1964) 味質と反射性唾液分泌量の関係 日本生理誌 **26**, 495-502
- 9) 池田真吾・古川秀子・山口静子 (1962) An attempt to establish of scale of taste - Measurement of flavoring effect of MSG, IMP and their mixtures. 品質管理 **13**, 768-772
- 10) Beidler, L. M. (1953) A theory of taste stimulation. J. gen. Physiol. **38**, 133-139
- 11) Sato, M. and Akaike, N. (1965) 5'-ribonucleotides as gustatory stimuli in rats - electrophysiological studies. Jap. J. Physiol. **15**, 53-70
- 12) 小玉新太郎 (1913) イノシン酸の分離法について 東化 **34**, 751-757
- 13) 鴻巣章二・前田守彦・藤田孝夫 (1960) Evaluation of inosinic acid and free amino acids as tasting substance in Katsuobushi sock. 日水産 **26**, 45-48

〔地方小学会報〕

第173回生理学東京談話会

日時 昭和41年10月22日(土)午後3時より

所と当番 群馬大学医学部大学院講堂 松本政雄

1. マニトール利尿時の電解質排泄におよぼすアルドステロンとスピロラクトンの影響

長坂昌人(東大吉利内科)

11人の軽症慢性腎炎患者と正常イヌにマニトール(20%)を、それぞれ500および100ccを1時間かけて点滴静注した。患者の場合は日内変動の影響を避ける為すべて午前9~10時に投与した。 α -アルドステロンはヒトには0.5mg、イヌには0.1mg、それぞれマニトール注入開始2時間前に筋注した。スピロラクトン(アルダクトン-A, 大日本製薬より提供)は1回25mg, 1日3回, 合計9錠を当日の朝(同じく2時間前)まで経口投与した。

アルドステロンの影響下では尿中KがNaの増加する時顕著に増加した。一方スピロラクトン投与時はKはNaが増す時でも僅かしか増量しなかった。それぞれの実験各5例につきNaとKの関係の回帰直線を求めると、何れも前処置しない場合は丁度両方の極端の中間にあった。尿中Kはアルドステロン、スピロラクトン何れの影響下でも、Naゼロの点でゼロにならなかった。この事から尿中K/Na比は尿中Na排泄量にdependentであり、従ってアルドステロンの血中レベルの指標としてそのまま用いられない事が明らかである。

同じ回帰直線を各種疾患患者に経口的に10g(矢張午前9時)投与した場合、正常イヌに高張食塩水(20%, 20, 40および60cc)を静注、或は生理食塩水を300cc1時間かけて点滴静注した場合に応用して見た。いずれの場合もNaとKの排泄の量的関係はアルドステロンとスピロラクトンの影響の中間にあった。そこから上の2本の回帰直線はマニトール利尿時のみならず、腎の働きの一つの型を示しているのではないかと推論された。このようなアルドステロンの作用は、アルドステロンが尿細管のNaに対する透過性を昂めた結果と解釈され、Kのhomeostasisには攪乱的に働くように見える。

2. 筋の反射張力-伸展曲線の補償法による直

接描記法

高野光司(千葉大第1生理)

筋の伸展反射を分析する一方法として(張力-伸展曲線)がある。従来、この方法による研究では伸展速度には殆んど考慮がはられていなかった。一方伸展反射においては伸展速度が重要な要素であることがわかってきた。反射による“張力-伸展曲線”は、まず“総張力-伸展曲線”を求め、実験の最後に神経を切断し、“受動張力-伸展曲線”を得て、両者の差を計測して“反射張力-伸展曲線”を得る方法により描かれた。伸展速度が異ると受動張力曲線も変化するので、各伸展速度で上述の手続きをふまねばならない。本研究では一側の神経を切断し、両側の同名筋を同時に伸展し、一側に発生する総張力から他側に発生する受動張力の差を得られるごとくWheatstone橋の各辺に相当する抵抗線ストレインゲージの接続を工夫した。まず一側で零伸展の筋長を定め、次に両側の筋に、超最大強縮間接刺激(50c/s)を与えて、発生する張力が等しくなる如くして、両側の受動張力を等しくした。またTessalon(Ciba)2mg/kg i. v.により一時的脱求心神経を行ない、両側の反射張力をなくして張力平衡をとることも併用された。

Bellow's Air Motor B-E-M 220を本体とした圧縮気体を動力とするピストンにより伸展速度を任意に変えて(0~400mm/sec)直線性の優れた筋伸展をおこなった。伸展器と連動するポテンシオメーターにより筋の長さの変化を得て、これをブラウン管オシログラフまたはX-YレコーダーのX軸に入れ、上記の補償法による反射張力をY軸に与えて“反射張力-伸展曲線”を直接描記した。

以上の方法により、Pinna反射、相互反射、またRitalin, Procain, Tessalon等の生理、薬理学的実験を例示した。

3. 筋伸展速度の反射張力発生におよぼす効果

高野光司(千葉大第1生理)

1. 筋を各種の伸展速度で、また伸展の大きさに変化を与えて伸展し、暫らくその伸展位を保つと、伸展により発生する張力は短時間に減少する。この張力低下の大きさは伸展の長さおよび速度が大になるに従い増加する。この張力低下は主として反射張力の dynamic な要素によるものと考えられる。また、この張力低下の大きさはある範囲では伸展速度の対数に比例する。この範囲は tonic なヒラメ筋においては非常におそい (1mm/sec) 速度から始まり、phasic な前脛骨筋では比較的速い伸展速度 (約20 mm/sec) から始る。

2. 補償法により各速度における反射張力-伸展曲線を直接描記し、分析を行なった。伸展速度が大になるに従い、曲線の勾配は増大し、最大張力は増加し、また曲線の立ち上りは早くなった。張力発生時の応答時と伸展速度の関係は両対数ぐらふにおいて直線をなす。最大張力および、張力-伸展曲線の gain constant (Granit, 1958) は伸展速度の対数と直線関係がある。

以上により伸展反射において、伸展速度は伸展の長さと共に重要な要素であることが判明した。

4. 伸展反射の相性、緊張性、静性要素

高野光司 (千葉大第1生理)

去脳ネコの下腿三頭筋を 12~14 mm, 各速度 (0~400 mm/sec) で直線的に伸展し、発生する反射張力を補償法により記録した。

伸展速度が大になると、発生する反射張力は増大するが、伸展位をしばらく保っていると張力は低下して或る一定値に達する (静性要素)。伸展速度が比較的大 (20 mm/sec 以上) になると、伸展進行時に発生する張力 (相性要素) と伸展終了後に比較的ゆっくり発生する張力 (緊張性要素) が別々にみられるようになる。

静性要素は伸展の速度には関係せず、伸展の長さのみ関係する。緊張性要素は伸展の長さや速度に関係し、相性要素は主として伸展速度に関係がある。

相性要素は伸展の速度が大なとき、その伸展速度で発火し得る運動ニューロンはある応答時を経て、殆んど同期的に発火し、張力発生は筋の長さの増大につれて著しく増加することに起因し、新たに発火に参加する運動ニューロンの発火は含ま

れないか、含まれても僅少である。緊張性要素は、相性要素に対し、silent period に相当する時間だけおくれて現われ、比較的長時間 (1~60 sec) 持続する。伸展終了後直ちに伸展前の筋長に戻しても EMG と張力がみられること、脊髓ネコではみられないことから GIa インプルスの支持なしに現われ得る脊髓および上位中枢の活動によるものであるとされる。

相性要素の応答時より、数十 cm 以上の落下時またはそれに相応する速度の変化に対しては狭義の伸展反射は応じきれないことが討論された。

Takano, K. (1966) Phasic, tonic and static component of the reflex tension obtained by stretch at different rates. Nobel Symposium I, Muscular Afferents and Motor Control, ed. R. Granit, pp 461-463, Almqvist & Wiksell, Stockholm.

5. 相性筋、緊張筋における反射の3要素

高野光司 (千葉大第1生理)

前上丘去脳ネコのヒラメ筋および前脛骨筋を各速度 (0.1~400 mm/sec) で直線的に伸展し、発生する張力を補償法により記録し比較した。

ヒラメ筋において発生する反射張力は前脛骨筋におけるものよりはるかに大であるが、さらに伸展速度に対する閾値が非常に低く (0.1 mm/sec), 速度に対する感度域も非常に広い (0.1~400mm/sec 以上)。80 mm/sec 以上の伸展速度では、相性要素と緊張性要素が明瞭に判別され、前者は速度と共に増大するが、後者は減少する。

前脛骨筋では速度に対する感度域が狭く (10~100mm/sec), また、発生張力の絶対値もヒラメ筋の約5分の1にすぎない。

相性要素は相性筋である前脛骨筋において著名であり、緊張性要素は緊張筋においていちじるしい。静性要素はヒラメ筋においてはよくみられるが、前脛骨筋においては殆んどみられない。反射張力の最大値は伸展速度の対数に比例する。

ある筋の長さにおいて超最大強縮間接刺激により発生する張力に対する、伸展反射張力の百分率を "reflex index" と称した。前上丘去脳ネコにおいて reflex index はヒラメ筋では約25%, 前脛骨筋では5~6%であった。

第12回生理学中部談話会

時 昭和41年10月22日(土) 9時30分～16時20分迄
 所と当番 名古屋大学医学部第2講義室 高木健太郎

1. 反射光電式プレチスモグラフのヘッド装着後数分間にみられる変化について

小川徳雄・山本宗平・高木健太郎(名大第1生理)

反射光電式プレチスモグラムを記録する際ヘッド装着後数分間に振巾が徐々に(1～3分)増大する現象があり、これは冬期に著しい。

この現象はヘッド装着局所が暖められるための arte fact であるか、局所的うっ血によるものか、或は血管の active な反応であるかを区別する目的で実験を行ない、次の結果を得た。

- 1) 比較的強い圧力で装着した時に変化は明瞭に認められる。
- 2) 比較的低温環境の方が高温環境よりも変化は著明である。また長時間記録中に圧力を増すと、一過性に振巾が減少したのち、次第に拡大する。
- 3) うっ血による影響ではない。
- 4) 圧力を下げるときは振巾は一過性に増大(reactive hyperemia)したのち、徐々に減少する。

以上の結果からこの現象は血管壁の intramural pressure に関係ある小動脈の localized active reaction であると思われる。

2. 汗電解質濃度の比較生理学

新田初雄・猪飼公郎・佐藤孝道・伊藤乙彦(名古屋大第1生理)

人の一般体部における温熱性発汗の電解質濃度特に Na および Cl 濃度は発汗速度と共に上昇するが、血漿電解質濃度を上廻ることはない(hypotonic)。人手掌発汗の電解質濃度は一般体部における温熱性発汗の電解質濃度に比べ一般に高いが、なお hypertonic の域を出ない。然るに Addison 氏病と cystic fibrosis の場合には汗の Na および Cl 濃度は共に血漿電解質濃度よりも高い(hypotonic)。前者は副腎皮質機能不全によって汗腺排出管における再吸収機能が不十分である結果と解されているが、cystic fibrosis の病態は未だ明らかにされていない。このため我々は実験的 cystic fibrosis を発症させる目的で、先ず各種動物の手掌・足蹠の発汗について電解質濃度を測定

した結果、猫と犬とは hypertonic であるが、猿は人と同様 hypotonic であることが分った。この猿に抗 aldosterone 剤(Spironolactone)を投与すると電解質濃度が上昇することから、猿では人と同様汗腺排出管に再吸収機能の存在することが明らかとなった。猫の足蹠発汗が hypertonic であることについては既に Bruielow の報告があり、これによれば猫の足蹠汗腺は duct が短く、mitochondria の量が少いことから再吸収機能が欠如しているという。また犬が猫と同様再吸収機能を欠如し、猿が人と同様再吸収機能を有するか否かを証明する解剖学的裏付けは今後の研究に俟たねばならないが、猿が人と同様、また人より低濃度の汗を出すことは極めて興味あることで、今後実験的 cystic fibrosis の研究に猿が使用される路を拓くものとして意義ありと考えられるので報告した。

3. 人耳下腺・顎下腺固有唾液線溶物質について

森本清治・佐藤重孝・猪飼道彦・杉野律朗・相江 勇・新田初雄(名古屋大第1生理)

先に健常者200名並びに歯槽膿漏患者40名の無刺激自然分泌混合唾液について lysozyme および plasmin 活性を調査し、これ等酵素活性が齶歯発生および歯槽膿漏の症状と密接な関連を有することを明らかにし、且つ健常者混合唾液の線溶物質中、proactivator は全例に多量に、plasminogen は2/3例に、activator は極く少数例に認めたが、inhibitor は検出できなかったことを報告した。今回は混合唾液および耳下腺並びに顎下腺(固有)唾液中の線溶物質についてそれぞれ理化学的性状を調査し、更にこれと血中および唾液腺中の線溶物質とを比較検討して次の如き結果を得た。

1) 耳下腺および顎下腺固有唾液内線溶物質として activator および plasmin は全く認められなかったが、proactivator および plasminogen は認められた。この両物質は耳下腺固有唾液に比べ顎下腺固有唾液に高い傾向が認められた。

2) 耳下腺・顎下腺固有唾液内 proactivator および plasminogen を混合唾液内のそれらと比較す

ると, proactivatorは固有唾液に高く, plasminogenは混合唾液に高い傾向が認められた。

3) 混合唾液および耳下腺・顎下腺固有唾液の線溶物質について, 至適 pH, 基質との関係, streptokinase および抗 plasmin 剤に対する感受性, 熱処理等理化学的性状を調査した結果, 三者共に略々同様の性質を有し且つ血中線溶物質と類似した性質を示した。

