

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

原 著

- 佐藤 源：微小電極刺激による小腸内反射の研究……………241
小野三嗣・安部 勉：頭髮脱毛及び頭垢の消長に関する研究 第Ⅰ報 季節的變動について……………252
平尾武久・高橋国太郎・時実利彦：海馬脳波の分析装置とその応用……………257
山川 純・宮島昌子・石河利寛：血圧の周期的動揺に伴う腎容積の変化……………267

Originals

- SATO-Gen : On the intestinal intrinsic reflexes studied by means of micro-electrode
stimulation……………241
ONO-Mitsutsugu・ABE-Tsutomu : Studies on the depilation of scalp hair and scurf. 1st
Report : Seasonal variation ……………252
HIRAO-Takehisa・TAKAHASHI-Kunitaro・TOKIZANE-Toshihiko : New designed band-pass
filter for recording the electrical activity of hippocampus and its applications……………257
YAMAKAWA-Jun・MIYAJIMA-Masako・ISHIKO-Toshihiro : Kidney volume changes
accompanying undulatory changes of the blood pressure……………267

附：越智真逸名誉教授略歴及び追悼文

大谷卓造教授略歴及び追悼文

正路倫之助教授略歴及び追悼文

日 本 生 理 学 会

Physiological Society of Japan



電気生理測定装置

研究用・実習用

●自由な組合せができます

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

ブラウン管装置

●とくに学生実習向きです

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

生体電気現象増巾器

●研究用としても好適です

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

電気刺激器

インク書きオシログラフ

販売

三栄測器商行株式会社

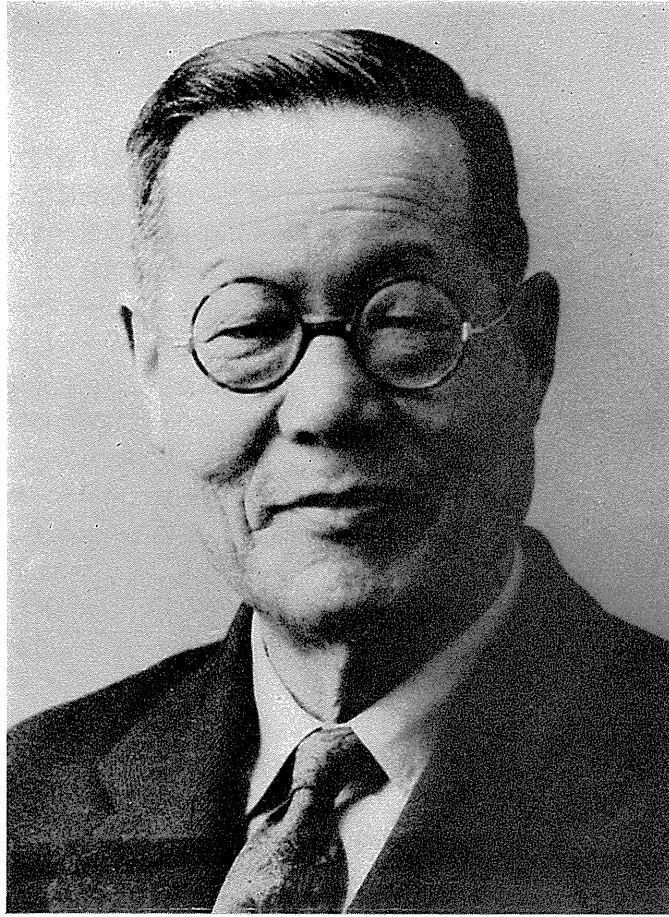
東京都新宿区千代田1-9-5 TEL: 371-7117-8 3114-5

製造

三栄測器株式会社

三栄レコーダー製造株式会社

●主要製品 脳波計 脳波分析装置 筋電計 直流増巾器
電磁オシログラフ インキ書きオシログラフ
ブラウン管連続撮影装置



越智真逸

越智真逸名誉教授略歴

- | | | | |
|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| 1884 (明治17) 10. 1 | 愛媛県に生る | 1935 (昭和10) 1. 18 | 欧米に出張 |
| 本籍地：愛媛県今治市高橋甲 939 | | 1935 (昭和10) 8. 17 | |
| 現住所：京都市北区小山上初音町15 | | 1937 (昭和12) 2. 23 | 中華民国に出張 |
| 1912 (明治45) 7. | 東京帝国大学医科大学卒業 | 1937 (昭和12) 4. 18 | |
| 1913 (大正 2) 10. 18 | 京都帝国大学医科大学助手 | 1937 (昭和12) | 勲 3 等を授けらる |
| 1915 (大正 4) 12. 3 | 京都府立医学専門学校教諭 | 1939 (昭和14) 8. 4 | 満洲及び中華民国へ出張 |
| 1917 (大正 6) 1. 29 | 公立学校職員制発布により教授と改称 | 1945 (昭和20) 9. 19 | 京都府立医科大学学長 |
| 1922 (大正11) 3. 7 | 医学博士 | 1946 (昭和21) 2. 9 | |
| 1923 (大正12) 3. 30 | 京都府立医科大学教授 | 1947 (昭和22) 9. 30 | 停年退職 |
| 1923 (大正12) 4. 12 | 欧米に出張 | 1948 (昭和23) 12. 28 | 京都府立医科大学名誉教授 |
| 1923 (大正12) 12. 28 | | 1950 (昭和25) 4. 30 | 京都学芸大学教授 |
| 1931 (昭和 6) | 従 4 位を授けらる | 1958 (昭和33) 3. 31 | |
| | | 1960 (昭和35) 11. 11 | 脳溢血により逝去 |

越智真逸先生を憶う

故越智真逸博士は、明治17年10月1日愛媛県に生まれ、愛媛県立松山中学校、第三高等学校を経て、東京帝国大学医科大学を明治44年に卒業された。卒業後博士は医師として一生をおえるよりも学究の徒として未知の分野を開拓し、斯界に貢献せんと青雲の志を抱いて京都帝国大学医科大学生理学教室石川日出鶴丸教授の門をたたき同教室助手となられた。その研究振りは実に周囲の者を驚歎せしめ、朝に試験管を取りて実験台に向い、夕に机に向って文献をひもとき黙々として研究を進めその帰宅はいつも深夜になったといわれている。

かくして大正4年に京都府立医科大学の前身である京都府立医学専門学校教授となり、大正12年同校の昇格と共に医科大学教授として生理学教室の創設に努力し、そして時には厳格な師として、時には温い慈父として、その博学な知識をもって門下生を指導された。

大正12年並びに昭和10年には夫々約半年ずつ欧米各国を視察し、又昭和12年並びに14年には夫々2ヶ月ずつ中華民国並びに満洲国に出張され、帰朝の度毎に新知識をもって以前よりも更に一層門下生の指導、学生の講義に努力を払われ、その功績によって昭和6年従四位、昭和12年勲三等瑞宝章を授与せられた。

昭和20年9月には京都府立医科大学学長に就任し、約半年間終戦後の困難な時期にあって、

大学の発展のため日夜努力された。

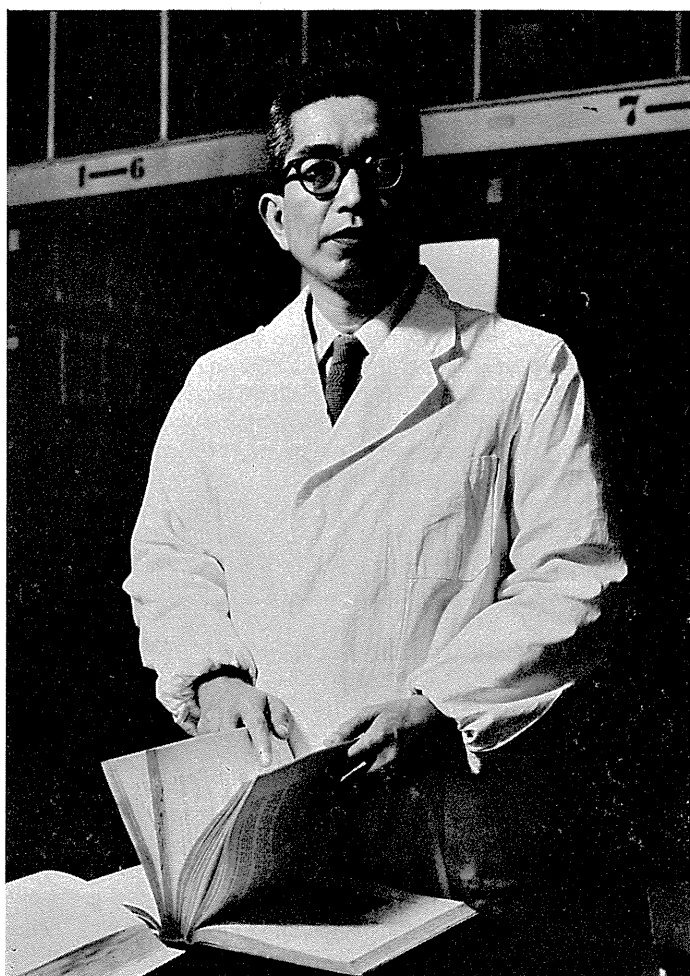
博士の初期の研究は主として生殖生理学であって、就中精虫の生活持続期間の研究は現在の蓄産界に多大の貢献をなしている。又多年にわたる広範な研究の中心は内分泌生理学であって、殊に消化ホルモンに関しては独自の見解に到達し、その業績は高く評価されている。又その外灸治や和漢薬等の研究、疲労判定法であるドナギオ反応の改良等研究は多方面にわたり、この間博士或は門下生の名において発表された論文は200篇以上にのぼっている。又生理学に関する著書も数多く、その記述は平易を旨とし医学生のみならず専門外の人々に生理学を普及させることについても貢献するところ大であった。

一方学会のメンバーとしては日本生理学会評議員として活躍し、又日本内分泌学会会長に委嘱せられた事もある。

定年退職後には京都府立医科大学名誉教授に任ぜられ、京都学芸大学教授として教育研究を続行され、晩年に至るまで後進の指導と研究に努められた姿には心打たれるものがあった。

かくして脳溢血のため約1週間病臥せられ、昭和35年11月11日（満76才）静かに永眠せられた。

（吉村寿人記）



Takuzo Otani

大谷卓造教授略歴

- | | | | | | |
|-------------|-------|-------------|-------------|--------|-------------------------------|
| 1905 (明治38) | 4. 1 | 大阪市に生る | 1938 (昭和13) | 3. 3 | 京都帝国大学助教授 |
| 1922 (大正11) | 3. 23 | 大阪市岡中学校卒業 | 1947 (昭和22) | 11. 10 | 京都帝国大学教授，生理学第一講座を担任 |
| 1925 (大正14) | 3. 15 | 大阪高等学校卒業 | 1956 (昭和31) | 8. 14 | 米国カリフォルニア大学へ出張 |
| 1925 (大正14) | 4. 1 | 京都帝国大学医学部入学 | 1957 (昭和32) | 10. 18 | 欧洲經由にて帰国 |
| 1929 (昭和 4) | 3. 30 | 京都帝国大学医学部卒業 | 1962 (昭和37) | 2. 7 | 京都市の自宅に於いて逝去，従三位，勲二等，瑞宝章を授けらる |
| 1929 (昭和 4) | 3. 31 | 京都帝国大学医学部助手 | | | |
| 1932 (昭和 7) | 8. 31 | 京都帝国大学医学部講師 | | | |
| 1936 (昭和11) | 2. 18 | 医学博士 | | | |

大谷卓造先生を憶う

大谷卓造先生は明治38年大阪市に生れ、大阪の小学校、中学校、大阪高等学校を経て、京都大学医学部を昭和4年に卒業された。直ちに生理学教室に入って石川日出鶴丸教授に師事された。当時生理学界では減衰学説と不減衰学説の論争が行われていて、石川教授はこの問題に対し変質学説なる新説を提唱され門下によってその新説の実験的検証が行われていた時であったが、大谷先生も心房筋条、ツリガネムシ、末梢神経等を用いてこの新説の実験的検証に関する研究を先ず始められた。その後神経の興奮伝導に関する研究を続けられ、神経線維間相互の干渉、神経線維の不応期の問題等刺激生理学の核心にふれる研究に取り組まれた。昭和15年には日本を於ける伝導学説を展望したモノグラフ「興奮伝導学説小論」(養賢堂)を発刊された。先生は更に平滑筋の電気生理学的研究にも興味を持たれ、主として輸尿管を用いて平滑筋の不応期について、又その電気緊張の影響、諸種イオンの影響等を研究された。第二次大戦末期には不眠の人体諸機能に及ぼす影響を研究されて国に尽された。

昭和22年教授に就任され、正路倫之助教授退官後の第一講座を継承されてから、先生は更に中枢神経の電気生理学的研究に進まれた。以来逝去される迄一貫して中枢神経生理の研究を続けられ、この方面に於て顕著な業績を残された。殊に微小電極法による蟻及び猫の脊髓単一運動ニューロンの電気生理学的研究に関する業績は高く評価されているものであり、先生は我国の神経生理学を国際的レベルに高めるのに大いに貢献されたと言って過言でないと思われる。

先生の中枢神経生理の研究は脊髓電位の分析から始められた。当時終戦後の不完全な設備であったがよく之に耐えられて、脊髓の前根電位、後根電位について詳細に研究され、根電位のスパイク様成分及び緩徐成分についての新知見を発表された。この研究から更に一歩進められて、微小電極を用いて細胞内電位を誘導する方法を中枢神経生理の研究にいち早く取り入れられ、脊髓単一運動ニューロンの興奮機序、シナプス伝達機序等に関する研究を行われた。又単一の微小電極を用いて単一運動ニューロンを直接に刺激し、同時にその細胞内電位を誘導する新しい方法を考案され、この方法は今日広く応用されている。先生は単一運動ニューロンの直接刺激の研究によって、運動ニューロンの興奮は通常軸索起始部から先ず起るという重要な事実を見出された。

昭和31年米国 Los Angeles の Department of Zoology, University of California の Dr. Bullock のもとに遊学され、10ヶ月間主として甲殻類心臓神経節細胞の研究を行われ、その後米国各地の研究所を視察され、更に歐洲に渡って見聞を広められ、昭和32年に帰国された。帰国後先生は微小電極法による単一運動ニューロンの研究を更に続けられた。神経細胞の適応現象、又之に関連する局所応答について深く掘り下げて研究され、又上位脳中枢刺激の脊髓単一運動ニューロンに及ぼす影響を研究された。更に先生は脊髓運動ニューロンのみならず単一動眼

神経核細胞についても微小電極法を適用され、その電気生理学的活動を研究された。このほか先生は昭和28年から条件反射の研究にも着手され、条件反射に及ぼす自律神経遮断剤の影響、一側大脳半球、大脳皮質、聴覚領等の剔除の影響を研究され、条件反射の領域に於ても多くの研究発表があった。

先生は久野寧先生の創刊された Japanese Journal of Physiology の編集事務に創刊以来10年余に亘り協力され、同誌に投稿された原稿の凡そ三分の一を検閲され、適切な内容の批判学術上の価値判断、添削等を行われ、同誌の発展に大きく尽力された。先生は同誌の編集の一切をやがては久野先生から引き継がれることになっていた。

研究室に於ける先生の日々の御生活は極めて規則正しかった。先生は地味、真面目、寡黙、温厚で如何にも基礎医学者らしい風格を具えておられ、又万事に控え目であった。しかし内面には、やろうと思えばあく迄も辛抱強くやり通すという強い意志を持っておられた。科学に対する熱情を内に秘められ、学問に対しては厳しい態度を以て臨まれた。しかし門下生に対しては実に寛容に又懇篤に指導され、末だ嘗て先生からお叱りを受けたと云う者を聞かない。

先生は「生理学の基礎は哲学に直結する」という信念を持たれて哲学を研究され、坂田徳男先生の主宰される哲学研究会に30余年に亘って続けて出席された。この研究会に於いて先生は Kant, Bergson, Hegel, Haldane, Platon, Aristoteles 等世界の哲学者、思想家の名著を研究され、哲学的思想を深く身につけておられた。先生は Kant の「純粹理性批判」、Bergson の「道徳と宗教の二源泉」等に特に深く感銘されたそうである。30余年に亘り外国出張時を除いては 4、5 日しか休まねばずに研究会に出席されたそうで、先生の意志の強固さがよく窺われる。

先生は趣味として音楽特に古典音楽に親しまれた。又幼少の時からピアノの練習を始められ、最近に至る迄御家庭に於ける余暇にはピアノを弾いて楽しまれた。学生時代には拓草と号して俳句にいそしまれたが、研究室に入られてからは俳句と研究とを両立させることの困難さを感じられてやめられた。又ラテン語、ギリシャ語等の古典語も趣味として勉強しておられた。御家族は夫人と3人の御子息で、家庭的にも恵まれた先生であった。

昭和37年2月7日、先生は狭心症のため56才の若さで余りにも早く逝去された。先生急逝の報は先生を識っているすべての人達を非常に驚かせ悲しませた。病気で休まれるということは長年に亘り殆んどなく、特に最近は何健康のように思われ、御逝去されるその日の夕方迄平常とお変わりなく教室にお見えになっていた先生の訃報を聞いても全く信じられぬことであった。これからが先生の研究活動の絶頂期であろうと考えられていただけに惜しんでもあまりある急逝であった。

(荒木辰之助記)



正路倫之助教授略歴

1886 (明治19) 10. 1	大阪府熊野田村（現在豊中市）に生る	1921 (大正10) 7. 25	京都帝国大学医学部教授，生理学第一講座を担任
1907 (明治40) 3. 31	第三高等学校（第三部）卒業	1923 (大正12) 3. 31	岡山医大講師兼任（約1ヶ年）
1911 (明治44) 12. 25	東京帝国大学東京医科大学卒業	1933 (昭和 8) 5. 22	研究調査の為欧米に出張
1912 (明治45) 1.	東京帝国大学東京医科大学婦人科副手	8. 31	帰任
1912 (大正 1) 9.	東京帝国大学東京医科大学大学院入学	1943 (昭和18) 12. 30	学術会議会員
1913 (大正 2) 9. 23	京都帝国大学京都医科大学助手（生理学教室勤務）	1944 (昭和19) 3. 24	文部省視学委員
1915 (大正 4) 6. 17	京都帝国大学京都医科大学助教授	1946 (昭和21) 1. 26	京都帝国大学退官
1917 (大正 6) 11. 21	生理学研究のため米英独仏に留学	4. 20	兵庫県立医科大学学長兼生理学教授
1920 (大正 9) 12. 15	医学博士	1948 (昭和23) 12. 20	日本学術会議会員
1921 (大正10) 7. 2	帰国	1950 (昭和25) 9. 26	京都大学名誉教授
		1956 (昭和31) 3. 31	神戸医科大学学長退官
		1960 (昭和35) 3. 31	神戸医科大学講師辞任
		1962 (昭和37) 4. 1	逝去

正路倫之助先生を憶う

正路先生は明治19年(1886)に大阪府豊能郡熊野田村(現在の豊中市)の一農家に生れられ、幼にして父君と御生別、御母堂の手1つで育てられた。このお母様は女丈夫としてその地方に知られた方であって、先生の人格をきたえる為に当時高徳の誉れ高かった大阪市善導寺の良天和尚のもとに預けられて北野中学に通われたと聞いている。先生が後年学長として学生の薫育に当られた時に、この少年時代の修養が非常に役立っている様に思われる。かくて三高、東大と進まれた先生は東大卒業後一時婦人科に席をおかれたが、大正2年(1911)石川先生の招きによって京都帝大生理学助手となり、生理学研究へのスタートを切られた。その時の研究テーマは「神経の興奮性と興奮伝導性との関係」であって、これにより医博の学位を与えられている。併し当時より先生は刺激生理学には余り興味が無く研究の合間には京大理学部へ行って物理化学を勉強せられた。その成果は「膠質」と言う書物にまとめられ、又論文は *Biochem. J.* Vol. 13 に掲載せられている。かくて大正6年(1917)に欧米に留学せられたのであるが、最初はアメリカで Ivy 教授について *Hormone* の研究をせられ、欧州戦争の終焉と共にイギリスに渡られて Cambridge 大学の Barcroft 教授について血液 pH や血液瓦斯の問題を、又 London 大学の Bayliss 教授の教えによって膀胱膜の水分透過性の研究を行われている(何れも *J. Physiol.* Vol. 54-56 に発表)。先生が日本へ帰られて指導せられた勝(関西)、吉村(京府大)、斎藤(金沢)、井上(京大)の諸教授が夫々 *Permeability*、血液 pH、血液瓦斯、原形質物理化学の研究に取組む様になったのも、その萌芽はこの先生の若い頃に出ていたとも言える。かくして先生は大正10年(1921)に日本に帰って教授に就任せられ、イギリス留学時代に勉強せられた血液や呼吸生理の問題に取組まれる事になったのである。その内でも先生が特に力を入れたのは血液 pH や血液瓦斯の測定法の研究であった。当時は我国には満足な *potentiometer* 1つ無い状態であったから、それから始めねばならなかった。かくして先生は先ず当時新しく唱導せられた *Activity theory* に準拠した pH standard を設定したいと考えられ、勝博士に Debye-Hückel 学説と Ghosh の学説の批判実験を命ぜられた。この研究は当時日本の学界に大きい反響を呼び、これによって 0.01N HCl の pH を standard にとった正路一門の一連の pH 測定法が確立せられたのである。この pH standard の問題は最近になって漸く世界的な関心を呼ぶに到り国際会議によって pH standard を決定すると言う気運が醸成せられつつあるが、当時としては先生の着想は非常に卓見であった訳である。当時先生は生物の物理化学の研究を行う為には、その基礎となる可き物理化学知識の必要を痛感せられて「分子運動論的物理学通論」を著わされた。先生は御自分の *Idea* になる仕事でも総て弟子の名で発表せられ、然も専門家になる者以外の論文は大部分御自分で英文にてお書きになって主として *J. Biochem.* に発表せられた。その別刷は *Collected Papers in Physiology and Biological Physico-chemistry* と題した論文集にまとめられ8巻迄発行せられた。そこに集められた論文は総数約84篇であって主として生物物理化学に関する1923年より1937年の14年間に発表せられた論文である。其他に日本語の論文集4巻があって約64篇の論文を集録しているから、論文の総数は合計約150篇であって、何れも珠玉の如き立派なもののみであった。これらの研究は一見して各個別々の様に見えたが、あとになって振り返って見ると実に一貫した方針の下に生涯をかけた大問題に向って研究を進められた事がよく判る。即ち勝教授が水素瓦斯電極法により pH の standard を決定せらるるや、注射器型水素瓦斯電極をつくって pH 測定の臨床医学への応用を企てられ、更に微量 Quinhydrone 電極や Antimon 電極による pH 微量測定法を試み、結局此等によって正しい血液 pH が出

来ない事を見究められた上、私に硝子電極の研究を指示せられた。かくて硝子電極は色々の変遷を経た後に、耳朶血にても測定可能な微量血液用硝子電極や循環血液 pH を連続して描記する装置等の完成を見た訳である。又一方先生は斎藤君に命じて Van Slyke 装置の微量化について研究せられ、遂に所謂マイクロバンスライク装置の完成を見たのである。此等微量血液用硝子電極や微量血液瓦斯分析装置は今日方々の病院で実際に活用せられている。つまり正路先生は御自分が精魂を打込まれて研究せられた先生の研究生活前半期(1923-1937)の知識を臨床医学又は応用生理学上の諸問題に発展せしめ様と考えられた訳である。そしてこの頃から先生の研究も応用生理学領域に入り、寒気生理学や航空生理学の研究へと展開して行ったのである。それと共に先生は当時我国の医科大学に於て講ぜられていた生理学が余りにも生物学的な生理学原論に終始し、臨床医学の基礎としての生理学の立場を忘れたものが多い事に気付かれて、これを改める為に「医用生理学」を著された。その初版は1932年であって、現在の「医科生理学」の前身である。Pest and Taylor の名著「*Physiological Basis of Medical Practice*」の初版は1937年出版であるから、これに先立つ事5年にして *Medical Physiology* の構想をまとめられた訳である。

戦時中先生は度々満洲へ出張して当時満洲医大助教授の緒方維弘博士と寒気生理の研究を行われたのであるが、常に自ら被検者となり零下30度の酷暑の下に1時間も上半身裸体となって寒気の人体に及ぼす影響について研究せられた。その気迫の激しさに皆んな舌を巻いた事であった。又満洲から内地へかえられている間はさきの微量測定法を用いて航空生理、殊にその内でも大切な限界時間の研究を自分が被検者となって行われた。この様に自分の体を被検体にして危険にさらして研究するやり方は先生がイギリスで師事せられた Barcroft 教授の影響と思われる。又一方満洲へ度々出張せられる間に満洲国当局者と相談して佳木斯医科大学を創設せられた。全くこの間の先生の活躍は、3人分の仕事を一度にやっていたのけられた事になる。其他先生が京大教授に就任せられた頃には日本生理学会は独立した学会になっていなかったが、昭和11年4月に京都で日本医学会が開かれた時に先生が幹事役となって生理学会独立の相談会が行われ、同年6月東京で始めて第1回日本生理学会が開かれるに到った。本学会は当時より当番幹事制と云う進歩的な運営方法をとっているがこれは先生の御発議であったと聞いている。この様に先生の学的活動の歴史はそのまま日本生理学発展の歴史であったとも云える。

先生は1946年には京大を辞して神戸医科大学学長として同大学を創設せられ多数の学生の薫育に努められたが、常に医は仁術であるとの医道精神を鼓吹せられ晩年には「医学とは何ぞや」と言う書物を著して医学徒の向う可き道を示された。生前その親交の特に厚かった久野先生は先生の人物を評し「君は学問をこの上なく愛したが、それにも増して正邪の区別が激しく、常に弱くて正しい者の味方であった。併し反面不誠実を憎む事も又人一倍であった。」と言われたが、誠に真をうがっている。この事は先生が常に処世訓とせられた次の中庸の一節にもよく現れている。

誠者天之道也。誠之者人之道也。

誠者不思而中不勉而得。従容中道聖人也。

先生は本年4月1日脳動脈硬化症にて亡くなられたが、その臨終に到る迄医学教育者たるの識見を失わず周囲の者を感動せしめた。先生の学問も立派であったが、その医学者としての見識は古今独歩の感があり常に学会の清涼剂的存在であった。この偉大な先生を失った事は我等弟子達のみならず学会としての一大痛恨事である。ここに先生の偉大なる業績と人格をしのびつつ御冥福を祈って筆をおく。

(吉村寿人記)

微小電極刺激による小腸内反射の研究 612.337:612.338

On the intestinal intrinsic reflexes studied by means of
micro-electrode stimulation

佐 藤 源 (Sato-Gen) *

The intrinsic reflexes were studied by stimulating electrically the individual layers of the small intestine selectively. On dogs decerebrated or anesthetized with urethane and morphine, a loop of jejunum or ileum was denervated by cutting mesenteric nerves distributing to it. Recording the motility of the loop by means of the balloon-water-manometer-tambour method, individual layers of the loop were selectively stimulated with micro-electrodes, each of which consisted of a silver wire inserted into the glass capillary, its caliber 20 to 50 μ at the tip. After the experiment, the stimulated spot was identified by the histological examination. The results of the experiment are summarized as follows:

1. When the longitudinal muscle layer was stimulated in its superficial layer, the localized contraction of the longitudinal muscle was observed on the spot stimulated. During the period of stimulation, the tone of the longitudinal and circular muscles was lowered and the rhythmic contractions were inhibited or completely abolished both orally and anally to the spot.

