

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第16卷 第3号

Vol. 16 No. 3

昭和29年3月1日発行

March 1954

綜 説

吉村寿人：消化腺の酸塩基分泌機転（唾液の酸塩基平衡を中心として）……………105

原 著

植木俊次：体部皮膚圧迫の肺機能に及ぼす影響について（肺聴診音の変化）……………115

畠山一平：簡単な煤紙描記用電流計……………124

畠山一平：血管の拡張収縮による血管網の流れの抵抗の増減……………127

志多清英：灌流-下肢血管-膜電位差の研究（第4報）諸種薬物灌流の影響……………139

阿知波繁一：蛋白質加水分解の研究 小川膠質法の電気化学的考察（其の2）……………152

加藤鋼藏：大腦皮質より起る強縮痙攣の電氣的刺戟の強さによる全身への波及現象
について……………155

地方小学会報

第86回生理学東京談話会……………162

日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan

〔新発売〕

女性ホルモン学説を改新す……



★製法特許・米英諸外国特許出願中★

女性々機能ホルモン完成！

〔文献・説明書進呈〕

吾社20年の研究によつて妊馬尿中より全く新しいホルモン（Synstroneと仮称）を発見し得た、その効力は1日量17にて従来の高単位製剤を遙かに凌ぐ効果を挙げ得る。エストロパン「モチダ」はEstradiolとの複合体でその間のInteractionを期待し製品化した

- ☆高度月経障害
- ☆乳汁分泌不全
- ☆尋常性座瘡
- ☆更年期障害

2b Tab ¥200
1cc 10A ¥350

- 大量皮下輸液の吸収促進
- 健康保険適用
- ☆局所浸潤 伝達麻酔の迅速 適確
- ☆化学療法 慢性病巣透過性昂進
- ☆慢性痔瘻・固定痔瘻の新治療
- ☆癌腫 水腫の新治療
- ☆硝子体・角膜膜の新治療
- ☆人工授精 強化
- ☆腸癒着 防止
- ☆神経痛治療
- ☆骨折治療

Hyalur onidase発見者Durn-Reynals氏と

研究交換！

〔文献集送呈〕

強力拡散因子ヒアルロニダーゼ

スプラーゼ[®]モチダ

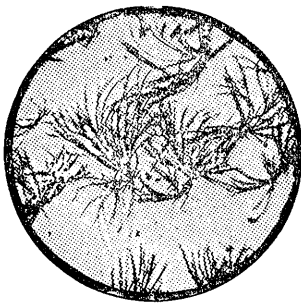
製造発売元・持田製薬株式会社・東京都中央区日本橋室町3-1

新らしい

水溶性ビタミンA剤



アウゲニン[®]注



【アウゲニン結晶】

広い治療分野に應用できるV・A剤

アウゲニンは植物体より発見された、水溶性新物質で、肝油に比し1250倍のビタミンA効力を有しておます。本剤が従來の油性V・A剤に比し臨床価値の高い理由は

- (1) 吸収が迅速で、体内に於ける生理効果を高める
- (2) 無痛性で、注射後に硬結・腫張等を生じない
- (3) 油剤やコロイド性剤に比し、使用が簡便である
- (4) 効力が安定で、長期保存に耐える
- (5) 皮注・筋注・静注・動注、何れも可能である
- (6) 全身的にも、局部的にも副作用は一切ない

（試供品・文献贈呈）

（包装）注（2mg1cc10管）¥300・錠（1mg30錠）¥200

東京都中央区西八丁堀2丁目17 救心製薬株式会社

綜 説

消化腺の酸塩基分泌機轉 612.405 (唾液の酸塩基平衡を中心として)

Mechanism of Acid-Base Secretion of Digestive Glands.

吉 村 寿 人 (YOSHIMURA-Hisato)*

1. 緒 言

消化腺の分泌液の pH は消化腺の種類によって非常に異っている事は既によく知られた事である。この様に分泌液の pH の異つている事は夫々消化官の各部に於ける消化機能の遂行上必要な事であつて、酸性ならば酸性である事が又アルカリ性ならばアルカリ性である事が夫々生理的な意味を持っているのである。第1表は各種の消化液の pH とその消化液に含まれる酵素の至適 pH を示したものであつて、各種消化液の乃至は消化管内容の pH が大体として夫々の酵素の至適 pH の範囲に入っている事が判る。即ち生体はこの様な pH の変化によって消化機能の相互調節を行っているのである。この様に消化液の pH 従つてこれを決定するその酸塩基平衡は消化生理学的に重要な問題であるのみならず、実地医学的にも重要であつて消化液 pH は身体違和に際しては一定の変化をなす事が知られ、これは疾病乃至は身体障碍の診断に有利

第1表 消化液の pH と酵素作用

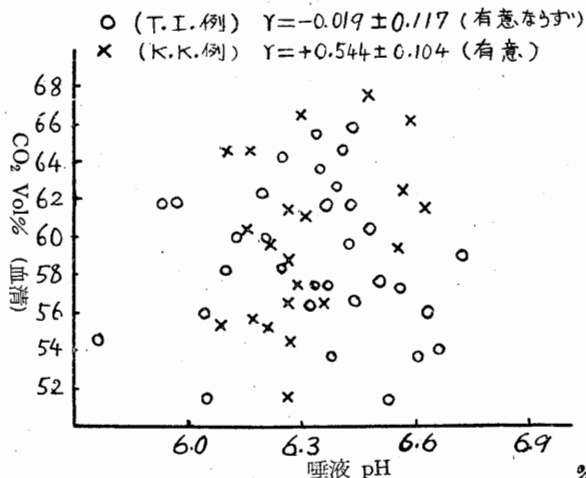
区分	被検液	pHの範囲	酵素	至適pH
口腔	{混合唾液	5.8~7.8	Ptyalin	5.6~6.5
胃	{胃内液容	1	Pepsin	1.5~2.2
		7.1~8.2	Trypsin	7.8
腸	{胆汁(犬) 腸液	7	Amylase	6.8
		7.0~8.5	Enterokinase	5.2~6.0
		5~6		

用せられている。例えば唾液の pH が身体疲労に際して低下する反応は渡辺 Zambrini 反応と

* 京都府立医科大学生理学教室

呼び疲労判定に用いられているし、又胃酸過多症と胃潰瘍が唇歯輔車の関係にある事はよく知られた事実である。この様に消化液の pH の生理的意義やその病的変化の有様は詳しく研究せられているに拘らず、その酸塩基分泌機轉に関しては我々は甚だ知る所が少い。

元来此等の消化液はその水分や無機塩の原料は血液に仰いでいる。そして此等の酸塩基平衡はその組成より明かな如く主として此の無機の酸根と塩基根の平衡により定まるのである。この様に1つの原料から同じ様な物質が分泌せられるに拘らず、外に表われた後の形に於いては色々異つた pH の消化液が得られるのである。従つてここに消化腺の種類によって何か系統立つた分泌機構の差がなければならぬ。これは何んであるか。これが私がこれから述べんとする問題である。もとよりこの問題は現在既に学界に於いて解決のついている問題ではなく、又筆者自身もこれについて最後の結論に到達したと言う訳でもない。ただ筆者はここ数年来唾液の酸塩基平衡に関して研究を進め、その分泌機轉について或程度の見解に到達した。一方胃液腺の酸分泌機轉に関しては近年欧米に於いて基礎臨床の各方面より活潑な研究が行われ、従来の実験上の矛盾不一致は漸く是正せられて、正に酸分泌機構の解明の1歩手前の状態にある。そこで著者は消化腺酸塩基分泌機轉に関し、アルカリを分泌する唾液腺と酸を分泌する胃腺をその代表的な例にとつて従来の業績を総括紹介すると共に、その分泌機轉に対する著者の見解乃至は構想について述べたいと思う。

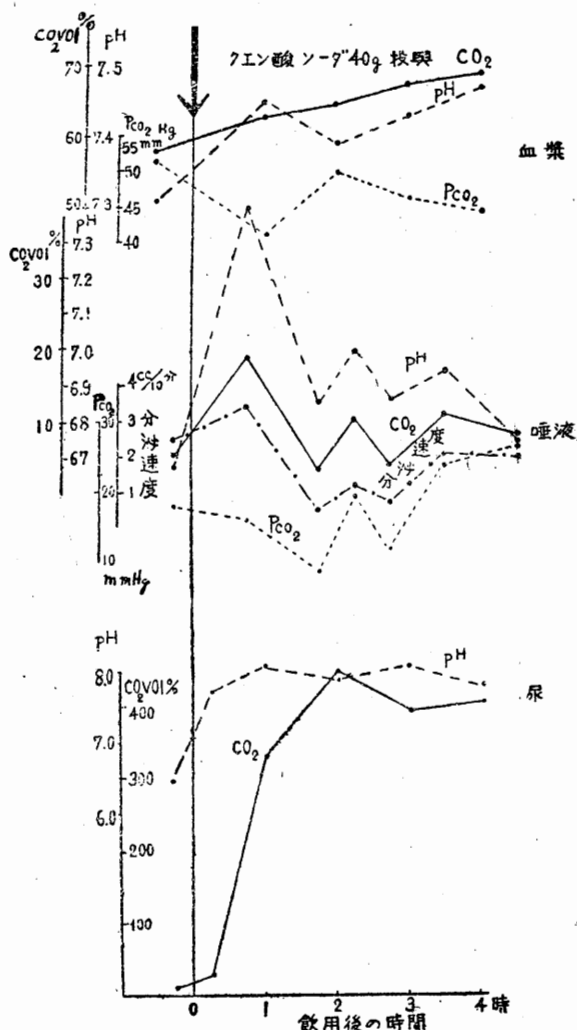


第1図 唾液 pH と血清予備アルカリ (早朝空腹時自然流出混合唾液)