4) 耳下腺および顎下腺固有唾液を Sephadex G-75 を用いて分離調査した結果, 蛋白分画には差異を認めたが線溶物質の分画には著差は認められなかった。

5) 組織内線溶物質の抽出に用いられている 2 M KSCN 溶液を混合唾液および耳下腺・顎下腺固有唾液に適要したが, いずれも activator の検出はできなかった。

以上の結果から唾液中線溶物質の生理学的意義並びにその生成分泌機転の一端を明らかにした。

4. 陽イオン濃度測定用超微細ガラス電極の作製およびその応用に就いて

大原孝吉 (名古屋大第2生理)

単一汗腺に於ける汗電解質濃度測定並びに汗腺排出管部に於ける再吸収機構研究の目的を持って Na⁺-sensitive 超微細ガラス電極を製作し単一汗腺に就いての実験を行なった。本ガラス電極の従来のものに比しての特徴は次の如くである。

1) 約 1/100 microliter (1/100 mm³) 程度の微量の被検液のイオン濃度測定が可能である。

2) 被検液イオン濃度は被検液が電極中のイオン感性ガラス毛細管中に吸引されその特定部位(非感性 pyrex ガラスで coating されて居ない部)を通過する時毛細管外部基準電極液に対する電位変化として与えられるので産生被検液濃度が経時的に変化する場合にもその連続的測定記録が可能である。

3) 予め電極毛細管部にイオン濃度既知液を充たして置きガラス電極並びに対電極で回路形成後測定器機の readjustment を行なえば温度, 電極の被検体への接触条件, 被検液イオン起電力以外の回路に混入した起電力等に起因する測定誤差原因を代償的に除去することが出来る。

4) NaCl 液に依る calibration 実験では測定値の再現性は極めて良く 8 本の電極の測定値を通

算して 0.1~0.01 meq/l の10倍モル濃度差の検体に対して 63.54±0.207 mV の値が与えられた。

5) この型の電極は単に Na⁺ 感性ガラス電極のみでなく H⁺, K⁺ 或いは総陽イオン感性ガラス電極にも応用し得, また汗腺分泌の研究のみでなく生物学研究一般に広い利用範囲が期待される。

単一汗腺開口部に於ける汗 Na⁺ 濃度を測定するに分泌速度の変化に一致したイオン濃度変化が見られ 19.2~42.5 meq/l の値が得られた。

5. 延髄循環中枢の機能的構造

竹内 亨・牛山喜久・宮川 清 (信州大第2生理)

脳を乏血にさらすと体血圧に昇圧反応が催起される。この昇圧反応は橋下部における切断によっても殆んど影響を受けない。かように乏血による昇圧反応には延髄循環中枢が大きい役割を果しているように考えられる。この乏血に反応する延髄循環中枢の分布範囲並びに体内各部位の血管支配に関して循環中枢内に機能の局在性があるか否か, あるいは局在性の現れ方というべきものを次の実験方法で追求した。

脳の乏血は家兎の脳の血行を1本の総頸動脈のみで司どらせ, これを任意に圧迫することで起させた。大多数の例で橋下部において脳幹切断を行なった。このような処理の後, 延髄に対して rostral より caudal 方向へ向っての連続的 transection, 3次元方向への機械的部分切除, 電気凝固(2mA, 30 sec)を適用した。同時に体内4カ所において末梢血管床の動態を反射光式 CdS cell プレチスモグラフを用い記録した。更に以上とは別に, 延髄に電気刺激を加え血圧および末梢血管の変化を観察した。

今までの実験結果は大要次の通りである。

1. 腎臓および小腸の血管運動中枢の下方限界は後肢皮膚のそれより僅か乍ら吻側にあり, 門より約 3~5 mm 吻側に位置している。

2. 延髄血管運動中枢の血管支配は同側性が主で, 一部交叉性である。

3. 断血による前肢皮膚血管の収縮性は後肢皮膚および腎臓血管のそれと比較して非常に少なく, 特異的な反応をする。

4. 門より約 3 mm 吻側の水準における後肢皮膚の血管運動中枢は腹外側, 並びに中心線上の腹

例にあるように思われる。

5. 門より約3mm吻側に刺戟実験を行ない、昇圧並びに降圧点に関しての地図を作成した。また、断血実験と刺戟実験の結果には多少の差異が認められた。

6. 脳血行遮断時の Cardiac Output

清水 強・宮川 清 (信州大第2生理)

いわゆる周期性血圧第三級動揺の発生機序に関して、当教室では、脳血流制御により上記動揺を催起せしめる宮川の方法を用いて長年に亘り研究を行なっており、一方では腎臓を中心とした末梢の血行動態を探究する事により、また他方延髄内に想定した循環中枢を中心として中枢が血行動態におよぼす調節機能を追求する事により、研究を続けている。更に心臓が周期性血圧第三級動揺の発生機序に関しかなる関係があるかを追求すべく計画してきたが、宮川の催起方法が脳血流制御という事にある事および脳血行遮断時に著しい体血圧の上昇をみる事から、まず研究の端緒として脳血行遮断時の心臓の働き、特に通常生理的状态に於ては血圧維持に関し大きな要因の一つともいわれる cardiac output (C. O.) をとりあげ観察した。C. O. の測定方法には種々あるが今回は single dye injection method を用いて測定し、濃度-時間曲線からの C. O. の計算は Hamilton 法で行なった。色素注入及び採血は大腿静脈および動脈を用い、血圧、ECG も同時描記し、測定は血圧が個々の定常状態にある時に行なった。脳血行遮断は宮川の方法を応用した。例数は脳血行遮断13、非遮断10である。

この結果、脳血行非遮断時の C. O. は平均 160 cc, stroke volume (S. V.) は平均 0.51 cc に対し遮断時 C. O. 54 cc, S. V. 0.3 cc と 5% の有意水準で減少を示した。また C. O. の減少率に比し S. V. の減少率の方が少なく、これは脳血行遮断時に起る徐脈に関するものである。これらの成績が正しいとすると脳血行遮断時の著しい高血圧の形成は cardiac output の増大というよりも末梢抵抗の増大に負うところ大という事が考えられる。但し脳血行遮断時には循環動態の変化が著しい為従来の色素稀釈法をそのまま cardiac output の測定に使えるか否か問題もあり、今後電磁流量計等を併用しつつ追試検討を加え計画である。

7. Rabbit Ear Chamber 内微細循環調整機転の局所性に関する研究 (1) 耳朶中心動脈と微細循環

浅野牧茂・小林茂樹 (国立公衆衛生院生理衛生)

演者らはこれまで rabbit ear chamber 法を用いて microcirculation の動態を調べ、それが無処置・安静時においても定常流を示すことは稀れであり、ほとんど周期的変動を行なうことを認めてきた。この変動を周波数的に αR , βR , γR , ωR , δR と区分したが、frequency analysis の結果、とくに毎分 1~4 サイクルの αR 波が microcirculation の基本的成分であることがわかってきた。

一方、家兎の後耳介動脈 (A. auricularis posterior, 以下「動脈」と略す) に不規則的の周期性をもった vasomotion があり、この変動は口径 75μ の small artery まで同期している (福場, 1951)。

そこで今回は、一方において従来の microphotoelectric plethysmography によって管径 $20 \sim 35 \mu$ の単一 arteriole の血流変動を記録し、同時に動脈または静脈 CV. temporalis superficialis) の血行を透過光で光電的に記録することにより、動脈血行と microcirculation との関係を、主としてその変動の同期性について調べてみた。計 7 頭につき、のべ約 20 時間に亘る記録から次の結論をえた。

1) 動脈の血流変動のうち、1~3 cpm 周期の振幅大のものはその儘 arteriole にも現われる (同期性 90% 以上)。

2) 動脈における 4~5 cpm の変動は arteriole に現われないことが多い。

3) 動脈と arteriole が同期しているとき、耳介の circulation は全局所が一致した変動をしている。

4) 動脈が定常流であるとき arteriole のみ変動することが稀れにある。

5) 左右両側の同期性は後耳介神経切除により失なわれない。

6) 動脈と arteriole の同期性も同じ処置により影響されない。

7) 動脈の収縮は心臓寄りから始まり末端へと伝播するらしい。

8) 動脈と arteriole には共通の変動と独立のものがあり、それぞれ origin を異にしているよう

ある。

8. Rabbit Ear Chamber 内微細循環調整機 転の局所性に関する研究 (2) 血圧と微細循環

浅野牧茂・吉田敬一 (国立公衆衛生院生理衛生)

演者らは第1報に引き続いて、血圧の動揺と MC の周期変動との関係を、MPPG による REC 内 MC 動態記録と REC 内 MC の観察をしていない側の総頸動脈による観血的血圧動揺記録、さらに ECG および呼吸曲線などの記録を同時に行なって検討した。

基礎条件下でドラム固定による実験がこれまでの演者らの常法であるが、四肢束縛、頭部固定の際でも、伏位、背位いずれも基礎条件下では MC における周期変動、特に αR 波はよく認められ、この際の呼吸数、心搏数ともに常法との間に著しい差は認められない。

背位固定・無麻酔での手術による血圧記録には明らかな第1級(心搏)、第2級(呼吸)動揺の外に MC における αR 波にほぼ対応する周期の第3級動揺が認められ、また同時に MPPG でも αR 波がよく認められるが、 αR 波は第1級および第2級血圧動揺とは無関係であり、第3級動揺とも原則的に周期、位相、振幅の異っていることがわかった。

本研究の1および2の結果をもとにして REC 内の MC 調整機転の局所性に考察を加える。

9. 心内圧、心音マイクロトランスデューサーの 試作、特性測定、および応用

斎藤十六・稲垣義明・中村 仁・谷口寿雄・栗原伸夫・角張雄二(千葉大第2内科)・安田 カ・斎藤興治・小林健二(東京工大精密工学研)・高島史路・大瀬 靖(日本光電)

圧脈波、および、心内心音の同時記録ができ、かつ、採血も可能な microtransducer を装着したカテーテルを試作し、この感度校正と生体応用について検討した。Microtransducer は端圧型で、先端の金属部分がまったく露出せず、非屈曲部分が短かく、挿入が容易である。Microtransducer には、gauge factor の高い、半導体 gauge を用いた。前回(第5回日本ME学会発表)用いた dummy gauge による温度補償法では、transducer の構造上、active gauge とのあいだに熱時定数の差がで

き、基線の動揺があった。今回は、振動膜の表裏に active gauge を接着し、温度補償を行なった結果、基線の動揺は少なくなった。Microtransducer の感度は、ブリッジ回路の出力で 10 mmHg あたり、0.51mV であり、直線性は 0~200mmHg のあいだで充分満足できた。周波数特性、および感度は、脱気水を満たした上下振動容器、および密閉容器を用い、30~1000 cps まで測定可能であった。すなわち、前者により、P. Z. T. (圧電変換素子) で作った。理論的に周波数特性の平坦と思われる monitor 用 microphone の感度、および周波数特性を測定しておき、これを後者の密閉容器に挿入し音圧を加えた。ここで、monitor 用 microphone を音圧レベル制御用として用い、密閉容器内の音圧は、30~1000 cps まで平坦となった。この装置に microtransducer を挿入し、monitor 用 microphone と比較することにより、感度、および周波数特性を測定した。

この結果、感度は -156.5 dB (1000 cps において)、周波数特性は、30~1000 cps まで、ほぼ平坦(± 1.5 dB 以内)であった。臨床的に、この microtransducer を用い、右心カテーテル法を行なって得た波形は、体外性 transducer より得た波形よりも立上り時間が、やく 30 msec 速く、圧波の動揺も少ない。フィルターを用いて、心内心音も同時に記録できるので、右心力学的分析にも従来の欠点を補なうことができる。目下、心内心音と、胸壁上心音との比較を検討中である。

10. 高山に於ける“息こらえ”試験の経験

本田良行(金沢大第1生理)

8名の被験者につき Nijmegen (オランダ, 25 m), Mosso 研究所(イタリア, 2896 m), Capanna Gnifetti (3647 m), および Monte Rosa 山頂(Regina Margherita, 4559 m)の各高所において正常呼吸後の“息こらえ”時間(B. H. T.)と、その breaking point (B. P.) に於ける肺胞空気の分析を行なった。

1) B. H. T. は高度の上昇につれて、ほぼ直線的に下降し、Monte Rosa 山頂では平地の約半分となった。

2) B. H. T. の長さについて馴れの影響を認めることは出来なかった。

3) B. P. における肺胞ガスの組成より、高所

に登るに従い低酸素圧の B.P. に関与する度合の増すことが認められた。

4) 被検者中、1名の熟練したアルピニストにつき、常に B.P. に於ける肺胞ガスが正常人に比して異常な高 PAO₂ と低 PACO₂ を得た。この被検者の B.H.T. は正常被検者と比較して、平地乃至 3000 m 位迄の高度では短く、Monte Rosa 山頂では却って長くなることが認められた。この被検者は登山中意識的に過呼吸する様訓練されたため、平地に於ても正常人より換気量が多少大きく、又極めて容易に過呼吸を起す傾向が認められた。従って PACO₂ が正常人に比してかなり低く、呼吸系が PCO₂ の増加に対し正常人より鋭敏となっていることが推察された。平地および低い高度に於ける B.H.T. の短縮は、この様な推論にもとついて容易に説明される。一方このアルピニストの高い PAO₂ は正常人より、より長い B.H.T. をもたらす様に働かざるを得ない。その作用は平地や低い高度では PACO₂ の B.H.T. に対する作用に覆はれて著明ではない。しかし山頂の Regina Margherita に於ては PAO₂ の B.H.T. に対して関与する度合は最も大きくなる。従って此の被検者の正常人より長い B.H.T. は PAO₂ の正常人より高い事実より説明出来る様に思われる。