2. When the longitudinal muscle layer was stimulated in its deeper layer, there could be seen a localized contraction of the longitudinal muscle on the spot stimulated, and simultaneously a contraction ring was observed just oral to the contraction. During that the motility was increased orally, whereas it was decreased anally. However, in several cases, the anal inhibition was distinctly observed, despite that no change in motility was seen orally.

3. When the circular muscle layer was stimulated, the tonic constriction ring was produced on the spot stimulated, a slightly bulging being simultaneously observed anally to the ring. During the period of stimulation the motility was increased orally, whereas it was decreased anally. However, in several cases, the anal inhibition was distinctly observed, despite that the motility was not changed orally.

4. When the submucosa was stimulated, the intestinal motility was increased orally, whereas it was decreased anally.

5. When the mucosa was stimulated, on the spot stimulated there were observed the fine rhythmic waves, propagating from the spot outward. During that, the intestinal motility was slightly increased orally, whereas it was inhibited anally.

6. The inconsistency in the results about the intestinal intrinsic reflex obtained by the previous authors would be mainly due to the mode of stimulation. When the locally restricted stimulation was applied to the individual layers of the intestinal wall, two different kinds of intrinsic reflexes could be elicited; the one being the muscular reflex, which produced the inhibitory state on both the oral and anal sides, while the other the mucosal one, which did the excitatory state orally, whereas the inhibitory one anally.

7. It was discussed what mechanisms there were involved in the intestinal intrinsic reflexes.

I. 緒 言

1882年 Nothnagel¹⁾は、ネコあるいはウサギ

* 岡山大学医学部第2生理学教室
大学院医研究学科学学生 (外科学専攻)
2nd Dept. of Physiol., Okayama Univ. Med. School
Student of postgraduate course, Okayama Univ. Med.
School (major subject; Surgery)
〔昭和37年2月5日受付〕

の腸壁に NaCl の結晶を適用すると、上行性の緊張性収縮輪が形成される事を報告している。その後、腸内反射に関して多くの研究¹⁾²⁾⁴⁾¹¹⁾がなされてきたが、その成績はさまざまである。福原、山上、中山⁷⁾は、小腸内反射を機械的あるいは化学的刺激を用いて研究し、2種類の反射、すなわち筋内反射と粘膜内反射がみとめら

れ、従来の成績の不一致は刺激方法の不備によるものであると報告している。彼等によると前者は、筋を刺激すると、刺激部位の口尾両側に運動抑制が認められるものであり、後者は粘膜の刺激で刺激部位より口側に運動亢進を、尾側に運動抑制をひき起すものである。さらに福原、中山、難波⁸⁾は、筋内反射は Auerbach 神経叢の附着している縦走筋の刺激によってのみ起るもので、他の層は無関係であると述べている。また、彼等⁹⁾は機械的刺激あるいは HCl, 5-hydroxytryptamine を用い化学的刺激を粘膜に適用すると、粘膜内反射が誘起されることを報告している。福原、角、小谷¹⁰⁾は、壁内神経節細胞を不可逆的に破壊した腸片においては、腸内反射が完全に消失することを述べている。

私はこれらの成績を通覧して、腸壁の各層に個別的にかつ局所的に刺激を与えることによって、2つの反射を分離生起させることができるのではないかと考えて、微小電極を用いて電気刺激を与え、次のような実験を行った。

Ⅱ. 実験方法

実験動物としては、イヌ (33 頭、体重 5.5-16.0 kg) を使用し、動物は大部分の実験例では、urethane (1 g/kg) および morphine (3 mg/kg) の皮下注射によって麻酔されたが、少数例では除脳イヌが用いられた。

開腹後、まず空腸または回腸部で長さ 20-30 cm の腸片を、2重結紮によって隣接部位から分離した。つぎに該腸片に分布する腸間膜動、静脈および神経をその基部附近で分離した後、神経を切断し、血管だけを残した。なお、他部との神経性連絡を完全に遮断するために、血管束の両外側に沿って腸間膜を切断した。小腸運動を描記するために、2個のゴム球 (最大容積約 35 ml, 長さ約 4 cm) を該腸片に 1.5-10 cm の間隔をおいて挿入し、それぞれの球を水マノメーター、ついでタンブールに連結した。各ゴム球の弛緩期内圧は、10-15 cmH₂O に調節された。

腸壁の各層を個別的に刺激するために、銀線-

ガラス管電極を用いた。この電極は先端の外径 25-70 μ のガラス毛細管に、直径 20-50 μ の銀線を挿入し、その先端を 20-80 μ だけ毛細管外に露出させたものである。このような刺激電極 2本を 2 mm 以内の間隔をおいて、2つのゴム球の中間で、腸間膜附着部と反対側の腸壁に刺入した。筋表層を刺激したい時には、漿膜面に対して切線方向に近い角度で、また深層を刺激したい時には、垂直方向に近い角度で電極を刺入した。他方粘膜を刺激する時には、腸間膜附着部と反対側の腸壁に約 1 cm の縦切開を加えて粘膜を露出し、その部位に電極を刺入した。また粘膜下層を刺激するさいには、上述の如く腸壁に長さ約 1.5 cm の切開を行って粘膜を露出し、さらにこの粘膜を直径約 1 cm の円の範囲内にわたって完全に剝離除去して、その部位に電極を置いた。粘膜下層は固くて電極が容易に刺入されないので、粘膜下層の露出面を軽く電極でおさえながら通電した。刺激電極は、腸管の動きによる電極自身の破損や局所からの逸脱を防ぐために、電極支持器から吊り下げられた。刺激電流は、簡易型電子管刺激装置 (日本光電 MSE-20) から導いて、電圧 1-12.5 V, 周波数 20 c/sec 時に 50 または 10 c/sec, 持続時間 4 msec 時に 5 msec が選ばれた。

電極を筋層内に刺入する瞬間に、局所に限局した筋収縮がしばしば認められたが、これは一過性であった。腸運動は、刺入された電極に何ら妨げられずに自然に行われていた。

実験終了後、腸片をホルマリンに固定した後、連続凍結切片を作り、これらを岡本¹²⁾らの p-dimethylaminobenzylidenrhodanin 法によって染色した。これによって、刺激電流のために電極の先端に沈着した銀を検出して、電極の先端の位置を確認した。

実験室内は 30-34°C に保温され、湿度は飽和状態に近く維持された。腸片は、赤外線ランプで体温近くに保ち、時々 Tyrode 液に浸したガーゼで被うかまたは Tyrode 液を注いで湿潤なるように努めた。

Ⅲ. 実験成績

手術後約20分経過すると、一般に規則正しい下行性律動収縮が観察される(伝播速度3-5cm/sec). この状態の時に実験を行った.

A. 縦走筋刺激の腸運動に及ぼす効果¹⁾

縦走筋層のごく表層に閾刺激よりも僅かに強い刺激を与えると、次のような反応が認められる.

通電とほとんど同時に、電極刺入部位を中心として直径5-6 mmの円の範囲内に、軽度の筋収縮が起る. この筋収縮のために、縦の方向に細い多くのしわができる. これとほとんど同時に、この収縮部位よりも口側および尾側では、速やかに筋緊張が減退し、律動収縮がきわめて弱くなるかあるいは停止する(第1図). 運動の

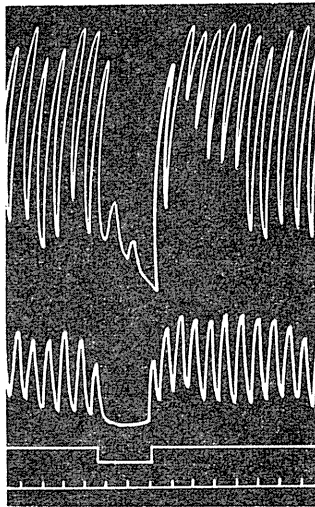


Fig. 1.

Effects of stimulation of the longitudinal muscle layer upon the motility of dog's denervated jejunum. The mesenteric nerves distributing to the loop were cut. The intestinal motility was inhibited on both sides to the stimulated spot. Parameters of stimulus: voltage 7 V, frequency 20 c/sec, duration 4 msec. Upper and lower curves indicate the changes of intraluminal pressure in the oral and anal balloons respectively. Signal shows the beginning and the end of stimulation. The bottom line shows the time in 6 sec intervals. These explanations are applicable to the subsequent figures.

抑制は通常尾側で一層著明である. 通電を停止すると、刺激局所では、筋は直ちに弛緩する. その口尾両側では、腸管全体の筋緊張が次第に回復して、再び律動収縮が起る. このさい刺激前の状態に復する前に、しばしば軽度の運動亢進が一過性に観察される. 筋緊張は、通常尾側よりも口側で一層迅速に回復する.

抑制効果は、刺激局所に近いところほど大きく、局所から遠ざかるほど小さい. またその効果は刺激が強いほどより遠くまで及ぶが、それには限度がある. たとえば約7 Vの刺激強度では、効果の及ぶ距離は口尾両側にそれぞれ約8-9 cmである.

強刺激を用いて約30秒間刺激を続ける場合には、尾側では、その期間中運動が完全に抑制されているけれども、口側では、完全抑制は18秒間以上に長くは続かない(第2図). この事実は、口側における抑制効果が尾側におけるよりも小さいことを示している.

つぎに、刺激をある間隔をおいて繰り返すと、抑制効果は次第に減弱する. 第3図はその1例で、刺激間隔は約2分間である. まず閾

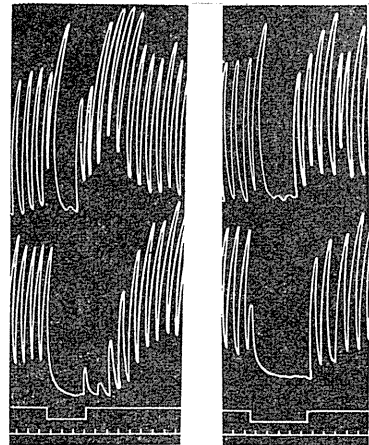


Fig. 2.

Effects of stimulation of the longitudinal muscle layer upon the motility of dog's denervated jejunum. The complete inhibition was maintained on the anal side during the period of stimulation, whereas on the oral side it gave way to the rhythmic contractions halfway of stimulation. Parameters of stimulus: voltage 12.5 V, frequency 20 c/sec, duration 4 msec.

刺激（電圧 2.5 V, 周波数 20 c/sec, 持続時間 4 msec）を15秒間与えると、通電とほとんど同時に、口尾両側に完全な抑制効果が現われる（第3図A）。ついで前と同様な刺激を与えるに、尾側においては最初の場合と同じようにほとんど刺激直後に完全抑制が現われるのに、口側では抑制効果の発現は緩慢かつ漸進的となり、刺激を開始してから約30秒間を経てようやく運動停止が認められる（第3図B）。しかも回を重ねる毎に、運動の停止を得るには、次第に長い期間刺激しなければならなくなり、第5回目の刺激では約40秒間の通電で運動の停止がみられた（第3図C）。以上の実験から明らかなように、口側の抑制機構が回復するには、尾側におけるよりもはるかに長い時間が必要である。

腸管の状態が良好な場合には、刺激局所では、次のような反応のみられることがある。すなわち通電とほとんど同時に、刺激局所に局限して（例えば長さ約 2 cm）筋の軽度の短縮陥入が起り、それと同時にここから口尾両側に向けて1回だけ収縮波が送り出される（期外収縮）。ついでこの刺激局所は、電極刺入部位を頂点として少しく膨隆し、通電期間中そのまま維持され、拍動することはない。しかし、この局所の

口側隣接部位からは弱い上行性収縮波が、また尾側隣接部位からはきわめて弱い下行性収縮波が、繰り返して発生する。これらは、伝播するにつれて減弱し、せいぜい 3 cm ほど進むうちに消失する。刺激局所において腸壁が短縮陥入するのは、刺激によって縦走筋が収縮するのみならず、腸管の興奮性が高いために、この収縮が原因となって隣接部位の輪走筋にも収縮が引き起され、しかもこのさい輪走筋の収縮がより強いために起るのであろう。ついで局所が膨隆するのは、筋内反射の抑制効果が強く現われるために輪走筋は抑制され、ただ、刺激の直接効果である縦走筋の収縮のみが維持されるからであらう。

実験終了後の組織学的検索によると、縦走筋層のごく表層に円形ないし矩形の黒色の点が認められる。この黒点の大きさは、刺激電極の先端の大きさにほぼ一致し（長径約 25-90 μ ）、その周囲は、輝きのあるくすんだ赤褐色帯によって囲まれ、その色調は、黒点から遠ざかるにつれて淡くなる（第4図）。これらは、電極の分極によって遊離した銀が染ったものである。黒点と赤褐色の着色帯は常に縦走筋層内に存在して、輪走筋層には変化を認めない。これらの所見から、この実験では縦走筋層の局限刺激が行われたと云ってよいであらう。

B. 縦走筋刺激の腸運動に及ぼす効果²⁾

縦走筋層の深層に電気刺激を加えると、前述の効果と¹⁾異なった効果が認められる。

通電とほとんど同時に、電極刺入部位に既述の如き軽度の筋収縮をみとめる。それと同時にその口側隣接部位に、腸管の半周を取り巻く不完全な収縮輪が生じる。この時刺激局所の口側および尾側隣接部位から、それぞれ口側および尾側へ一度収縮波を送り出す（期外収縮）。ついで口側では、筋緊張がたかまって、もともと存在する下行性律動収縮が強くなる。尾側では期外収縮に続いて、筋緊張の低下と律動収縮の停止をみる。通電期間中、刺激局所の筋収縮と収縮輪は維持され、口側の運動亢進と尾側の運動抑制が続く。通電停

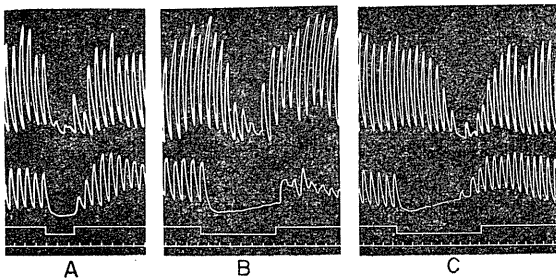


Fig. 3.

Effects of repeated stimulation of the longitudinal muscle layer upon the motility of dog's denervated jejunum.

The threshold stimuli were applied repeatedly at intervals of 2 min. A, B and C indicate the effects produced by the first, the second and the fifth stimulation respectively. Parameters of stimuli are followings; voltage 2.5 V, frequency 20 c/sec. duration 4 msec. On the oral side the inhibitory effect was successively decreased, whereas no change of effect was seen on the anal side.

止とともに、刺激局所ならびにそれに隣接する口尾両側の運動状態は、次第に平常状態にかえる。

しかし、少数例においては、通電期間中刺激局所における反応は上述の所見と変らないけれども、口側では期外収縮の発生後に運動亢進がひき起されないで、刺激前と同じ下行性律動収縮波が認められ、他方尾側では運動抑制が著明に惹起されることがある（第5図）。

また、ある例では、次に述べる輪走筋刺激の効果と全く同じものが観察される。

実験終了後に組織学的検索を行なうと、電極の残存物である黒点は縦走筋層の深部にある。赤褐色の着色帯は、ある例では縦走筋層と輪走筋層との境界に、ある例ではさらに輪走筋層内にもみとめられる。以上の所見から、この実験においては、有効刺激が縦走筋層のみならず Auerbach 神経叢、あるいはさらに輪走筋層にも及んでいると考えられる。

C. 輪走筋刺激の腸運動に及ぼす効果

電極の先端を漿膜側から縦走筋層を貫ぬいて、輪走筋層の部位に位置させて、電気刺激を与える。刺激電圧は 1-12.5 V に調節する時、次の反応がみられる。

通電と同時に刺激局所は著しく収縮して細く延びる。同時に、刺激局所の尾側隣接部位から1つの収縮波が尾側へ波及する（期外収縮）（第6図 B-e）。しかし、口側では期外収縮は出るのかも知れないが、筋緊張の上昇が著しいためによく観察されない（第6図 B-e'）。上述の刺激局所の収縮は、口側に長く、尾側に短い（例えば口側に 20 mm, 尾側に 5 mm）（第6図 B-c）。ついでこの収縮した部分の筋がさらに緊張を増して褪色し、こうして電極刺入部位またはその直口側を中心として、緊張性収縮輪が形成される（第6図 C-r）。緊張性収縮輪の口側から弱い上行性収縮波が繰り返して発生するが、それぞれきわめて短い距離だけ伝播して消失する。これに反して、この収縮輪から尾側へ向う波は認められない。そしてよく観察すると、収縮輪の尾側隣接部位は軽度ながらも膨れている（例えば

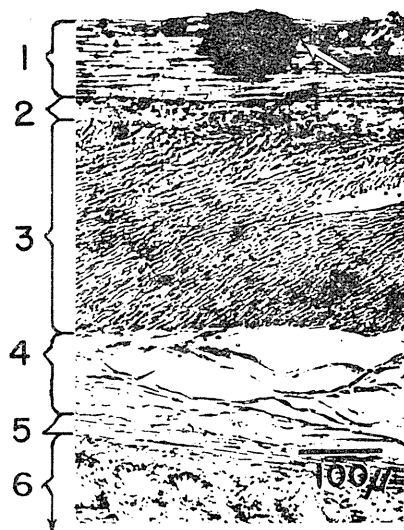


Fig. 4.

Section of dog jejunum used in the experiment whose results were shown in fig. 1.

The point of stimulation was identified by p-dimethylaminobenzylidenrhodanin stain after Okamoto et al.

Arrow indicates site of electrode inserted. 1. Longitudinal muscle. 2. Site of plexus myentericus. 3. Circular muscle. 4. Submucosa. 5. Muscularis mucosae. 6. Mucosa.

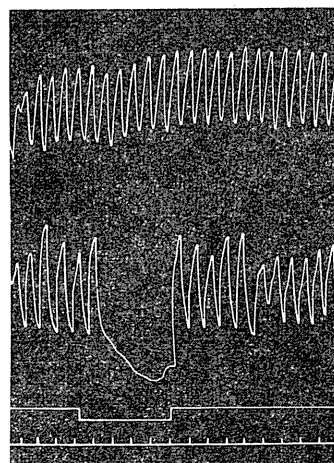


Fig. 5.

Effects of stimulation of the longitudinal muscle layer upon the motility of dog's denervated jejunum. The anal inhibition was distinctly observed, despite that no-change in motility was seen orally. Parameters of stimulus: voltage 7 V, frequency 20 c/sec, duration 4 msec.

刺激前の直径に比べて、収縮輪の直径は $4/5$ に縮小し、膨隆部位の直径は $6/5$ に増大している (第6図 C-b)。

尾側へ期外収縮が発生した後は、刺激局所から離れたところでは、口側において筋緊張が

著しくたかまり、かつもともと存在する下行性収縮波の振巾が増大する。尾側では期外収縮に続いて、直ちに筋緊張が低下し、律動収縮は停止する。通電中、口側の運動亢進と尾側の運動抑制が維持される (第7図)。

通電停止と同時に、刺激局所からの収縮波は消失する。口側の高い筋緊張は次第に低下し、他方尾側の筋緊張と律動収縮は漸次回復する。刺激局所における上述の変化も次第に消退して刺激前の状態にもどる。腸管の運動が刺激前の状態に復する前に、口側では軽度の筋緊張の低下と律動収縮の振巾の減少が、一過性に観察されることがある。また尾側では、軽度の運動亢進が一過性に認められることがある。なお、口側では尾側よりも早く平常状態にかえる。

しかし少数例ではあるが、通電中期外収縮の発生後に、尾側の運動は抑制されるけれども、口側では、運動亢進が認められないで、刺激前と同じ下行性律動収縮波がみられることがある。このさい、刺激局所の反応は上述の所見と同じである。

上述の刺激効果は、刺激電圧を高くすれば一層早く極点に達する (第7図 A-b)。そのさい効果の及ぶ距離は、口尾両側にそれぞれ約 10 cm である。

実験終了後の組織学的検索によると、電極の残存物である黒点は輪走筋層内に限局して存在し、赤褐色に着色された部分も同じ筋層内に限られてみとめられる。これらの所見から、この実験では輪走筋層の限局刺激が行われたと云えるだろう。

D. 粘膜下層刺激の腸運動に及ぼす効果

腸管を切開後、露出された粘膜を除去すると、粘膜下層が認められるが、このさい持続的に軽度の出血があるので、局所の運動は判然としない。この操作を加えて約30分後に、この粘膜下層の露出面に電気刺激を与える。刺激電圧は 4-12.5 V に調節する。

通電とほとんど同時に、刺激局所より口側では筋緊張が著明にたかまり、もともと存在

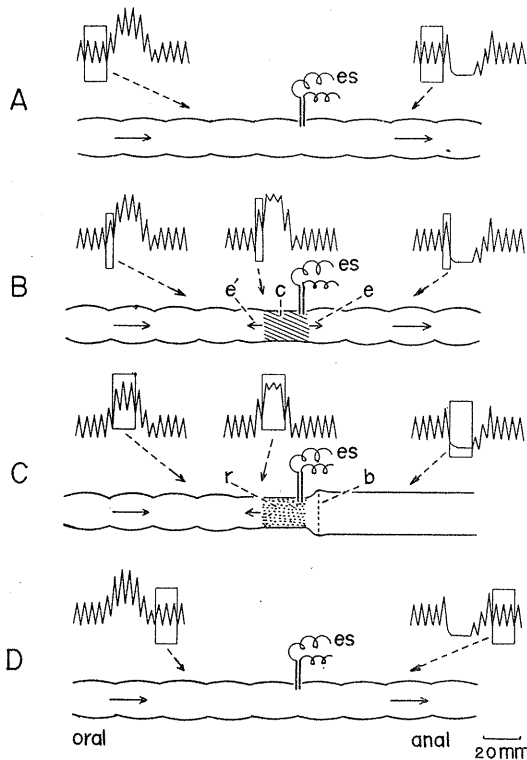


Fig. 6.