2. 唾液の分泌とその酸塩基平衡

唾液の分泌機転については唾液腺が皮膚に近く位置し比較的に取扱いが容易な為に古くより広汎な研究が行われている。併し酸塩基平衡の機転については案外にまともでない。ただこれに関係の深い研究を挙げると先ず唾液の全般的な分泌機転については古く Meckel (1883) の学説¹⁾があり、それによれば腺瀰胞細胞は粘液や酵素を分泌するが他の成分は所謂導管部に於いて分泌せられ、その内の介在部よりは水分が、条紋部よりは無機塩が分泌せられて、ここに唾液が形成せられると言う (第5図参照)。そしてこの水分や無機塩の分泌は Langtroth Mc Rae & Stavrak²⁾ (1938) によれば細胞興奮に伴う細胞透過性の亢進によるものであると言い、又 Benetato & Oprisin³⁾は唾液の酸塩基平衡は血液の夫に平衡すると考えている。そして渡辺⁴⁾は血液の予備アルカリ濃度と唾液 pH との間に美しい直線関係の成立する事を証明した。従って此等の人々にすれば血液の酸塩基平衡が腺の細胞透過性の亢進によってそのまま唾液に反映すると考えているのである。この様な考え方よりすれば疲労に際し唾液

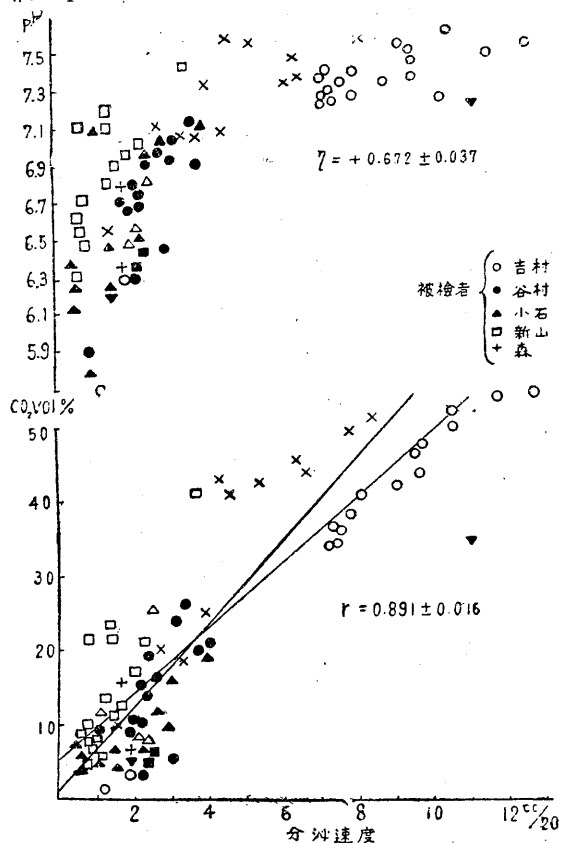
pH の低下するのは血液に Acidosis を生ずる為だという事になる。併しこれについては私の教室の高岡^{5) 6)}は唾液 pH は必ずしも血液の酸塩基平衡の反映によるものではない事を明かにし、従って其酸塩基平衡は全く従来の学説と構想を新にして考え直さねばならぬ事を主張した。第1図は其成績の一部であって教室⁵⁾にて行われた長期労働実験に際する早朝空腹時の血清 CO₂ 濃度と、同時にとった自然流出の混合唾液の pH との関係を示す (此等の測定に当っては何れも流動パラフィン下にて操作して血



第2図 アルカリ飲用時の唾液酸塩基平衡 (自然流出混合唾液, 高岡)

液や唾液からの CO₂の脱出を防いでいる). 図示の如く K. K 例では渡辺の言う様に血液予備アルカリ量と唾液 pH との間には順相関を認めるが, T. I 例では殆ど両者は無関係の如き態度である. 又一方実験的にアルカリを飲用して血液の重炭酸塩濃度を実験的に高めても唾液の重炭酸塩濃度や pH は決して高まって来ない. 第2図は枸橼酸曹達 40g を飲用してその後の血液(肘静脈血)と混合唾液(自然流出)とを遂時的に採集し, その pH と総 CO₂濃度(主として HCO₃ 濃度に相当する)を測定した成績である. 血液の pH や総 CO₂濃度は枸橼酸曹達の吸収されるにつれて漸次上昇し, 且これは尿性状にも直ちに影響してその pH の上昇を来しているに拘らず, 唾液の夫は必ずしもこれに伴って変化していない. 然もこの実験成績よりすれば唾液の pH や CO₂% はむしろその分泌速度に伴っ

て変動している様に見える. そこでこの関係を更に詳しく検討する為に教室で行った季節変化に伴う生理機能の変動に関する実験に際し, 数名の被検者について毎月の一定の日を限ってその早朝空腹時の唾液を採集し, その分泌速度と唾液の pH や CO₂% が相伴って季節変動を示すかどうかを調べて見た. ただしこの場合には一定の刺激に対する唾液の分泌反射を調べる必要上, M/8枸橼酸溶液を 1cc/2分 の速度にて舌上にたらし, 20分間に渉って耳下腺に唾液を採集する事にした. この唾液は早川氏唾管を用うる事により刺激に用いた酸に汚染される事なく採集する事が出来る. かくして得たる唾液 pH や総 CO₂% とその分泌速度とを相関図にまとめて見ると, 第3図の如く, 唾液の pH も総 CO₂% も共に分泌速度が高くなる程上昇しているのである.



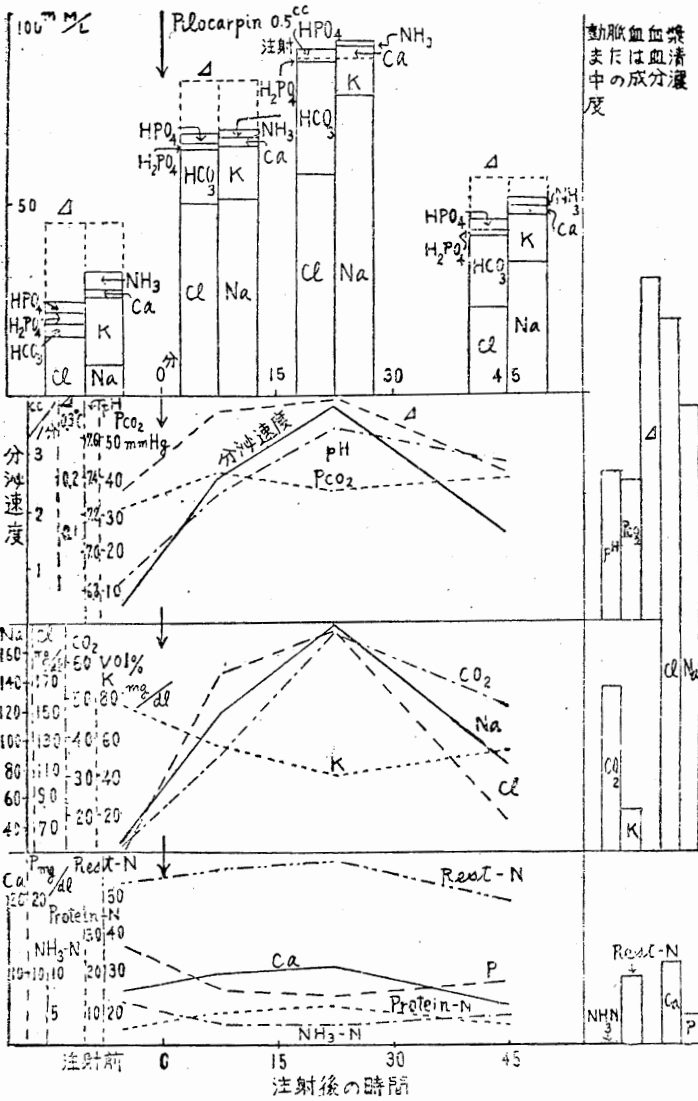
第3図 唾液の分泌速度とその pH 及び CO₂ (早朝空腹時酸刺激耳下腺唾液)