11. アンデス学術遠征における 2, 3 の生理現象の測定成績について

高木健太郎・永坂鉄夫(名大第1生理)・安藤滋(名大環研第5部門)

1965~1966年古屋大学アンデス学術遠征隊として南米アルゼンチン、アコンカグア山(7035 m)において行なった生理学的研究のうち、2, 3の実験結果について報告する。被検者は22~36才の隊員13名。10月11日に日本出航、12月10日現地 Puente del Inca (2730 m) 着。同処に5~14日滞在後アコンカグア中腹のベースキャンプ(4200 m)に移動、4200 m以上の高度に約3週間滞在した。

1) 高所での breath holding; ベースキャンプ到着後はほぼ毎日 breath holding time (BHT), 肺胞 PO₂, PCO₂, 呼吸量および呼吸数を測定した。BHT は呼吸位でいきを止め、breaknig point を測定した。BHT および肺胞 PCO₂ は高所滞在日数が増すにつれて次第に減少した。BHT は約2週間で最小値になったが PCO₂ は更に低下しつづ

けた。呼吸量、呼吸数および肺胞 PO₂ は次第に増加し約3週間で最大となった。この実験の分析から呼吸面での高所順応は、呼吸中枢の CO₂ 刺激に対する sensitivity の増大であり、高所での呼吸量の漸増は1回呼吸量の増加ではなく呼吸回数増加によることが判明した。

2) Radiotelemetry system による登山者の心電図および心拍数。特別に設計された radiotelemeter により実際 7000 m の高所を登攀中の隊員の心電図、心拍数を記録した。4200 m では平均心拍数は 70~84/min。登攀を開始すると同時に急激に増すが、5000~7000 m でも 155/min をこえることは少かった。心電図は特有な肺性 P 型、心房負荷像を示し、1例ではきわめて著明な期外収縮像を示した。

3) 血圧、心拍出量、尿の成分の分析、筋力測定、血球成分の分析等についても報告する。

4) 太平洋横断中における被検者の体温の日差変動を知るため、日本出航以来、南米到着迄毎日1日4回体温を測定した。船の速度は14~16ノット、約32分ずつ1日が短縮する如きものであった。このようなスピードではアメリカ大陸に到着後現地人の体温の日差変動に追いつくの約4~5日必要であることが判った。

12. 無麻酔、無拘束状態におけるネコ視床下部摂食中枢の単位放電様式について

大村 裕・大山 浩・山本鉄郎・小林宣泰・小野武年・中 文彦(金沢大第2生理)

ネコ視床下部の摂食に関する外側部(LH)と腹内側核(HVM)の単位放電を、無麻酔、無拘束の状態では別々に、タングステン微小電極で記録し、睡眠、警戒、摂食、えさを探す、覚醒、まどろみなどの各状態での放電様式を観察した。

1) LH ニューロンでは睡眠から警戒や摂食に移行する際に、放電数が2~6サイクルから6~20サイクルに増加し、えさを探す状態では警戒の場合とはほぼ同様に増加したが、覚醒やまどろみではその中間の値をとった。それに対してHVMでは放電数が通常睡眠時で1~8サイクルであるが警戒、えさを探すあるいは摂食で著明に減少し、LHの場合とは逆の傾向を示した。LHやHVMで警戒や摂食での変化はその移行期に一番著明に変化した。さらに摂食ではその行動の約10秒後に

一時的に放電数が睡眠のときよりも LH では減少, HVM では増加という現象がみられた。

2) LH や HVM のニューロンのなかに睡眠から警戒や摂食の状態に応じないものがあったが, これらには7秒から15秒の周期をもつ自発放電数の緩徐な変動がしばしば観察され, とくに睡眠時に多くみられた。警戒や摂食の状態変化によく応ずる LH や HVM ニューロンはこの緩徐な変動はあまりみられなかった。すなわち前者は非固有(緊張性)のニューロンであり, 後者は固有(相性)のニューロンではないかと考えられる。

3) 満腹状態では LH でも HVM でも各状態での変化が少なく, むしろ逆の傾向を示したりすることもあった。

4) 逆説睡眠時には LH では警戒状態におけると同じかそれを越える様な高頻度を示し, HVM では逆に警戒状態に近い様な低頻度を示した。

5) ネコの各状態でのニューロンの活動を知るために放電パターンを検討した。放電間隔ヒストグラムの分布様式はカイ平方検定で求めたが, 指数型, ガンマ2型, その中間型そしてどちらにも該当せぬものの4種類に分類された。LH では睡眠で指数型, 警戒ではガンマ2型, 摂食ではどのパターンにも属さないか指数型を示した。HVM では睡眠でガンマ2型, 警戒で指数型, 摂食で指数型の傾向を示した。

6) 平均放電間隔(M)と変動係数($\frac{\mu}{M}$, μ : 標準偏差)との間には間隔が0から200ミリ秒までは変動係数は0.3から1.1位まで急激に上昇するほぼ直線の関係がみられた。つまり放電頻度が上昇し, 変動係数が0.6から0.8ではガンマ2型を示し, さらに頻度が上昇して変動係数が0.6以下になるとより規則的な放電パターンを示すことになる。200ミリ秒以上の放電間隔では変動係数は1.0以上を示した。すなわち頻度が減少し変動係数が0.8以上になると指数型になり不規則性を示すことがわかった。

13) 視床下部とくに外側野と腹内側核の単位放電に対する薬物の反応について

大村 裕・大山 浩・中 文彦・小林宣泰・小野武年・山本鉄郎(金沢大第2生医)

視床下部は辺縁系とともに自律性機能の重要な

場所とされている。さらに視床下部外側野(LH)と腹内側核(HVM)は摂食および摂水行動, あるいは単位放電の実験から相反性関係がえられている。軽エーテル麻酔をした体重約200gのウイスタ系ラットでLHとHVMから単位放電を3連ガラス微小電極の一つから記録し, 諸種の薬物を他の二連より電気泳動的に放出させてニューロン1個の反応について調べてみた。全視床下部単位放電219例中LHおよびHVM内の細胞でしかも何らかの反応のあったものは92例であった。

1) ACh では LH 42例中23例に放電頻度が増加しわずか2例だけ減少した。ACh で増加した LH ニューロンの放電は atropine でブロックされるものがあった。HVM では20例中4例放電頻度が増加し, 4例はその減少を他は不変であった。このことから LH には ACh-感受性ニューロンが多いということが出来る。

2) Noradrenalin では, LH 15例中6例に頻度が増加し, 減少したものはみられなかった。しかもこの6例中5例まで ACh でも増加したものであった。HVM では19例中6例が増加し, 減少したものは6例で他は不変であった。

3) Serotonin は, 例数が少ないが HVM および LH ニューロンに対して放電頻度を減少させるようであった。

4) GABA では LH 11例中6例に HVM 8例中7例に効果のあったものすべて抑制的に作用した。扁桃核刺激によって発射される HVM ニューロンの単位放電についても抑制的に作用した。また LH で2つの単位放電が同時に記録された場合, GABA を作用させると一方は頻度の減少がみられ他方は逆に上昇する例がみられた。すなわち LH 内で隣接するニューロン間に相反性のあることが判明した。

神経薬理学的あるいは組織化学的に視床下部には上記の endogenous amines やその酵素系が存在すると報告されている。また脳局所あるいは全身的に薬物を投与して摂食および摂水反応をおこした諸実験と以上のわれわれの実験とをあわせ考えれば興味のあることであり, これらの薬物がシナプス伝達物質でなくとも視床下部神経機構の発現に重要な役割を果していることがうかがわれる。

14. イソアワモチニューロンのスパイク発生について

大村 裕・大山 浩・沢田正史 (金沢大第2生理)

イソアワモチ巨大ニューロンのスパイク発生メカニズムを細胞内電極で調べると、 Na^+ なしで活動電位を発生することができる。すなわち外液中の NaCl をすべて Tris-Cl で置換しても、正常とほとんどかわらないスパイクを発生する。Sucrose で置換してもほぼ同様である。一般に 10^{-8} の濃度で Na^+ によるスパイク発生を完全に阻止するテロドトキシンは、このニューロンには 10^{-6} でもまったく影響を与えない。

無 Ca^{++} 外液中ではスパイクは発生しない。 Ca^{++} 濃度の増大によりスパイク振幅および立上り速度の増大が見られる。甲殻類筋線維で TEA を与えたり、あるいは内部 Ca^{++} の除去などの前処理により得られるスパイクが Ca^{++} 透過性の増大によると考えられていることも考えあわせると、イソアワモチニューロンの自然のスパイク発生も、 Ca^{++} 透過性増大に起因することを示すように思われる。しかし高濃度の Ca^{++} 中では同時に閾値の増大が見られ、これは上のことからはずぐには説明出来ない。以上のような Ca^{++} 濃度の影響は本来 Na^+ によるスパイク発生についてもある程度見られる事実である。このニューロンのスパイクが Ca^{++} 透過性増大によるか否かは、なお定量的な測定が必要である。

Ca^{++} 透過性を抑制するといわれる Mn^{++} を 10~20 mM 外液に加えるとスパイク立上り速度は著明に抑制されるが、その振幅の変化は比較的小さい。単発刺激で数発の反復スパイクについて1秒以上におよぶプラトーをもったスパイクが発生することもあった。

Mn^{++} の効果が単純に Ca^{++} 透過性増大の特異的抑制であるか、どうかさらに実験を進めたい。

15. 逆向性および反射性刺激に対する舌下神経細胞の反応

角 忠明 (信州大第1生理)

3 Mol KCl 充填の超微小電極を除脳無麻酔ネコの延髄背面から舌下神経核を構成する多数の単一細胞内に刺入しその電位を誘導記録しながら、末梢で露出された舌下神経あるいは上喉頭神経幹

の切斷中極端を電氣的に刺激して上述の細胞内電位の反応性変化を追究し次の結果を得た。

1. 逆向性刺激に対する各細胞の反応潜時と伝導距離から神経線維径を算定してヒストグラムを画くと、2~5 μ および7~9 μ のところに極大をもつ2峰がみとめられる。しかし、第1峰が著明で一見したところでは非対称的な単峰をしめしている。

2. 神経核の細胞には刺激によって定型的な逆向性興奮をしめすもの他に、比較的長い潜時をもつ EPSP に重畳して反復興奮をあらわすものおよび短い潜時で高頻度の反復興奮をあらわすものが小数(約5%)認められる。これらはそれぞれ運動神経細胞、介在細胞および Renshaw 型細胞であると推定される。

3. 運動神経細胞に逆向性頻数刺激をあたえるとき IS-spike が SD-spike よりはるかにたかい追隨度をしめす。しかし、その程度は細胞によりことなる。

4. 上喉頭神経の刺激により舌下神経運動細胞には EPSP, IPSP 及びこの混合変化がひき起これるが、それぞれの反応は各細胞に固有である。頻数刺激をあたえて反射性嘔下運動がひきおこされるときには、まず EPSP の加重、ついでこれに重畳する散発性の full size spike、最後に急激な脱分極と典型化された full size spike の“嘔下性放射”があらわれる。

5. 運動神経細胞の中には規則的な周期をもった膜電位の変動をしめすものがあり、数例では動物の窒息時にこの変動が惹起された。

16. 血流遮断時に於ける脊髓活動性の変化

田中良正・神谷 武・杉田虔一郎・土井昭成・岩田金治郎 (名大橋本外科)

フラキセディール不動化猫の大動脈弓部圧迫による血流遮断にともなう脊髓反射および motoneuron の自発放電頻度の変化を追跡した。

大動脈弓部を圧鉗30秒以上におよぶ場合に $L_6 \sim S_1$ の後根を刺激し、対応する前根より誘導した monosynaptic reflex [M. S. R.] の振幅は三相性に変動する。圧鉗直後より次第に減少した M. S. R. は15~20秒で正常時の約1/2の最小値を示した[第一次減少期]後漸次回復し、40~70秒で正常値またはそれ以上に達す[増大期]。ついで M. S. R.