Schema showing the effects of stimulation of the circular muscle layer of dog's denervated jejunum. Before the stimulation, the descending rhythmic contraction waves propagated along the loop (A). Electric stimulation produced a strong contraction (c) localized both at the site of, and at the part just oral to, the electrodes (es). At the same time the extracontraction waves (e, e') started from the spot stimulated, travelling along the wall for a short distance (B). Immediately after that, the degree of contraction was increased to form a tonic constriction ring (r), whose oral end began to pulsate a moment later. The part adjacent to the anal end of the ring was slightly bulged (b). In the region oral to the ring, the preexisting waves became more powerful, while in the region anal to the ring they were inhibited (C). When the stimulation was ceased, the motility was restored to those observed before the stimulation (D).

する下行性律動収縮の振巾が増大する。他方尾側では、直ちに筋緊張が低下し、律動収縮は停止する。通電を中止すると同時に、口尾両側ともに運動は次第に平常状態に回復する。

E. 粘膜刺激の腸運動に及ぼす効果

腸管を切開後、粘膜面を露出して、その部位に電気刺激を与える。刺激電圧は 3.5-12.5 V に調節する。

通電とほとんど同時に、電極刺入部位を中心として直径約 1 cm の円の範囲内にわたって、粘膜面が律動的に運動する。同時に刺激局所より口側では、筋緊張がやや強くなり、もともと存在する下行性律動収縮の振巾が少しばかり増大し、他方尾側では筋緊張が次第に低下し、律動収縮の振巾も減少し、やがて律動収縮の停止をみる(第 8 図)。通電を中止すると、粘膜面は律動的な運動を停止して、口尾両側ともに次第に平常状態に回復するが、そのさい口側の運動回復が尾側より早い。

上述の効果は、刺激局所における変化を除けば、縦走筋層深層あるいは輪走筋層の刺激時に認められる効果の多数例および粘膜下層刺激時の効果と同じである。これらの場合に比べて刺激の効果がきわめて弱いのは、粘膜が湿潤であるために短絡が起り、ために刺激効果が著しく減殺されるためであろう。

IV. 論 議

私の実験は、小腸の腸壁各層に個別的に電気刺激を適用することによって、刺激局所およびその附近に生ずる運動の変化を詳細に研究することを目的としている。この実験においては、縦走筋層表層の刺激で惹起される反応は、筋内反射効果に一致する。縦走筋層深層あるいは輪走筋層の刺激では、主として粘膜内反射効果がひき起されるが、時

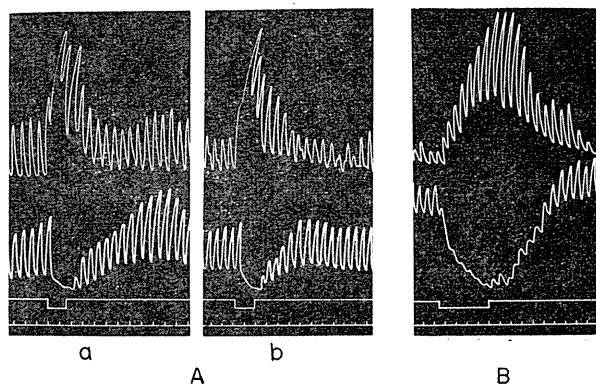


Fig. 7.

Effects of stimulation of the circular muscle layer upon the motility of dog's denervated jejunum.

Stimulation elicited an excitatory state orally, while it elicited an inhibitory one anally (A). Parameters of stimuli: Frequency 20 c/sec, duration 4 msec, voltage 1.5 V in A-a and 4.5 V in A-b. B indicates the case in which the degree of responses increased gradually during the period of stimulation. Parameters of stimulus: frequency 20 c/sec, duration 4 msec, voltage 4.5 V in B.

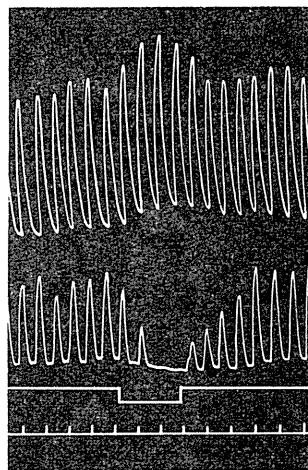


Fig. 8.

Effects of stimulation of the mucosa upon the motility of dog's denervated jejunum.

An excitatory state was produced orally to the spot stimulated, while an inhibitory one anally to the spot. Parameters of stimulus: voltage 11.5 V, frequency 20 c/sec, duration 4 msec.

に筋内反射効果が混合する。粘膜下層および粘膜の各層刺激のさいに認められる反応は、全く粘膜内反射効果に一致する。

縦走筋層の表層に通電すると、口尾両側に顕著な運動抑制、すなわち筋内反射効果がひき起

されるが、この実験で用いられた刺激強度の範囲では、その強弱に関係なく筋内反射効果のみ惹起され、粘膜内反射効果は現われない。しかし刺激電極が縦走筋層の深層に入っていると、粘膜内反射効果が出現する。このさい少数例では、尾側の抑制効果のみ著明で、口側の亢進効果がほとんど認められないことがある。この刺激で粘膜内反射効果が現われるのは、有効刺激が縦走筋層のみならず Auerbach 神経叢あるいはさらに輪走筋層にまで及ぶためであり、粘膜内反射の亢進効果がしばしばみとめられないのは、縦走筋層の直接刺激で引き起される筋内反射効果が、この亢進効果を相殺するためであろう。刺激電極が縦走筋層よりもさらに内側の各層に入っている時には、口尾両側の抑制効果は全く認められない。結局電気刺激では、有効刺激が縦走筋層内に限られている時にのみ、純粋の筋内反射効果が認められると云える。

福原、山上、中山⁷⁾は、イヌの小腸の漿膜面に頻数電流刺激を与えると、筋内反射効果あるいは粘膜内反射効果が得られると述べている。この刺激方法では、刺激の強さに応じて有効刺激の及ぶ範囲が大きく変るために、2つの異なる反応が認められたと思われる。

Bayliss および Starling²⁾は、感応電流刺激をイヌ等の腸管に与えると、緊張性収縮輪が形成され、腸管の上部に亢進、下部に抑制が惹起されると述べている。これは、縦走筋層深層の刺激時の効果に一致すると考えられ、粘膜内反射効果だけが現われたものと思われる。

Alvarez 及び Starkweather¹⁾は主にウサギの小腸を用いて研究し、頻数感応電撃を適用すると、局所の収縮と口側および尾側に拡がる収縮波 (disturbance) が惹起されるが、myenteric reflex に似たものは稀にしかみられない、殊に尾側には抑制がほとんど認められないと述べている。彼等の云う disturbance は期外収縮そのものである。

Bozler⁴⁾は、ウサギの小腸の漿膜面に強い頻数電流刺激を与えると、上行性および下行性収縮が引き起されると報告している。これらの収

縮は、期外収縮あるいはその後が続いて刺激局所から発生する収縮波であろうと思われる。他方、弱刺激を 5-10 秒間適用した後は、極性ある反応が常に認められると述べている。この場合には、電流の直接刺激の範囲が前者よりも狭められているために、極性ある反応が明瞭に認められたものと考えられる。これは、縦走筋層深層刺激の効果に同じであると思われる。しかし彼の実験では、必須の条件である外来神経の遮断が行われていない。

輪走筋層を刺激すると、粘膜内反射効果が引き起されるが、これは、通電時では輪走筋層のみならず、これを貫ぬいて通る神経も同時に直接に刺激されているためであろう。このさい、刺激局所に生ずる緊張性収縮輪によって、筋内反射が生起されるであろうということ是否定できない。少数例ではあるが、口側の亢進効果が認められないで、尾側の抑制効果が著明に引き起されることがある。これは、口側においては、同時に誘起されている2つの異なる反射効果が、お互いに相殺されているからであると考えられる。結局この通電のさいには、輪走筋層内の神経の直接刺激によって粘膜内反射が惹起されると同時に、また局所において輪走筋層が収縮するとともに縦走筋層が強く収縮し、これによって筋内反射も誘起されると考えられる。しかし多くの場合、粘膜内反射効果が筋内反射効果を凌駕するために、口側には運動亢進が認められるのであると考えられる。これに関連して興味あることは、筋内反射では、口側の抑制効果が尾側に比してはるかに弱いということである。

福原、山上、中山⁷⁾は、acetylcholine あるいは histamine 等の薬物を腸管の漿膜面に適用すると、緊張性収縮輪が形成されて筋内反射効果が得られると述べている。この収縮輪は、筋層特に縦走筋層の直接刺激によって生ずるものと考えられ、このために筋内反射が生起されるのであろう。このさい輪走筋層も強く収縮しているのであるが、粘膜内反射効果は現われない。この事実から、輪走筋層の収縮そのものによ

ては、輪走筋層内の神経は刺激されないものと考えられる。

この実験では、刺激局所にも注目すべき運動変化が認められる。縦走筋層表層の刺激の場合には、その直接刺激効果として刺激局所に、縦走筋に局限した収縮が観察され、これには全く極性が認められない。これに反して輪走筋層刺激の場合には極性が認められる。すなわち、電極刺入部位に形成された緊張性収縮輪の広がり、口側に長くて尾側に短い。このことから、粘膜内反射効果は、このように狭い範囲においても収縮輪自体にすでに体现されていると云えよう。なお、この収縮輪は拍動していて、これから口側に向って上行性収縮波が伝播する。この収縮波は、口側においてもともと存在する下行性収縮波と明瞭に区別することができる。これは、刺激局所の口側部の筋の興奮性が異常にたかまっていることを示唆する現象である。この収縮輪から下行性に伝播する収縮波が認められないのは、収縮輪の尾側に強い抑制効果が生じているためであると考えられる。

Schillbach¹³⁾ は、ウサギの小腸の漿膜面に平流電気刺激を与えると、電流閉鎖で生ずる刺激局所の反応は、陰極と陽極の部位では異なっていることを報告している。Biedermann³⁾ は、これをさらに詳細に観察している。彼によると陰極の部位では靴型の肥厚を認め、その周囲の隣接部位は平坦で、くぼんだような収縮をひき起し、これは縦走筋の収縮であろうと云う。他方陽極の部位には、局限した環状の狭窄あるいは閉塞が形成され、これは主として輪走筋の直接興奮によるものであらうと述べている。これらの筋収縮の観察所見は、私の実験成績によく一致していると思われるが、彼等は収縮の極性については言及していない。

粘膜下層あるいは粘膜に通電すると、粘膜内反射効果が得られるが、筋内反射効果は全く認められない。

Bayliss および Starling²⁾ は、腸管の内表面に感応電流刺激を与えても、刺激効果が判然としないと述べている。私の実験では、軽度なが

らも明瞭に粘膜内反射効果がみとめられる。粘膜の通電効果を得るには、刺激電極を粘膜内に刺入して局限した刺激を与えることが肝要である。

以上の実験成績と考察から、腸内反射生起の機序を、次のように想像することができよう。筋内反射では縦走筋層の刺激で、同筋層内にある刺激受容体が興奮し、その衝撃は Auerbach 神経叢の抑制 neuron に伝えられるのであらう。他方粘膜内反射では、粘膜刺激によって粘膜内の刺激受容体が興奮し、その衝撃は粘膜下層及び輪走筋層を貫ぬいて通る求心性 neuron によって、Auerbach 神経叢の亢進 neuron と抑制 neuron へ伝えられるのであらう。そして亢進 neuron は口側へ、抑制 neuron は尾側へ興奮を伝播すると思われる。また、厳格な極性のある反応から考えれば、この2つの遠心性 neuron は、それぞれその単独の neuron の支配領域がきわめて狭い範囲であるのかも知れない。そして、個々の neuron の間の連絡によって興奮が遠隔の neuron に減衰的に伝達されるのかも知れない。

腸管の興奮性が異常にたかまっている時には、腸内反射は著しく強くひき起されるであらう。そのさい異常な刺激が加えられると、刺激局所には、既述の輪走筋層刺激のさいにみられるような極性ある反応が強く惹起されるであらう。この時、刺激局所の口側部位に生ずる顕著な収縮輪は、縦の方向に著しく延長し、この延長した部分は、その直尾側の膨隆拡大した腸管の内腔に拮入していくのであらう。これが、腸重積症の発生機転であらうと推測される。Nothnagel ついで Schillbach¹³⁾ は、電気刺激によって腸重積症が形成されるのを観察したと報告しているが、その発生機転には言及していない。

福原⁵⁾⁶⁾ は腹窓法を用いた研究から、小腸運動は一見非常に複雑な様相を呈するけれども、本質的には、腸壁に沿って口側から尾側へ伝播される一種の興奮波であると述べている。福原、山上、中山⁷⁾ は、腸運動によって腸内容が

輸送されていく過程を論じている。すなわち、12指腸の上部から発生した収縮波は、腸内容を漸次尾側へ送り出す。そのさい、腸内容は粘膜を摩擦して粘膜内反射の刺激受容体を興奮させ、口側に運動亢進、尾側に運動抑制をひき起す。このために、より尾側の部位には収縮波の発生が妨げられ、口側の運動はたかめられる。小腸の他の部位においても、同じようなことが起ると述べている。腸内反射は、局所的刺激によってもかなり広い範囲に惹起され、腸管の各部位とその隣接部位を密接な関係に保たせながら、全体として腸運動による内容輸送を円滑に調節していくのであろう。

V. 結 論

麻酔イヌあるいは除脳イヌで、その腸間膜神経を切断した小腸片の腸壁各層を、微小電極を用いて選択的に刺激し、その腸運動に及ぼす効果を研究した。実験終了後、刺激局所は組織学的検索によって確認した。その結果を要約すると、次の通りである。

1. 縦走筋層の表層に刺激を加えると、電極刺入部位に限局して軽度の筋収縮が起る。そのさい刺激局所より口尾両側において、筋緊張は低下し、律動収縮は停止する。

2. 縦走筋層の深層に通電すると、電極刺入部位では軽度の筋収縮が起り、同時にその口側隣接部位には不完全な収縮輪を認める。このさい口側では筋緊張が上昇し、律動収縮が強まるが、尾側ではこれに反して筋緊張は低下し、律動収縮が停止する。しかし少数例では、尾側において運動が抑制されるけれども、口側では運動の亢進が認められない。

3. 輪走筋層刺激の場合には、電極刺入部位には緊張性収縮輪が形成され、さらにその尾側隣接部位は周辺よりも僅かに膨れる。そのさい口側では筋緊張が上昇し、律動収縮が増大する。他方、尾側では筋緊張が低下し、律動収縮が停止する。しかし少数例では、尾側の運動は抑制されるけれども、口側では運動の亢進が認められない。

4. 粘膜を除去して露出した粘膜下層に通電すれば、口側では運動が亢進するが、これに反して尾側では運動が抑制される。

5. 露出した粘膜面に刺激を与えると、刺激局所では、電極刺入部位から外方へ向う微細な律動波がみられる。このさい口側では軽度に運動が亢進し、他方尾側では次第に運動が抑制される。

6. 従来腸内反射について多くの研究が行われているが、その成績の一致しないのは、刺激方法の不備によるものである。腸内反射は、腸壁の各層を個別的にかつ局所的に刺激することによって、基本的に異なる2種類の反射、すなわち口尾両側に抑制効果をひき起す筋内反射と、口側に亢進効果、尾側に抑制効果を惹起する粘膜内反射とに分けることができる。

7. 腸内反射の発生機序について若干の考察を試みた。

終りに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師福原武教授に、衷心より謝意を表します。併せて小谷覚講師並びに教室員諸氏の御指導と御援助に深謝致します。

文 献

- 1) Alvarez, W. C. and Starkweather, E. (1919) Conduction in the small intestine. *Am. J. Physiol.* **50**, 252-265
- 2) Bayliss, W. M. and Starling, E. H. (1899) The movements and innervation of the small intestine. *J. Physiol.* **24**, 99-143
- 3) Biedermann, W. (1889) Zur Physiologie der glatten Muskeln. *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* **45**, 369-388
- 4) Bozler, E. (1949) Myenteric reflex. *Am. J. Physiol.* **157**, 329-337
- 5) Hukuhara, T. (1930-31) Die normale Dünndarmbewegung. (Mit Hilfe der Bauchfenstermethode und Kinematographie.) *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* **226**, 518-542
- 6) Hukuhara, T. (1935) Weitere Studien über die normale Dünndarmbewegung. *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* **235**, 164-175
- 7) Hukuhara, T., Yamagami, M. and Nakayama, S. (1958) On the intestinal intrinsic reflexes. *Jap. J. Physiol.* **8**, 9-20

- 8) Hukuhara, T., Nakayama, S. and Nanba, R. (1960) Locality of receptors concerned with the intestino-intestinal extrinsic and intestinal muscular intrinsic reflexes. *Jap. J. Physiol.* **10**, 414-419
- 9) Hukuhara, T., Nakayama, S. and Nanba, R. (1960) The effects of 5-hydroxytryptamine upon the intestinal motility, especially with respect to the intestinal mucosal intrinsic reflex. *Jap. J. Physiol.* **10**, 420-426
- 10) Hukuhara, T., Sumi, T. and Kotani, S. (1961) The role of the ganglion cells in the small intestine taken in the intestinal intrinsic reflex. *Jap. J. Physiol.* **11**, 281-288
- 11) Nothnagel, H. (1882) Zur chemischen Reizung der glatten Muskeln ; zugleich als Beitrag zur Physiologie des Darmes. *Virchows Arch.* **88**, 1-11
- 12) Okamoto, K., Utamura, M. and Akagi, T. (1938) Biologischen Untersuchung des Silbers. *Acta Scholae med. Kioto.* **22**, 361-372
- 13) Schillbach, E. (1887) Studien über den Einfluss der Electricität auf den Darm. *Virchows Arch.* **109**, 278-288

頭髪脱毛及び頭垢の消長に関する研究 612.799

第1報. 季節的変化について

Studies on the depilation of scalp hair and scurf 1st Report: Seasonal variation

小野三嗣・安部勉 (ONO-Mitsutsugu・ABE-Tsutomu)*

Seasonal variation of the depilation of scalp hair and scurf was studied by shampooing every five days for a period of two years. The subjects were authors themselves. The scurf was separated with the alcohol-ether to non-fatty and fatty scurf. Results were as follows.

1. From December to April, the amount of the depilation was small and almost constant. It was gradually increased from May and reached maximum in September, amount of which was about five times of the minimum level. There were two peaks in the curve, each coming in early July and late September, with the bottom in early August. This is probably due to strong inhibiting effect of the external environment during July and August.

2. The weight per one depilated hair was lighter during period from July to October, when the amount of the depilation was most abundant. From this fact it is assumed that the synchronicity of the hair cycle plays some role in inducing the depilation.

3. The total scurf amount was lowest in middle of August and reached maximum in middle of June. From January to June, the fatty scurf was the main component, while period after late June, when the average maximum temperature was over 30°C, the non-fatty scurf became the majority. This fact will suggest that at two different occasions, when the average maximum temperature is over 30°C and when it is below 10°C, there will be a qualitative change in the secretion of the sebaceous gland.

1. 緒言

1920年 Sabourand²⁷⁾が発表した、脂漏は頭髪の毛包を障害する微生物に対して温床を与えて脱毛の原因をつくと云う古典的学説は、既に顧みられないが、脂漏が脱毛の原因になると云う考えについては支持者が多く、その機転として脂漏中の不飽和分子が直接的に脱毛を起させると云う Flesch 等⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾の考え方が支配的となっている。

即ち、Flesch は不飽和脂肪酸中の $-C=C-$ 基が、活性SH基を阻碍することにより抗Keratin生成作用をもち、皮脂腺分泌の増大は脱毛の原因になると報告している。

しかし Rothman²⁷⁾ は、皮脂腺分泌と脱毛と

の関係を論ずるにはさらに多くの実験事実が必要であるとして必ずしも積極的な支持を表明していない。

また頭垢は脱落した表皮角化層の細胞片と皮脂腺分泌の混合物と考えられるが、表皮の落屑と皮脂腺分泌の量的関係、あるいは皮脂腺分泌量と温度の関係、また季節的変化等については定説がない。たとえば Rabfeno²⁶⁾ は同一人間の皮脂分泌について7月は11月の約2倍の分泌があったとして高温亢進と認め、Butcher および Parnell⁵⁾ も同一の傾向を認めたのに対して、Iversen¹⁵⁾ は冬期寒冷の方が亢進するといひ、さらに有森¹²⁾ は分泌最大は23-27°Cの間であって、それ以下の温度でもまた30°Cをこえても著明に分泌が減少すると主張している。

著者等は昭和34年11月より、昭和36年11月までの2年間連続的に、自らを被験者として頭垢量及び脱毛数を実測したのでとりまとめて報告する。

* 東京慈恵会医科大学名取生理学教室
Natori's Laboratory, Dept. of Physiol., School of
Med., Tokyo Jikeikai Univ.

[昭和37年2月16日受付]

Ⅱ. 実験方法

被験者は著者等2名であり、5日目毎に天竺木綿上に於て洗髪を行い、これを収集漏紙上の残渣を自然乾燥して得られたものを、脱毛と頭垢とに分離測定した。洗剤はアルカリ性固形石鹼で毎回3回使用、水温は42°Cに一定し用水量、石鹼量、洗髪時間はそれぞれ約8l、10g、8分間と一定にした。

得られた頭垢はさらにエーテルアルコール(エーテル1容、純エチルアルコール3容)25cc中に100mg宛入れ、50-60°C水槽中に30分間浸漬したものを、濾紙で濾過し残渣を乾燥して秤量しこれを脂質外頭垢とした。

Ⅲ. 実験成績

脱毛本数、脱毛1本当り重量、脂質頭垢量、脂質外頭垢量、脂質外頭垢の総頭垢量に対する百分率の、各月各旬毎の平均値の消長を第1図に示した。

図によって明かなごとく脱毛は、7月上旬及び9月下旬附近に極大点を持つ2峯性的変化を示し、12月初旬から4月下旬に到る5ヶ月は300本以下であり殆んど一定している。3月下旬の最低値に比較すれば、9月下旬の最高時は4倍を越える脱毛が認められる。

脱毛1本当りの重量は、最も脱毛本数の少い2月、3月頃が最も大きく、脱毛の多い時期は比較的に小さい。6月下旬、8月中旬、12月中旬頃に特に重量

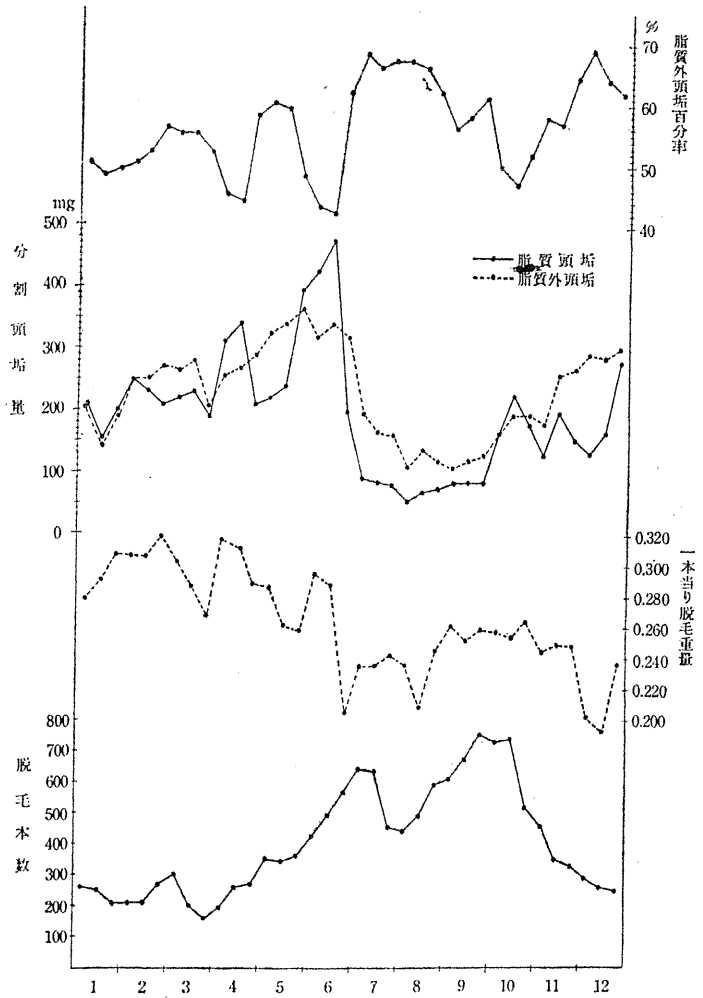


Fig. 1

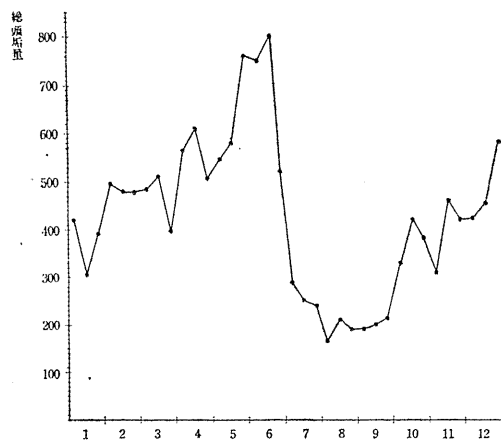


Fig. 2.