元来 CO₂濃度と溶液 pH との間には次の Henderson-Hasselbalch 式の成立する事が知られている。

$$pH = pK' + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

$$= pK' + \log \frac{[総CO_2] - [CO_2]}{[CO_2]}$$

但しここに [CO₂] とは中性 CO₂の濃度であって溶液に平衡する CO₂分圧を Pco₂ (mmHg) とし, その Bunsen 吸収率を α とすれば [CO₂] = α Pco₂/760 にて与えられる. 又 [HCO₃⁻] = [総CO₂] - [CO₂] である. この式より考えると, 上記の如く分泌速度に伴って唾液総 CO₂濃度と pH が平行して上昇する事は唾液の CO₂は主として重炭酸塩の形にて分泌せられ, これが唾液(水分)分泌速度亢進に伴って濃厚に分泌せられている事を意味する. そして唾液の pH は主としてこの重炭酸塩濃度の如何によって定まるのではないかと思われる. 事実 Pilocarpin 刺激時の混合唾液についてその主要なる酸塩基根の濃度を網羅して測定して見ると, 第4図に示す如く唾液の緩衝物質中その濃度



第4図 Pilocarpin 注射後の唾液(混合)の分泌速度(水分)と各種成分の分泌経過

の最も高い酸塩基は重炭酸塩であって、これが唾液 pH に決定的な役割を果す事が明かとなったのである。

そこで次に問題となるのはこの唾液の HCO₃ が如何なる機転により分泌せられるか、又その分泌は何故に水分分泌に平行しているのか、更にこれが疲労に伴って減ずる理由は何んであるか等の問題である。これに対してはこの分泌に際して認められた次の様な事実に注目する必要がある。即ち第4図に示す様に Na, Cl, Ca 等

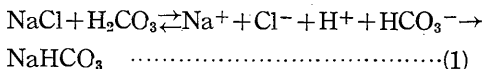
の所謂細胞外塩分の唾液中の濃度は血清中の夫より低いのであるが、Pilocarpin 等の分泌刺激を与えて唾液の分泌速度を高めてやると、その濃度が高まって、血清の夫に近付いて行く。又分泌が少くなると塩濃度も稀薄となる。所でこの様な唾液分泌速度の亢進は当然唾液腺の水分透過性の亢進に基くものであるから、今もしこの水分透過性の亢進に伴って塩分透過性も亢進し組織液中の塩分がより濃厚な形にて唾液中に移行するものと考えれば、此等塩類の唾液中の濃度が唾液の分泌速度の亢進に伴って、組織液乃至は血清の夫に近付いて行く事はよく理解が出来る。ただここで不思議な事は唾液総 CO₂ のみは分泌速度の高い場合には血清の夫を可なり凌駕する事実である。さきにも述べたように炭酸は唾液中にては主として (HCO₃) の形になっているのであるから、つまり細胞内にて HCO₃ が作られたと考える外はない。所で一方細胞内の pH は組織液より低い事が確められているから、細胞

内に重曹の貯蔵物があるとは考えられない。従ってこの場合の HCO₃ は細胞内にて物質代謝産物としてつくられている CO₂ より次の反応により造り直されたと考えるのが一番自然であろう。

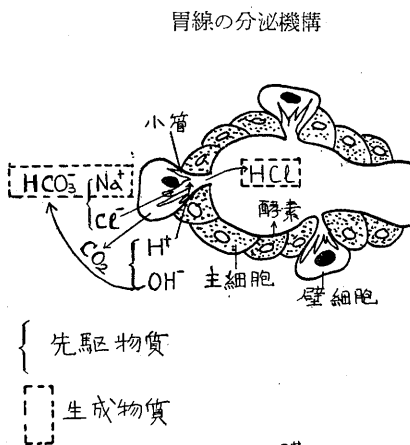
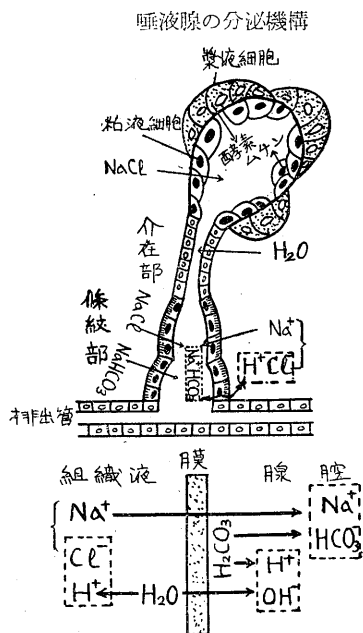


然るに一方ここに分泌せられる HCO₃⁻ は唾液中にて主として Na⁺ と平衡する事が第4図より明かであり、且つ Na⁺ は細胞内には存せず主として組織液中に、然も主として NaCl の形

で存している。従ってここに与えられた唾液成分の材料より NaHCO_3 が出来るとなす以上、これは次の如く唾液腺の何処かに於いて組織液の NaCl の Na^+ を細胞酸化に基因する H_2CO_3 の H^+ が交換 (陽イオン交換) せられて NaHCO_3 を生ずると考える外はない。



そしてここに生じた NaHCO_3 は唾液の方に分泌せられ、 HCl は組織液に出て行くのであろう (第5図参照)。



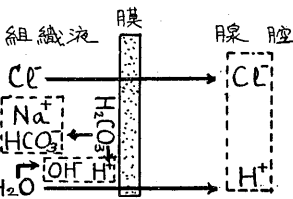
第5図

以上の事を要約すれば、唾液中の NaHCO_3 は組織液中より透過して去るものも勿論あるが、その外に腺細胞に於いて陽イオン交換反応により細胞内に産出せられた CO_2 より NaHCO_3 が生成せられる。そしてかかる透過性の亢進や NaHCO_3 の生成は何れも細胞の興奮に伴って現れるものであって、これは刺激が強い程強く現れる。従ってその濃度は唾液水分の分泌速度に伴って上昇し、上昇の激しい時には血清濃度を凌駕する事もあり得るのである。そして唾液の pH はこの NaHCO_3 の分泌濃度により定まるのであるから、結局唾液 pH は細胞の興奮の

強さ乃至は腺機能の亢進の程度によって定まる事となる。従来唾液 pH が疲労により低下すると言っているのは疲労によって腺機能の低下が起つているからであろう。この事は疲労時に同時に分泌速度も亦減じている事実からしても明かである (高岡⁹⁾, 林⁸⁾)。高岡は更に血液の予備アルカリ量 (総 CO_2 濃度) と唾液 pH が平行する様な場合 (第1図 K. K 例) は疲労が激しくしてその為に血液予備アルカリが減った場合であって、この場合の血液予備アルカリの減少は疲労による唾液 pH 低下の同時現象に過ぎ

ず、その原因ではないと言っている。

さて次に以上の様な NaHCO_3 生成部乃至は透過部位は腺の何れの部分であるかについて考えて見たい。先ず NaHCO_3 の分泌部位に関しては唾液腺の種類とその分泌組成の関係が大へん参考になる。即ち第2表は犬の耳下腺、顎下腺及



第2表

Pilocarpin 注射時の耳下腺、顎下腺、舌下腺の各唾液組成比較

	耳下腺	顎下腺	舌下腺
腺の構成			
漿液細胞	卅	卅	卅
粘液細胞	一	+	+
介在部	卅	+	一
条紋部	卅	卅	±
分泌液の性状			
分泌速度 (cc/20分)	8.6	12.2	0.28
pH	7.87	7.72	7.20
Na (mg/dl)	181.0	189.3	337.0
K (")	20.8	21.7	40.9
Cl (")	156.3	220.0	553.1
CO_2 Vol%	101.0	93.1	11.0

備考：測定方法の詳細は原著 (岩崎⁹⁾) にゆずるが、大体は犬につき 1% Pilocarpin を 0.05cc/kg の割合に 1時間 1回づつ注射をし、実験開始後 1時間より 2時間迄の各唾液を集める。これについて求めた組成が表記の値に略相当している。