は再び減少し、圧鉗時間が長ければ完全に消失する [第二次減少期]。圧鉗解除後は次第に正常値に復し、圧鉗時間の短い程すみやかに回復する。Polysynaptic reflex [P. S. R.] の振巾は M. S. R. と逆位相に変動する。即ち M. S. R. の第一次減少期に逆に増加し、M. S. R. の増大期に減少する。

$L_6 \sim S_1$ の前根 filament または末梢神経筋枝より誘導した motoneuron の自発放電は M. S. R. の第一次減少期に一致してその頻度は激増した後急速に停止する。圧鉗解除後数分で再び自発放電が現われる。此の間後根線維より誘導した afferent impulse の放電頻度には変化は認められない。

17. Motoneuron への VL 刺激効果と錐体路

杉田虔一郎・土井昭成・田中良正・神谷 武 (名大橋本外科)・村田計一 (名大第2生理)

Flaxedil 猫の視床 N. ventralis lateralis (VL) の高頻度電気刺激 (50~700 cps, 0.5~0.05 msec, 0.5~2 V) により下肢筋の motoneuron の活動性は変化を受け伸筋の単シナプス反射の振巾は VL 刺激中その振巾を減じ屈筋の反射の振巾は増加する。また単一の伸筋 motoneuron の放電頻度は減少或いは放電停止し、屈筋では逆に増加する。VL 刺激による motoneuron へのこの結抗的な効果は両側性で上肢でも見られる。同じ効果は赤核、大脳皮質運動野、延髄錐体の連続刺激でも認められる。

赤核を 0.5~1 mm 間隔で10~20点電気凝固して赤核を破壊しても上記の VL 刺激の motoneuron への効果は変りなく残っている。従って赤核に入る小脳核 neuron の VL への axon collateral が VL で刺激されて逆行性に赤核を興奮させる可能性或いは VL より順行性に赤核を介してのみ motoneuron におよぶという仮定は否定される。

大脳皮質運動野の連続刺激でも motoneuron の活動性は VL 刺激と同じ影響を受けるが感覚運動野のみの両側切除では VL 刺激効果は消失せず、赤核凝固を重ねる事により初めて VL 刺激効果は無くなる。此等から VL 刺激効果は皮質運動野小脳 VL, 赤核, を含む脳基底核, の協同効果と考えるのが妥当であろう。またこの効果は延髄錐体のみの両側切断でほとんど消失するので此の効果の少なくとも一部分は錐体路を motoneuron へ下行するものと考えられる。

18. 2種の筋受容器に於ける興奮性回復過程の比較

伊藤文雄 (愛知学院大歯学生理)

先きに蛙縫工筋内には筋紡錘の外に葉状神経終末があって、筋伸長とか筋収縮の際に夫々別個の反応をしている事を報告した。今回は此等の2種の受容器の特性を知る上に各支配神経終末部の興奮性回復過程を比較してみた。

実験には蛙縫工筋-坐骨神経-第9脊髄後根の全 intact 標本を使った。解剖顕微鏡下で単一受容器を除き、その他の全神経を切断した。筋は生体内と同じ長さに固定し、単一受容器の所在部には機械的刺激を与えた。これはペンモーターを持続50 msec の pulse で駆動し、レバーの先端の0.5 mm 直径の硝子棒で受容器部を圧迫する。この圧は pulse 電位で加減し、レバー先端の動きは光電管でとらえる。神経は 10 mm 間隔で置かれた5枚の隔壁で固定される。神経からの求心性インプルスは最も筋に近い隔壁を跨いで誘導され、最も筋から遠い隔壁で固定された第9脊髄後根に電気刺激を与えた。

最初に機械的刺激による単一受容器の閾値を定める。次いで神経刺激して逆行性インプルスが神経末端に到達した後の色々な時間に機械的刺激を与えて閾値の変化を測定する。これによりその神経終末部の興奮性回復曲線を描くことが出来る。

斯くして描かれた曲線は筋紡錘と葉状神経終末では大きな差異があった。前者は約 500 msec 後にもおよぶ長い回復遅延があり、且つ20~40 msec の所に一過性の興奮性上昇期があった。それに対して後者は 150 msec までに回復するシャープな回復曲線を示した。

19. 蛙縫工筋の伸展に対する温度効果

尾山 修 (名大第2生理)

Static index に対する温度効果や dynamic index, receptor potential 等に対する温度効果が種々調べられている。これら温度効果のうちで筋の粘性が温度上昇に伴い低下するために起る因子があるのではないかと考え実験を行なった。

蛙縫工筋を用い水槽中に置き Ringer 氏液の温度や伸展速度、伸展幅、筋の長さを変えインパルスおよび張力を記録し解析した。Static index および dynamic index は温度上昇と共に或る範囲

では大幅に増加した。筋の張力差 (dynamic index に相応するもの) は温度上昇に伴い低下した。Dynamic index を static index で割ったものに対する温度効果と、筋の張力差に対する温度効果の間には密接な関連があるのではないかと思われる結果が得られた。

20. 筋収縮時のH波について

中山昭雄・堀 哲郎 (名大第1生理)

表面電極で記録される誘発筋電図が kinetic と tonic のベクトル和であることはすでに報告した。今回は人のH波がいろいろの条件下でどのように変化するかを検討する。

筋を随意的に軽く緊張させるか tonic な活動が増強するような条件下では、H波の kinetic な成分は多少抑制され、tonic の成分が大となるが、全体としてのH波の振幅は小さくなる。しかし機械的反応量は大きくなる。

刺激を次第に強くしてM波が出現するようになると、逆行性抑制によってH波の振幅は減少するが、この時腓腹筋に随意最大収縮を行なわせると、ほとんど純粋な kinetic な反応を示して、電位変化曲線には notch が認められない。これは次のように解釈されるだろう。逆行性インパルスが遠心性ニューロンに存在する時間は刺激後約12 msec くらいである。随意最大収縮時における kinetic, tonic MN の平均放電間隔はそれぞれ20 msec, 40 msec であるから、統計的に MSR の起る確率は tonic MN においては kinetic MN の半分である。その結果 tonic が抑制され、H波は主に kinetic な活動を示すことになるのであろう。他の可能性としては、最大収縮時 MN に対する上位からの影響は kinetic には促進、tonic には

抑制であるかもしれない。また kinetic MN が Renshaw細胞を介して tonic MN を強く抑制するということも考慮に入れなければならぬ。

H波が単シナプス反射であり、腱反射と反射弓を同じくするものであるが、H波の振幅を腱反射量の目安とすることはできないし、また上位からのMNへの影響を論ずる場合にも、波形の変化に上述の観点から充分検討を加える必要がある。

21. カエルの“Placing Reaction”と皮膚圧迫による抑制

高木健太郎・山本宗平・田沢正敏 (名大第1生理)

ダルマガエルを下顎懸垂位で、腹部皮膚の一部に触刺激を与えると、カエルが蹲居姿勢をとる現象を高木と渡辺が観察し、これをカエルの“placing reaction”と称し、姿勢反射の一種であると解釈している。われわれはこの現象の特徴を分析し、次の知見を得た。

1) 払いのけ反射との相違点は、(a) 脊髓ガエルにするとおこらない。(b) 受容器の存在部位が一定している。

2) 受容器の存在部位は、前肢下面、胸部腹部下面、大腿部下面および足背に局限している。皮膚剝離部では反応は消失し、その皮膚弁を刺激すれば反応がおこる。

3) 皮膚の電気刺激で placing reaction も払いのけ反射もおこすことが出来るが、刺激の強さ頻度曲線を作ると両者は不連続である。

4) 皮膚の一定部位を圧迫すれば、placing reaction は抑制される。皮膚圧迫抑制効果の有効部位は側腹部から下肢への移行部である。

A possible mechano-receptor in the cardiac muscle of the rabbit

Koji Uchizono

Department of Physiology, Faculty of Medicine, University of Tokyo, Tokyo, Japan

Relationship between structure and function has been well established on the innervation of mechano-receptor of skeletal muscle of vertebrate. In spite of a wealth of information concerning the organization of stretch receptor in the vertebrate skeletal muscle, almost no report on the sensory input to cardiac¹⁾²⁾ and visceral⁴⁾ muscles is available. During the investigation of heart muscle innervation by electron microscope⁵⁾ a chance observation provided a peculiar structure of nervous element which suggests some of the morphological characteristics of a kind of receptor in the rabbit heart muscle. Efferent inputs to cardiac muscle, vagal and sympathetic, have been rather well documented electrophysiologically³⁾, and ultrastructural characteristics of these inputs has recently been established in cardiac and visceral muscles. The right atrium was separated from the heart of a rabbit killed by a rapid blow, opened and pinned in a plexiglass chamber. After the location of a pacemaker area by a capillary microelectrode recording of the pacemaker potentials, a piece of tissue was cut which surrounds the pacemaker area thus located. Electron microscopic investigations were carried out by Akashi TRS 50 electron microscope.

Here will be reported a peculiar structure as is shown in the following pictures which suggest the characteristics of nervous elements of receptors. A membrane-limited cluster of mitochondria and vesicular elements which are surrounded by loosely spalling membranes is shown in the upper figure. A ladder-like configuration (middle left) is observed at the outermost layer of the membranes. The structure is situated in the intercellular space among cardiac muscles which are loosely packed in the pace-

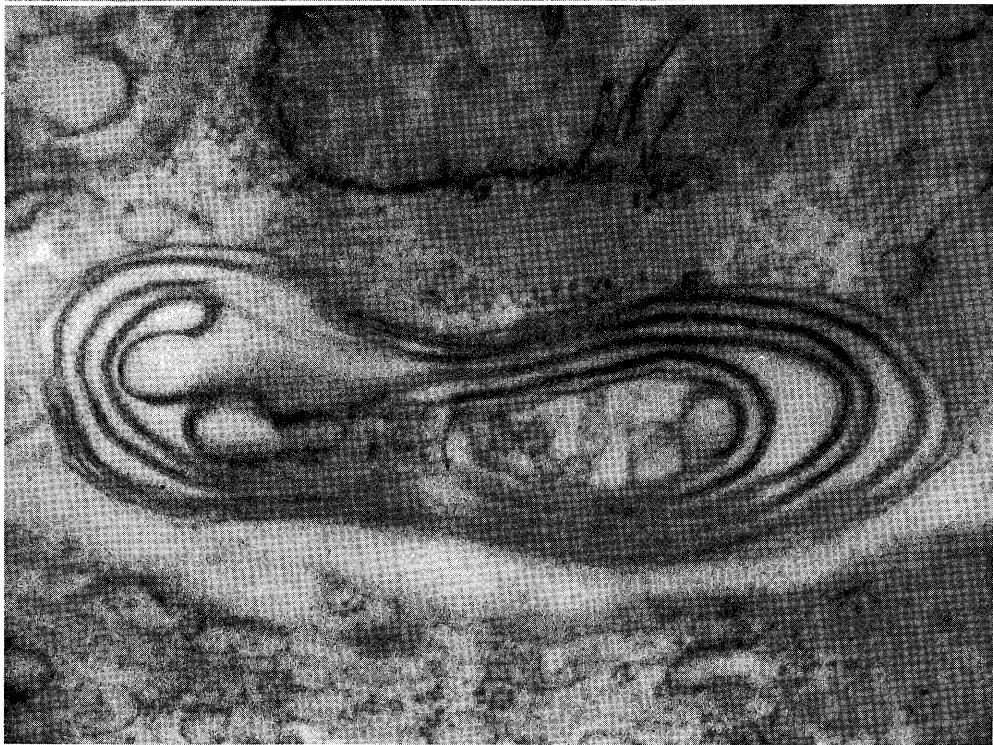
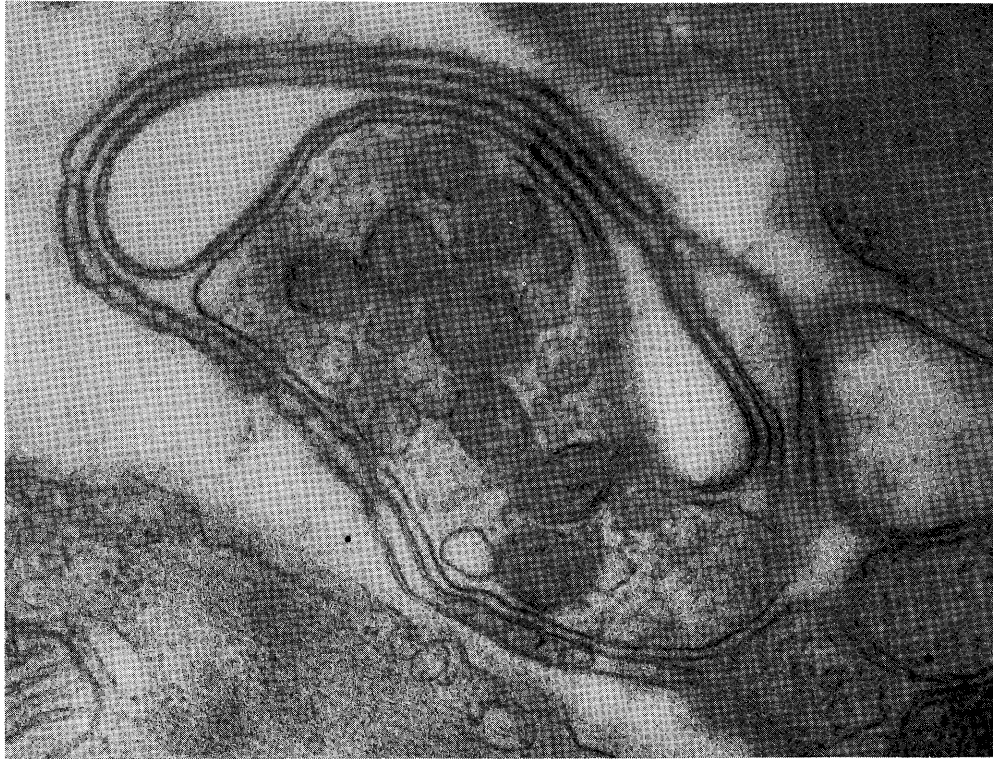
maker area. The over-all configuration of this element is quite different from the efferent input to the pacemaker muscle as is reported elsewhere⁵⁾. The lower figure shows a similar structure which lacks the central portion of the element of the upper figure. The same type of layered structure of several membranes is also conspicuous. The upper figure is suggested to be the more distal portion of the elements than the lower figure, because it is well known that the nerve terminals of sensory fiber swells to contain specific inclusions such as vesicles, mitochondria and so on. This structure is highly suggestive of the mechano-receptor as is demonstrated in the muscle spindle of vertebrate. Of course it remains to be seen whether this peculiar structure is real counterpart of physiologically well established mechano-receptors of the heart or not.

Upper figure : Peculiar structure found in the intercellular space of the pacemaker area of the rabbit heart. Loosely layered membranous structure surrounds the membrane-limited cluster of mitochondria and vesicular elements. Some part of layered membrane shows a ladder-like structure. Lower figure : Same type of layered structure of nervous elements is situated in the narrow intercellular space of the heart muscle cells. No cluster is shown except a few vesicular elements in the center of the structure.