が減少する谷が認められる。

脂質頭垢と脂質外頭垢とは総体的には同軌をとり、6月中旬頃に最高となり、7、8、9の3ヶ月は殆んど一定して最低値を示している。

1年を通じて総頭垢量が最大となった6月中旬が、脂質外頭垢の総頭垢に対する百分率が最低であり、総頭垢量が最低を示した7、8、9の3ヶ月間は一定して脂質外頭垢の方が、脂質頭垢よりも優越している。脂質外頭垢の百分率は上述の6月中旬の他に、4月中旬及び10月中旬に谷底的に減少するのがみられるが、7月以降と6月以前とに別けて観察すると総体的に7月以降の方が高い値を示す。

総頭垢量の消長は第2図に示したが、1月から6月までは、略々気温に平行して直線的に増加し、7月に入り急転下降し、10月初旬以降12月末までは気温の低下に逆比例して直線的に上昇して行く。

Ⅳ. 考 案

人間でも、他の動物に於けると同様に、所謂 Hair cycle が実在することは先人の業績によって明かである。しかし、Danforth⁷⁾等が指摘する如く、哺乳動物の Hair cycle の類型分類上からすれば、人間は所謂 mosaic pattern に属するが、事実はさらに複雑であり、Hair cycle の長さは体部分それぞれで異なるだけでなく、個々の Hair follicle が独立的の anagen stage 及び, telogen stage を示し、1つの follicle が anagen stage にある時に、隣りの follicle が catagen stage にあることは例外ではなく、正常の環境では、同じような telogen stage, あるいは anagen stage を示す部位的な pattern を見付け出すことは困難である。また、Pinkus²⁵⁾は如何なる体部分の脱毛も、一年中規則的な態度を示し、季節的変化が認められないと報告しているが、Leeuwenhock²⁷⁾は彼自身を被験者として毎春毎の著明な脱毛亢進を観察している。

上述の成績では、明らかに脱毛の季節変動があり、9月下旬の脱毛は3月下旬の4倍以上に達する。この変動は3月末を底とし、9月末を

頂点とする一年一周期と見られる。7月上旬にも1つの山がみとめられ、経過が2峯性であるが、これは7月上旬から8月下旬にかけて、脱毛を抑制する機転が加わった結果と考える。その機作に重要な関連をもつものは夏期の強烈な直射日光と思われる。著者²³⁾の一人が冬期熱帯に航行して実測した成績では、内地における同期の平均脱毛本数が約250本であったのに対して、熱帯旅行時は平均170本となり約30%の減少をしめた。

また動物で Bissonnette³⁾, Brown⁴⁾等は、紫外線及び可視光線が動物の Hair cycle に生理的な刺激となることを報告しており、著者²⁴⁾及び三林²⁰⁾, 余語²⁹⁾等の実験からも、光線が表皮或いは毛包の組織呼吸に関与する可能性を推定出来るから、直射日光の脱毛抑制機転は考慮に入れてよいと思う。

つぎに過剰の androgenic hormone が脱毛を促進することは Hamilton¹²⁾等の実験によっても明かであり、さらに低栄養¹¹⁾または Avitaminosis なども脱毛を促進するが、被験者は健康男子であり、androgenic hormone が季節的な脱毛の消長を支配したとは考え難い。

また、栄養的な点も問題にはならない。なお Meites¹⁹⁾によれば、動物では低栄養の初期症状として著明な脱毛が見られるのに、人間では相当高度の低栄養でも脱毛が起らない。この相違の理由は、人間では動物に比較して、Hair formation のためには全蛋白代謝の極く一部分しか必要としないためと云われる。なお Flesch 等は過剰の皮脂分泌が結果的に脱毛を起させると主張しているが、上述の成績では、脱毛が最も著明であった7月及び9月は総頭垢量、推定皮脂分泌量(後述)が最低であって、正相関が認められず、むしろ完全な逆相関を示している。

また血流補給の減少は多かれ少かれ Hair follicle の障害を起し、結局は禿頭に導く原因となるという Szasz, Schein²⁷⁾等の説は、Naide²²⁾の人間についての実験でも裏書されているが、7-9月というような高温環境時に、冬期に比較して頭部皮膚血流が減少しているとは考えら

れず、これらの学説だけでは上述の成績を説明し得ない。

以上のように考えてみると、今回の実験で認められた脱毛量の変化は、内分泌的または栄養的などの全身的な影響によるものでなく、また、皮脂増大、血流変化などの局所的因子に基づくものでもない結論出来るので、Pinkus²⁵⁾等の反対成績の存在にもかかわらず、Hair cycleの必然的な結果と考えられる。

脱毛量が比較的多い7, 8, 9, 10月4ヶ月の平均1本あたり重量が0.245 mgと、脱毛量の少い1, 2, 3, 4月4ヶ月の0.298 mgに対して、約20%も小さく、しかもその差は統計学的にも1%の危険率をもって有意性を示している事なども、Rothman²⁷⁾のいうHair cycleに変化をおこさせる因子は、本質的にHair cycleそれ自身の中に固有されるという考え方を支持する。従ってこの実験結果は、人頭髮のHair cycleはmosaic patternであるとしてもある程度の同時性を示していることを示唆する。

つぎに頭垢量の消長についてであるが、元来頭垢は脱落した表皮角化層の細胞片と皮脂腺分泌の混合物であるので、頭垢の含有する脂肪は皮脂腺によるものと、Tuma¹⁶⁾のいう表皮細胞自体に由来するHorn fettの混合物とみなされる。そこで、実験方法の項でのべた方法では、脂質外頭垢と見られる残滓が表皮の落屑であり、脂質頭垢と計算された部分が、皮脂腺分泌物であると決定するわけにはいかない。しかし、Herrman及びPrase¹³⁾はepidermal lipidsは極めて少いことを指摘しているので、近似的に上述の実験方法が許されるものと考ええる。

従って、ここでは、エーテルアルコールで抽出した残滓をそのまま表皮落屑片、残りを皮脂腺分泌物(総頭垢重量から抽出残滓を脂質外頭垢量として秤量したものを差し引き脂質頭垢量と記したもの)として考案を進めてみる。

Storey及びLeblond²⁸⁾等によれば落屑によって失われる表皮細胞数と、細胞分裂によって新生される細胞数とは平衡しSteady statをしめす。またHoffman¹⁴⁾によれば人の頭部皮膚の

Glanular layerの細胞のrenewal timeは190時間というが、Rothman²⁷⁾は表皮に対する機械的、化学的、物理的などの反復刺激が、角化層を増大させることを強調し、Miescher²¹⁾は紫外線を人間の皮膚に照射し、角化層が増厚して行く状態を定量的に観察し、結果的には表皮の剝脱を抑制することを報告している。そこで、上述の成績において7月から10月まで、著しく脂質外頭垢量が減少するのは、日光とくに紫外線の効果によるものとも考えられる。しかし、この脂質外頭垢量の消長は8月下旬の最低時110 mgに対して5月下旬の最高時は360 mgと約3倍に過ぎなく、脂質頭垢量が約10倍にも変化するのに対比すれば、比較的に変動が少ないので、皮脂腺分泌物中にも脂質外頭垢の部分があることを思えば、総頭垢量変動の主因は、表皮そのものの変化によるというよりは、皮脂腺分泌の消長に支配されるものと考えられる。

皮脂腺は内分泌の影響を受けるが、被験者は特別な内分泌的障害を持たず、栄養に関しては、特に偏った食事は摂取しないように留意したので、少なくともこの点から実験成績に現われたような著明な動揺が起るとは考えられない。

またKepece及びRobin, Wittkover, Wolf²⁹⁾等は情緒が皮脂腺分泌を増大することを強調しているが、著者等の成績はこのような情緒の支配によって動揺したと考えられない。

季節的変化の1つの特徴は気温の変動であるが、皮脂腺分泌は気温によって影響されることが甚だ大きいので、この影響を考慮に入れなければならない。Rothmann²⁷⁾は高温及び汗腺活動の両者が相俟って、皮脂腺分泌を著明に増大させるという考えを支持しているが、有森⁹⁾は健康人では、皮脂分泌が最大なのは23-27°Cであって30°Cをこえると著明に低下することを認めている。著者等の今回の実験においては平均最高気温が26-27°Cであった5月下旬から6月下旬の間が最高を示し、平均最高気温31°Cをこえた7月上旬には著明な減少を示し、この点是有森⁹⁾の報告とよく一致している。とくに1月より7-8月までの経過をみれば、有森の実

験と殆んど同軌を示している。しかし10月より12月までは気温の低下に逆比例して、増大傾向を呈したので、これは、むしろ Iversen¹⁵⁾等の報告と軌を1にする。したがって冷気の局所循環障碍による分泌亢進説も一理あるように思われる。今回の被験者は全く同一人である点からしても、これらの諸説の矛盾を直ちに被験者の個人差、或いは人種の差、居住地域の差など結び付けることはできないので、気温と皮脂腺分泌との関連についても、俄かに断定を下し難い。

著者等の実験では気温上昇に伴って、総頭垢量が増大した時期は、脂質頭垢が多く、気温低下に伴って増大した時期及び、31°C 以上をこえる時期では、比較的脂質外頭垢が多かったことから、各気温下の皮脂分泌に影響する因子として、皮脂そのものの性状、即ち成分変化を考慮すべきであろう。そこで脂質外成分が比較的優越するような場合は気温に正比例すると仮定すれば上述の成績は容易に説明できる。なお6月下旬に皮脂成分の逆転期があるが、これは高温そのものの効果で、日本人では30°C 以上の高温に曝されると、急速に皮脂成分の変化が起り、脂質外成分が優越するようになるものと思われる。

V. 摘 要

著者等自身を被験者とし、約2年間連続して、5日目毎に洗髪によって得た、頭髮脱毛量及び頭垢量を計測した。

1) 脱毛本数は12月から4月までは少いが、5月から漸増し、7月上旬に極大期があり、7月下旬から8月下旬にかけて減少し、極小期を経て、再び漸増に転じ、9月下旬が最大になる。

2) 脱毛1本あたりの重量は1-6月は、7-12月のものに比較して重い。

3) 総頭垢量は6月中旬を頂点とし、8月中

旬を底点とする急落曲線を示し、8月下旬から6月中旬に向って漸増する。

4) 平均的には1-6月は脂質頭垢が多く、7-12月は脂質外頭垢が多い。

文 献

- 1) 有森正尚(1956) 皮性誌 **66**, 103
- 2) 有森正尚(1956) 皮性誌 **66**, 576
- 3) Bissonnette, T. (1953) *Anat. Rec.* **63**, 159
- 4) Brown, W. H. & Howard, M. (1928) *J. Exper. Med.* **48**, 57
- 5) Butcher, O. & Parnell, J. (1948) *J. Invest. Dermat.* **10**, 31
- 6) Butcher, O. & Parnell, J. (1947) *J. Invest. Dermat.* **9**, 67
- 7) Danforth, C. H. (1939) *Physiol. Review*, **19**, 94
- 8) Flesch, P. (1951) *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* **76**, 801
- 9) Flesch, P. (1952) *J. Invest. Dermat.* **19**, 353
- 10) Flesch, P. (1953) *Arch. Dermat. & Syph.* **67**, 1
- 11) Goldman, L. (1953) *J. Invest. Dermat.* **20**, 13
- 12) Hamilton, J. B. (1942) *Am. J. Anat.* **71**, 451
- 13) Herrmann, F. & Prose, P. H. (1951) *J. Invest. Dermat.* **16**, 217
- 14) Hoffman, J. (1949) *Arch. Path.* **47**, 37
- 15) Iversen, K. (1952) *Acta. Dermato-venereol.* **32**, 206
- 16) 北村包彦・外・編集(1955) 皮膚科最近の進歩 第Ⅰ集
- 17) 北村包彦・外・編集(1956) 皮膚科最近の進歩 第Ⅱ集
- 18) 小林正一; 新潟医誌 **71**, 211
- 19) Meites, J. (1951) *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.* **78**, 692
- 20) 三林隆吉(1940) 第38回日本産婦人科学会宿題報告
- 21) Miescher, G. (1930) *Strahlen therapie* **35**, 403
- 22) Naide, M. (1953) *New England J. Med.* **248**, 179
- 23) 小野三嗣・安部 勉・荻野光男(1962) 体力科学 **10** (掲載予定)
- 24) 小野三嗣(1960) 東京慈恵会医科大学雑誌 **75**, 226
- 25) Pinkus, F. (1947) *J. Invest. Dermat.* **9**, 91
- 26) Rabfeno, A. (1925) *Zbl. Haut. Krkh.* **15**, 152
- 27) Rothman, S. (1953) *Physiology and Biochemistry of the Skin*
- 28) Storey, W. F. & Leblond, C. P. (1950) *Ann. New-York Acad. Sci.* **53**, 537
- 29) 余語栄三(1940) 産婦人科紀要 **23**, 1132

海馬脳波の分析装置とその応用 612.882.3:612.014.421

New designed band pass filter for recording the electrical activity of hippocampus and its applications

平尾武久²⁾⁵⁾*・高橋国太郎¹⁾*・時実利彦¹⁾*
(HIRAO-Takehisa・TAKAHASHI Kunitarō・TOKIZANE-Toshihiko)*

New set of three band pass filters was devised to analyse the electrical activity of hippocampus in three components, and to describe it with their magnitude; that is, slow component of 2-8 c/s, intermediate component of 12-20 c/s and high frequency component of 25-35 c/s. Each band pass filter consists of a pair of low and high pass filters, which have the slope of -18 dB/octave in distal part from the cut-off frequency, and were designed upon the principle of transistorized feed back filter. Therefore the response at the cut-off frequency is -3 dB.

Using this filter set, it was found that the shape of the evoked potential on the visual cortex depends on the electrical activity of hippocampus at the time when the single shock is applied to the lateral geniculate body, and that the repetitive stimulation of the activating system in the brain stem modulates the magnitude of each component of hippocampus independently.

I. はじめに

脳波を特定の周波数帯域にわけて記録することとはよく行われている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。それは脳波の記述を便利にするということだけでなく、特定の帯域成分の増減が、他の現象と対応することを見出して、脳波に機能的意味づけをする意図からくるものである。しかし、これまで記述の便利以上の価値がなかったのは、それが主として新皮質での記録にとどまっていたからであろう。著者らは、1961年5月以来、海馬脳波の記録に帯域別の記録方式をとり、きわめて興味のある実験結果をえているので、ここにその方式、帯域濾波回路、装置、およびそれを使用した実験結果について報告する。

II. 海馬脳波の帯域成分について

海馬脳波の自然変動の様相⁶⁾、網様体賦活系

あるいは視床下部賦活系の反復電気刺激および脳幹部破壊による海馬脳波の変化⁷⁾⁸⁾、自然刺激による変動⁹⁾¹⁰⁾、薬物作用による変化¹¹⁾、発育にともなう変化¹²⁾、血圧の変動との対応¹³⁾、および海馬脳波の変動と誘発電位の変動との対応¹⁴⁾などから、著者らは、海馬脳波が 2-8 c/s の徐波と、12-18 c/s の速波、損傷発射によっておこる 20-60 c/s のさらにはやい速波の存在を知っていた。そしてまたこれら3つの波は、それぞれ独立に動くようであるので、少なくとも3つの波を用語として海馬脳波の動態を記述できるだろうと想定し、海馬脳波を次の3帯域成分によって記録できると考えた。即ち、

2-8 c/s: low frequency (または slow) band

12-20 c/s: intermediate band

25-35 c/s: high frequency band

著者らは、上から順に簡単に S, I, H 波または S, I, H 帯波と呼んでいる。また、intermediate band と high frequency band とをあわせて、速波、F 波または、F 帯波とも呼んでいる。

III. 濾波回路の設計

1) 一般的にいて、脳波のようなその発現

* 東京大学医学部脳研究所生理部門¹⁾

1. Dept. of Physiol., Institute of Brain Research, Med. School, Univ. of Tokyo

2. Dept. of Physiol., Med. School, Univ. of Gunma

3. 日本学術振興会流動研究員として頭書の部門に所属

[昭和37年3月10日受付]

機序がまだ明らかでない現象の記録に filter 回路を使用する場合は、その cut-off frequency は可変であることが好ましい。そこで著者らは 1 対の high pass filter と low pass filter との組合わせによる band pass filter を設計した。このようにすれば、適当にきめた cut-off frequency をもっていくつかの low および high pass filter を組合わせて、その 1 対がたがいに干渉することなくのぞむ band pass filter を容易に作ることができる。

脳波特性の要素の 1 つに、1 octave あたりの傾斜の問題がある。後述するが、CR network や feed back loop を多く組合わせると、理論的には、それはいくらかでも大きくすることができる。しかし、われわれは脳波のような現象には、 -18 dB/octave で充分であることを経験的に知っているので、 -18 dB/octave の傾斜をもつように設計した。

2) polynomial filter の一般的な表現は、次のように考えられる¹⁵⁾。

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 + y_1 a^2 + y_2 a^4 + \dots + y_n - 1 a^{2(n-1)} + a^{2n} \quad (1)$$

e_i , e_o はそれぞれ input および output の電力

であり、 a は normalized frequency であって、

$$a = \omega/\omega_0$$

この式で、 ω_0 は cut-off frequency f_0 の角速度 (以下 COF と略記する) であり、 ω は任意の角速度を示す。

いま、 a が小さい時は、

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 \quad (2)$$

a が大きい時は、

$$|(e_i/e_o)|^2 = a^{2n} \quad (3)$$

となる。 $|(e_i/e_o)|^2$ と a とを対数グラフにとると、Fig. 1 のようになり、(2) の部分は 0, (3) の部分は -6 dB/octave の傾斜をもつ直線を示すことになる。COF の近くでは、(1) の y の値がきいてくる¹⁵⁾。(1) の y を全部 0 にした。

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 + a^{2n} \quad (4)$$

は、(2), (3) の全部を示している。しかも、それは COF で -3 dB 落ち、それより大きいところでは -6 dB/octave の傾斜をもつ理想的な filter 特性を示すことになる。なお、 $n=1$ の時の回路は、簡単な CR network であり、

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 + a^2 \quad (5)$$

で示される。しかし、 a を大きくした場合の傾斜を大にするために、CR network を n 個連結

したものは、(1) で示される値になって一般に y が 0 でなく、COF の所での落ちは -3 dB よりはるかに大になるから、filter としての役割上都合が悪い。そこで、この CR network に適当な feedback をつけて y の値をうまくとり、COF の値を上げる努力をせねばならない。たとえば、CR network 2 段では、

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 + 7a^2 + a^4 \quad (6)$$

となり、 -12 dB/octave の傾斜はうるが、COF での特性は、Fig. 1 からわかるように、 $y=7$ であるから、はなはだ悪くなる。これに feedback loop を入れて、 a^2 の係数 y を変化させる。

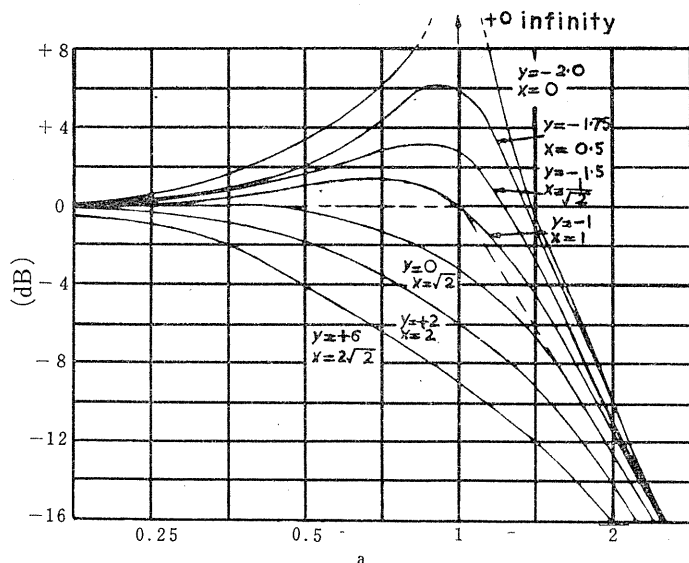


Fig. 1 15)

Filter response curves numbered with their y value in the expression

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 + ya^2 + a^4$$

-12 dB/octave slope dashed

たとえば,

$$|(e_i/e_o)|^2 = 1 - a^2 + a^4 \dots (7)$$

とすると, Fig. 1 からわかるように, $y = -1$ では COF 近辺の値が, 0 より少し大きくなるが, おおよそ 0 を通り, かつ傾斜は -12 dB/octave のものをうる. さらに, これに 1 段の CR network を組み合わせると, (5) と (7) とから,

$$\begin{aligned} |(e_i/e_o)|^2 &= (1 - a^2 + a^4)(1 + a^2) \\ &= 1 + a^6 \dots (8) \end{aligned}$$

となり, 全体としては COF で -3 dB , 傾斜は -18 dB/octave のもの, すなわち, (4) の形の $n=3$ の場合をうる, また, 上述の 2 段の CR network に feedback loop をつけ, かつ (7) の y をうまくとったもの 2 つを組み合わせると,

$$\begin{aligned} |(e_i/e_o)|^2 &= (1 - \sqrt{2} a^2 + a^4)(1 + \sqrt{2} a^2 + a^4) \\ &= 1 + a^8 \end{aligned}$$

となって (4) のように理想的でかつ $n=4$ の場合をもうる.

このように, (1) でしめされるような CR network に feedback loop をつけて, y の値をそれぞれ適当にすれば, それらを組合わせて理想型をうるのは容易である.

3) 著者らは, feedback loop に transistor を使用した¹⁶⁾. transistor を利用したのは, その電源部の簡易なこと, 回路の作製が容易であることによる. 使用したのは全部 2SB 54 である. これは広く市販され, 価格も低廉であり, その特性についてのデーターがよく出ているからである. われわれが作った transistorized feedback filter の原理を Fig. 2 に示す. 即ち, 予定した CR network F を通過した i_o なる電流の 1 部が current transfer ratio が A の transistor の emitter に入り, その collector から input に feedback する.

Fig. 2 からわかるように

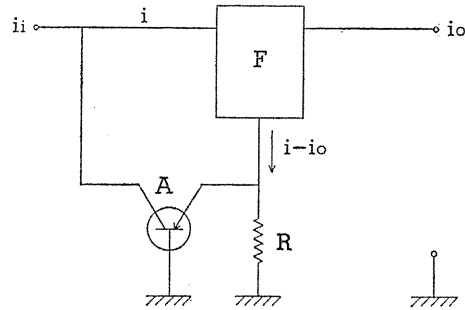


Fig. 2

Principle of the transistorized feedback filter.

F; CR network filter.

A; Current transfer ratio of the common based transistor 2SB 54.

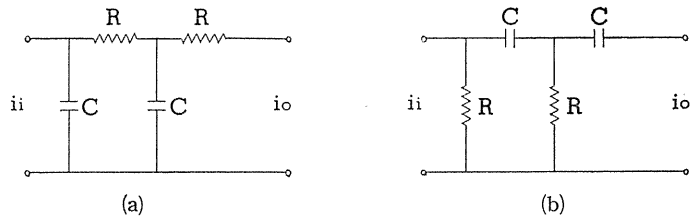


Fig. 3 Two-section current transfer CR network.

$$i = (i_i - A i_o) / (1 - A)$$

いま, $i/i_o = F$ とすると

$$F i_o = (i_i - A i_o) / (1 - A)$$

$$\text{故に, } i_i/i_o = A + (1 - A)F \dots (9)$$

4) 式 (8) でわかるように, -18 dB/octave の傾斜をもつ filter は -12 dB/octave の feedback filter と -6 dB/octave の RC network を組合わせ, 前者の y を適当にして, 総合的に COF 近辺の特性をあげればよい. -12 dB/octave の feedback filter は, 2 段の CR network を Fig. 2 および式 (9) の F に入れば充分である. ただ feedback loop が transistorize するので, 一切が電流型となって, CR network は電圧型の場合と異ってくる. Fig. 3 (a) に示した電流型の 2 段の CR low pass filter の特性を計算する. input からの電流 i_i が output で i_o になって出てくるとすると,

$$F = i_i/i_o = 1 + 3 jCR\omega - C^2 R^2 \omega^2$$

また, $CR\omega = \omega/\omega_0 = a_1$ とすれば,

$$F = 1 + 3 a_1 j - a_1^2 \dots (11)$$

ただし, ω_0 はその COF である.