び舌下腺について *Pilocarpin* 注射時の唾液を同時的に採集してその組成をしらべたものである (岩崎⁹⁾). 但し先の成績 (第4図) によって唾液の主なる酸塩基根は Na , K , Cl , HCO_3 の4つである事が明かであるから、これのみしか測定していない。表示の如く耳下腺、顎下腺の唾液にはかなり NaHCO_3 が多いが、舌下腺唾液には一番少い。併し NaCl の濃度は舌下腺唾液が最も多く、顎下腺、耳下腺の唾液は略同程度に低い。所でこれと第2表に示した各腺の細胞構成の有様 (+の数は各部の量の大小を示す) を比較すると次の様な事が考えられる。先ず舌下腺の唾液 NaHCO_3 の少い事そして NaCl 濃度の高い事はこの部に条紋や介在部のない事に対応する。而して家兎の耳下腺は条紋を欠いているが、家兎の耳下腺唾液に就ては NaHCO_3 が少いことが我々の実験により確められているから、 NaHCO_3 の生産は主として条紋部によると考えられる。これに対して介在部は *Merkel* に従って主として水の分泌に与る所であり、 NaCl は瀘胞部 (一部は条紋部) にて分泌されるとすると一応の説明がつく (第5図参照)。しかして NaHCO_3 の生成が条紋部で行われると言っても、これは先のイオン交換反応がこの細胞の形質膜で行われてここで分泌せられると考えても良いし、又それと反対に NaCl の透過や H_2CO_3 の生成は瀘胞細胞で行われるが、条紋部に於いては HCl の逆吸収がおこって、結局ここで NaHCO_3 が生成せられると考えても良い。この何れが本当であるかは明かでないが、ただ1つこんな実験がある (森¹⁰)。犬の耳下腺の一方の導管を約15分間圧迫してその唾液分泌をとめてから後に排泄せられた唾液を見ると、この間に腺にてつくられた唾液量は非圧迫例の対照に比して減少しているが、 NaHCO_3 や NaCl の濃度は余り変化していない。もしも NaHCO_3 の生成が HCl の逆吸収によるものとすれば、圧迫によって逆吸収が促進せられるから NaHCO_3 が逆に濃厚になる可きである。従って条紋部の逆吸収機構にそれ程期待をかける事は困難であって、むしろこの部に於ける NaHCO_3 の分泌を

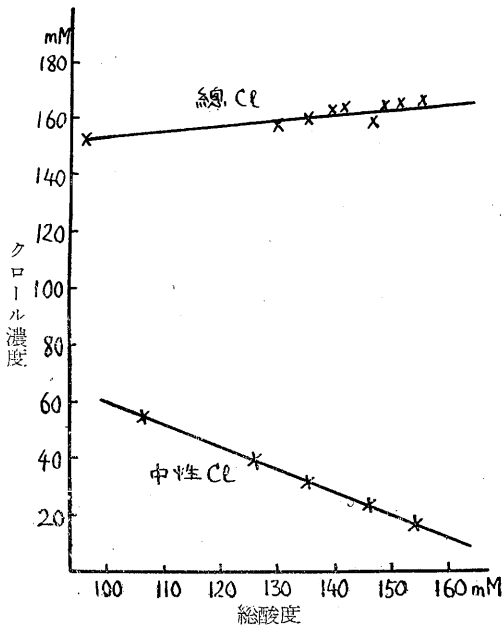
主に考えた方が適當であろう。一方瀘胞細胞が *Ptyalin* や *Mucin* を分泌する事は既によく知られた事実であるから、結局唾液腺には NaHCO_3 を分泌する特別な細胞があって、その分泌物が酵素液と混じて唾液となると考う可きであろう。そしてこの NaHCO_3 の分泌はその部の透過性の亢進により組織液の NaHCO_3 が透過する外にこの部で陽イオン交換反応が起り、一部その生成も行われるのであろう。

3. 胃液の HCl 分泌機轉

胃腺には主細胞、壁細胞並に粘液細胞の3種類があり、主細胞は酵素を分泌し、粘液細胞は粘液を、壁細胞は HCl を分泌する事はよく知られた事実である。併し乍らこの HCl の分泌機構についてはまだ結論に到達する域に達していない。著者はこれについて別にとりたてて言う程の研究を行った訳ではないが、従来の学説を基として若干その解説を行って見よう。

塩酸の分泌に関して知られている最も古い学説は *Claude Bernard* の説である。彼は黄血塩が塩酸により *Prussian Blue* になる反応を利用し、黄血塩を動物に注射して胃腺のどこで青色の反応が現れるかを調べた。その結果腺内では青色が現れず、粘膜表面に到って始めて青色となる事を見た。そこで HCl は何かその先駆物質が分泌せられ、これが粘膜表面にて HCl に変ると考えたのであった。この学説は其後若干の支持者があつて、例えば *Bensley*¹¹⁾ 一門の人々は HCl 生成は有機性の Cl 塩の分泌に基づくものであつて、これが胃小窩に來って加水分解すると考えた。故小林博士¹²⁾ もまたこの学説の支持者であつて、同博士は HCl の先駆者は *Diketopiperazin* の形にある蛋白であろうと言っている。しかしこの学説は其後の *Ivy*¹³⁾ 等の進歩せる指示薬を用いた実験、さらに最近には *Bradford* 等¹⁴⁾ により壁細胞の内部にある小管部 *Canaliculus* 自体が既に可なり酸性である事が明かとなるに到り、現今余り省りみられなくなつてゐる。そして現在は HCl の生成の部位はこの小管部にあると考えている。

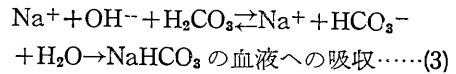
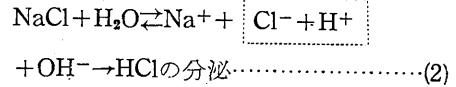
さて HCl は壁細胞内にてつくられるとして、その原料は勿論組織液即ち結局血液の NaCl の Cl⁻ であって、これが HCl を生ずるに到る過程については色々の学説がある。これ等を一々述べる余裕もないから、ここには最も簡明であり又多くの人に知られている Holiander の説¹⁵⁾ を紹介したい。彼は Pavlov の小胃法を行った犬について、胃液酸度は分泌速度と平行して消長する事、分泌速度の最高時の塩酸濃度は略一定であって、0.16N 程度である事を見た。然もこの場合の胃液酸度と全 Cl 濃度との関係を見ると第 6 図に見る如く全 Cl 濃度にはそれ程大きい差が無いが、中和せられた Cl は酸度の低い



第 6 図 胃液酸度と Cl 濃度 (Hollander)

もの程多い事を見出した。そこで彼は塩酸が壁細胞より分泌せられる時には略等張性の HCl として分泌せられるのであるが、胃内容に入れば他の分泌物と混ざる為に酸度が減ずる。併し胃腺の興奮が強くなって壁細胞よりの分泌が充進すれば、中和を来す他の分泌物質が比率としては減ずる結果となって来るから酸度が段々上昇すると言う。そこでこの様な等張性の HCl の分泌を来す機転に関して彼は次の様な学説を立てた。壁細胞の細胞膜は興奮すればよく NaCl

を透過させるが、Canaliculus の形質膜は Cl⁻ や H⁺ は透過させるけれ共 Na⁺ は通さない。(第 5 図参照)。そこで Cl⁻ は H₂O の電離に基く H⁺ を伴って HCl として分泌せられる。あとに残った NaOH は CO₂ により中和せられて NaHCO₃ となり、組織液に逃れると説くのである。



この様な水を分解して透過する現象を膜加水分解と称している。これは結局さきの唾液腺の陽イオン交換反応と原理は同じであろうと思われる。即ちさきの(1)式は(2)(3)の2つの式を組合せたものに外ならないのであって、唾液腺の場合には先ず細胞内に H₂CO₃ が出来てその H⁺ が細胞膜を介して細胞外の Na⁺ と交換される様に説いた。併し H₂CO₃ は結局 CO₂ と加水した H₂O に基因するものであり、且この交換の過程については著者等はなにも言及していない。従って唾液腺の場合にも Na⁺ の細胞膜透過による細胞内への侵入と同時に細胞外に於いては H₂O → H⁺ + OH⁻ の反応(2式)が起りその OH⁻ が細胞内に侵入し、そこで H₂CO₃ の H⁺ と H⁺ + OH⁻ → H₂O なる中和反応(3式)を起して、消滅する一方 HCO₃⁻ を生ずると考えてもよい。この場合 H⁺ の動きに着眼すると、細胞にて H⁺ が消滅して細胞外にて H⁺ が生じているから結局 H⁺ が細胞膜を経て細胞内より細胞外に出で、Na⁺ と交換された形になっている。同様に胃腺の場合にしてもこの様なイオン透過の機転については全く判っていないのであるから、上記の学説は唾液腺の場合も胃腺の場合も現象論的に同一の酸塩基生産の原理を説いたものと理解してよいのである。

4. 総括的考察

以上筆者は唾液腺と胃腺を例にとって消化腺の酸塩基分泌機転についての今日迄の研究の有様を紹介したのであるが、要するにこの何れの

腺に於いても酸を分泌したり塩基を分泌する特定の細胞が存在し、且つこの細胞に於いて、血液乃至組織液より材料をとって HCl とか NaHCO_3 をつくり、これを分泌している事が明かとなった。そしてこの生産の機転は筆者等の言う陽イオン交換反応乃至は Hollander の言う膜加水分解の過程であって、酸塩基何れの生成にも CO_2 乃至は H_2CO_3 が関与すると考えている。この様に胃液や唾液の分泌に H_2CO_3 が関与している事については次の様な根拠が実験的に得られている。第3表は犬について各種臓器の Carbonic anhydrase (CA) をしらべた成績

第3表 各種臓器の炭酸脱水酵素含量(犬)