References

1. Caesar, R. et al. (1958) Electron microscopy of the impulse conducting system of the sheep heart. *Z. Zellforsch.* **48**, 698-719
2. Fawcett, D. W. et al. (1958) Observations on the fine structure of the turtle atrium. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, **4**, 63-72
3. Hutter, O. F. and W. Trautwein (1956) Vagal and sympathetic effects on the pacemaker fibers in the sinus of the heart. *J. gen. Physiol.*, **39**, 715
4. Jabonero, V. (1964) *Der anatomische Aufbau des peripheren neurovegetativen Systems.* Wien, Springer Verlag.
5. Trautwein, W. and K. Uchizono (1964) Electron microscopic and electrophysiologic study of the pacemaker in the sino-atrial node of the rabbit heart. *Z. Zell Forsch.* **61**, 96-109

0.5 μ



0.5 μ

[Jap. J. Physiol. 抄録]

Vol. 16, No. 1 (1966. 2)

代謝阻害剤の後肢反応性充血に及ぼす影響

富永詩郎・三浦 博・平 則夫・橋本虎六 (東北大薬理)

各臓器の血流量は、その代謝と密接な関連をもって調整されていると考えられる。血流量と代謝との関連を研究するために、我々は、代謝阻害剤によって、血流遮断後の血管拡張 (反応性充血) が、いかなる変化をきたすかを実験した。

方法: 被験犬をペントバルビタール 30 mg/kg で、供血犬をモルヒネ 10 mg/kg、並びにウレタン 1g/kg で麻酔した。被験犬の一侧後肢を完全に切断し、供血犬を用いる交叉循環法、又は、酸素化器を通して、ポンプによって、定流量灌流し、血圧を測定して、これを血管拡張および収縮の指標とした。血液凝固阻止のために、鯨ヘパリンを用いた。3分間の血流遮断によって、反応性充血を生ぜしめ、得られた変化の大きさと、持続時間とによって、充血の大ききの目安とした。これが、モノ沃度酢酸、モノ弗化酢酸、ジニトロフェノールのような代謝阻害剤の前処置によって、いかに変化するかをみた。

結果: モノ沃度酢酸 20~30 mg を股動脈に注入後、2時間以上たつと、血流遮断後の反応性充血は、完全に消失した。モノ弗化酢酸 5 mg の動注後30分で、反応性充血は消失し、むしろ明らかな収縮がみられた。ジニトロフェノール 5 mg の動注後 (ごく軽度の血管拡張が生じている最中) に血流遮断すると、反応性充血は著明に増大した。しかしジニトロフェノールによる血管拡張の作用が消失してから遮断しても、反応性充血の大ききは不変だった。

結論: 以上のように、モノ沃度酢酸、モノ弗化酢酸によって、エネルギー代謝の進行を阻害すると、反応性充血は消失し、ジニトロフェノールのような、uncoupler によって反応性充血が増大することより、反応性充血をひきおこす機構が、エネルギー代謝の進行と深い関連をもっているものと考えられる。

蛙網膜電図の微小成分の研究

米村大蔵・八田正幸 (金沢大眼科)

キセノン放電閃光に対する蛙網膜電図を、角膜誘導法および微小電極 (3M KCl 硝子電極) による網膜内誘導法で記録した。

I. 角膜誘導

蛙の正常網膜電図には、初期陰性変動 (a波) につづく初期陽性変動 (b波) およびb波に重畳する律動様小波がみられる。律動様小波の周期は刺激強度によらず一定である。a波はさらに、比較的振巾の小さい陰性電位 (early a-wave) とこれに続く比較的振巾の大きい陰性電位 (late a-wave) とかなりたっている。

1 mM KCN Ringer 液あるいは 1.0 mM NaN_3 Ringer液で眼球を灌流すると律動様小波の周期は短時間内に著明に延長し、振巾は低下する。この際 late a-wave やb波の時間経過もおくれるが、early a-wave の時間経過は比較的長時間変化をうけない。Anoxia の ERG 諸成分におよぼす影響も、上記と類似している。1 mM モノ沃度酢酸を灌流した眼球では、短時間で ERG 各成分は著しく小さくなるが、この間律動様小波の周期は殆ど変化しない。

II. 眼杯標本における網膜内誘導

律動様小波は両極細胞層において最も大きい振巾を呈する。この所見と、律動様小波が呼吸阻害剤に対して敏感であること (上記 I) とを併せ考えると、律動様小波の起源は両極細胞にあることが示唆される。

また early a-wave および late a-wave の極大はそれぞれ視細胞層および両極細胞層にみとめられる。故に前者および後者はそれぞれ distal a-wave および proximal a-wave とも呼称されよう。

網膜の比較的深層からの誘導では、鋭い陽性棘波が late a-wave の初めの部分に現われる。

III. 以上の蛙の a波に関する実験結果にもとずき、人眼 ERG の a波の二重波について考察した。

ラットの血漿遊離脂肪酸濃度および in vitro 酸素消費量に対する *vosopressin* の影響

伊藤真次・塚田守雄・奥野晃正・吉成 正 (北大第1生理)

われわれはさきに vasopressin (VP) の投与がラットの体温と代謝率を著明に低下せしめることを見出した。VP 投与後における酸素消費の減少と呼吸商の上昇との間に負の相関関係がみとめられたので、その変化は主として脂肪利用の減少によると推測された。遊離脂肪酸 (FFA) の酸化はその血漿濃度に関係するとみなされているから、VP による代謝率の低下は血漿 FFA 濃度の減少に由来するかも知れない。これを確める目的で本研究を行なった。

その結果 (1) VP の注射によってラットの血漿 FFA 濃度は明らかに減少を示したが、oxytocin の効果は比較的弱かった。norepinephrine は血漿 FFA 濃度を著明に上昇させるが、VP 前処置によってその効果がいちじるしく抑制された。(2) In vitro での肝切片および横隔膜の酸素消費は incubation medium に加えた palmitate の濃度に応じて変化した。(3) In vitro で副腎丸脂肪組織による FFA の放出は VP の添加によって影響されなかった。Norepinephrine の FFA 放出効果も VP の存在で影響されなかった。(4) 褐色脂肪組織、肝および横隔膜の in vitro 酸素消費量は、incubation medium に VP を加えることによって有意の減少を示した。一方白色脂肪の酸素消費には VP によって有意の変化をみなかった。

これらの結果からみて、VP による代謝率の減少には、血漿 FFA の減少が一部関係するであろうが、それ以外 VP は直接組織代謝に抑制的に作用するものとみなされる。

求心性発射よりみた大動脈および心房壁受容器の相性要素

本間三郎・鈴木 茂 (千葉大第1生理)

大動脈と心房壁にある受容器よりの求心性線維が迷走神経中より機能的に単一線維として分離された。大動脈や心房中に Ringer 液を灌ぐことで、内圧を高めた。緊張性圧の大きさと求心性発射の頻度との関係は、略直線の関係を示す。大動脈受容器からの求心性神経は 0.41 ± 0.12 imp/sec/mmHg であったが、心房のそれは大小2群に区別された。大きい値を示す方は 1.44 ± 0.52 であり小さい方は 0.53 ± 0.06 imp/sec/mmHg であった。

一方求心性発射のインプルスの間隔の変化率と圧の上昇率との関係を求めると、これも略直線的

関係を示したので、その傾斜を心房定数、大動脈定数とした。この定数はそれぞれの受容器の相性要素を示すもので、心房定数は 173.5 ± 119.3 10/mmHg/msec、大動脈定数は 27.0 ± 10.8 10/mmHg/msec であった。

以上より心房壁受容器は大動脈壁のそれより圧の変化に対して感受性が高く、血圧の速い変化によりよく反応する。

ロドプシン溶液の酸素吸収

藤下成周 (大阪学芸大生理)

蛙の網膜から分離した杆体外節を 0.6% 食塩水に浮遊させて、ワールブルグの装置で測定すると酸素を吸収することが認められた。しかし、杆体外節内にはミトコンドリアが存在しないことが知られているので、杆体外節の酸素吸収は、いわゆる呼吸酵素によって行なわれるものだと考え難い。それで、分離杆体外節から抽出したロドプシンについて酸素吸収の有無を確かめてみたところ、ロドプシン分子自身でも酸素を吸収することが認められた。従って杆体外節の酸素吸収の本態はロドプシン分子による酸素吸収そのものであると考えられる。さらに、ロドプシンの酸素消費は光照射によって低下する。即ち光照射前における QO_2 の平均値は 12.56 であるが、光照射後における QO_2 の平均値は 2.52 に減少する。

この酸素吸収には鉄イオンが関与しているものと考えられる。即ちロドプシンの酸素吸収は種々の金属阻害剤で阻害される。

杆体外節に 8% アルコール水溶液を作用させた後、石油エーテルで杆体外節の脂質を除去すると、このように処理した外節よりジギトニンで抽出したロドプシンは QO_2 が低下する。この QO_2 の低下したロドプシンに、卵から抽出したレチチンを加えると酸素吸収は幾分増大する。即ち、この事実から、ロドプシン分子の一部分を構成する磷脂質が鉄イオンから遊離した酸素を吸収するのではないかと考えられる。しかし、ロドプシンの酸素吸収は、磷脂質と無機鉄イオンの単なる混合物のそれとは根本的に異なるものであって、ロドプシン溶液に光 (100 lux) を照射すると酸素吸収が抑制されるのに対して、レチチンと微量の塩化鉄の混合溶液は光照射 (100 lux) によって光酸化を生じる。

補償法による蛙骨格筋線維の静止電位の測定

喜多 弘 (順天堂大運動生理)

電位差の測定は補償法によるのが最も良いことは言を俟たない。しかし細胞内電極を用い、補償法によって静止膜電位を測定した例は少ない。そこで蛙の縫工筋線維に 3M-KCl あるいは 3M-NaCl を充填した細胞内電極を刺入し、その極く近傍の Ringer 液中に他の 1 本の電極を置いて、両電極間の電位差を補償法によって測定した。その際の零点指示器としては感度 4.14×10^{-11} A/mm の弾道電流計(横河製)を用いた。補償法による電位差の測定はつぎのごとく行なった。すなわち補償不足の点、ほぼ補償の出来た点および補償過度の点の 3 点について測定を行ない、内挿法によって完全補償時の値を求めた。静止膜電位の測定に先立って、Ringer 液中に置かれた両電極間の電位差 (E_e') を測定し、静止膜電位測定終了後も同様の測定をなし (E_e'')、両者の平均をもって電極電位 (E_e) の値として、これを測定した電位差 (EM' , 静止膜電位±電極電位) から引き、あるいはそれに加えて真の静止膜電位の値 (EM) を出した。静止膜電位の測定は、筋線維に電極を刺入したまま 4 時間にわたって行なわれ、2 時間目までは 15 分毎に、それ以後は 30 分毎に合計 13 回行なわれた。

10 本の筋線維について電極刺入直後の静止膜電位を見ると 86.87 ± 8.28 mV (S. D.) であった。4 時間にわたる静止膜電位の時間的経過には不規則な動揺が見られた。また 10 本の線維について、おのおの 13 回の測定値を平均してみると、その範囲は 72.82~100.60 mV であった。10 本の筋線維で得られたこれら 10 個の値の平均は 88.84 ± 8.35 mV で、この値が蛙縫工筋線維の静止膜電位の一般的な値と云える。

骨格筋線維における膜電位と興奮発生のための臨界膜電位との関係

喜多 弘 (順天堂大運動生理)

骨格筋線維形質膜の興奮閾値の示標として臨界膜電位(局所電位が活動電位に移行する点の膜電位、外液の電位を基準として測定)をとり、これと静止膜電位との関係およびこれに対する外液の影響を調べ、臨界膜電位を規定している要因を分析した。Na 説によると、閾値においては形質膜

を通過する内向きの Na^+ 流と外向きの K^+ 流とが平衡し、したがってこれらイオン流に影響を持ち得る因子は臨界膜電位をも変え得ると考えられる。蟪の縫工筋線維に 2 本の細胞内電極を刺入し、一方を通電および刺激用、他方を電位記録用とし、活動電位と共にその微分波形を記録して、臨界膜電位の決定を容易ならしめた。

臨界膜電位は静止膜電位に強い依存性を有し、30 個の筋肉から得られた 251 本の線維について見ると、静止膜電位 (EM) の平均値 (\pm S. D.) は $82.9 (\pm 7.0)$ mV、臨界膜電位 (EC) のそれは $50.5 (\pm 6.9)$ mV であって、 EM と EC との間には 0.75 の相関があった。更に通電電極によって形質膜を過分極 (120 mV まで) ないし脱分極 (50 mV まで) させ、 EM と EC の関係を見ると、 EM が 95 mV までは両者の間に直線関係が見られるが、それ以上の EM では EC の値はほぼ一定になる。

外液の K^+ 濃度 ($[K^+]_o$) を増すと (範囲は 2.5~15 mM)、 EM の減少と共に EC も減少する。更にこの場合の EC の減少が EM の減少に基づく二次的な変化である可能性を除外するため、 $[K^+]_o$ の増大にともなって減少した EM を通電によって EM の平均値である 80 mV に増して $EM-EC$ 関係を見ると、やはり $[K^+]_o$ の増大と共に EC の減少が見られた。又外液の Na^+ 濃度 ($[Na^+]_o$) を 25~210 mM の範囲にわたって変えた場合は、 EM , EC ともにほとんど一定 (それぞれ約 80 mV および 50 mV) であった。なお $[Na^+]_o$ が 50 mM 以下では EM , EC ともやや減少した。

以上の結果より、臨界膜電位は膜電位および外液 K^+ の関数であり、外液 Na^+ によっては影響されないことが分った。

シロネズミ脳下垂体および視床下部の酸フォスファターゼ活性とホルモン分泌活動との関連

広重 力・中津川孝道・松岡靖雄・伊藤真次 (北大第 1 生理)