同じことは、Fig. 3 (b) のような 2 段の CR high pass filter についてもいえるので、

$$F=1-3a_hj-a^2_h \dots\dots\dots(12)$$

いま、これらに feedback loop をつける。即ち、前項の式 (9) の F に各 (11)(12) を入れると、各 low pass, high pass の feedback filter の特性として、

$$A_{nl}=1+3a_l(1-A)j-a^2_l(1-A)$$

$$A_{nh}=1-3a_h(1-A)j-a^2_h(1-A)$$

をうる。ただし、 a_l , a_h , A_{nl} , A_{nh} などの suffix l, h は low, high pass を示し、 A_{nl} , A_{nh} は low pass および high pass filter の特性を示す。即ち、 $A_n=i_i/i_o$ である。

$$\left. \begin{aligned} a\sqrt{1-A} &= b \\ 3\sqrt{1-A} &= z \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)$$

とすれば、

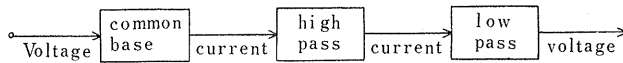
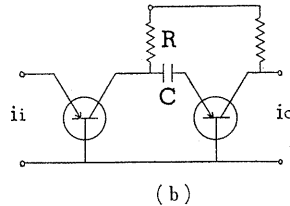
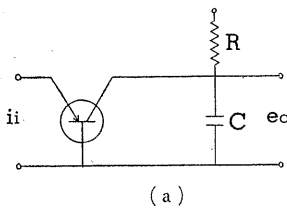
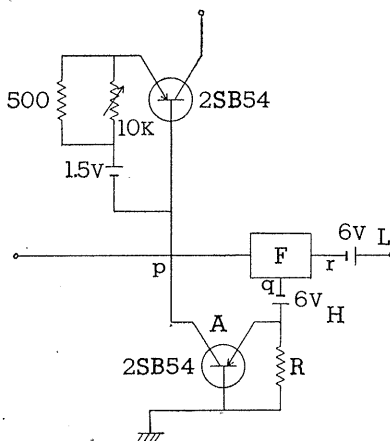


Fig. 4 Single CR passive network in current transfer connection.



Principle of voltage arrangement in the current transfer connection.

$$A_{nl}=1+bzj-b^2$$

$$A_{nh}=1-bzj-b^2$$

$$\text{故に、} (|i_i/i_o|)^2=1+(z^2-2)b^2+b^4 \dots\dots\dots(14)$$

このように、(8) 式の $1-a^2+a^4$ は (14) として求められたのであり、その y にあたる (z^2-2) を -1 にする条件を求めれば、それが feedback loop の必要な係数になる。

$$z^2-2=-1$$

$$\therefore A=8/9 \text{ をうる。}$$

この current transfer ratio が、必要な feedback loop の値になる。b は総合特性としてのこの feedback filter の COF を示す。求める COF を f_{ol} , f_{oh} とすれば、

$$b_l=a_l/3=(CR\omega)/3$$

$$b_h=a_h/3=1/(3\omega CR)$$

$$\text{また、} 3/(CR)=\omega_{ol}=2\pi f_{ol}$$

$$1/(3CR)=\omega_{oh}=2\pi f_{oh}$$

故に、low pass filter には

$$CR=3/(2\pi f_{ol})$$

high pass filter には

$$CR=1/(6\pi f_{oh})$$

をうる。

これが Fig. 2 の F にあたる部分に必要な CR の値であるが、この場合、一般に電流型では、CR network 即ち、F の入力抵抗は transistor A のもつ出力抵抗に比して無視できる程度に小さくしなければならないし、また F より feedback loop に current をとる場合に F の共通端子からみた抵抗は、A の入力抵抗に比しては大きな値をもたねばならない。common base の 2SB54 は、その出力抵抗は $10^3k\Omega$ 、入力抵抗は 10Ω のケタになるので、F の抵抗値は、

$$8k\Omega > R > 5k\Omega$$

にする必要がある。COF は C の値をかえて変化させる。

また、A の current transfer ratio は、2SB54 の α が $0.99 \approx 1$ であるから、Fig. 2 の A の前の抵抗 R

と transistor の入力抵抗との分配によってきまる。ところで, transistor の入力抵抗はだいたい 30Ω なので, Rには 300Ω ぐらいの可変抵抗を使用するとよい。Aを 2SB 54 の emitter 側で調整するのは, その出力抵抗を減少させないためである。Aをきめる 300Ω の可変抵抗は circuit ができあがって, 周波数特性をとる時に調整すればよい。

passive CR network の値は,

$$7.5\text{ k}\Omega > R > 6\text{ k}\Omega \quad CR = 1/(2\pi f_0)$$

できめる, collector の電位は, だいたい -1 — -2 Volt, その電流は 1.5 mA にするのが都合がよいので, passive network の R の値は, 大体上記のようになる。ただ low pass filter の方と high pass filter の方とで幾分その結線法が異なる。両者共に feedback filter のあとに, ふたたび, common base の transistor をつけ, その collector 側に passive network をつけるところまでは同じであるが, low pass filter の方の passive network の後は, Fig. 4 (a) のように output が電圧の形ででてくるが, high pass filter の方は Fig. 4 (b) のように, それにさらに common base の output をつけて, 電流の形で出す。これからわかるように, この 2 つの filter を組合わせて band pass filter をつくる時は, その input はたいていの場合, 電圧で入ってくるから, Fig. 4 (c) で示すように input を common base でうけ, high pass filter に導くと, 電流型のこの filter 回路は, はたら

きよくなるし, 次に low pass filter をつけると, その output が電圧になってでてくることは, これをふたたび記録器に入れる時に, 非常に都合がよいわけである。

5) 電源は乾電池を利用する。

ただ, Fig. 2 の feed back loop の common base の部分は, その collector 側の負電源は定電流にして, そこに出てくる一切の変動 (電流の形になる) を F に入れねばならない。それで Fig. 5 のようにして, A の部分の collector には, 常に 1.5 mA の電流が流れるようにし, かつ $10\text{ k}\Omega$ の可変抵抗を動かして, collector の電位が -6 Volt になるようにする。high pass filter では q, また low pass filter では r の部分に, 6 Volt の電池を入れて, その補償をとってある。全体の電源は -12 Volt にする。Fig. 6 にその 1 つの型を示しておく。これは, $2-8\text{ c/s}$ の slow band pass filter である。図の可変部の容量は, これを変えることによって cut-off frequency は容易に変えられ, low frequency の方は 2 または 3 c/s , high frequency の方を 6 または 8 c/s にする。Fig. 7 には同じような形ではあるが, F の抵抗 1 つだけを変化して, cut-off frequency を 1 octave 変えるように設計した intermediate band の band pass filter を示しておく。この方式では, COF を連続に変えるのであるが, その実用価値は少なかった。Fig. 8 にわれわれの使用している装置の綜

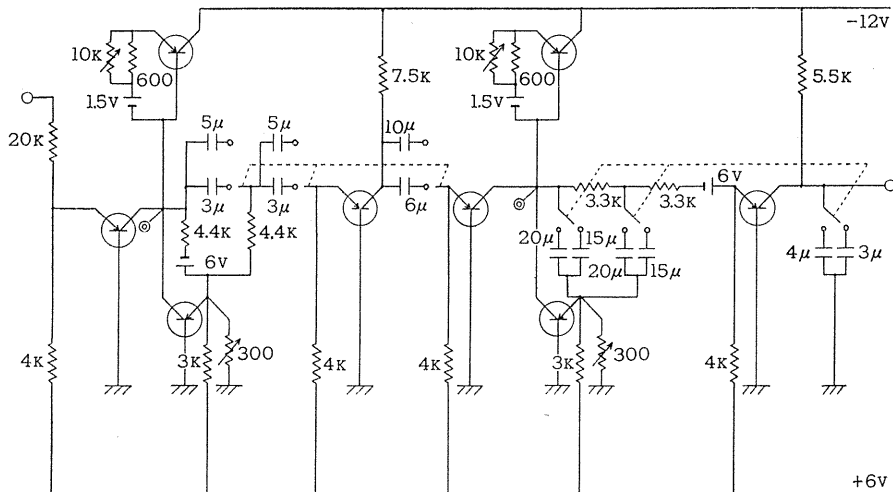


Fig. 6 Circuit of the slow band pass filter.

合的な周波数特性を示しておく。

6) 各 band pass filter の output は脳波計に入れて、その濾波曲線を観察するのであるが、その output または filter の output を 1 段増巾した後に、整流回路と適当な low pass filter を入れて、濾波曲線の envelope を記録することもできる。Fig. 9 にその整流平滑回路を示しておく。この平滑回路の係数は、濾波曲線をみやすくするために、全く経験的にのみきめた値である。

Ⅳ. 本分析装置を使用した研究結果

さきに述べたように、われわれの研究室で

は、海馬脳波の変化に着目して、いろいろの実験を行ったが、それらは主として 3-5 c/s の slow wave の増強および減弱の肉眼的観察によっていた。従って、速波成分の変化の様相はあまり明確でなかった。著者らは、これらの事柄について、この分析装置の有用性をみとめたので、その実験例を次に述べる。

1) Pretrigeminal mid-pontine transection¹⁷⁾ のネコの脳において、外側膝状体を刺激して、大脳皮質視覚野で誘発電位を記録すると、その電位の形が、同時記録した海馬脳波の slow band および intermediate band の増減に対応する。即ち Fig. 10 に示すように intermediate band

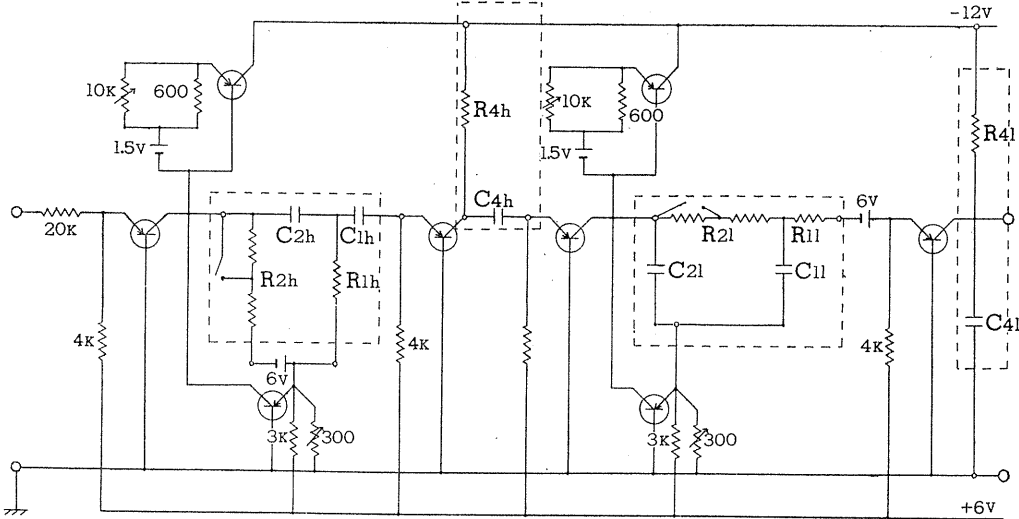


Fig. 7 Circuit of the intermediate band pass filter.

Where $C_{1h} = C_{2h} = 1 \mu$, $R_{1h} = 3.4 K$, $R_{2h} = 3 K + 3.8 K$, $C_{4h} = 2 \mu$, $R_{4h} = 7 K$ and $C_{1l} = C_{2l} = 10 \mu$, $R_{1l} = 800 \Omega$, $R_{2l} = 4.8 K + 1.6 K$, $C_{4l} = 0.6 \mu$, $R_{4l} = 6.3 K$.

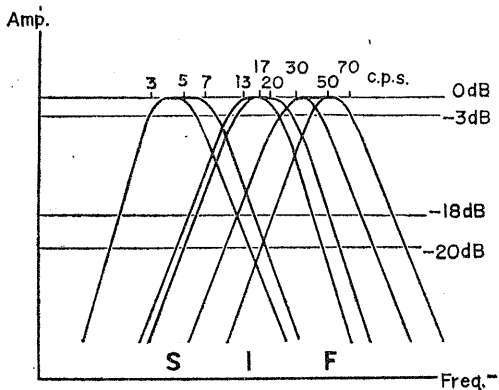


Fig. 8 Frequency response of the filter.

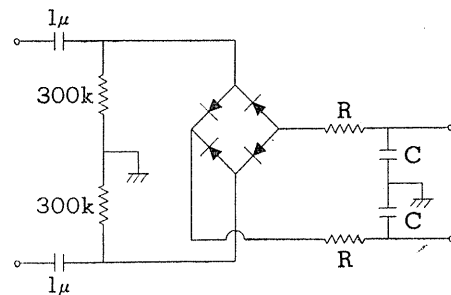


Fig. 9

S-band	I-band	H-band
R : 8 K	R : 4 K	R : 4 K
C : 10 μ	C : 3 μ	C : 3 μ

の増減は誘発電位の positive および negative の両成分の増減と対応しており, slow band の増減はその negative の波の中の大小と対応する. また次に述べる視床下部および中脳網様体の賦活系刺激によって海馬脳波が変動する時には, 誘発電位の形と海馬脳波の変動の対応は, さらに誇張した形で示される.

2) Pretrigeminal mid-pontine transectionのネコの脳で, 視床下部及び中脳網様体賦活系を刺激する時は, 海馬脳波に変化がおこるが, その場合は, Fig. 11 に示されるように, 視床下部刺激では slow band の増強がみられ, 視床前野のそれでは減弱がみられるが, 更にその各々に対応して intermediate band の増強または減弱がみられる. しかし, 中脳網様体の刺激では, むしろ intermediate band の増強が主であって, それに対応して slow band の増強ま

たは減弱がみられる.

3) Pretrigeminal mid-pontine transectionのネコの大脳皮質の脳波は網膜に光刺激をあてない限りは, いわゆる arousal パタンであるがそれはいろいろな操作で紡錘群発になる. その場合は, 海馬脳波の intermediate band の増強と slow band があまり増強されぬことが条件である. Fig. 12 に中脳網様体の刺激によって, 新皮質に紡錘群発がでる場合を示す.

V. 考 案

著者らは, このようにして海馬脳波の slow band 及び intermediate band の成分が大脳全体の機序と関連のある事実を知った. しかし, たとえば, high frequency band のように海馬が損傷発射を示す時以外は, 記述の要素とならぬものがあることも確認している. このような

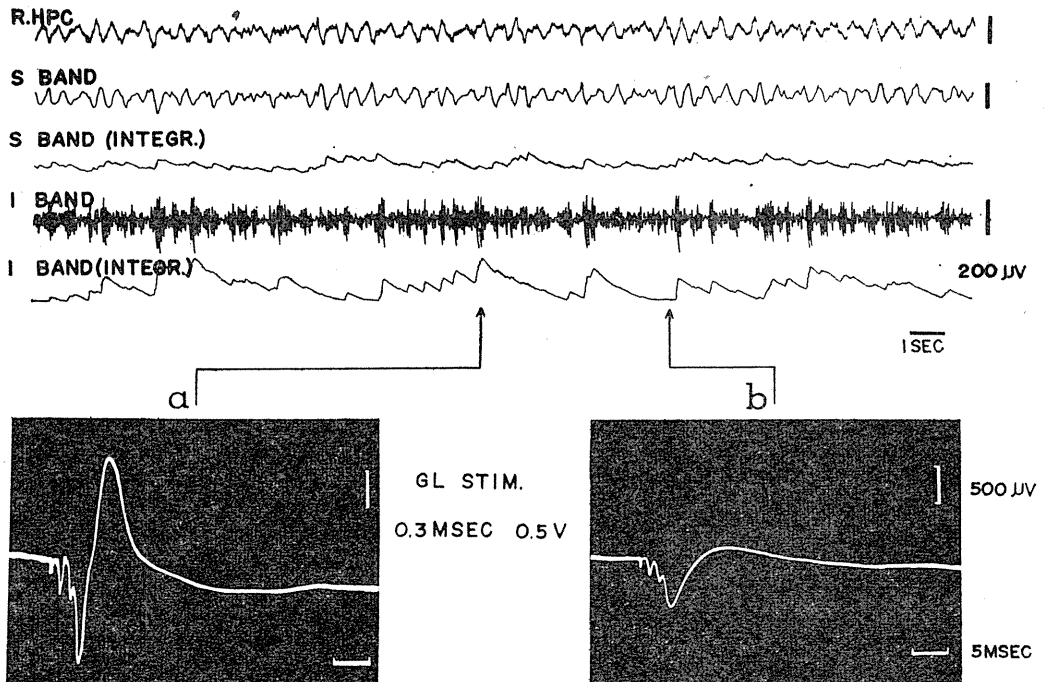
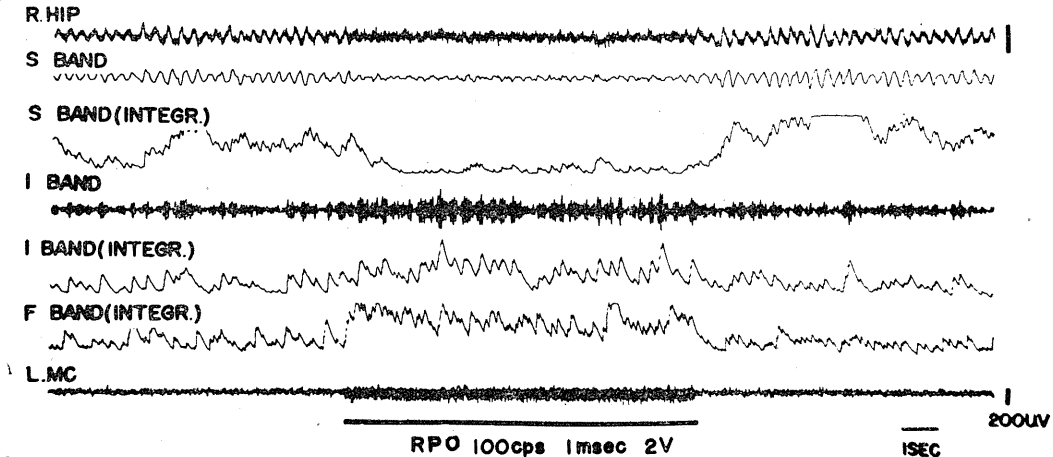


Fig. 10

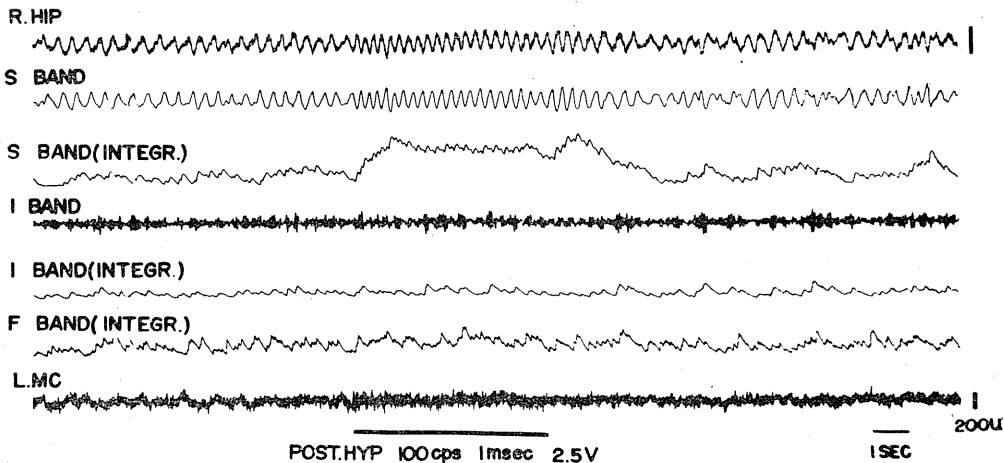
Different shape of the potential on the visual cortex evoked with the single shock on the lateral geniculate body; Pretrigeminal mid-pontine transection cat. The shape depends on the electrical activity of hippocampus, at the time when the single shock is applied. Evoked potential (a) with a large amplitude is recorded when the magnitude of the I-band increases, and a smaller potential (b) is recorded when the magnitude decreases.

濾波装置による現象は、多くの場合、経験的なものによって、その使用の便、不便が決定されるのである。それで著者らは、簡単にロータリースイッチで 2-8 c/s の slow band を 4-6 c/s, 4-8 c/s, または 2-6 c/s に, intermediate band は 12-40 c/s, 24-40 c/s に, また high frequency

band は 25-70 c/s, 50-70 c/s と変えられるようにして記録してみた。これらのうち、一番都合のいいものを探しだそうとしたのである。しかし、現在のところ、既述した 2-8 c/s, 12-20 c/s, 25-35 c/s の band pass filter が最も有効なものであると認められる。



(a)



(b)

Fig. 11

Different pattern of the electrical activity of hippocampus during the repetitive stimulation of preoptic region (a) and posterior hypothalamus (b). Same preparation as Fig. 10.

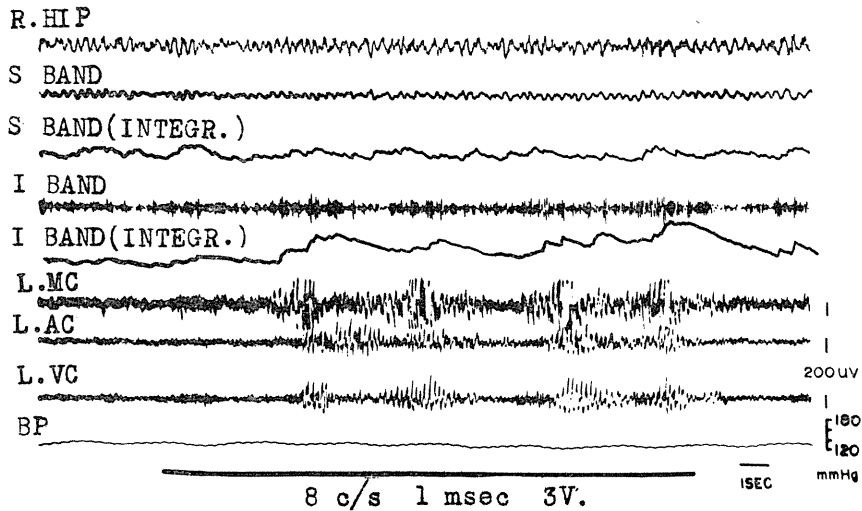


Fig. 12

Frequent appearance of the spindle bursts on neocortex (L. MC; left motor cortex, L. AC; left auditory cortex, L. VC: left visual cortex) during 8 c/s stimulation of the mesencephalic reticular formation, which corresponds with the increased I-band component in hippocampus. Same preparation as Fig. 10.

VI. 結 論

著者らは海馬脳波を記述するのにtransistorizedした-18 dB/octaveの特性をもつ3つのband pass filterを作製、使用した。それらは1対のcut-off frequencyによってslow band, intermediate band, high frequency bandとわけられ、それぞれ2-8 c/s, 12-20 c/s, 25-35 c/sの成分が濾波されるようになっている。この装置による記録から、海馬脳波はそのslow bandの成分の増減のみならず、intermediate bandの成分の増減も脳全体の機序と密接に対応している実験事実を示した。また、cut-off frequencyをいろいろ動かして、前記のsystemとは異ったband pass filterを使用して、現在においては、ここに発表したのが最も効果的であることを示した。

本稿を御校閲くださった、東京大学理学部物理学教室高橋秀俊教授の御厚意に深く感謝致します。

文 献

1) Walter, V. J. & Walter, W. Grey (1949) The central

- effects of rhythmic sensory stimulation. *J. EEG clin. Neurophysiol.* **1**, 57-86
- 2) Krakau, C. E. T. (1953) On optical method for EEG frequency analysis, *Acta Physiologica Scandinavica* **28**, 115-133
- 3) Kozhevnikov, V. A. (1954) The method of the automatic analysis of biopotentials (an electronic analyzer of the biopotentials of the brain). *J. Physiol. USSR* **40**, 487-492
- 4) Gastaut, H. et al. (1957) Etude topographique des réactions électroencéphalographiques conditionnées chez l'homme. *J. EEG. clin. Neurophysiol.* **9**, 1-34
- 5) 平尾武久・その他 (1957) 脳波分析の立場。試作せる帯域周波数分析器による分析例。脳波の分析とその応用 医学書院
- 6) Green, J. & Arduini, A. (1954) Hippocampal electrical activity in animal. *J. Neurophysiol.* **17**, 533-557
- 7) Tokizane, T., Kawamura, H., & Imamura, G. (1960) Hypothalamic activation upon electrical activity of paleo-and archicortex. *Neurologia medico-chirurgica* **2**, 63-76
- 8) Kawamura, H., Nakamura, Y., & Tokizane, T. (1961) Effect of acute brain stem lesion on the electrical activities of the limbic system and neocortex. *Jap. J. Physiol.* **11**, 564-574
- 9) Tokizane, T. (1957) Electrical activity of cat's hippocampus. *Proce. VI th annual meeting of the Japan EEG Society* 40-41

- 10) Torii, S. & Sugi, S. (1960) Electrical activity of hippocampus in unanesthetised rabbits. *Folia psych et neuro. Japonica* **14**, 95-103
- 11) 川村 浩 (1961) 大脳辺縁系研究の最近の動向 総合医学 **18**, 369-376
- 12) 鳥居鎮夫 (1960) 中枢神経系の生理に関するシンポジウム
- 13) Torii, S. & Kawamura, H. (1960) Effects of amygdaloid stimulation on blood pressure and electrical activity of hippocampus. *Jap. J. Physiol.* **10**, 374-384
- 14) 平尾武久・鳥居鎮夫 (1961) 海馬脳波の徐波パターンと視覚領の誘発電位 脳と神経 **13**, 863-866
- 15) Thiele, A. N. (1956) The design of filters using only RC sections and gain stages. *Electronic Engineering*
- 16) *Transistor Circuit Engineering* (1957) John Wiley & Sons Inc. Newyork
- 17) 平尾武久 (1961) 脳幹切断法の改良 北関東医学 **11**, 41

血圧の周期的動揺に伴う腎容積の変化 612.465:612.14

Kidney volume changes accompanying undulatory
changes of the blood pressure

山 川 純・宮 島 昌 子・石 河 利 寛
(YAMAKAWA-Jun・MIYAJIMA-Masako・ISHIKO-Toshihiro)*

Undulatory changes of the blood pressure were elicited in rabbits by the elevation of intracranial pressure. The blood pressure, the respiratory movements and the kidney volume were recorded. They showed synchronous change, the mean duration of which being 21.3 seconds. In the present report, the phenomena were observed with special reference to the kidney volume changes and following results were obtained.