順位	臓器	酵素量 (CA)		臓器重量 (g)
		組織 g 当り	組織N g 当り	
1	耳下腺	0.748	0.0560	7.50
2	胃粘膜	0.655	0.0464	112.0
3	腎臓	0.836	0.0431	31.0
4	血液	0.974	0.0322	
5	顎下腺	0.217	0.0222	3.62
6	大脳(皮質)	0.190	0.0188	
7	肝臓	0.377	0.0147	279.7
8	脾臓	0.372	0.0145	28.1
9	十二指腸	0.180	0.0111	
10	小脳	0.250	0.0099	
11	膵臓	0.220	0.0092	30.0
12	睾丸	0.0404	0.0031	10.9
13	空腸粘膜	0.0266	0.0025	
14	舌下腺	0.0285	0.0019	0.56

備考: CA を測定するには組織の Homogenate 1cc に pH 6.8 緩衝剤と M/40 NaHCO_3 各 1cc を加えて CO_2 を脱出せしめ、これを Warburg 検圧計にて測定してその脱出反応の速度恒数 k を求める (37°C)。一方組織材料を加えぬ対照につき求めた恒数を k' とし、 $\text{CA} = k - k'$ としてこれを組織の酵素量の尺度に用いる。組織N量を micro Kjeldahl 法にて測定し、E/N を求むれば細胞原形質蛋白量当りの酵素を比較し得る。表の順位は CA/N の大きさの順序であり、又酵素量は 4~6例の平均値である

であるが、唾液腺、胃腺、腎臓、膵臓等の酸塩基の分泌を行う臓器に特に CA の多い事が目立っている(岩崎⁹⁾)。そして唾液腺の内でも先に述べた様に耳下腺は NaHCO_3 の分泌能が最も高く、舌下腺が最も低いのであるが(第2表)、CA の含量も亦同様に耳下腺に豊富であって、舌下腺に極めて少い。Davenport¹⁶⁾ は胃の各部

の CA の含量と壁細胞の密度を調べて両者の平行する事より CA は壁細胞に多く含まれるとなし、これが HCl の生成に大きな役割を果すと考えた。そして更に CA を阻害する Thiocyanate を与えると HCl の分泌も抑制せられる事実を挙げた。然るに其後 Feldberg¹⁷⁾ 等は CA の強力な阻害剤である所の Sulfanilamide を動物に与えても HCl の分泌抑制が表れない事より Carbonic anhydrase 学説にはにわか賛成し難いと非難し、Davenport も素直にその学説を引込めた。併し乍ら岩崎⁹⁾ の研究によれば唾液の NaHCO_3 分泌に対する CA 阻害剤の作用は全く此等薬剤の CA 阻害作用と平行している。従って NaHCO_3 の分泌には $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ の反応が関与せる事が示唆せられる。又仮りにこの阻害剤の作用が分泌機転に反映しないからと言って、これより直ちに CA の酸塩基分泌に関与する事を否定するに当らない。それは分泌の本態は炭酸の加水反応よりも、むしろ細胞膜に於けるイオン透過の本態、例えば筆者等の唱うる陽イオン交換反応の本態に關した事である。この場合 CA は単に反応の準備過程に於いて作用するだけの事であるから、いわば分泌機転の補助的反應に過ぎぬ。併しそれにしても CA が分泌機転に關係する事は確である。

要するに胃腺でも唾液腺でもその酸塩基の分泌機転は原則的には同一の機転によるものであって、これは恐らく他の膵臓や腸腺の場合もそうであろうと思われる。では何故に或腺では酸が分泌せられ、或腺では塩基が分泌せられるかと言えば、それは現在の所、形質膜の性質が違うからであると説明する外はない。即ち腺によって塩分中の陽イオンを選択的に透過させるものと陰イオンを透過させるものがあるのである。例えば唾液腺の場合について言えばその条紋部細胞の形質膜は陽イオンの透過は容易であるが陰イオンの透過は OH^- イオン以外は困難であり、又胃壁の細胞の小管部の形質膜は陰イオンの透過は容易であるが陽イオンは H^+ 以外は透過困難であると考えるのである。従って唾液腺の場合には組織液の NaCl 中の Na^+ が水

の解離に基く OH^- を伴って腔腔中に出でて NaHCO_3 を形成するし、胃腺の場合には組織液の NaCl 中の Cl^- が H_2O の H^+ を伴って膜を透過して HCl を生ずるのである (第5図下段の略図参照)。従って、結局酸が分泌されるか塩基が分泌されるかと言う問題は細胞形質膜のイオンの選択的透過性によると言う結論になる。

この様に膜の性質によって陽イオンを透過したり陰イオンを透過するものの存する事は無性物膜の動電的効果に関して古くより論ぜられた問題であって、Michaelis¹⁸⁾ 等の篩膜説によれば、一般に膜は無数の小さい分子的な細孔よりなり、その孔壁が陰イオンを吸着したり (陰性膜)、陽イオンを吸着する (陽性膜) 為に膜に接する溶液中イオンの透過性に差を生ずると説いている。而して膜孔内に侵入したイオンの内で陰イオンを吸着して引止める膜は、陽イオンのみしか透過されない為に、ここに大きな拡散電位差を生じ、且これは陽イオンの濃度や種類によって大いに影響せられる。これを陽イオンの動電的効果と称し、かかる膜を陰性膜と言う。コロジウム膜の如きはこれに属する。又逆に陰イオンは通すが陽イオンを引止めるものを陽性膜と呼んでいる。勝教授¹⁹⁾ は此等陰性膜と陽性膜の区別は固定的なものではなく膜によって境せられた溶液の種類や膜の取扱条件により変り得るものである事を明かにしている。而して同教授の長年に渉る研究にも拘らず此等の現象を総て篩説にて説明して良いかどうかは未だ不明であるという。一方生物膜に於けるイオンの透過現象についても古くより赤血球形質膜のイオン平衡や、腸粘膜の吸収現象や、蛙皮の食塩水の透過現象等について研究が行われている。その結果としてかかる透過現象は到底単純なる物理化学的な透過 (拡散、濾過、滲透) によっては説明困難であって、細胞がエネルギーを消費し、一定の仕事を加えて行く生物学的な透過現象であると考えられている²⁰⁾。この様な透過現象を能動透過 Active transport と称している。そしてその Mechanism は透過す可きイオンを膜の一方より他方に運ぶ様な特殊な化合

物が存在し、これは膜の一侧ではこのイオンを結合するが他側ではこれを放つ性質をもつとせられている。この様な物質の膜透過に際して消費するエネルギーを供給するものは筋の収縮の場合と同様に ATP 等に含まれた Energy rich の Phosphate bond であって、又これを還元させる為に Glycogen の分解が起ると考えられている²¹⁾。要するに消化腺の酸塩基分泌機転もこの様な膜透過性の研究によって始めて解決せられる可き問題である。而してこの様な物質透過に際するエネルギー変換の問題が解決したとしても其後には未だ膜の陰陽性決定の原因を明かにしなければならぬ。従って本論文の緒論に掲げた命題の解決にはまだまだ道は遠いのである。

ここに消化腺細胞にあって前記の如くそのイオンの透過性の種々異ったものが同一の機能条件の下に相集められているのであるから、かかる生物膜乃至は細胞膜透過性の選択性の研究には好き研究対象となるであろうと思われる。即ち消化腺の酸塩基分泌に関する研究は細胞の生命現象の最も基本的なものの1つである細胞膜透過現象の研究に極めて重要な役割を果している事を指摘してこの稿を終り度い。

本稿は昭和28年度 近畿消化器病学会にて行つた特別講演の要旨である。

文 献

- 1) Babkin, B. P. (1950) Secretory Mechanism of the Digestive Glands より引用
- 2) Langstroth, G. O., D. R. McRae and G. W. Stavrakys (1938) Proc. Roy. Soc. London, B, 125, 335
- 3) Benetato, B. et C. Oprisin (1938) Compt. rend, Soc. Biol. 128, 113
- 4) 渡辺 巖 (1940) 東京医会誌 54, 886
- 5) 高岡 渉 (1952, 53) 日本生理誌 14, 504, 15, 371
- 6) 吉村寿人・外 (1950, 51) 医学と生物学 17, 108, 19, 102, 149
- 7) 松田幸次郎・外 (1947) 医学と生物学 13, 303
- 8) 林 謙 (1950) 条件反射学 (応用篇)
- 9) 岩崎準太 (1952) 生理学近畿談話会 (第5回) 口演 日本生理誌 15, 161
- 10) 森 隆之助 (1953) 生理学近畿談話会 (第6回) 口演 日本生理誌 15, 594
- 11) Bensely, R. R. et al (1936) Anat. Rec. 65, 417

- (外に Biol. Bull. 23, 225 (1912) 参照)
- 12) 小林幸次郎 (1927) 実験消化器病学 2, 6
 - 13) Ivy, A. C. and A. B. Dawson (1926) Am. J. Physiol. 76, 158
 - 14) Bradford, N. M. and R. E. Davies (1950) Biochem. J. 46, 414
 - 15) Hollander, F. (1943) Gastroenterol. 1, 401 (外に Science, 110, 57 (1949) 参照)
 - 16) Davenport, H. W. (1946) Physiol. Rev. 26, 560 (其他 Am. J. Physiol 128, 725 (1940); Gastroenterol. 1, 383, 105 (1943) 参照)
 - 17) Feldberg, W. et al. (1940) Nature 146, 651
 - 18) Michaelis, L. (1928) J. gen. Physiol. 8, 33 (外に Biochem. Z. 161, 47 (1925), Naturwissenschaften 14, 33 (1926) 参照)
 - 19) 勝 義孝 (1953) 細胞化学シンポジウム (第6回) 口演 (外に物理化学の進歩 6, 1 (1932) 参照)
 - 20) Ussing, H. H. (1949) Physiol. Rev. 29, 127
 - 21) Höber, R. (1947) Physical. Chemistry of Cells and Tissues.