シロネズミの脳下垂体、正中隆起および前視床下部の酸フォスファターゼ活性を種々のホルモン分泌活動下で測定した。脱水 6 日間で下垂体後葉の酵素活性は有意に増加したが、他の組織では変化がなかった。ピトレスシンを 5 日間に亘り皮下注射すると下垂体後葉および前視床下部の酵素活性は有意に低下した。これらの結果から後葉酸フ

ォスファターゼは後葉ホルモンの分泌と何らかの関係をもつものと思われる。

動物を1週又は2週間寒冷に曝露すると下垂体前葉の酵素活性は共に著しく上昇することをした。一方 32°C で3週間動物を飼育しても酵素活性に変化を認めなかった。甲状腺摘除又はメチルチオウラシル連続投与によって前葉の酸フォスファターゼ活性は著しく上昇するが、サイロキシン投与(体重 100 g あたり 10 μ g, 8日間)では影響されなかった。睾丸摘出(5週)によって前葉の酵素活性は著明に上昇するが、テストステロン投与によって影響をうけなかった。両側副腎摘出は下垂体前葉の酸フォスファターゼ活性に影響しないことをした。

以上の結果から下垂体前葉の酸フォスファターゼ活性は甲状腺刺激ホルモンおよび性腺刺激ホルモンの分泌と何らかの関係を有しているが、副腎皮質刺激ホルモンの分泌とは関係をもたないものと思われる。

ツロネズミ脳下垂体前葉および前視床下部の酸フォスファターゼ活性の分画とその意義

広重 力・中津川孝道・今関 彊・伊藤真次(北大第1生理)

分別遠心法によって全脳、脳下垂体前葉および前視床下部を上清、ミトコンドリア、およびマイクロソームに分け酸フォスファターゼ活性の分布を調べてみると、全脳に比べて脳下垂体前葉および前視床下部のマイクロソーム分画には酵素活性の分布がむしろ少ないことをした。これら各分画の酵素活性に対する抑制物質の作用を比べてみると、ミトコンドリアおよびマイクロソームの活性は上清のそれに比して tartrate および fluoride によって強く抑制されるが、formaldehyde による抑制は逆に弱い。下垂体前葉の酸フォスファターゼを DEAE-Sephadex A-50 を用いて三分画に分けることができた。一方前視床下部の酸フォスファターゼは二分画に分けることができた。7日間寒冷に曝露したネズミの下垂体前葉の酸フォスファターゼでは塩素イオン濃度が零の部位に流出する第1分画に有意の増加をみとめた。この第1分画は tartrate および fluoride によって完全に抑制され、formaldehyde ではほとんど抑制されなかった。

以上の結果から脳下垂体前葉の酸フォスファターゼのうちホルモン分泌に関与する酵素活性は DEAE-Sephadex を用いて分離することが可能であると思われる。

東京医科歯科大学歯学部生理学教室史

東京医科歯科大学沿革概要

1. 昭和3年10月(1928)「東京高等歯科医学校」が創立された。当時唯一の官立歯科医学校で校長は島峯徹であった。
2. 昭和19年4月(1944)医学科を増設し「東京医学歯学専門学校」となる。校長島峯徹。
3. 昭和21年8月(1946)大学に昇格し「東京医科歯科大学」(旧制)となった。医学部と歯学部の2学部設置。学長長尾優。
4. 昭和26年4月(1951)新制大学となる。
5. 昭和30年7月(1955)両学部に大学院設置、今日に至る。

東京医歯大生理学教室沿革概要

1. 東京高歯時代から東京医歯大として昇格するまで、すなわち昭和3～21年(1928～1946)、生理学教室は1講座。学生の教育は医歯合同でその間に差別はなかった。
2. 大学昇格と共に両学部それぞれ生理学の1講座を置く(但し医学部は後に大学院設置に際して2講座となる)。教育は始め従前通り両学部合同であったが、新制大学が発足して数年後に分離された。

東京医歯大歯学部生理学教室の沿革

1. 東京高歯時代

講座担当者は故橋田邦彦教授の最高弟坂本嶋嶺である。明治24年(1891)茨城県の産。土浦中学、第八高校を経て東大医学部卒(大正7年, 1918)。大正11年(1922)東大助手、大正13年(1924)千葉医大附属専門部教授を歴任の後、大正15年(1926)文部省歯科医師試験附属病院(東京高歯前身)助手となる。昭和2年(1927)海外留学、昭和4年(1929)東京高歯教授、昭和15年(1940)東大橋田教授の文部大臣就任の後任として東大教授、昭和27年(1952)停年退職、順天堂医大教授となって今日に至る。

千葉医専教授から文部省歯科医師試験附属病院助手になられたこと、また当時の Director 島



坂本嶋嶺教授

峯博士の意向に由て、歯の標本作りの実習までやられたことなど、特殊な事情があったとはいえ、卓抜なる生理学者坂本嶋嶺の側面として痛く胸を打つものがある。ただ島峯博士が基礎医学を重要視して各科独立の教室を作り、それぞれ専任教授を置いて研究の自由を与えたことは、卓見でもあり幸いでもあった。当時の歯科医学校としては、真に破天荒のことであつたらしい。それと坂本教授の努力と相俟って、設備は充実し、吾々後進を裨益したことは多大である。伝え聞く所に由れば、高等歯科医学校の校舎建築当時、坂本はほとんど毎日工事現場を見張っていた。坂本はかねて、電気生理学的実験にとって最も重要な要件の一つである「確実なる接地」を獲るために、建物の鉄骨そのものと金属的に直結したターミナルを各研究室に装備することを要求していたと聞く。毎日の見張りはそれを実際に見届けるためであつたが、工事者側からは「目障りな現場監督」として睨まれ、「コンクリの中へ埋めて仕舞え！」などといわれたこともあるという。まことに坂本の面目躍如たるものがある。あの飄々としてユーモラスな親愛なる先輩坂本の人知れぬ努力に、後輩として心からの感謝を捧げる。

坂本教授在任中の教室員は次の如くである：
松本政雄，東京高歯出身，現在群馬大学医学部生理学教授

中沢 勇，東京高歯出身，現在本学歯学部補綴学教授

鈴木賢策，東京高歯出身，現在本学歯学部保存学教授

佐竹結実，日本医大出身，現在耳鼻科開業

古川清博，東京高歯出身，現在歯科開業

2. 東京高歯末期から現在まで

講座担当者は山極一三である。明治30年(1897)信州に生まれ，東京で育った。東京府立三中，第一高等学校を経て大正13年(1924)東大医卒。橋田研究室に入り，助手，助教授，英国留学(ケムブリッジ，Adrian研究室)を経て，昭和16年(1941)坂本教授東大転出のあとを受けて東京高歯教授に就任，東京医歯専時代および旧制大学時代を経て今日に至る。

山極教授就任の数カ月後に，凶らずも太平洋戦争が勃発した。やがて不足した軍医補充の一翼を荷って医学科が増設され，東京高等歯科医学校は東京医学歯学専門学校となった。戦果利あらず，やがて終戦。その混乱の最中に，占領軍との間に大学昇格の話がまとまり，当時の予科練を吸収して霞ヶ浦湖畔に東京医科歯科大学予科が出来た。初代予科長は故青木誠四郎博士



山 極 一 三 教 授

であったが，約1年で辞任され，その後継役が山極に廻って来た。不適任はもとより承知であったが，当時の事情止むを得ず兼任を受諾。ゲートルにリュックサック姿で鈴なりの汽車にぶら下り乍ら，毎週1回出張，1～2泊。帰京して医，歯両科学生の生理学，物理学の講義と実習，敗戦に混迷した学生との面接，指導。しかも当時教室は全くの無人，唯一人の雇員を頼りに，これらを総て1人でやった。日曜も返上。約1年の後不適任を再確認して予科長を辞任し，学部専任となる。時に昭和22年(1947)頃であったろうか。その頃からぼつぼつ研究生として入室希望者が現われ始めたが，少数主義を採って教室員の数を制限し，今日におよんでいる。従って教室員の移動はほとんどなく，全部で次の如くである：

市岡正道，東大医出身，助教授

小西喜久治，東大医出身，講師

上原陽子，東京女子医専出身，助手

北村清吉，東京理大物理学科出身，助手

近藤 勉，北大医出身，助手，現在精神科医師

研究領域および業績

I. 坂本嶋嶺教授時代(昭和3年～16年，1928～1941)

坂本教授は人も知る刺激生理学の理論家且つ実験家で，その思索および実験の厳格さは，凡そ他にその比を見ない。最近多年の研究に基づいて，電気刺激理論を大成発表されるに至ったことは，誠に同慶に堪えない(被刺激性と興奮性，生理学講座第2巻，2A，中山書店，1951；興奮性組織の電気刺激，竹中繁雄編「自動能の研究」所載，文光堂，1959)。

II. 山極一三教授時代，昭和16年～昭和30年(1941～1960)。

専門領域は神経生理学。研究の基本的方針として先ず Lillie の神経模型を用いて，種々なる研究項目に関する見通しをつけ，次いでそれらを実際の神経についての実験に移し，最後にできれば特殊問題の1つとして痛覚の問題に入る

計画を立てた。模型実験は順調に進展したが、それが一応の終末に近づいた1952年春、不幸にして九死一生の大患に襲われて健康を失ない、すべての計画が挫折してしまった。その後小康を利用して、ささやかな理論的研究に従事しつつ今日に至っている。

尚最近数年以來、市岡助教授を中心として口腔生理学が発展しつつある。

(以上、山極一三記, 1959年9月)

教室史追加 (1959年10月~1961年12月末)

1959年には特記すべきことはなかったが、1960年には今まで比較的平穩であった教室に三つの出来事がおこった。それは第1に、4月に日大歯学部卒業の清水徳三が初めての新制大学院学生として教室に入って来たことであり、第2に、10月に講師小西喜久治が日本医大助教授に栄転したことであり、第3に同年最大の出来事として、12月末に教室主任山極一三教授が退任したことである。1952年以來、病気のためその活動が著しく阻害されていた第2代教室主任山極教授は、病気の故を以て定年を待たず12月末日をもって退職したのであった。山極の教室主任として在職中の学的活動、および退職に至るまでの経緯は、一生理学教室の問題としてばかりでなく、広く日本における学問を育てる雰囲気、日本の学界乃至社会の学問に対する意識等を深く考えさせるものがあった。すなわち、欧米の社会の根底を支えているいろいろのもの—キリスト教精神、実証精神、商業主義的精神等々、良いものであれ悪いものであれ—に眼をおおって、単に外面的に彼らの制度を真似ただけでは日本では学問が永久に育たないのではないかと危惧させるものがあった。明治以來の輸入文化と模倣学問の結果としての日本の現在の学界の姿をみれば、このことは容易に理解されると思う。余程考えないと将来における日本の学問の育ち方が思いやられるということができよう。

翌1961年1月、助教授市岡正道が教授に就任した。第3代主任教授市岡正道は大正5年東京



市岡正道教授

本郷の生れで、府立一中、一高を経て昭和15年(1940)東大を卒業した。昭和25年(1950)3月、前主任山極教授にその助教授として招かれ、爾来山極を助けてきた。市岡は東大生理学教室時代は若林勲教授、坂本嶋嶺教授の指導をうけ、神経の興奮伝導に関する研究を行っていたが、山極教授の指導下にあっても同様の研究を継続すると共に、以前より興味をもっていた感覚乃至生理学的心理学を、近年とみに進歩した神経生理学的立場から研究を進めた。1957年~58年、ドイツ連邦共和国に留学、Ranke教授(Erlangen 大学)、Lullies教授(Kiel 大学)のもとにいた。

1961年4月には日大歯学部卒業の大場昭博が大学院学生として入室、同年6月には東大脳研究所生理学部門(主任、時実利彦教授)大学院学生本郷利憲を講師として迎えた。本郷は同年9月、ホンコン大学における「筋受容器に関するシンポジウム」に参加した。かくして1961年末の教室員は次の如くであった。

教授 市岡正道

講師 本郷利憲

助手 上原陽子

助手 北村清吉

大学院学生 清水徳三

“ 大場昭博

(以上、市岡正道記、1961年)

教室史再追加 (1962年1月～1967年1月末)

1962年1月以後の教室史の主要点の概略を年代順に列記すると次のようになる。

1962年3月：助手上原陽子，退職。

1962年4月：講師本郷利憲，助教授となる。

1962年11月：教授市岡正道，西ドイツ Erlangen 大学生理学教室（主任，W. D. Keidel 教授）へ研究のため出張。期間3カ月。Keidel 教授，Spreng 学士と協同して，ヒトで歯牙を電気刺激したときおこる大脳誘発電位を加算装置を用いて頭皮上より導出記録し，感覚の強さと誘発電位の大きさとの関係を求めた。