1. There were two types. One was called "ipsiphasic", in which kidney volume changes were accompanied with systemic blood pressure changes in the same manner. Another was called "contraphasic", in which kidney volume changes showed increase and decrease in contrary with the decrease and increase of the systemic blood pressure.

2. The ipsiphasic and contraphasic phenomena could be elicited in a same rabbit.

3. The "contraphasic" waves were apt to be elicited at the higher intracranial pressure. When the observation was made on a single rabbit, the "ipsiphasic" waves were always appeared in lower intracranial pressure than the "contraphasic".

4. The rate of ascending time to descending time in a cycle of the undulatory blood pressure changes was smaller in the "contraphasic" waves than in the "ipsiphasic". In the former case the blood pressure increased rapidly.

5. Apnoea is apt to be observed in the "contraphasic" cases.

6. Blood pressure changes preceded renal volume changes by 1.6 seconds in the "ipsiphasic" and by 2.0 seconds in the "contraphasic" cases.

The authors concluded that undulatory changes of the blood pressure were central origin and that kidney volume changes were elicited by the central effect. When the stimulus, given in the central nervous system, was comparatively weak, the kidney volume was changed passively by the systemic blood pressure. When the stimulus became stronger, kidney vessels contracted positively which resulted in the contraphasic phenomenon.

1. 緒 言

Roy, C. S. (1881)¹⁾が、始めて *oncograph* を作り、脾臓容積の変動を体血圧と共に記録して、脾臓の律動的収縮に伴う血圧動揺を指摘して以来、体血圧変動と内臓諸器官の容積変動との関係について、多くの研究が行なわれている。

脾臓はその血液貯蔵という機能を有する点からも、体血圧変動時の態度が注目されており、Roy, C. S. (1881) (犬)¹⁾, Bayliss, W. M. and

Bradford, J. R. (1894)²⁾, Bunch, J. L. (1899) (猫)³⁾, Barcroft, J. and Nisimaru, Y. (1932) (猫)⁴⁾⁵⁾, 尾形 (1937) (兎)⁶⁾, 銭場, 岸, 福場 (1951) (犬)⁶⁾, 寒河江 (1960) (兎)⁷⁾等によって研究されている。これらの論文はそれぞれの方法で体血圧に周期的動揺を催起し、その際の脾臓容積変動を記録し、分析している。それらの結果は、いずれも脾臓神経無傷例では、体血圧曲線の上昇と脾臓容積の減少とが対応し、脾臓の収縮が体血圧の上昇に積極的に参与することを示唆している。

しかし腎臓に関しては、議論がまちまちである。Roy, C. S. は、脾臓と共に腎臓についても観察し、血圧波の最高点と脾臓容積の最小点に対応しているが、腎臓容積にも同様のことが見

* 東京大学医学部衛生看護学科

Dept. of Physiol., Division of Health Care and Nursing, The Univ. of Tokyo

[昭和37年3月11日受付]

られたと述べている。

Barcroft, J. and Nisimaru, Y.⁴⁾ も、ウレタン麻醉下の猫で、脾臓血管の一時的閉止、アドレナリン注射、内臓神経刺激、人工呼吸停止等により、体血圧並びに脾臓容積に周期約45秒の波状動揺を得ており、体血圧曲線の上昇と脾臓容積の減少が対応していたが、腎臓にはこのような容積変動がなく、体血圧の周期的動揺に対して腎臓が参加しているという証明を見出し得なかったと報告している。

尾形 (1937)⁸⁾ は、家兎にウレタン麻醉を行い、開腹して上下腸間膜動脈を起始部で結紮してその分布領域内の腸管を切除し、腹膜を破って腎臓をオンコメーターに入れ、頸動脈圧と腎容積を同時記録した。窒息、アドレナリン静注、坐骨神経中枢端及び内臓神経末梢端刺激を行って、周期約12秒の体血圧動揺が生じている時、血圧上昇部分で腎容積減少、下降部分で容積増加が見られたという。

彼は腎臓血管には固有の周期的収縮があり、刺激が加わるとこの固有の収縮が明瞭になり、これが体血圧の周期的変動の一部分因子と考えるのが至当であると述べている。さらに尾形 (1940)¹⁰⁾ は、家兎に Traube-Hering 曲線を誘発した時には、腎容積は血圧波と同時に受動的に収縮及び拡張を示し、血圧上昇時に腎容積は増加しているので、Traube-Hering 曲線が血管中枢からの衝動に由る一般血管の収縮、拡張によるものであるという Hering の説を否定している。

錢場、岸等 (1951)¹¹⁾ は、ウレタン及びエーテル麻醉下の犬に、脱線維血、溶血の静注等により、24秒前後の周期的血圧動揺をおこした際の腎容積変動を観察している。腎容積と動脈血圧とは常に変化の方向が逆で、腎縮少時に動脈血圧が上昇している。この時、腎容積変化が動脈血圧変化に約1秒先行し、且つ周期的血圧動揺中に腎動脈を閉止すると動脈血圧の周期的変動が消失する処から、血圧の周期的変動が腎臓の収縮拡張に起因するものであると述べている。腎容積と動脈血圧の変化方向の関係は、腎臓に入る神

経を全て切断した後においても変わらないという。

中山 (1959)¹²⁾ は、犬で腎機能の神経支配に関する研究を行ったが、その際内臓神経の電気刺激により体血圧及び腎血管抵抗は上昇し、腎血流量は著しく減少したと述べている。

宮沢 (1959)¹³⁾¹⁴⁾ の報告によればウレタン麻醉下の家兎で総頸動脈に側圧を負荷することにより脳血流を阻害して、平均周期 21.1 ± 6.0 秒の周期的血圧変動を催起した際、血圧波に対して腎容積波は、腎神経が健全であれば、殆どどの例で血圧波の頂に対して腎容積波の谷が対応していた。しかし腎神経除去後には血圧波の頂と腎容積波の頂が対応する形に変る処から、この種の血圧周期的変動は中枢性起源のものであり、その衝撃が腎神経を介して腎動脈系に至り、血圧上昇時には腎血管が収縮し、血圧動揺に積極的な参与を行っているとしている。しかし彼は神経健全例でも必ずしも血圧波の頂と腎容積波の谷とが対応するもののみでなく、時には谷と谷、頂と頂が対応している例もあるが、繰返し実験を行う中に頂と谷が対応する型に移行すると報告している。

以上の如く体血圧の周期的動揺に伴う腎臓の振舞いに関する報告には、種々の相異点が見られる。私たちがさきに、家兎の蜘蛛膜下腔に頭蓋骨を通して Ringer 液を圧入して脳圧を上昇させる方法により、家兎の体血圧に周期 20-30 秒の周期的動揺を惹起せしめ、その時呼吸並びに腎臓容積に同一周期の変動が生じていることを報告した¹⁵⁾。今回はさきの実験成績の中、腎臓に関する data を詳細に分析し、体循環に対する腎臓の振舞いを明らかにしようとして、認むべき結果を得たので報告する。

II. 実験方法

実験方法は、前報¹⁵⁾に述べた通りであるが、簡単に概要を述べよう。

体重 3 kg 前後の家兎にウレタン 1 g/kg の割合で麻醉する。次に頭頂部に皮膚切開を行い、頭蓋骨の頭頂の中央の後方へ、約 1 cm、

左側へ約 1 cm の処にドリルで穴をあけ、パイプを通し、Ringer 液を満したマリOTT瓶につないだビニール管をパイプと連結する。マリOTT瓶の昇降に伴ない頭蓋内圧（以後脳圧と呼ぶ）を変えるこの方法は、手術が簡単で出血を伴わない利点があり、且つこの方法により体血圧に繰返し血圧の周期的動揺を催起することが可能である。

体血圧は左総頸動脈にカニューレを挿入して水銀 manometer を通して煤紙に記録し、呼吸は気管カニューレを用い、呼吸瓶を通して tambour と連結、記録した。

腎容積変動は右側臥位で左側腎を背部より腹膜を破らないように摘出してオンコメーターに封入し、水 manometer に連結して測定した。

腹膜を破らないで背部から手術を行うことは、開腹による生体への大きい侵襲をさけ、体温の低下、出血等の影響を最小にとどめることができ、あたうる限り生理的な条件下で実験を行える利点がある。

Ⅲ. 実験成績

A. 血圧の周期的動揺に同期しておこる腎容積変動の 2 つの型

体血圧の周期的動揺出現を目標に、脳圧をマリOTT瓶の上昇によって 10 mmHg 又は 20 mmHg ずつ階段上に上げて行くと、家兎の平均体血圧の前後 (80-120 mmHg) で、体血圧に周期 20-30 秒の持続的な血圧周期的動揺が現われる。これと同時に腎容積曲線にも全く同一周期の動揺が現われるが、腎神経無傷で、且つ毎回同一条件で実験を行っているにも拘らず、体血圧の周期的動揺に対応している腎容積変動には二つの型が認められる。

すなわち一つは第 1 図に示す通り、体血圧の上昇と同時に腎容積が増加しはじめ、引続き血圧が下降すると同時に腎容積も減少して、体血圧波の山と腎容積波の山、体血圧波の谷と腎容積波の谷が対応しながら、周期的動揺が持続する型で、私たちはこれを同位相と呼ぶことにした。

一つは、体血圧が上昇する時、腎容積は急激に減少し、血圧下降に伴って腎容積は増加して、体血圧波の山と腎容積波の谷、体血圧波の谷と腎容積波の山が対応している型であり、これを逆位相と呼ぶことにした (第 2 図)。

このように同一実験条件にも拘らず、各個体により同位相になる実験例と逆位相になる実験例とが見られたので、一羽の家兎で同位相逆位相の両者を出現させようとして、周期的動揺出現中に 2, 3 の操作を加えて見た。

1) 周期的動揺出現中に脳圧を変えた場合

血圧、腎容積に周期的動揺が出現している時、周期的動揺が消失しないように注意しながら、脳圧を 5-20 mmHg ずつ上げたり、又は下げて行ったりして、種々の脳圧における血圧波と腎容積波の対応を詳細に観察した。第 3 図は一羽の家兎で脳圧を種々に変えて見たものの 1 例である。

脳圧 80 mmHg で同位相だったものが、脳圧を 110 mmHg に上げるとその直後から逆位相に変わっている。再び脳圧 80 mmHg にすると同位相の傾向であるが、腎容積増加の途中、血圧波の頂に対応する部分で腎容積が減少し、腎容積波の上昇脚に「くぼみ」を作っている。脳圧を 70 mmHg に下げるとこの「くぼみ」はなくなり、完全な同位相となった。

このように一羽の家兎で、1 回の脳圧上昇中に 5-20 mmHg 程度脳圧を変えることにより、連続する周期的動揺中の血圧波と腎容積波の対応関係を、同位相→逆位相又は、逆位相→同位相に変えることに成功した例は、全実験例 48 羽中、26 羽であった。この場合特記すべきことは、各個体において逆位相を催起させた脳圧は同位相の脳圧より必ず高かったことである。

しかし脳圧を変えても、同位相、逆位相の何れかしか得られなかった例もある。第 4 図の例では、同位相が出ている時、逆位相を催起しようとして脳圧を上げて行くと、呼吸停止がおり、血圧は上昇したまま周期的動揺が消失した。それと共に腎容積も増加した状態で動揺が消失し、逆位相を催起することができなかった。

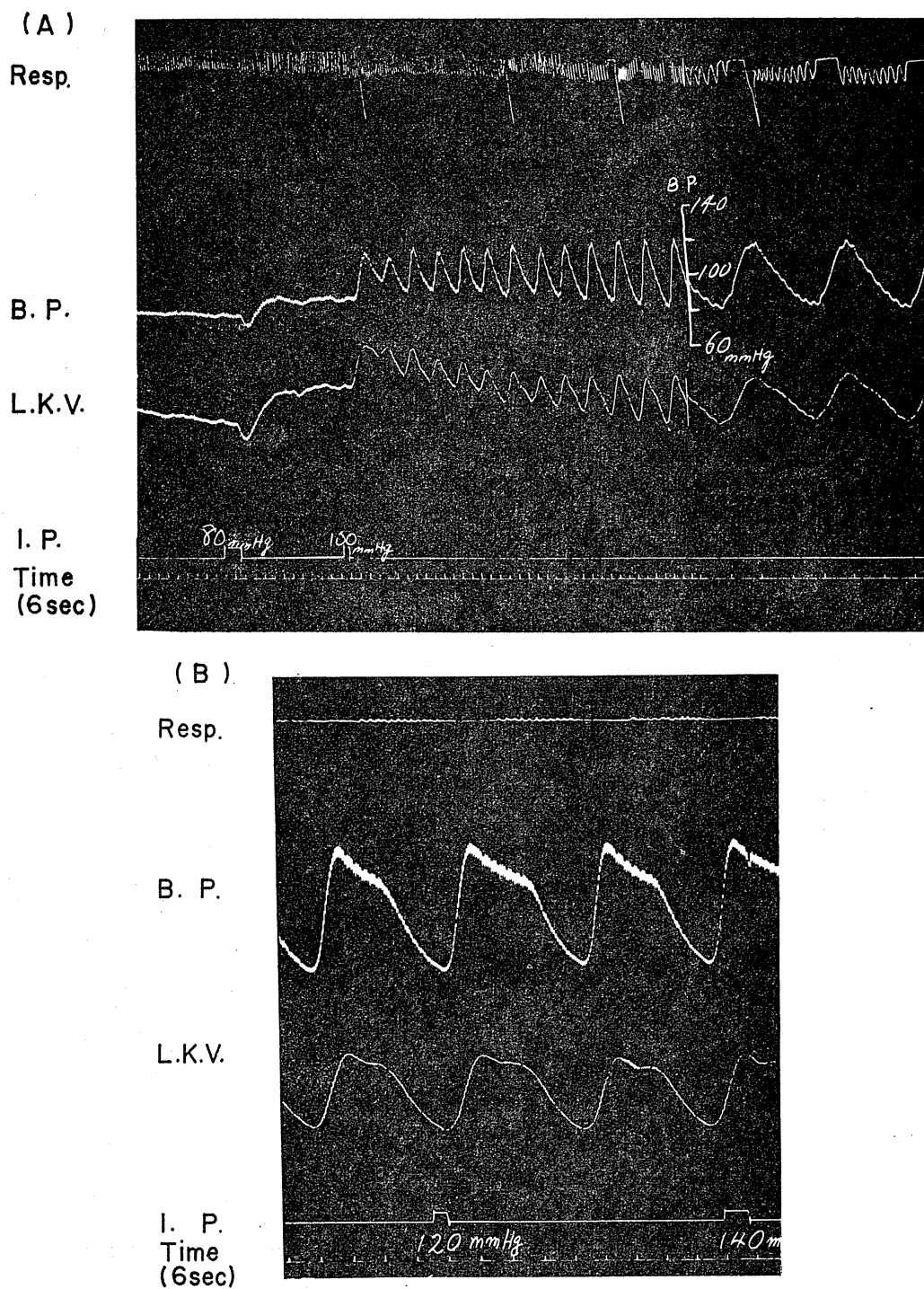


Fig. 1. Ipsiphasic cases. (A) Appearance of undulatory changes by the elevation of intracranial pressure to 100 mmHg. 25, IV, '58 No. 28. (B) Typical ipsiphasic case. 21, V, '59 No. 62. Resp.: respiration, B. P.: blood pressure, L. K. V.: left kidney volume, I. P.: intracranial pressure.

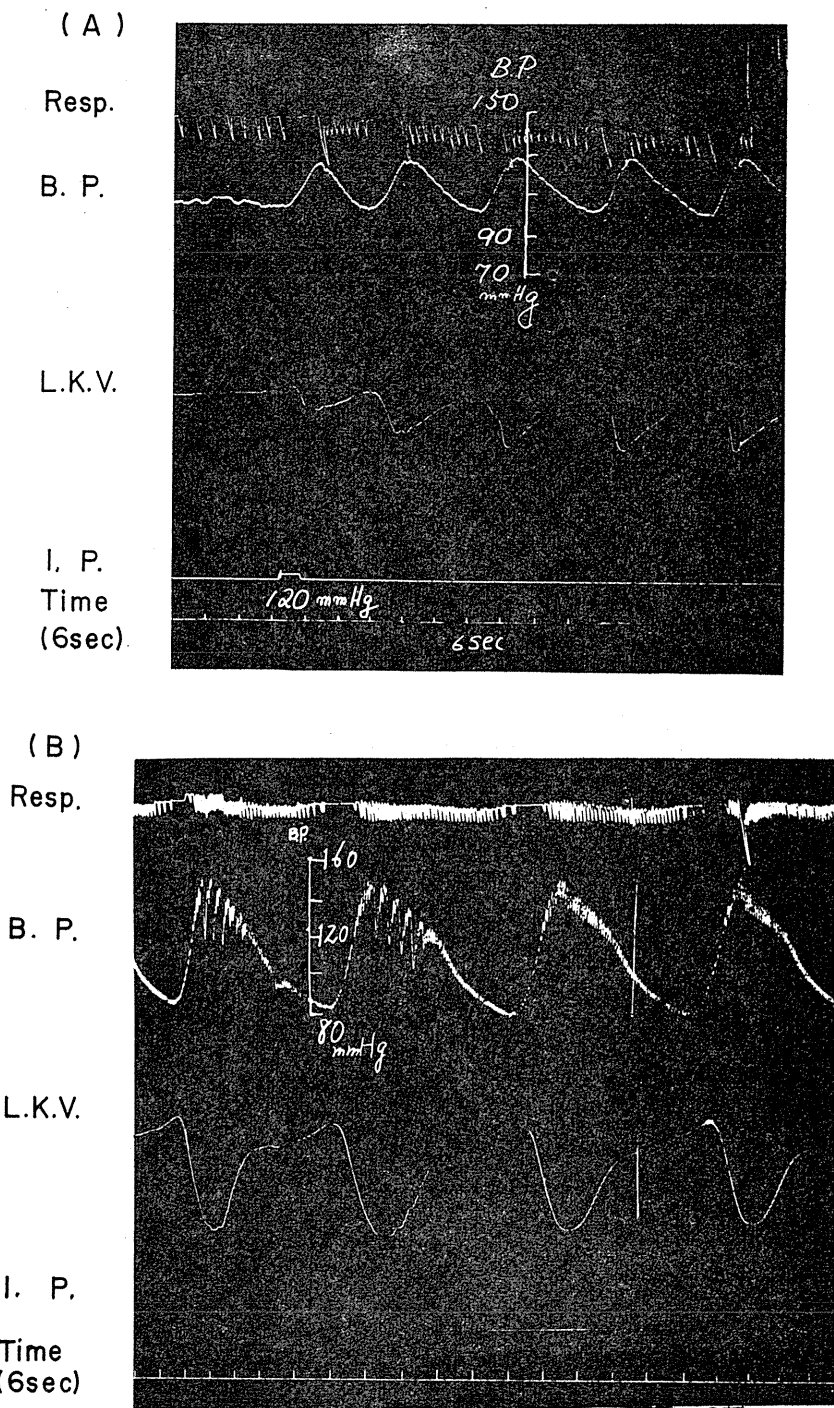


Fig. 2. Contraphasic cases. (A) Appearance of undulatory changes by the elevation of intracranial pressure to 120 mmHg. 25, K, '58. No. 38. (B) Typical contraphasic case. 24, '58. No. 23. Resp.: respiration, B. P.: blood pressure, L. K. V.: left kidney volume, I. P.: intracranial pressure.



Fig. 3.

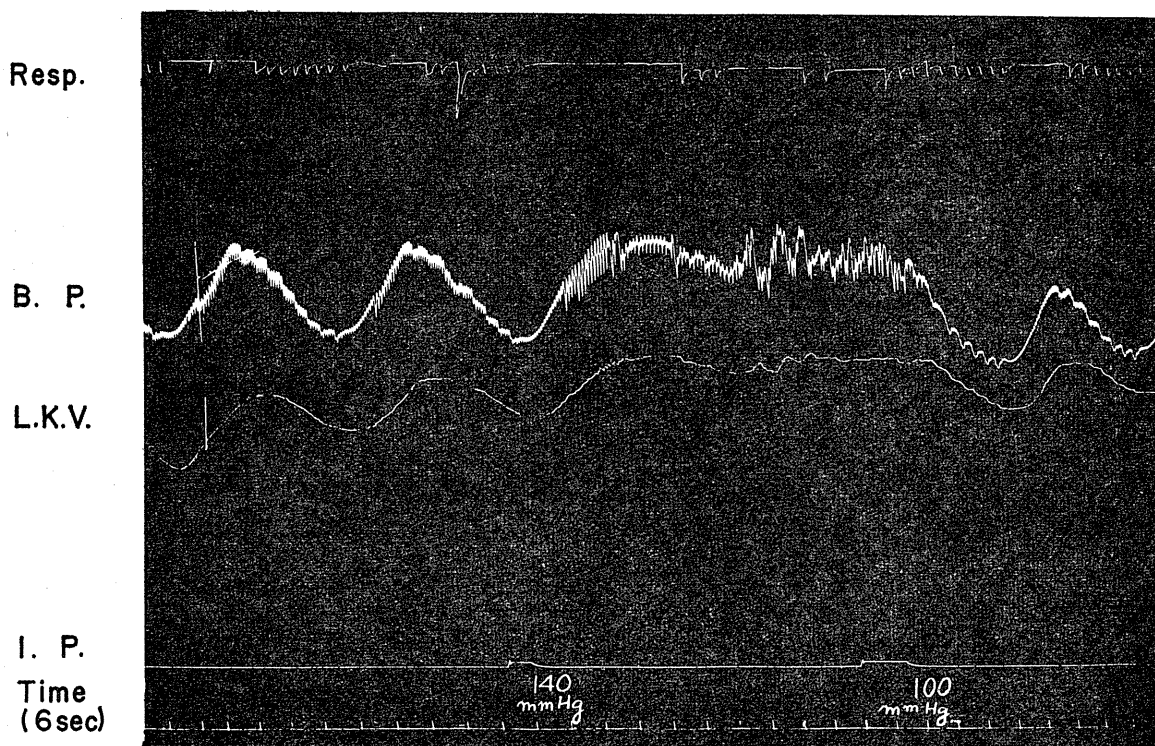


Fig. 4. A case in which contraphasic waves were not observed on account of extinction of periodic waves by the elevation of intracranial pressure to 140 mmHg. 13, [X], '58. No. 37.

Resp.: respiration, B. P.: blood pressure, L. K. V.: left kidney volume, I. P.: intracranial pressure.