原 著

体部皮膚圧迫の肺機能に及ぼす影響について 612.216.1

肺 聴 診 音 の 変 化

The Effect of Pressure on the Body Surface upon the Pulmonary Function.
Change of the Auscultatory Sound.

(文部省科学研究費による)

植 木 俊 次 (UEKI-Syunzi)*

I. 緒 言

体部皮膚圧迫がいろいろの自律神経機能に極めて大きな影響を及ぼすことは、高木^{1) 2)}及びその教室員により報告されてきた所である。

その一現象として温熱性発汗を取り上げてみても、半側発汗の原因が圧迫による反射であることが判明した^{3) 4) 5)}。

側臥位のまま患者を診察する場合、下位側の肺聴診音は健康者でも上位側のそれより鋭化することは、臨床家達の屢々経験している処であり、胸壁が厚すぎたり、呼吸音の弱いような時には、患側と思われる側を下位にして行えば、比較的診断し易いとは、かねて云われている所である。しかしその下位側がなぜ鋭化聴診せられるかと云う真の原因に関しては、所謂体位変換に伴なう静水圧性肺鬱血とか下側横隔膜の運動増強によるその側の肺の換気増大によるとかという説があるだけで、余り深くは究明されていない。

更に“鋭化・減弱”という現象に関しては、その周囲血管と如何なる機能的関係にあるのか？またこのような時、気管支並びに気管分枝はどんな態度をとっているのか定説がない。私は被験者に正常椅坐位をとらしめ、一側の皮膚を圧迫して肺呼吸音を聴診した処、圧迫側は著明に鋭化し、反対側は減弱することを見出した。

* 新潟大学医学部生理学教室

この事実は肺に於ける機能的変化が、体位変換による物理的原因によるとする従来の考え方に一大示唆を与えたものと信ずる。

以下は体部皮膚圧迫の肺機能に及ぼす影響に関して、環境温度、湿度、圧迫条件等をいろいろと変え乍ら行った実験成績である。この事から“鋭化・減弱”現象の機能的分析に新しい考察的展開をなし得ればと期待したのである。

II. 実 験 順 序

生体を被験対照とするあらゆる生理学的実験に於いては、環境温度はいつも厳格に取扱われねばならない。

私の実験に於いても環境温度を大体2通りに分けて、19~24°Cを常温、31~36°Cを高温と仮称した。この別々の外的条件下に於ける実験を下記の順序で試みた。

A. 常温環境

I. 片側圧迫の影響

- 1) 正常椅坐位で右側圧迫
- 2) 正常椅坐位で左側圧迫
- 3) 右下側臥位
- 4) 左下側臥位

II. 両側圧迫の影響

B. 高温環境

- 1) 片側圧迫の影響
- 2) 両側圧迫の影響

C. 圧迫の性質を変えた時

- 1) 片側胸部皮膚を吸角 (Breast pump, Saugglocke) で吸引した時
- 2) 両側胸部皮膚を吸角で吸引した時
- 3) 側臥位に於いて上位側皮膚を吸角で吸引した時
- 4) 片側胸部皮内に気腫を形成した時

D. 肺聴診音の変化と、これに伴う鼻の過熱性について

E. 圧迫が肺に及ぼす影響範囲について

III. 実験条件及び方法

被験者は4名の女子を含む15~25才迄の健康者45名で、現在は勿論その既往症にも胸部疾患を認め得ない者のみを選んだ。皮膚圧迫の肺聴診音に及ぼす変化は、著明であるから、聴診器による理学的所見だけで明瞭であるが、私の得た判定が、決して私のみの主観的な感じによつたものでないことを証明するために、圧迫を加えた側及びその反対側又正常時の左右音等を増巾拡大して、tape-recorderに録音し、学会、公開の席で幾度か傾聴して頂いた。またこれをoscillographに描記して、呼吸音振巾の比較を行った。1回の吸気量とその速度とはこの場合極めて重要となるので、これらの条件に就いては、細かく条件づける必要があるが、この度の実験では被験者に可及的一定の調子で行つて貰うよう予め訓練せしめた。聴診部位は背部VI~VIIの肋間腔で、脊柱の両側3~4横指の所と定めたが、それは被圧部に比較的近く、而も呼吸音に心音が混入し難い場所という意味から選んだのである。

文献によれば、聴診器を以つて聴取せられる肺胞音は、大体その直下にあたる約6cm直径の半球状領域内のそれに限られると報告しているから、私の得た理学的所見も、大体この範囲内に於けるものと考えている。但し聴診器内にマイクを取付け、増巾器を介して録音したから、より遠い部位に於ける肺胞音も併せ加わつて聴けたのではないかと考えている。

圧迫部位としては、発汗の場合と同様に、圧迫に対して比較的感受性の強い場所という意味から、腋窩部または側胸部を選んだ。実験時間

は別に一定せしめなかつた。月差、日差、時差による相異は全然なかつたし、季節(10~6月)による差異も認めなかつた。聴診器による判定は可及的外界の雑音を避け、しかも環境温度も変らぬことが理想的であることから、特設防音室を屢々使用した。

この部屋はまた適当な室温を保持することが出来るようにもなつていたので、私の実験には、極めて好都合であつた⁶⁾。

又室内の湿度に関してもこれを適度に保持するように努めた。

圧迫方法

1) 片側圧迫の場合

被験者を背掛椅子に横向きに坐らせ、何れか一方の腋窩部を背掛個所に当て、上半身をこれに寄りかからせる様に命じた。時には助手をして目盛附の棒状加圧器で該部を押さしめ、圧迫の強さを目盛で読んだ。吾々がこの実験のために被験者に加えた圧力は、大体、 $3\text{kg}/8\text{cm}^2$ 以上であつた。

2) 両側圧迫の場合

圧迫に使用した器具は、その中央部に $10\times 15\text{cm}$ のふとんつきの板が取り付けられてある2本の竹棒である。この板の面を被験者の両側被圧部位に当てながら、竹棒の両端を適当な強さで締めた⁷⁾。

この両者の場合共、圧迫以外の刺激因子が体部に加えられぬ様、吾々は充分留意した。肺呼吸音に及ぼす影響が、皮膚圧迫の強さによって、又被験者の性別によって、更には個人差によって、皆それぞれ異なるであろうことは充分考えられる所であるが、私は一応上述の如き条件下で実験を試みた。

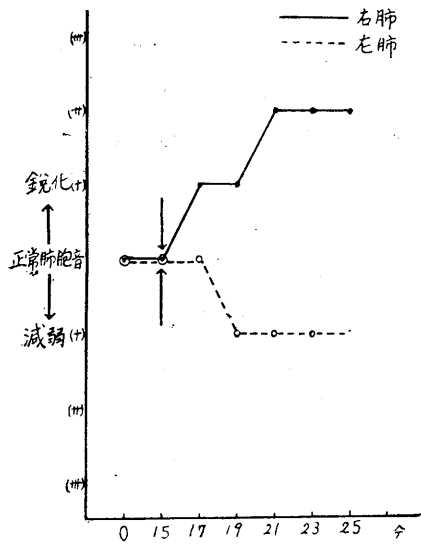
IV. 実験成績

A. 常温環境の場合

1) 片側圧迫の影響

a) 正常椅坐位で右側圧迫

10例の内例外の2例を除いて圧側は他側に比して、鋭化するが、圧側は不変でも反対側が減弱するという成績を得た(第1図)。その両側の



第1図 椅坐位右側圧迫に於ける肺聴診音
室温 D. 19°C, 被験者 15才 ♂

実験日 15/10 (1951), ↓ は右圧迫を示す。又鋭化、減弱の程度を (+) (II) (III) で現わしたが、(+)とは僅かに聴取判別し得る程度、(II)は中等度のそれ、(III)は極めて著明に聴診されるという意味である。