1963年4月：助手北村清吉，当大学附属衛生検査技師学校講師に転任。

1964年8月：助教授本郷利憲，文部省在外研究員としてスウェーデン国 Göteborg 大学生理学教室（主任，A. Lundberg 教授）へ出張。

1966年4月：佐藤俊英（北海道大学理学部動物学科卒，同大学院博士課程修了（指導，玉重三男教授）），助手就任。

1966年10月：助教授本郷利憲，前庭脊髓路，赤核脊髓路の電気生理学的性質についての研究を行ない多数の貴重な成果を挙げてスウェーデン国より帰国。

1966年11月：初代教室主任教授坂本嶋嶺は，5年病臥のち長逝（坂本教授の長逝について日本生理学会雑誌は哀悼の辞とともに別に記事をのせることになっている）。

1967年1月：小池宏之（千葉大学医学部卒，東京大学大学院博士課程修了（指導，時実利彦教授，山村秀夫教授）），助手就任。

以上の期間中，大学院学生として清水秀一，堀内博，坂本昌子，松本一夫の入学，修了があり，助手として清水徳三，駒村太千の就任，退任があった。

さて，創立以来の当教室の研究の流れを回顧すると，初代坂本教授時代（1928～1941）は前記の如く，刺激と興奮に関する実験並びに理論

的基礎研究が主であり，これと別個に，松本，中沢，鈴木（賢策），古川らの歯科出身者と医科出身の佐竹らによる歯牙の痛覚や咀嚼運動に関する研究，その他が行なわれた。

次の第2代山極教授の時代（1941～1960）は，神経興奮伝導の機序と様相に関する研究が中心テーマであった。すなわち，前記の如く，山極自身は前任地東京帝国大学生理学教室時代に発した研究を発展させ，Ostwald-Lillie の神経模型を用い，active area と active length，絶縁伝導，interaction，シナプス模型，伝導速度，抑制と促進，interactivity，跳躍伝導，activation current，衝撃発足の原則，有髄・無髄の生理学的意義，伝導の安全率，局所応答等，およそ神経の興奮発生と興奮伝導に関して考え得られ，且つ実験し得られる限りのほとんどすべての機序・様相・性質について模型実験を行ない，精細厳密な理論的研究を同時に行ないつつ，数多くの価値ある業績を挙げた。しかしながら，山極がこれらの模型実験を行っていた当時はこの実験の真意を理解するものが少なく，むしろ冷たい眼で見ることが多い位であった。ところが，1960年頃より工学方面でバイオニクスなる分野が開拓されるや，工学研究者は神経細胞や神経回路網はもとよりのこと，受容器や効果器のモデル実験を行なうようになり，生理学者と工学者とが交替したような形となった。このことは電気生理学の歴史で生物電気の研究が Galvani から Matteucci や du Bois-Reymond に移行したのに比較することはできないであろうがよく考えてみると似てないこともないといえよう。少し誇張していえば，生理学史上の一挿話として将来残ることかもしれない。それはそれとして，山極は模型実験の効用と限界とをはっきりと理解し，一方では超然として模型実験を精力的に進め，他方では実験と関連させつつ理論的考察にふけたのであった。そして山極教授時代の教室員である市岡，小西，近藤，上原，北村は同教授のアイディアを動物について実験し，相当の成果をもたらして山極の研究に協力した。

III. 市岡正道教授時代

1961年1月以後の市岡教授の時代は、従来の教室の研究の伝統とは異なり、味覚と歯痛を中心とした痛覚を研究主題とした。すなわち、市岡は清水（徳三）、大場、清水（秀一）、堀内、坂本、松本らと共に電気性味覚、味刺激に対する白ネズミ唾液腺単一細胞の電氣的応答、同じくイヌ唾液分泌量、白ネズミ及びヒキガエルの味神経の一定時間内の求必性衝撃数：ヒトの歯痛の刺激生理学的諸性質、ネコ歯髄神経の活動電位導出等の諸研究を行なった。助教授本郷は市岡とは独立に、東大脳研時代に引き続いて、運動系の中枢機序に関する研究を筋紡錘の求心性衝撃、ガンマ遠心系、ダイテルス核ニューロン、固縮と圧縮等について、精力的に、しかし慎重に進めた。

以上が教室創立（1928）以来今日（1967）までの教室史の概要である。およそ歴史とは単に事象の記述のみでは昔話にすぎなく、価値に乏しいばかりでなく時には無意味でさえある。事象の背景となる政治、経済、文化等が同時に述べられ、それと共に事象自身の「意義」が明確

にされなければ事象が正しい意味で歴史的に記述されたとはいえないことは明らかである。しかし、1928年以來の40年間は時間としては短いが、世界史的にみても日本だけについてみても実に多事連続の時期であった。その詳細は勿論のこと、個々の事件を列挙することすらここでは不可能なほど複雑多事な時代であった。そして敗戦の年も既に教室史のうちでは前半の時期に属するほど、教室にとっては戦後という年月が長く経過したことになり、又、新日本における新教育制度によって教育された青年が既に研究者となって第一線の研究活動に従事するようになっていくほど、時の流れは迅速である。研究方法も文字通り日進月歩で進歩している。隣接科学の発展も亦目をみはらせるものがある。実に目まぐるしいほどの時勢の流れである。このような時にあたり、上に記した教室史が単に「昔話」として忘れ去られることなく、後人によって歴史的な生命を吹きこまれることが切に望まれる。

（以上、市岡正道記、1967年1月）

〔附記〕市岡教授が記しているように、坂本教授の長逝は惜しまれてならない。はげしい時代の動揺の中であって、坂本教授はその個性にもとづく実験と理論を展開して行った。世の中の動きに動かされることのない独自の研究を推し進めた。坂本さんの思い出の集が別に出版されることになっており、本誌にも簡単ではあるが心のこもった記事がのせられることになっている。

山極教授は中学時代から私の先輩で、橋田教授の書いたものは殆んど山極さんの編集によって世の中におくられた。山極さんの研究も坂本さんと同様に個性的なものである。脳波の研究は Cambridge 時代に Adrian 教授とともに行ない、わがくにの人としては最初であったが、橋田教授と同様に Adrian 教授に対するその態度は、いわゆるイギリス紳士の manner によるもので、今もまた変ることがない。日本人とイギリス人、アメリカ人の心ある人はみなそのように振舞う。

市岡教授が終りの方に記されたことは私の同感するところである。生理学会振興委員会の設置を1958年提唱し、少しくそのことに力を用いたのは、生理学という学と生理学者という人が、現段階においてかに認識され、改革されなければならないかを思ったからである。

1964年2月9日、私は日本学術会議の生物科学将来計画委員会に話題提供者として招かれ、生理学研究所の新設、研究者の待遇、研究費などについて述べる機会をもった。その午後の会議にも参加し、私の提案により生理学の将来計画は、生物科学将来計画の中にはじめてとり入れられるようになった。生物物理学と生化学は以前から上記の委員会に参加していたのである。そして私は生理学振興委員会における委員長を辞任する意志表示をして、本川弘一教授が生理学将来計画委員会の委員長に選ばれ、若い生理学者の group とともに活発な活動をしている。

（内山孝一記す）

〔短報〕

〔書評〕

Cybernetics of the Nervous System, Wiener, N. and Schadé, J. P. Elsevier Publ. Co. 1965 Amsterdam /London/ New York A 5 版 p. 424 (¥7200)

Progress in Brain Research の叢書の第17巻である。Wiener が亡くなった後で彼の Amsterdam に於ける講演 (Perspective in Cybernetics) 1964 を巻末に附して Schadé が編集した本である。Olson, E. and Schadé, J. P. による Wiener を偲ぶ伝記風の文章に続いて19篇のこの方面の論文から成って居る。Cybernetics と云うものは皆も承知のごとく Wiener と云う特殊な天才によってまとめ上げられたものであり、今や工業的な制御理論として広く現代の文明に貢献すること、Darwin の進化論、Pavlov の条件反射、Einstein の相対性原理などと並んで文明に大きな一里塚を打ち立てたものとして評価される可きものであるが、元を正せば彼 Wiener が親しくして居た Rosenblueth などに依って人間の中樞神経機能の中に feedback system と云うものが大きな役割りをなして居ることを教えられ、そこから彼の数学者としての理論が中樞機能を超えて一般の制御理論にまで発展して行ったものである。

それ故この様な本は彼の生存中にまとめ上げられて居たならばどんなに良かったかと、それだけ

は残念である。

19篇の論文は勿論その焦点は中枢神経の作用に絞られては居るが、可成多方面に涉って居る。この本の書評をしようと大分長い間かかって拾い読みをして見たが、僕には十分に理解しかねる所もある。然しそれは僕だけのことで、こう云う方面に興味のある方には是非ともお勧めしたい本であると云う事だけははっきり云えると思う。

(戸塚武彦)

「聴覚と音声」電気通信学会, (1966-9) A 5 版 p 511 定価1500円

聴覚と云う本来生理学的な現象であるが、それが認識される段階、情報となる段階が必然的に起って来る。生理学者は音声の心理学、物理学、並びに情報理論を知り度いと思ひ、物理学者、工学者等はまた逆にその他の部面について或る程度の知識を必要とする。勝木、三浦の両氏が企画構成したこの本は夫々の方面について人を得て次の様に分担執筆者を拵んだのは誠に當を得て居る。

1. 聴覚の生理 勝木保次, 菅乃武男
2. 聴覚の心理 吉田登美男, 亀田和夫
3. 音声の物理 越川常治
4. 音声情報の知覚 三浦種敏, 山口善司
5. 音声情報処理 中田和男, 杉本利孝

そして巻末に附録として心理測定法概略 吉田登美男, を附してあるのは実に親切な心遣いである。参考文献も豊富で更に進んで調べたい人には有り難い。少くとも僕にとっては待望の書であった。

(戸塚武彦)

〔意見〕

刺激が伝わる

岩間吉也 (阪大高次神経研究施設)

専門外の人が神経生理の話をするときに、しばしば口にする表現として「刺激が伝わる」というのがある。たとえば、古典的な神経筋標本について話をするとしよう。神経の一端に電極をあて、強い電気パルスで刺激すれば筋が収縮するという現象をとりあげてみる。神経生理の非専門家なら、大抵はこういふのである、「神経に沿って刺激が伝わり、その結果筋が収縮する……」。

ここで話題にしようというのは、この「刺激が伝わる」という表現である。これは、私にとって甚だ気になることの一つなのである。専門家なら誰方にも賛成していただけると思うが、神経に沿って伝わるものは神経インプルス (衝撃) とよばれるべきだと、私は思うのである。現に、内外のどの教科書を見ても、上記の現象をいうのに「刺激が伝わる」というのは一つもない。

実際問題として、インプルスは神経各点でいつもその隣接点に対して刺激として作用する。だから、伝わるものをインプルスといおうが、刺激といおうが同じことだといふかも知れない。それで

は、神経の内外能力であるインプルス発生と、インプルスの刺激作用との区別がなくなってしまうと思うのだが、どうだろうか。実をいえば、この二つを明確に区別することが、神経生理の入門にある一つのステップだとさえ思うのである。

「インプルス伝導(伝達)」を「刺激の伝導(伝達)」といいならわすのは、一体何からおこったのだろうか。そういえば、心臓には特殊筋線維があって、これを刺激伝導系とよぶ習慣がある。いうまでもなく、ドイツ語の Reizleitungssystem の訳語である。これも正しくはインプルス伝導系というべきものだと思う。現に、アメリカ・イギリス系の教科書ではたしかにそうよばれている。Reizleitungssystem の相当語が愛用されているのが日本だけだとすれば、それにはそれ相当の理由があるのかも知れぬという気がする。この点識者の御示教を得たいと思う。

私の所論は、非専門家にむけられている。神経を伝導するものをさしていうときは、刺激といわずにインプルスといってほしい、ということである。そして、この二つの用語をきっちりと区別す

ることは、神経生理学をよりよく理解するのに役立つだろう、というのである。

しかし考えてみると、インプルスという概念の底にはなにがしかの抽象性があるように思われる。それは、なんとしても目にありありと見える「もの」ではない。いわんや試験管の中に閉じこめておける「もの」ではない。それは、たかだかブラウン管のスポットをちょっとだけ動かす「もの」である。そのような「もの」に対して、人があるなじみにくさを感じたとしても致方ないことなのであろう。神経生理学という学問は、間口が広いように見えても、本当はいたってせまいと知るべきである。

神経に沿って伝導するものをさしていうのに、「インプルス」なる用語を用いた。これは「興奮」と全く同義である。「興奮」にかえて「インプルス」を用いるのは、後者がより含蓄の少ない言葉だからにすぎない。筆者は漢字の廃止論者でもなければ保存論者でもないことをお断りしておく。(1967年1月24日)

[学会総会日程変更のご案内]

第44回日本生理学会総会(第17回日本医学会総会第3分科会)開催の御案内 第3報

1. 日程

既報では一般口演3日間の予定でしたが医学会総会の強い要請により下記の通り2日に短縮の止むなきに至りましたので御了承下さい。

	3月29日 (水)	3月30日 (木)	3月31日 (金)
午前	／	口 演 8:30-12:00	口 演 8:30-12:10
昼食時	／	評議員会	総 会 記 念 撮 影
午後	生理学若 手シンポ ジウム 1:00-	口 演 1:30-5:40	口演および特 別口演 1:30-5:40
夕	5:00* 幹事会	J.J.P. 打合せ 生理学将来計 画シンポジウム 6時より	懇親会その他 6時より

* 予定

2. 会 場

名古屋大学教養部(東山地区)

名古屋市千種区不老町

当番幹事

名古屋大学医学部生理学教室

名古屋市昭和区鶴舞町

伊藤 龍・高木健太郎

生理学会入会申込みは、入会申込書に42年度会費2000円を添えて、下記日本生理学会事務所にお申込み下さい。

東京都文京区本郷7丁目3の1号

東京大学医学部生理学教室内

日本生理学会事務所

振替口座 東京 86430 番

電話 812-2111 (代) 内線 6325

〔講習会予告〕

第2回生理学者を主対象とする「物理学基礎講習会」開催(第2報)

会期：昭和42年7月26日(水)～29日(土)

会場：国立教育会館(東京虎の門)冷房あり

主催者：岐阜大学教授 竹中繁雄

主旨：本講習会は昨年既に第1回の集まりをし量子力学の講習を行ないましたが、本年はそれに引続いて量子力学の一番深い根底の吟味をするために、名大坂田昌一教授の御出講の御承諾を得ました。また今回は現代物理学第2の巨峰である統計力学をも学ぶことにしました。これはできるだけ把握し易い講演であります。量子力学発達以後の近代統計力学を含みます。