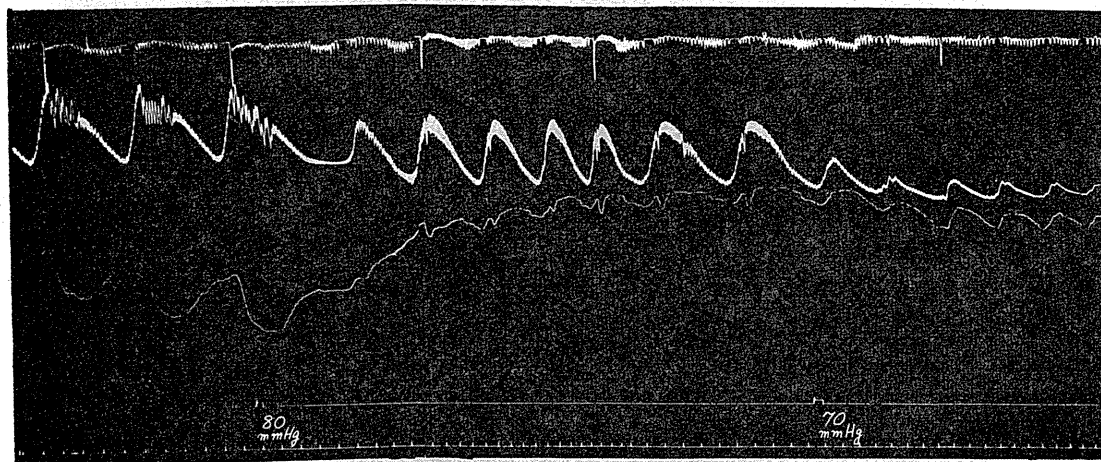


Fig. 3. Phasic changes elicited by series of intracranial pressure in a single rabbit. ipsiphase in 80 mmHg—contraphase in 110 mmHg—ipsiphase with hollows in 80 mmHg—complete ipsiphase in 70 mmHg, 30, VIII. '58. No. 36.

Resp.: respiration, B. P.: blood pressure, L. K. V.: left kidney volume, I. P.: intracranial pressure.

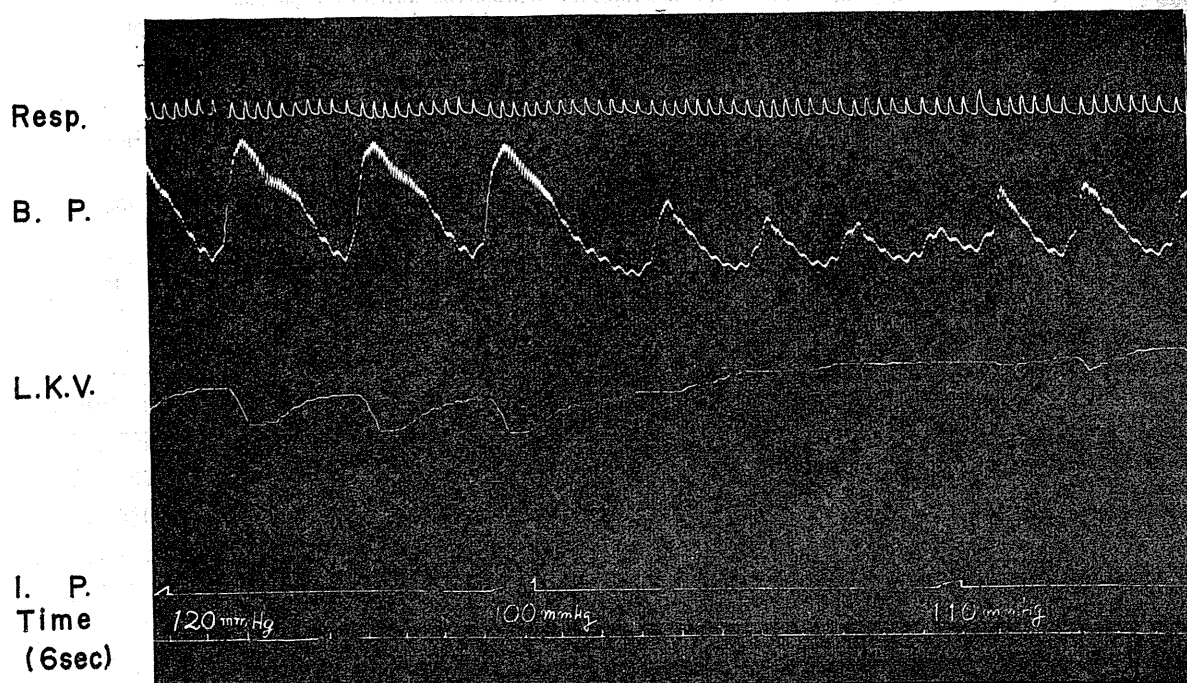


Fig. 5. A case in which ipsiphase waves were not obtained on account of extinction of kidney volume change in spite of sustained periodic changes in systemic blood pressure by lowering of intracranial pressure from 120 to 100 mmHg, 12, III, '59 No. 53.

Resp.: respiration, B. P.: blood pressure, L. K. V.: left kidney volume, I. P.: intracranial pressure.

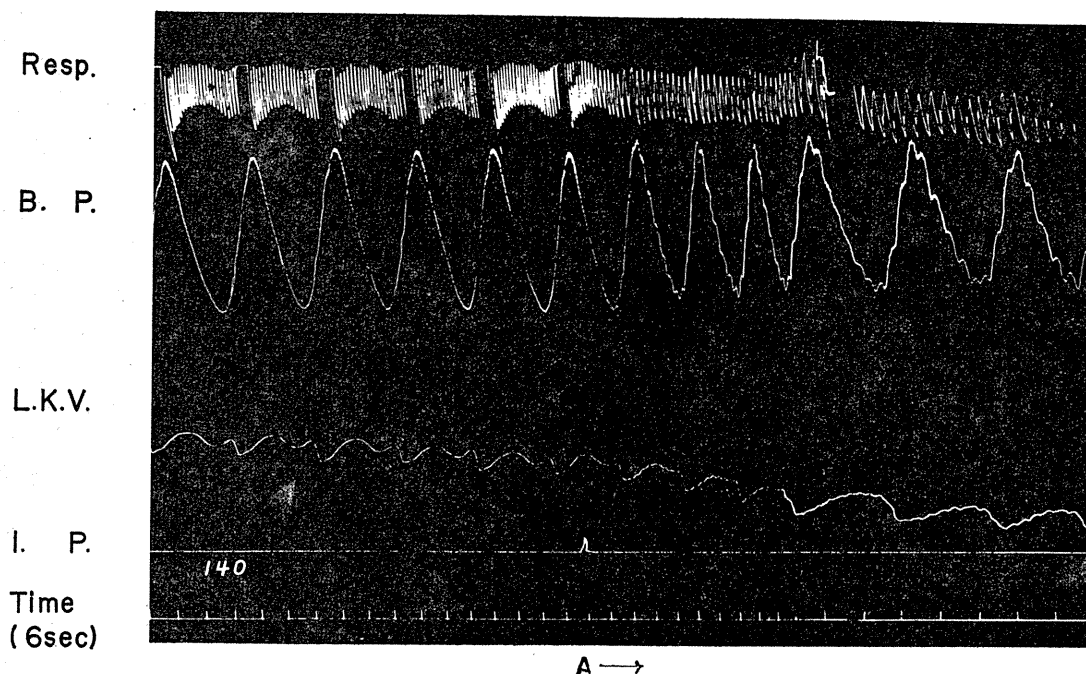


Fig. 6.

Phasic change of ipsiphasic waves with hollows into contraphasic waves by asphyxia. Asphyxia was given by masking nose and mouth of an animal with gauze at A. Intrathoracal respiration remained. 9, IV '58. No. 26.

た。又第5図は、逆位相の時、脳圧を下げても同位相を出現させようと試みると血圧の周期的動揺の振巾が小さくなり、腎容積波は同位相の傾向を示すが、非常に振巾が小さく明瞭な同位相を得ることができなかった例である。

2) 周期的動揺出現中に窒息を行なった場合

第2の操作として、脳圧のみで位相の変わらないような場合、実験動物を数分間窒息状態にし、酸素不足をおこしてみた。第6図は窒息によって位相を変えた例である。

この例では、始めは完全に同位相であったが、脳圧を140 mmHgに上げると同逆の複合型を示した。そこで厚いガーゼで家兎の鼻と口を押え、胸廓呼吸運動のみは残っているが、新しい酸素の供給を断った処、直ちに完全な逆位相に変わった。窒息を中止した後も逆位相であった。

実験装置の都合上、脳圧は160 mmHg 迄しか上らないので、脳圧を上げて同位相を示す例や、前述の同逆複合型を示すような場合に窒

Table 1.

Numbers of ipsiphasic and contraphasic cases classified in seasons.

	summer autumn	winter spring	total
ipsiphasic	7	1	8
contraphasic	3	9	12
ipsiphasic+contraphasic	6	22	28

息を行うと、逆位相に変わる例が見られた。

以上のように、一羽の家兎で周期的動揺出現中に何等かの操作を加え、その位相関係を変え、同位相逆位相の両者を出現させる事に成功した例は、48羽中28羽である。残りの20羽は、同位相または逆位相の一方しか得られなかったが、それらについて検討すると、季節による差が見られる。実験は年間を通じておこなったが、位相関係を季節別に分類してみると、第1表の通りである。同位相のみが出現したものは8例(17%)であるが、その中7例は夏秋の実験例であり、これに反して逆位相のみの出現した12例(27%)の中、9例までが冬春に行った

実験例で占められている。

すなわち夏秋の季節には同位相が出現しやすく、冬春には逆位相が出現しやすい傾向がみとめられる。しかし実験操作を十分注意して行えば、恐らく何時でも一羽の家兎で、同位相逆位相の両者を任意に出現させることが可能であろう。

B. 同位相と逆位相の異同点について

前述の如く、私達は一羽の家兎で同位相と逆

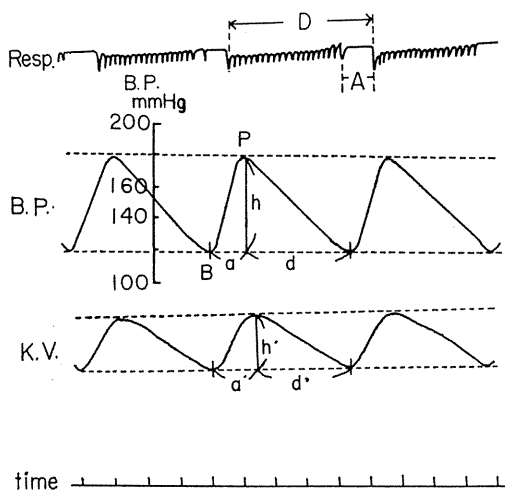


Fig. 7. Measurements.

(1) Respiration (Resp.).

D: duration.

A: apnoea.

$\frac{A}{D} \times 100$: percentage of apnoea.

(2) Blood pressure (B. P.).

P: peak value of blood pressure undulations.

B: bottom value of blood pressure undulations.

h: amplitude.

a: ascending time.

d: descending time.

a+d: duration.

$\frac{d}{a}$: rate of descending time to ascending time.

(3) Kidney volume (K. V.).

h': amplitude.

a': ascending time.

d': descending time.

a'+d': duration.

$\frac{d'}{a'}$: rate of descending time to ascending time.

位相の両者を催起することができたが、この両者は血圧の周期的動揺に対する腎容積変動の振舞としては、一見正反対の現象である。そこでそれぞれの位相に際して同時記録されている呼吸曲線、血圧曲線、腎容積曲線を種々の点で計測して分析し、その異同点を追求してみた。

1958年1月以降1959年7月迄に行った52羽の実験例について約300回に亘って脳圧昇降を試みたがその中血圧の周期的動揺が5波以上連続して出現しているものの中、血圧、腎容積、呼吸、時標の四者の記録が完全で且つ腎容積曲線が血圧周期的動揺に応じて変動を示し、その変動値が3 mm H₂O以上のもの48羽計102回を選んで計測を行った。各計測点は、第7図の通りである。

1) 脳圧との関係

52羽の家兎について、周期的動揺が体血圧、腎容積の両方に出ているすべての例につき、その時の脳圧別に同位相と逆位相に分類し、脳圧別の同、逆出現の割合をみると、第8図の通りである。

明らかに脳圧の低い方では同位相の出現率が高く、高い方では逆位相の割合が多い。これは一羽の家兎で、同位相→逆位相に変わった際にも、必ず脳圧は、低→高い方へ移行していたことと合致する。しかし80-150 mmHgという広い範囲に亘ってオーバーラップしており、このことは家兎のその時の一般状態その他により、

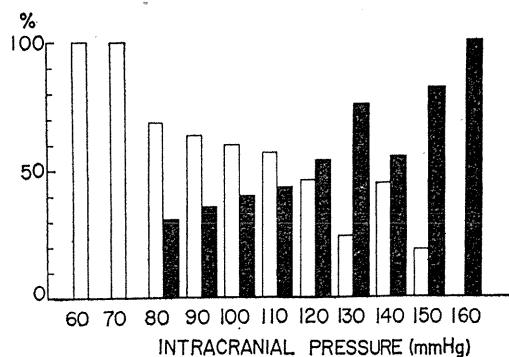


Fig. 8.

Percentage of ipsiphasic and contraphasic cases related to intracranial pressure.

同一の脳圧でもそれが各個体に及ぼす影響は、必ずしも同一ではないのではないかと考えられる。

2) 血圧における異同点

血圧の各計測値について、位相別平均値を示すと、第2表の通りである。

周期：位相別の平均値の間には差が見られな

Table 2.

Details of ipsiphasic and contraphasic waves.

	ipsiphasic	contraphasic
duration	21.8 sec	21.0 sec
amplitude	50.6 mmHg	53.6 mmHg
peak value of blood pressure changes	148.5 mmHg	166.9 mmHg
bottom value of blood pressure changes	97.9 mmHg	113.3 mmHg
d/a	2.10	2.51

a: ascending time of undulatory blood pressure changes.

d: descending time of undulatory blood pressure changes.

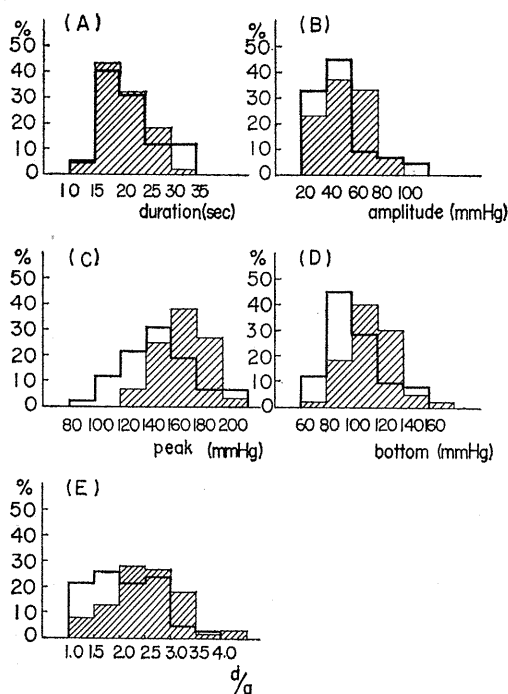


Fig. 9.

Distribution of ipsiphasic and contraphasic cases classified with several components of the blood pressure.

solid : ipsiphasic cases.

hatched : contraphasic cases.

い。又全計測値を周期5秒毎に分類して、位相別周期分布図を作ったが、両者は殆んど同一分布を示し、位相間には全く差がみつめられない(第9図(A))。

振巾：全計測値の位相別平均値では、逆位相の方が同位相より3 mmHg 大きいのみで、振巾20 mmHg 毎の位相別分布図でも、逆位相の方がわずかに振巾の大きい方に傾いているに過ぎない(第9図(B))。しかし一羽の家兎で脳圧を変えて繰返し同位相、逆位相を出現させ得た第27番の実験例につき、連続する全血圧波の各振巾を測定し、その一連の計測値をそれぞれ縦軸に現わして見れば、位相による差が著明になる(第10図)。すなわち同位相時にくらべ、逆位相時の血圧振巾は、約2倍に近い大きい値を示している。

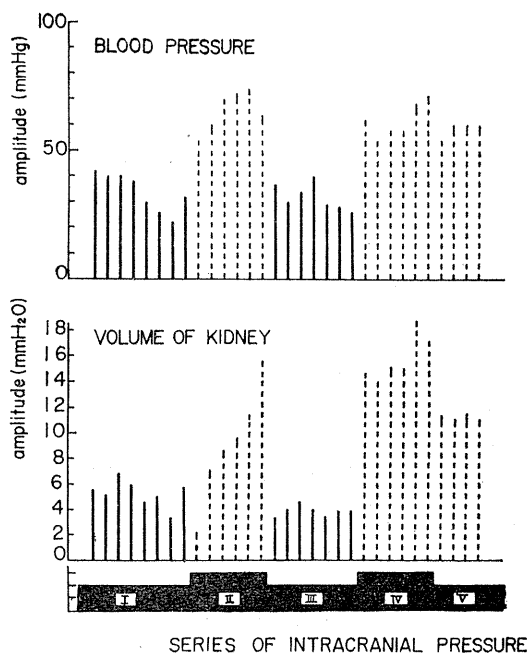


Fig. 10.

Series of amplitude by change of intracranial pressure.

I, III, V : 100 mmHg.

II, IV : 150 mmHg.

Amplitudes of ipsiphasic waves (straight line) were smaller than those of contraphasic waves (dotted line).

血圧波の最高値並びに最低値：全計測値の位相別平均値で約 20 mmHg 逆位相の方が高い値を示し、その分布も第 9 図 C, D の通り、明らかに逆位相群の分布は同位相群より高い方にある。振巾の位相別の差は平均約 3 mmHg であったにも拘らず、その振巾の最高値の位相別の差が約 20 mmHg を示していることは、逆位相の場合、体血圧の高いレベルにおいて周期的動揺がおこっていることを示している。

下降時間/上昇時間 (d/a)：全計測値の、位相別平均値、分布共に逆位相の方が同位相より大きい方に傾いている。血圧周期には位相による差のないことを考え合わせると、逆位相の場合は血圧上昇相が急激であると考えられる (第 9 図 (E))。

3) 呼吸における異同点

前報に述べたように、同時記録している呼吸運動は、血圧の周期的動揺と一致して周期的に呼吸頻度が変わり、無呼吸状態を呈するものが多い。しかしそのような呼吸の周期的変動を生じなかったものの割合は、同位相 29.6%、逆位相 10.0% で、同位相は逆位相の約 3 倍である。

しかし無呼吸状態の現われている例のみについて見れば、その無呼吸の平均持続時間は、同位相 6.7 秒、逆位相 6.4 秒と位相別に差がなく、又それぞれの一周期中における割合に換算した値の位相別平均値で比較してみても、同位相 30.0%、逆位相 31.4% で、殆んど差がみられない。

次に血圧の上昇点を 0 として、無呼吸状態の開始時点を各例について計測すると、血圧上昇点より前に無呼吸状態が始まっているものは、同位相 50.0%、逆位相 76.0% で逆位相の方が同位相より早い時期に呼吸運動に変化が始まっている。位相別平均値では、同位相 -0.5 秒、逆位相 -1.0 秒である。

呼吸については、逆位相は同位相にくらべて無呼吸状態の出現する率が多く、またその開始時点も早い、無呼吸状態の持続時間そのものには、位相別に見て認むべき差がないといえよう。

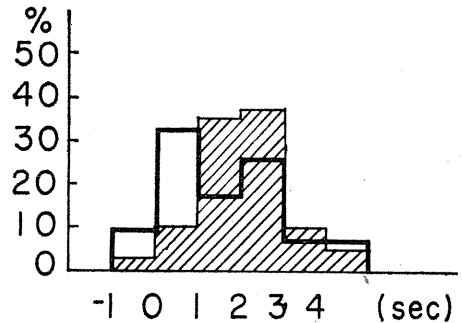


Fig. 11.

Distribution of time lag of kidney volume changes after blood pressure changes.

solid : ipsiphasic cases.

hatched : contraphasic cases.

4) 腎容積における異同点

腎容積変動の振巾を位相別に平均すれば、同位相 9.4 mmH₂O、逆位相 12.6 mmH₂O でわずかに逆位相の振巾の方が大きい。血圧に引用した第 27 番の実験例の腎容積変動振巾を連続測定してみると、位相による振巾の差が明らかで逆位相の方が大きい振巾を示しているのがみられる (第 10 図)。特に (V) は脳圧 100 mmHg でかつ逆位相であるが (I), (III) の同位相にくらべて約 2 倍の振巾を示している。

次に血圧の上昇点を 0 とし、腎容積の変動点をそれぞれ計測すると、その位相別平均値は、同位相 +1.6 秒、逆位相 +2.0 秒で同位相、逆位相共に血圧の上昇点より腎容積の変動点の方が遅れている。この遅れの位相別の分布は第 11 図の通りで、逆位相の方が遅れの大きい方に分布している。

腎容積変動の波形についてみると、腎容積波は必ずしも血圧の波形と同一ではない。第 12 図は、同位相並びに逆位相の種々の波形を集めたものであるが、同位相の例は比較的血圧の波形と類似しているものが多いが、逆位相では、血圧波と異なる腎容積波を示すものが見られる。

IV. 考 察

体血圧に周期的動揺の出現している際、その成因が中枢性か末梢性かの議論は、19 世紀末から行なわれて来たものである。これを解明する

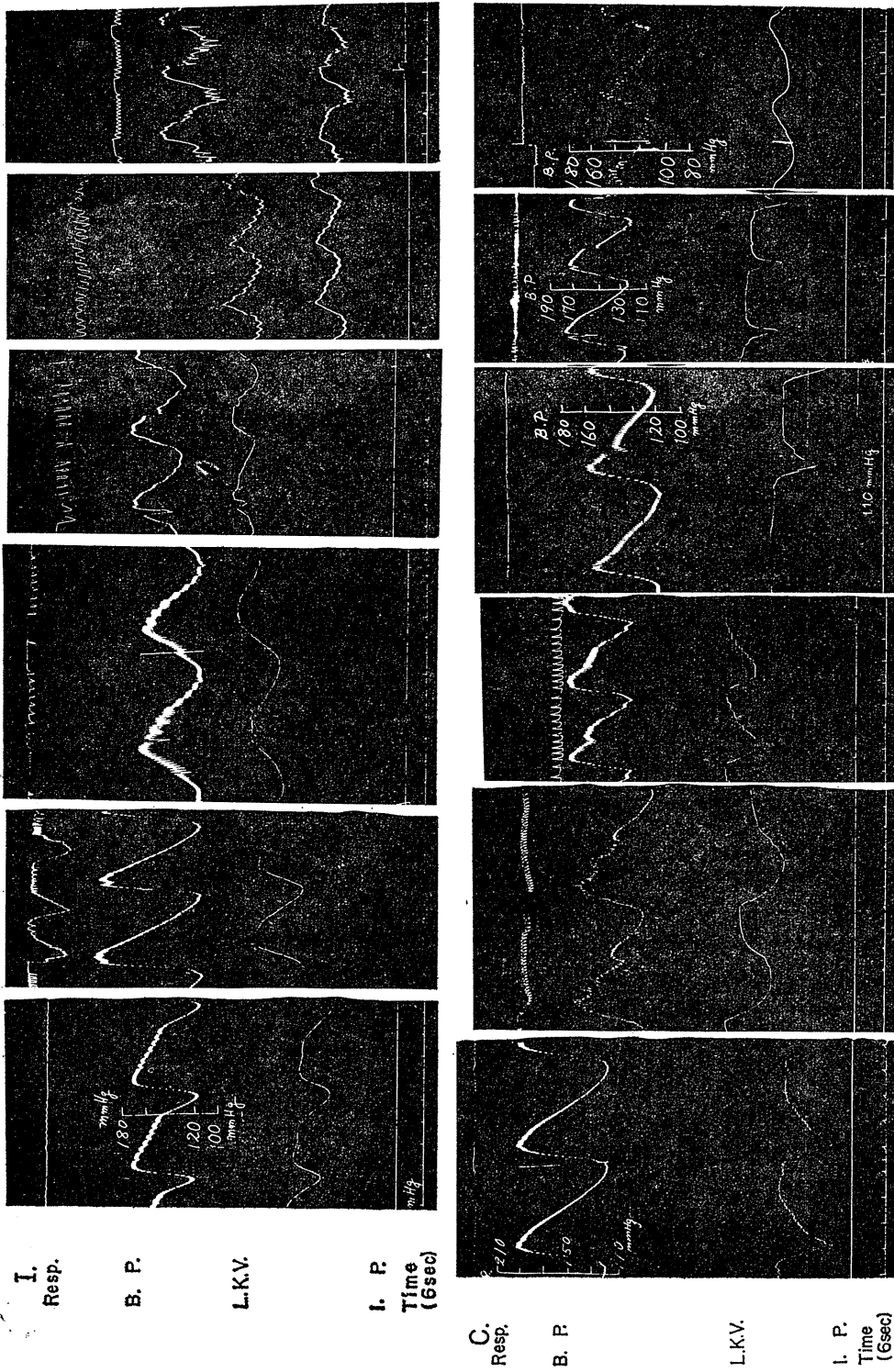


Fig. 12. Undulatory changes of various types, I: ipsiphasic cases, C: contraphasic cases, Resp.: respiration, B. P.: blood pressure, I. K. V.: left kidney volume, I. P.: intracranial pressure.