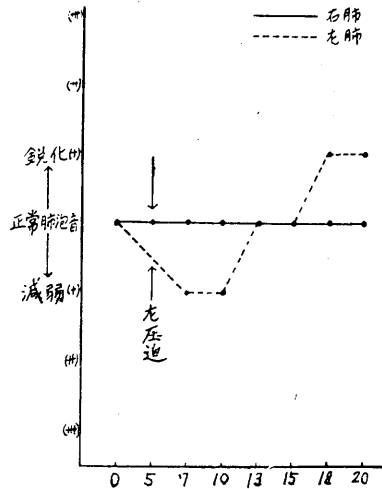
差を細かに見るに、圧側聴診音の鋭化が著明な程、他側の減弱も明瞭であるようであった。例外の2例中の1例は、皮膚圧迫の効果が殆んど認められぬ場合であり、他の1例は、前半経過には却って逆に非圧側が鋭化し、聽て両側共同調になった例で、その後矢張り最後迄圧迫による鋭化現象は起らなかったものである。圧迫を加えてから、聴診音に変化を認める迄の潜伏時間は人により異なるが、大体2~10分位であった。反対に圧除去後放置して正常音に戻る迄の時間は10~20分或いはそれ以上であった。圧除去後自然回復を待たずに、同程度の圧迫をその反対側に加えると、鋭化・減弱音は極めて速に正常音に戻った。

b) 正常椅坐位で左側圧迫

実験数15例。♂10名, ♀5名。

この場合に於いても私の唱えんとする原則に根本的に反する例はなかったが、鋭化の傾向を辿るまでの経過中、圧側が一時正常時より却って弱体化し、次いで漸増的に鋭化してゆく例が2例あった。

即ち皮膚に圧迫を加えると、比較的速に、しかも明瞭に他側との相違が認められる場合と、いろいろの経過をとり乍ら徐に鋭化してゆく場合とのあるのを知った。



第2図 椅坐位左側圧迫に於ける肺聴診音
被験者 20才 ♀ 室温 Dry 19°C

第2図は左側胸部皮膚を圧迫した所、鋭化すべき圧側が逆に一旦減弱し、聽て両側共同強となり、17~18分後から始めて鋭化の徴候を示した1例である。

c) 右側臥位

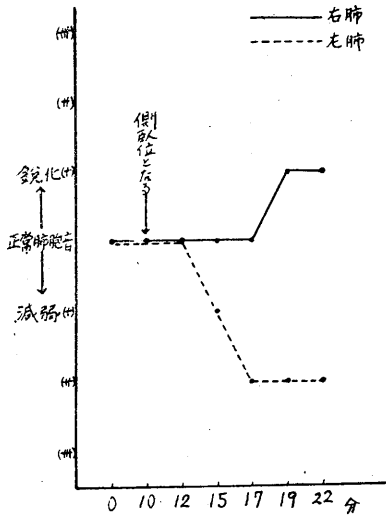
実験15例：この体位は私の考え方から云わしむれば、一側胸部に被験者の体重という強い大きい力の圧迫が加えられた場合と考えられるのである。これまでの実験から予想せられた如く一般的には、第3図に示した如く下位側の肺聴診音は鋭化し、上位側のそれは弱体化して聴取された。

しかしこのように強い圧迫を加えた場合でさえ、矢張り例外はあった。即ち下側の肺聴診音が上位側のそれより弱体化していることもあった。また他の1例に上位側よりは、僅かに鋭化していたが、正常位に於けるそれらよりは、明らかに減弱していたこともあった。

d) 左側臥位

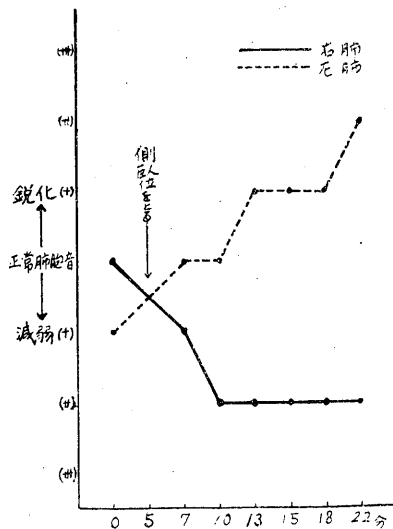
15例。♂10例, ♀5例。

この種の実験例では全然例外がなかった。即



第3図 右側臥位に於ける肺聴診音
室温 Dry 20°C, 被験者 23才 ♂

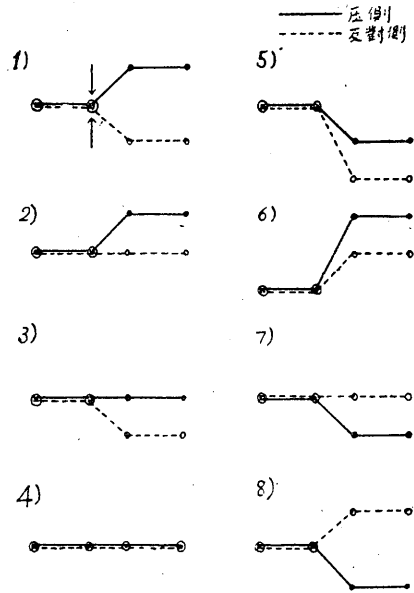
ち下位側の肺音は上位側のそれより著明に鋭化した。また体位変換をさせてから、変化の現われてくる迄の時間も最も短く、他側との差も一番明らかであった (第4図)。



第4図 左側臥位に於ける肺聴診音
被験者 22才 ♀ 室温 Dry, 21°C

以上4通りの実験結果から云えることは、一般に左側の肺呼吸音は、右側のそれより圧迫に対し鋭敏であるということであった。

今これらの成績を小括的に纏めて区分して見



第5図 片側皮膚圧迫の両肺音に及ぼす影響の分類
ると、第5図に示した如く8通りの場合が概念的に考案されるのである。

行った50例以上の実験例から、40例について分類観察し、その百分率を出したのが、第1表である。

第1表

		(%)
1) 圧側鋭化・反対側減弱	24	60
2) 圧側鋭化・反対側不変	1	2.5
3) 圧側不変・反対側減弱	9	22.5
4) 両側不変	1	2.5
5) 両側減弱 (比較的相違)	4	10
6) 両側鋭化 (")	0	0
7) 圧側減弱・反対側不変	1	2.5
8) 圧側減弱・反対側鋭化	0	0
総計	40	100

e) 肺呼吸音の録音と描記装置

増巾には 100V の交流電源によるものを用いた。聴診器に crystal microphone を取り付け干渉を避けるため、6SJ7 による初段の電圧増巾器は、microphone と同一の case 内に収めた。

以下 6SJ7 3本、合計4段の抵抗容量結合増巾器にて、電圧を増巾し、出力管には 807 を用いて10吋の dynamic speaker を駆動して、tape recorder に録音し、これを横河製電磁 oscillograph で描記した。

片側圧迫による肺聴診音への影響を描記するに当り、私は先ず正常（非圧迫）時に於けるそれを、正常椅坐位で記録する心があった。ここに掲載した写真は、16才8の深呼吸時に於ける両肺の聴診音の振巾描記であるが、聴診部位は背部Ⅵ～Ⅶ助間腔で、脊柱から左右外側に約4横指隔った場所である。

これらを眺めてわれわれはすぐ吸息、呼息を識別し得るが、前述した如く正常時に於いても

既に左側は呼息、吸息共その音の振巾は、右側のそれらより幾分大きかった（第6図a）。

次いで左側々胸部上部を圧迫した直後では両側共、正常時のそれらと大差を認めないが（第6図b）、5分（第6図c）、7分（第6図d）を経過した後描記して見ると、非圧側の吸気音、並びに呼気音の振巾は著明に減低し、圧側のそれは増大しているのに気附くのである。減低は聴診音の弱化を意味し、増大は鋭化を示していること勿論である。