E. J. Casey は制御する人(man of control)という言葉を使用し、人は自己および環境を制御するものと考えています。環境を研究する物理学に就いて、生理学(および医学)はその深い知識

を必要とします。

正法眼蔵に「仏を見て法を聞く」とあります。物理学には古来名著が少なくありませんが、しかしそれは紙上の経文やバイブルに過ぎません。われわれが直接に物理学、化学に於ける権威者またはその第一線に活躍の諸家から物理学の基礎と応用を学ばなければ、その精華を輪転することができません。この講習会開催の目的は、医学部出身の生理学者(および医学者)を理化学者と同一の基底に立たせ、相伴なって生理学(医学)の発展に貢献せしめんとする所にあります。

附記：

(1) なお7月25日に東大講堂にて、主として第1回講習会に御出席の機会が無かった方々を対象として、量子力学序説の講習をいたします。但し第2回講習会に御出席の方に限ります。

(2) 本講習会は大学の学部卒業程度以上の研究者を御出席の資格とし、大学在学中の学生は資格がありません。

日程：

	7月	9:00	10:00	12:00	13:00	15:00	17:00	18:00
26日(水)	開 会	準備 事項	統計力学(1)	休 日	量子力学(1)	量子力学(2)		
27日(木)	応用の 数学	統計力学(2)	統計力学(3)					
28日(金)	応用の 数学	構造化学(1)	構造化学(2)		素粒子(1)			
29日(土)	応用の 数学	素粒子(2)	閉 会	NMR, ESR 装置見学, 教育会館または立川駅よりバスを出す予定				
	予備講習会							
25日(火)	量子力学序説			会場：東大(冷房なし)				

予備講習会場は出席者御多数の場合には冷房設備ある会場を探がします。

招待講演：

名大(理), 坂田昌一教授(量子力学)：お茶の水大(理), 橋爪夏樹教授(統計力学)：名大牧二郎教授(理, 化), 田仲二郎教授(構造化学)：京大(基研), (素粒子)：他(1名)交渉中

29日(土)午後は見学：NMR, ESR, X線回折装置(日本電子 K.K.)

講習会会費：

1名につき¥3000；講習会テキスト代(送料共)

¥700

予備講習：

7月25日午前, 量子力学序説(於東大)会場整理費：1名につき¥500。〔これは7月26日よりの本講習会御出席者中の御希望者に限ります。〕

出席御申込所：

生理学者を主対象とする「物理学基礎」講習会
岐阜大学医学部第1生理学教室 岐阜市司町40

〔編集後記〕

本年度から学会の会費が値上げされることになりました。ここ2～3年の赤字財政もついに壁につき当たった訳です。生理学会の大きな仕事は学会総会と日本生理学雑誌の発行にあるようです。その外、生理学振興のための種々の努力がなされておりますが、ルーチンとしては上記の二つが大きいようです。わけても予算の半分近くを喰う雑誌発行に関しては非常に大きな責任を感じます。学会の機関誌としては日本生理学雑誌と Japanese Journal of Physiology の二つがあります。前者は会員の全部に配布されますが、後者は購読者（国内、国外）にのみ実費で配布され、既に10数巻を教える国際的な定評のある雑誌に成長したことは、長年にわたる久野寧先生の御努力のたまものであります。厚くお礼を申し上げたいと存じます。以前から、日本生理学雑誌は全会員のものであるから、同じ学会の機関誌である J. J. P. が会員の僅か 1/4 強のものにしかふれないのは不合理ではないかとの議論がありました。日本生理学雑誌によって生理学会に関するすべての情報が得られるというのが望ましいことではないかとの主張も長らくとなえられてきました。今回、久野先生の御厚意によって J. J. P. 誌にのった論文の抄録が日生誌にもものことになりました。J. J. P. の購読者でない学会員に対して考えられた一つの小さなポリシーであります。十分に利用されることを希望いたします。日生誌は原著誌から徐々にその性格をかえつつあることは慧眼な読者はとくと御承知のことと思いますが、学会費が学会員にフィードバックする方策につき御意見のある方の御発言を待っております。

本誌に本川教授の後任として東北大学生理学講座を担当されることになった田崎教授の綜説がよせられています。編集部の方針として、多くの会員のために、このような企画をすすめております。依頼すべき綜説のテーマとその人について御意見のある方の当方への御連絡をお願い致します。

最後に重ねてお知らせしたいことは、先月号から、速報欄の論文に用いる言葉の制限をなくいたしましたことでもあります。従来の和文の外に、欧文（英・独・仏・エスペラント等）原著速報をも認めることにいたしました。外国の原著速報誌への依存度が高すぎることは、独立国家として名誉なことではありません。また切角、外国速報誌（Nature, Science, Experientia）に採用されても、半年から一年以上の日数を要するようでは速報の価値も半減すると思います。今の所、利用者が多い見込みで、予約論文も多く幸先よいスタートをいたしました。出来た論文の circulation に問題がのこりますが、当分は、原著者が積極的に努力したすより仕方がありませんが、1～3カ月以内に原著が出ることは大きな魅力であると思います。

日本生理学雑誌が Index medicus に収録されていることは案外御承知のない方が多いのではないかと思います。29巻を数える本誌は J. J. P. と並ぶ権威ある雑誌と考えます。ますます充実した雑誌にしたいものです。欧文速報は double space でタイプライター用紙に3枚半の長さがぎりぎりです。図は一つに限りますが、要は本文と図、表を合せて2頁におさめなければなりません。1号にのった論文はこの意味で非常によいサンプルであります。

（2月12日 内園耕二）

正 誤 表 (28巻11号)

頁	左右の行	誤	正
601	写真下	次郎平	治郎平
602	右 24	昭和12年 (1937)	大正12年 (1923)
604	右 18	高中聡明	高中聡昭
606	右 8	シンポジウム	シンポジウム
609	左 10	Loeb	Loeb

追 加

(生理科学の進歩 30頁 Excitation and inhibition in smooth muscle の本文の前に、以下の文章を追加いたします。)

1948年 Bozler 教授は平滑筋の自働能、電気的性質および機械的特性について見事な総説を発表し平滑筋生理学の基礎を確立した。その後、微小電極法がこの領域に導入され、平滑筋の研究も発展の途上にあると思われる。

この研究の困難な理由にあげられるのは細胞の直径が約 5μ で電極の挿入が難しいためであるが近年細胞内通電法が可能となり、ようやく骨格筋および神経と同じレベルの討論ができる状態となって、ますます今後の発展を期待されつつある。平滑筋の電気生理学的研究はわが国でも近来とみに盛んに行なわれているが、やはり世界の主流は Bülbring 博士およびその協同研究者の Holman, Burnstock, Axelsson, Goodford, Casteels, 栗山および富田らによる一連の研究、それと Prosser 教授およびその協同研究者である Spelrelakis, Barr, Burnstock, Borotoff および永井らによる一連の研究であろう。前者は細胞膜興奮の問題をイオン透過性と関連して研究し、さらに薬理学的研究をも行なっているが後者はとくに興奮の伝導に関する諸問題を取りあげて研究している。Bülbring 博士はドイツ Freiburg および Berline 大学で Trendelenburg 教授のもとで薬理学の研究を行ない、第2次世界大戦の直前にイギリスに渡り London および Oxford で Burn 教授のもとで研究を続け現在に至っている。Bülbring 博士は1952年までは主に Burn 教授と協同研究を行なった。その時代の自律神経系の薬理学の研究により英国王立協会の会員に選ばれている。わが国で行なわれる薬理学実習には Burn 教授の実習書がしばしば参考とされるが、その多くは彼女の試作によるもので、とくに、腸管の内圧の変化と蠕動運動との関係、横隔膜—神経標本の作成などは彼女の創意によるものであるという。1952年以来彼女は平滑筋の電気生理学、薬理学、物理化学および生化学的研究を行なっているが、やはりその主眼は薬理学的研究で薬物の作用機序の

解明のために電気生理学および生化学的手法をとり入れていると考えられる。今回の講演の内容は1960年以降の彼女およびその協同研究者の業績の総括であり、その内容は彼女の研究方法とあいまって多岐にわたっている。なお共同発表者の栗山博士は現在九大助教授で、Oxford に4年半留学し Bülbring 博上のもとで平滑筋の電気生理学的研究を行なった。

招待講演は Pharmacology day に行なわれ、栗山博士によって発表された。講演内容は平滑筋の電気生理と薬理とに大別され、その大約は次のようなものであった。

1. 平滑筋の電気生理学的研究

周知のように平滑筋は自働能をもつものとそうでないものがある。自働能がない場合は神経の興奮によって興奮が伝達されるわけであるが、近年になって輸精管、血管および腸管などにおいて、これらの現象について研究がはじめられた。その機能的特徴としては接合部電位を発生するまでの潜伏期が長いことで、これは神経、筋受容器間の距離が大きいためで、かつ組織により同一の化学伝達物質が興奮または抑制を示すことである。また神経支配の方式は多重支配像を示している。さらに重要なことは、交感神経のきわめて末梢部にコリン性の神経節が存在することが電気生理学的に確かめられ、この事実はわれわれのもつ自律神経系の解剖学的知識を変更する必要があるだろう。しかしながら一般的には神経—骨格筋標本でみられる興奮伝達と同様な機序によると考えられている。

自働能をもつ平滑筋は主に内臓壁平滑筋でありここでは主にネコの小腸平滑筋およびモルモットの結腸平滑筋について述べられた。すなわち平滑筋細胞は nexus 構造により周囲の細胞と電気的なつながりを持ち、機能的なシンチチウム構造を示しそれら細胞群が機能単位としてケーブル性質を示すという。興味あることは単一細胞の膜常

数が測定できるようになったこと、おのおのの細胞間の空間定数が非常に小さいのに反して、細胞外通電によって得られた空間定数は1—2 mmであることで、細胞の三方向への機能的結合の様式をうかがい知ることができる。さらに単一細胞の機能について研究成果が述べられ、平滑筋膜表面は均一な膜ではなく、部位によってその電気的特性が異なり、なおかつ、活動電位と slow potential の発生部位も異なるという。このような膜機能の分化が興奮の伝導に関係するという。このことはイオン分布と電気生理学的現象との関係についての平滑筋の研究の困難さを暗示している。平滑筋におけるイオン透過性の研究の困難さは、細胞間隙の測定であるが、現在ようやくその困難が克服されて来つつある。反面いまだに電気生理学的研究結果と一致しない点も多い。平滑筋の膜電位は約 55mV であるのに対して、K—平

衡電位は 90mV であるために K の透過性に対する Na および Cl イオンの透過性の比率も骨格筋より高いと考えられるが、イオンの flux からの測定では Na の透過性が K のそれよりも高いという。また、Cl の細胞内外の分布は受動的でなく、Cl の能動輸送が報告され、かつ Cl イオンが Na および K イオンと対をなして膜を通過するのではないか、という考えがなされた。さらに Na の efflux のために細胞の代謝エネルギーの20%が消費されるという計算がなされた。なお平滑筋での活動電位の発生には、Ca イオンが運搬体でなく荷電体として機能をもつのではないか、という結果が示された。なお、テトロドトキシンは平滑筋における活動電位の発生には何ら作用を示さないことから活動電位の発生が Na イオンに依存する度合いが少ないという。

2. 平滑筋の薬理

J. Physiol. Soc. Japan Vol. 29, No. 2 (1967)

Review

Kyoji Tasaki : Eye and polarized light51

Originals

Hisato Yoshimura, Yusuke Imai, Masato Miyoshi, Yutaka Yamamoto and Kihichiro Hirai :
 Studies on the mechanism of salivary secretion by ATP with canine
 submaxillary gland59

Akira Adachi, Junichi Okamoto, Tooru Hamada and Yojiro Kawamura : Taste effectiveness
 of mixtures of sodium 5'-inosinate and various amino acids65

Short communication

Koji Uchizono : A possible mechano-receptor in the cardiac muscle of the rabbit.....83

編集
 兼
 行人

東京都文京区本郷七丁目三の一号
 東京大学医学部生理学教室内

戸塚武彦

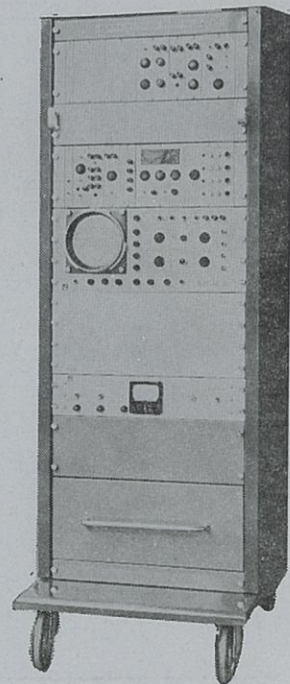
印刷者
 印刷所

山形県鶴岡市馬場町甲三
 平田貢
 鶴岡印刷株式会社

発行所

東京都文京区本郷七丁目三の一号
 東京大学医学部生理学教室内
 日本生理学会

振替東京八六四三〇
 価額式百円



ME機器総合メーカーが誇る

光電の

データ処理用電子計算機

ATAC-402型

- ・デジタル型ON-LINE処理方式
- ・4現象の平均値化解析
- ・時間及び振幅についてのヒストグラム解析
- ・アナログデジタル両出力方式
- ・諸アクセサリーの完備

日本光電工業株式会社

東京都新宿区西落合 1 ~ 31 ~ 4 (953) 1181
 札幌・弘前・仙台・福島・新潟・前橋・千葉・東京・横浜・松本・名古屋・金沢
 大阪・徳島・岡山・広島・福岡・長崎・熊本・鹿児島