実験の一つとして、体血圧と内臓諸器官の容積変動を同時記録する実験が数多く行なわれて来た。

体血圧の変動に対する腎容積変動について、このような立場から行なわれた実験が多いが、その結論はまちまちである。その中、体血圧の周期的動揺の出現に際して、腎臓が積極的に参与している証明を見出し得なかつとする者は、Barcroft, J. and Nisimaru, Y. (猫)⁴⁾、寒河江 (犬)⁸⁾ 等である。

Roy, C. S. (犬)¹⁾、銭場、岸等 (犬)¹¹⁾、尾形 (兎)⁹⁾、宮沢 (兎)¹³⁾¹⁴⁾ 等は血圧波の最高点と腎容積波の最低点に対応する逆位相の実験記録を示し、体血圧の周期的動揺に腎臓が積極的に参加していると述べている。殊に銭場等は、体血圧の周期的動揺には腎臓の収縮拡張に起因するものがあるという見解を示している。

又、宮沢¹³⁾は腎神経無傷の場合で、血圧波の頂と腎容積波の頂が一致する。同位相の実験例もあったことを報告し、尾形¹⁰⁾も周期約6秒のTraube-Hering曲線出現時には、腎容積は血圧波と同時に受動的な収縮、拡張を示し、同位相の記録を示している。

このように体血圧変動に対する腎臓の振舞いが、報告者によって異なるのは、それぞれの手術方法、血圧周期的動揺催起法等の異なっている点にも問題があると思う。

手術方法については、私達が見た文献のすべてにおいて、腎容積記録のためにオンコメトリーを行う際、開腹して腹膜を破いている。この方法は実験動物に対して大きい侵襲を与えていると思われる。私達は背部より切開を加え、後腹膜腔に達し腹膜を破ることなく腎臓を分離し、体外に露出してオンコメーターに入れた。したがって腹部循環には何等支障を来すことなく、可能な限り生理的条件下で実験を行い得たと思う。

又体血圧の周期的動揺の催起方法もウレタン麻酔により自然に発生したもの、脾臓血管や人工呼吸を一時的に停止することにより発生したもの、アドレナリン、脱線維血、溶血等を静注

した場合、坐骨神経や内臓神経に電氣的刺激を行った場合、総頸動脈への側圧負荷により脳血流を阻害したもの等、その方法はさまざまである。私達は脳圧を上昇させる方法を用いたが、これらの催起方法の違いによって最も異なる点は、周期性動揺の振巾に現われている。私達の実験例では血圧の周期的動揺の平均振巾は52.1 mmHg にも達しているが、脳血流阻害を行った宮沢の38.6 mmHg をのぞけば、いずれも5-25 mmHg 程度の振巾を示しており、血圧動揺の波形や周期なども異なるので、その周期性動揺自体に本質的な違いのあることも考えられる。

私たちの実験においては、実験成績で述べた通り、腎容積変動は体血圧に対して同位相並びに逆位相の二型を示し、更に一羽の家兎においても2, 3の操作を加える事により、同位相、逆位相の両者を連続的に記録し得た。このことは今迄の文献に報告されていたそれぞれの現象を、同一実験条件のもとで出現させ得たものであり、体血圧周期動揺に際して腎容積には、この一見相反する2種類の振舞いが見られ、過去の文献ではその一方のみをとらえていたとも考えられる。宮沢¹⁴⁾は少数の頂対頂の対応(同位相)を示したもののについて、それは腎神経叢が解剖学的には連絡を保っているものの、機能的には必ずしも働いてはいなかったのではなからうか、と考察している。しかし私達の場合には、脳圧を変えるのみで繰返し同位相から逆位相へ、逆位相から同位相へと位相を変えることが可能であった点から、同位相の際にも腎神経は健全であったと考えざるを得ない。

ここで私たちの実験例についての同位相と逆位相を比較検討し、その成因を考察してみよう。

1. 逆位相を催起する脳圧は同位相のそれよりも高い。これは一羽の家兎で、同一逆を出現させた場合も、又全例の脳圧別位相別の出現比についても、共通していることである。脳圧が高い状態とは、脳血管が圧迫された結果、脳貧血その他により呼吸、循環中枢により強い侵襲

をうけた状態と考えられている。従ってこれに対する調節機構（末梢血管の抵抗を増し体血圧を上昇させて脳血流を回復させるような）もより強く働き、その一部として、血管収縮神経を介して腎血管の収縮が行われ、血圧上昇相に腎容積減少がおこるのではなかろうか。

2. 1の考え方を裏づけるものの1つとして、体血圧波の最高点の血圧値が、逆位相では同位相にくらべて常に高い事実がある。全測定例の平均値でも約20 mmHg 逆位相の方が高いが、一羽の家兎で連続的に記録した、同一逆→同一逆の各血圧波最高値を図示すれば、更に明らかである（第13図）。図は連続する各血圧波振巾の最高値のみをプロットしたものであるが、(V)は脳圧が(Ⅲ)と同一の100 mmHgにも拘らず、逆位相を示したものであり、最高値は170 mmHgにまで達し、(Ⅲ)の同位相時にくらべれば50 mmHgも高い。したがってこの現象は脳圧によるものではなく、逆位相に伴う現象であることを示している。

3. 更に逆位相では血圧の下降時間/上昇時間(d/a)の値が同位相より大きい。血圧周期には位相による差が全くない処から、逆位相時の

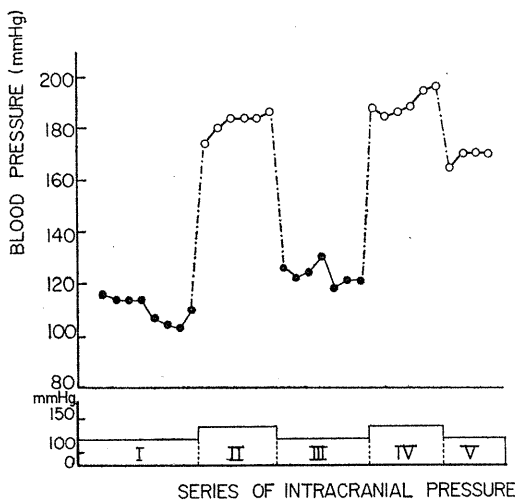


Fig. 13.

Series of peak values of blood pressure by changing of intracranial pressure.

I, Ⅲ, V : 100 mmHg.

Ⅱ, IV : 150 mmHg.

血圧上昇は、同位相より急激に行なわれていることを示している。

すなわち、循環中枢の調節機構がより高度に働らく必要のある状態では、腎臓を含めた内臓器官で血管収縮がおこり、急激により高度の体血圧上昇がおこるのではないかと考える。

4. 血圧周期的動揺と腎容積周期的変動との時間的關係に関しては、錢場等⁹⁾の報告があり、腎容積変動の方が血圧動揺に約1秒先行していたというが、私達の実験例では、腎容積変動が先行した例は102例中わずかに3例であった。同位相逆位相共に血圧上昇点より遅れて腎容積変動がおこっており、同位相では平均1.6秒、逆位相2.0秒のおくれである。特に逆位相の方が同位相よりおくれの大きいことは興味ある点である。本来腎臓血管は体血圧に対して受身な状態つまり血圧上昇時に腎血流増加——同位相——であるものが血圧上昇中の或る時点から、急激な腎血管の収縮がおこって逆位相となるのではないかと想像することも可能ではなかろうか。第14図はこのような推定の裏づけとなるであろう。すなわち、血圧上昇に伴って腎容積曲線はわずかに増加の傾向を見せた後、急激に減少を来たしている。

試みに腎容積波についてのd/a値を第27番の例について算出すれば、同位相では、1.5-2.0、逆位相は5.0-8.0で逆位相は同位相の2倍乃至4倍となり、腎容積減少が逆位相では如何に急激におこっているかが明白になる。

5. このような方法による脳圧の上昇は、単に循環中枢に対してのみならず、呼吸中枢に対しても作用し、呼吸水準の動揺を来たすことが佐川¹⁶⁾、宮川¹⁷⁾、によって報告されている。私達の実験においても、呼吸水準動揺が見られたが、呼吸頻度にも血圧周期的動揺に応じて変化が見られ、血圧上昇開始の前後に平均約6秒の無呼吸状態が現われることが多かった。殊に逆位相では無呼吸状態の出現率が高く、又無呼吸状態の開始時点も同位相より早かった。これらの現象に伴って、二次的な酸素不足を同位相より逆位相の方がより強くおこしているといえよ

う。相坂¹⁸⁾は犬における実験で、軽度のアノキシアでは腎血流量は不変又は増加するが高度のアノキシアでは腎血流量が減少することを報告しており、宮里¹⁹⁾も又、同様の観察を行ない、腎神経はアノキシアに際し常に腎血管に収縮性に作用すると述べていることと関連がある。

以上の諸点を綜括すれば、血圧の周期的変動出現中に、血圧波に対して腎容積波が逆位相を示している時には、1) 脳圧が常に高い、2) 無呼吸状態も多い等の点から、循環中枢に対する侵襲が同位相時より強く加わった状態と考えられる。これに対する反応も逆位相時では、

1) 血圧振巾の最高点が高い値に迄達している。2) しかも血圧上昇が急激である。3) 腎容積の減少が急減である、点から、同位相時より強い反応が現われているといえる。

又 1) 周期には位相による差がない。2) 脳圧を変えると、その直後から位相が変わる。3) 血圧変動にくらべて腎容積の変動が常におくれている。4) 腎容積の変動は血圧変動のわずか

1.7% (平均値) にすぎない。等の点から、私たちの実験における体血圧の周期的動揺は中枢性のものであり、腎臓はこの動揺に対してむしろ受動的に振舞うが、一定以上刺激の強い状態になると、その反応の一環として、血圧上昇に伴って腎血管の収縮——腎容積減少——がおけると考える。

おそらく腎臓は末梢血管の一部として、中枢からの血管収縮神経を介して変化がおこなわれるであろうが、少なくとも体血圧上昇の際に主役を演ずるものではなく、むしろかなり後から血圧上昇に参加するものと推察する。

V. 結 論

体重 3 kg 前後の家兎にウレタン麻酔を行い、血圧、呼吸、腎容積を同時記録しながら頭蓋骨を通して蜘蛛膜下腔に Ringer 液を圧入して、頭蓋内圧を上昇させる方法により、血圧の周期的動揺を催起させた。この時血圧、呼吸、腎容積に平均周期 21.3 秒 (32.8-13.2 秒) の周期

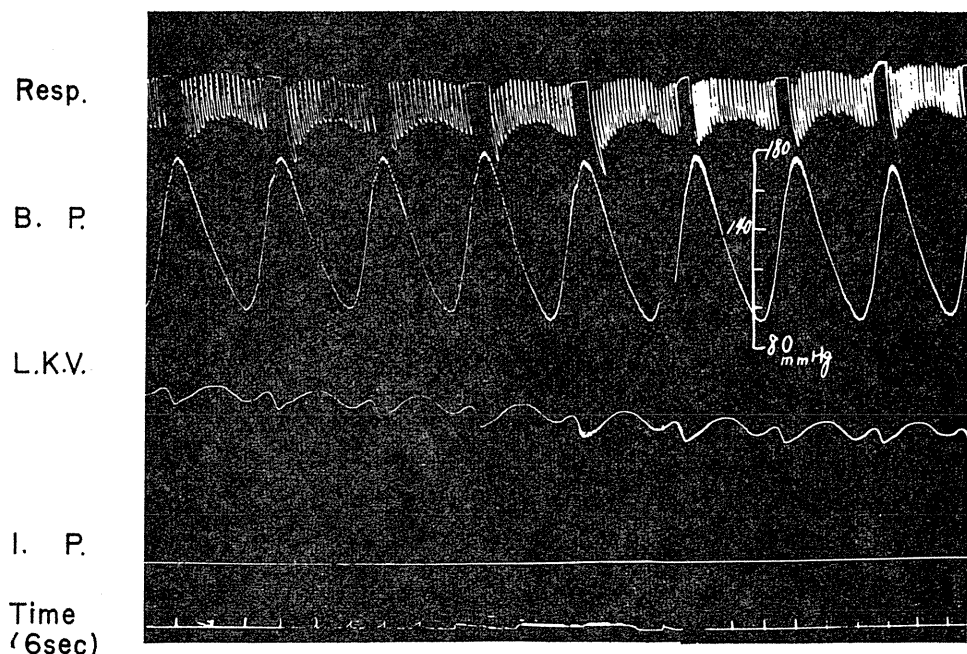


Fig. 14. Kidney volume changes with a hollow at each peak. 9, IV, '58. No. 26.

Resp.: respiration. B. P.: blood pressure. I. K. V.: left kidney volume. I. P.: intracranial pressure.

的動揺が同時におこった。これらの現象を腎容積変動を主体にして考察し、次の結論を得た。

1. 体血圧変動に対し腎容積変動には、血圧上昇時に腎容積増加、下降時に減少する型（同位相）と、反対に血圧上昇時に腎容積減少、下降時に増加する型（逆位相）の二つが認められた。

2. 一匹の家兎で脳圧を低→高い方へ変えると、その直後から腎容積波は同位相→逆位相に変わり、一匹の家兎で同位相及び逆位相の両者が出現することを確認した。

3. 同位相と逆位相では、次のような点に差がみられた。

a. 動物の一般状態及び実験の時間経過により、脳圧に対する反応は必ずしも一定ではないが、逆位相を催起する脳圧は、同一家兎では常に同位相より高く、全例においても、高い脳圧時には逆位相の出現率が大きい。

b. 周期的動揺の血圧波の最高値は、逆位相の方が常に高い値に迄達する。

c. 逆位相では同位相にくらべて、一周期中の血圧上昇時間が早く、急激な血圧上昇を示している。

d. 逆位相では呼吸運動においても、無呼吸状態の出現率が大きく、且つ無呼吸状態の開始時点が早い。

4. 腎容積の変動は、血圧上昇点を0とした時、同位相では平均1.6秒、逆位相では平均2.0秒遅れて始まる。

以上の諸点から、私たちの行った方法による血圧の周期的動揺は中枢性のものであり、腎容積変動は中枢からの影響によっておこるものと考えられる。その際中枢に対する刺激が比較的弱い時には、腎臓はむしろ体血圧に受動的に働く傾向がみられたが、ある程度以上刺激が強いと、血圧上昇時に腎血管の収縮——腎容積減少——して逆位相がおこり、血圧上昇に積極的に参与するような現象を示すと考える。

文 献

- 1) Roy, C. S. (1881) The physiology and pathology of the spleen. *J. Physiol.* **3**, 203-228
- 2) Bayliss, W. M and Bradford, J. R. (1894) The innervation of the vessels of the limbs. *J. Physiol.* **16**, 10-12
- 3) Bunch, J. L. (1899) On the vaso-motor nerves of the small intestine. *J. Physiol.* **24**, 72-98
- 4) Barcroft, J. and Y. Nisimaru (1932) Cause of rhythmical contraction of the spleen. *J. Physiol.* **74**, 299-310
- 5) Barcroft, J. and Y. Nisimaru (1932) Undulatory changes of blood-pressure. *J. Physiol.* **74**, 311-320
- 6) 銭場武彦・福場友重・岸 良尚 (1951) 脾静脈圧の周期的変動に就いて *日本生理誌* **13**, 328-331
- 7) 寒河江宏 (1960) ウレタン麻酔犬の全身性酸素不足に於ける代償的循環調節について (1) 脾容積及び血圧水準の調節に与る反射性末梢神経路 *日本生理誌* **22**, 211-222
- 8) 寒河江宏 (1960) ウレタン麻酔犬の全身性酸素不足に於ける代償的循環調節について (2) 呼吸及び循環機能の第3級動揺 *日本生理誌* **22**, 223-236
- 9) 尾形正治 (1937) 腎臓の周期的収縮並びにその一般血圧に及ぼす影響 *成医学会誌* **56**, 579-584
- 10) 尾形正治 (1940) 血圧に於ける Traube-Hering 氏曲線発生原因に関する疑義並びに周期的血圧変動に就いて *成医学会誌* **59**, 630-648
- 11) 銭場武彦・岸 良尚 (1951) 腎臓の周期的収縮と動静脈圧の変動に就いて *日本生理誌* **13**, 471-475
- 12) 中山昌作 (1959) 腎機能の神経支配に関する実験的研究 呼吸と循環 **7**, 191-207
- 13) 宮沢和久 (1959) 血圧第三級動揺と腎容積変化 (第1報) *信州医誌* **8**, 304-310
- 14) 宮沢和久 (1959) 血圧第三級動揺と腎容積変化 (第2報) *信州医誌* **8**, 505-516
- 15) 石河利寛・山川 純・宮島昌子 (1962) 脳圧上昇によって催起された血圧の周期的動揺について *日本生理誌* **24**, 203-214
- 16) 佐川喜一 (1955) 頭蓋腔内圧の実験的上昇による呼吸水準及び血圧の周期的動揺に就いて *日本生理誌* **17**, 402-415
- 17) 宮川 清 (1959) 血圧の自己調整 *医学のあゆみ* **28**, 585-591
- 18) 相坂正夫 (1957) 腎虚血、腎うっ血、アノキシアにおける腎循環と代謝、特に蛋白尿に関する実験的研究 *日本内科誌* **46**, 1165
- 19) 宮里良忠 (1959) 腎循環に及ぼす神経の影響 *日本内科誌* **48**, 856-869

萬有製藥主要製品

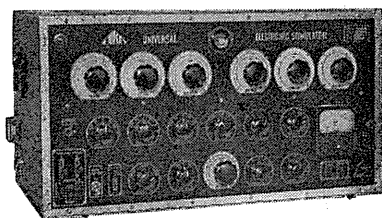
(耐性ブドウ球菌感染症・新合成ペニシリン)	ス タ フ シ リ ン
(内 服 合 成 ペ ニ シ リ ン)	シ ン シ リ ン
(持 続 性 ニ 基 ペ ニ シ リ ン)	バ イ シ リ ン
(各 種 ペ ニ シ リ ン 製 剤)	ペ ニ シ リ ン
(テトラサイクリンメタ燐酸塩)	ブ リ サ イ ー T X
(国産抗結核広範囲抗生物質)	カ ナ マ イ シ ン
(国産赤痢・腸疾患・百日咳治療抗生剤)	コ リ ス チ ン
(コ ー チ ゾ ン 製 剤)	コ ー ト ン
(ハイドロコチゾン製剤)	ハ イ ド ロ コ ー ト ン
(アレドニソロン製剤)	コ ー デ ル コ ー ト ン
(デキサメサゾン製剤)	デ カ ド ロ ン
(高血圧・浮腫・妊娠中毒症・クロロサイアザイド)	ク ロ ト ラ イ ド
(" ハイドロクロロサイアザイド)	ダ イ ク ロ ト ラ イ ド
(メチオニン製剤)	バ ン チ オ ニ ン
(非 麻 薬 鎮 痛 剤)	ザ ク チ リ ン
(筋 弛 緩 鎮 痛 剤)	ソ ー マ ニ ー ル

東京都中央区 萬有製藥株式会社 日本橋本町 2～7

横浜市立大学医学部生理学教室 畠山一平教授監製

アイカ万能型電子管刺激装置 W-1 型

PATENT.No.221763

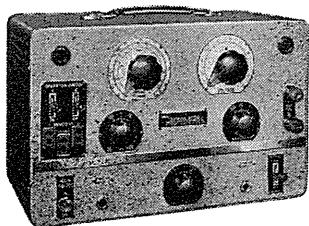


1. 電気的可変要素が各々独立して調整できる
2. 測定値、設定値が正確且信頼度が高い
3. 可変要素の可変範囲が大きい
4. アーチファクトが小さい
5. 操 作 簡 易
6. 安 定 性 が よ い
7. 用 途 が 広 い

- 線返し二重刺激可能
- 独特の配線回路
- 直読目盛

¥ 150,000.

アイカ学習用電子管刺激装置 E-1 型



1. 生理学実習実験のほとんどすべてを 1 台でまかなうことができる
2. 詳しい知識のない者でも直ちに間違いなく使用できる
3. 設定値の読取確実
4. 必要にして充分な可変要素の調整範囲
5. 安 定 度 良 好
6. アーチファクト僅少な絶縁出力
7. Rotatorium の回転、ブラウン管オシロスコープの単掃引と同期可能

¥ 40,000.

—詳細カタログ御一報次第送呈—

東京都文京区本郷 1 丁目 2 番地

株式会社 河 思 誠 堂

電話 (811) 0349・2917

日本光電の電気計測、診断装置

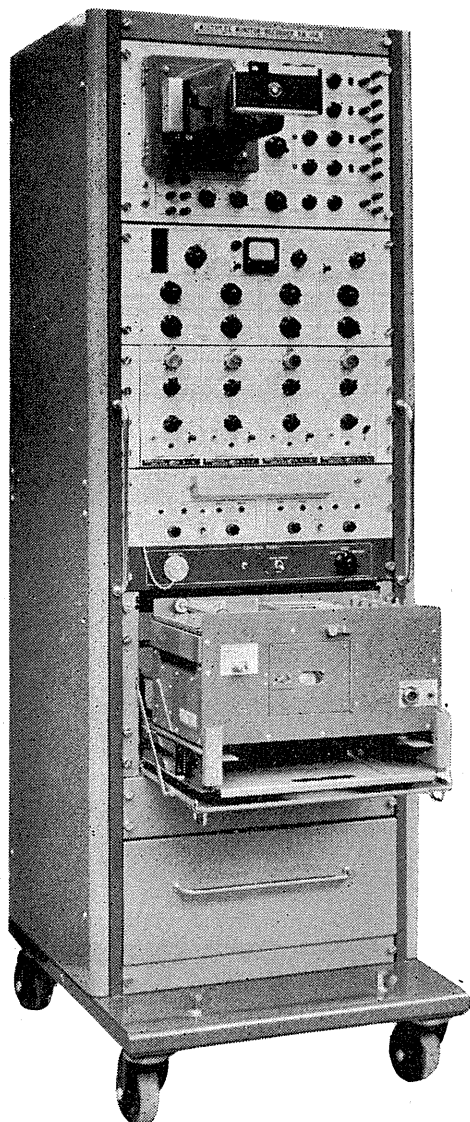
新製品紹介

多用途監視記録装置 RM-150

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

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

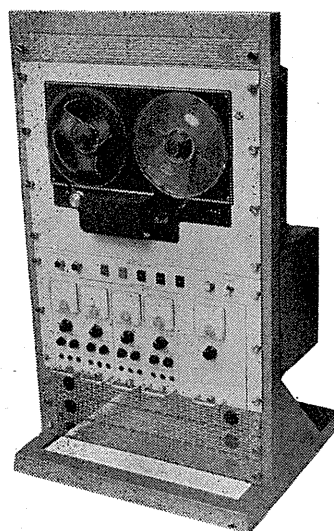
・プラグイン式前置増幅器の種類 生体電気用、ひずみ・力計用、1素子心電図用、心音増幅用、高感度直流増幅用、積分用等。



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

磁気記録再生装置 SDR-41（ラックタイプ）
1/4" テープ使用、各ユニットの差し換えにより多用途に応用できます。記録波形の再現、波形の解析に最適です。

製品型名	SDR-41	SVR-21	SPP-30A
外形	ラックタイプ	ラックタイプ	可搬型
トラック数	4トラック	2トラック	3トラック
テープ速度	19.5 cm/sec	19.5, 9.5, 0.95, 0.475 cm/sec	19.5 cm/sec
使用ユニット	PM-1, PM-2, PM-3, PM-4	—	—
周波数範囲	DC ~ 100% 100% ~ 60% ~ 1kc ~ 5kc	0.3K ~ 3kc	DC ~ 100%
S/N 比	4dB ~ 18dB	35dB	46dB
直線性	1% ~ 2%	0.5%	1%



昭和三十七年四月二十日印刷

編集兼
発行人

東京都文京区本富士町
東京大学医学部生理学教室内
戸塚 武彦

印刷者

山形県鶴岡市馬場町甲三
中村作右衛門
鶴岡印刷株式会社

発行所

東京都文京区本富士町
東京大学医学部生理学教室内
日本生理学会

振替東京八〇四三〇
定価百五拾円



日本光電工業株式会社

東京都新宿区角筈2丁目84 スタンダードビル Tel (371) 8241~5
仙台営業所 仙台市立町通り9中央タクシービル内 Tel (5) 1395
名古屋営業所 名古屋市千種区覚王山通り7丁目1田代ビル Tel (75) 7176 交換
大阪営業所 大阪市天王寺区上本町5-11 Tel (762) 0334
福岡営業所 福岡市下瀬町1-0 Tel (2) 3487
代理店 石村機械製作所 札幌市北8条西4丁目 Tel (2) 4311

カタログ贈呈