2) 両側圧迫の影響

被験者に正常椅坐位をとらせ、その両側々胸部皮膚を前述の器具で圧迫すると、肺聴診音は非圧迫時に比して、左右共弱化した。

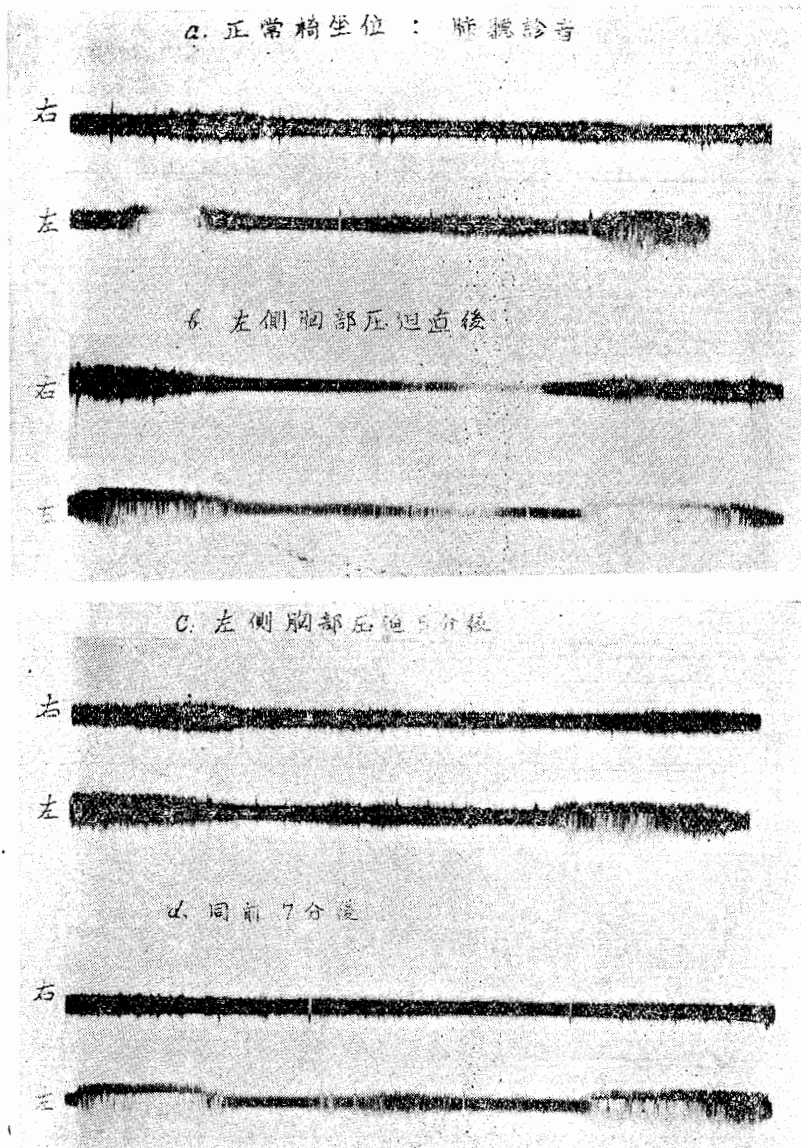
15～20分経て、その圧迫を除去すると、3～4分で旧音に復したが、人によっては後影響が強く残って、中々復旧しない場合もあった（10例中3例）。

興味あることは、圧迫除去に際し、短時間ではあるが、立毛し悪寒を訴える者があったことである（第7図）。

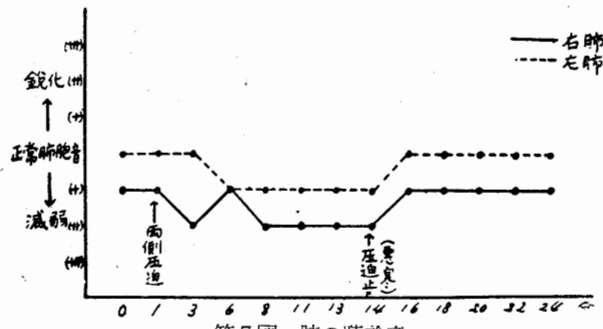
B. 高温環境の場合

温度環境が生体のいろいろの臓器機能に影響を及ぼすことに関しては、かねてより数多い報告があるが、今回私は高温環境下に於ける呼吸音に対する圧迫の影響を検した。

1) 片側圧迫の影響
実験方法は常温環境下に於ける場合と同様



第6図

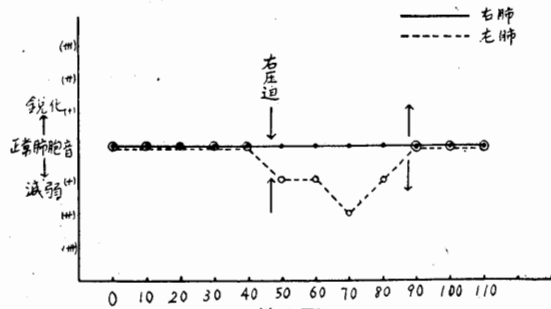


第7図 肺の聴診音
山田照夫 19才 ♂ 椅坐位, 両側圧迫続いて圧迫除去の影響
室温 18~19°C

である。

即ち被験者を1時間、30~32°Cの室温環境に滞在させると、両肺音は共に一般に弱化する。そこで一侧の側胸部を圧迫すると、圧側肺音は不変か又は更に減弱した。しかし非圧側はより一層減弱した。圧迫を除去するや、まもなく両側共呼吸音は旧に復した。

実験例7 (第8図)。



第8図
高温室に於ける一側圧迫が肺聴診音に及ぼす影響
室温 Dry 30~32°C 被験者 13才 ♂

2) 両側圧迫の影響

高温環境下に於ける正常時呼吸音は、常温下のそれに比して低下することは前述した。

常温にあっては常に両側共正常音調で呼吸している者15名を被験者に選び、これを高温環境下に慣らしめ、たしかに減弱することを認めた後、両側々胸部を圧迫した。圧迫5~6分後には肺胞音は両側共更に弱化した。圧迫除去の効果に就いては常温の場合と同様に種々まちまちで、直後から旧に復するものは少なく別図(第9図)に示す如く40分後も尙復し得ないものも

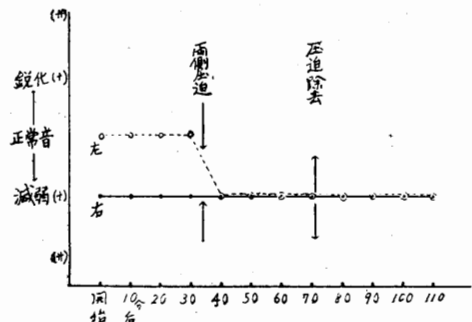
あった。

C) 圧迫の性質を変えた時

1) 吸角を用いる

体部皮膚に与える圧迫の条件、性質を変えて、その肺に及ぼす影響を観察する実験を試みた。即ち常温下、被験者の腋窩部又は側胸部の皮膚並びに皮下組織を吸角で撮み、陰圧による皮膚の牽引が、圧迫による効果と同じ傾向であるかどうかについて検討してみたのである。

被験者 ♂10名, ♀2名, 実験数12例。



第9図
高温環境下、両側圧迫の肺聴診音に及ぼす影響
被験者 25才 ♂ 室温 32~33°C

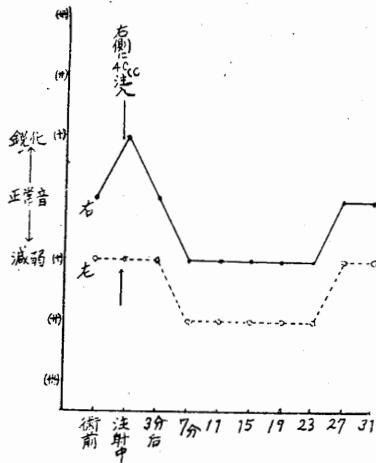
実験の結果では、片側撮皮の時も、両側牽引の場合も、聴診上では肺音に変化を認め得ないことが判明した。

側臥位をとらせて、上位側の皮膚を撮んだ時にも、吸角の影響は全然これを認めることが出来なかった。

2) 皮内気腫の影響

高温環境下、正常椅坐位をとらせた被験者の片側々胸部皮膚に注射器で40ccの空気を徐々に注入した。注入後被験者は該部に軽い圧迫感を覚えると訴えた。この時呼吸音を聴診するに第10図の Kurve が示す如く注入中のみ、該側のそれは僅かに鋭化した。次第に両側共減弱し始めた。併し他側は圧側より更に減弱した。

被験者が注射部位に圧迫感を覚えなくなったのは注入後25分を経たからであった。この時該部を見るに皮内気腫は周囲に平たく拡大し、可成吸収されている様に見えた。呼吸音はほぼ注



第10図 皮内気腫の肺聴診音に及ぼす影響
被験者 33才 ♂ 室温 31°C

入前のそれに戻っていた。

D. 鼻腔の通気性について

体部皮膚圧迫の自律神経機能に及ぼす影響の中、鼻甲介血管に及ぼす作用に関しては、先に教室の高木・河合⁹⁾が報告している。即ち彼等はその結論の中で、体部皮膚の片側圧迫は圧迫側鼻腔の通気状態を不良ならしめるが、之は皮膚に与えた刺激が鼻甲介血管に反射的に作用して該部の静脈性鬱血を来たすためであろうと云っている。若し生体に同時に起る現象を内臓・外部の2つに分けて系統的に考えるならば、この事実は同じ圧迫によって起る肺音の変化に何か考察的暗示を与えるものである。この意味から私はこの両者の相互関係を観察することに興味を感じたのである。

彼等はその実験装置にT字形硝子管を備附したデリング製マスクを使用して、鼻道からの呼吸気流の洩れを防ぐべく留意し乍ら、その気流圧をタンブールを介して kymographion に描記させたが、私は所謂 Glatzel 金属板を真似たエポナイト製板を使用した。即ちこれを被験者の鼻孔に当て、板上の呼吸斑の消滅時間によって鼻腔の通気性を判断したものである。被験者には吸気量を可及的一定に保たしむるようになさせ、又板上に吹き当てる鼻腔よりの排気速度もなるべく一定にさせるよう訓練した。

実験成績の結論から云えば、彼等の報告と同様に皮膚圧迫は圧側の鼻腔の通気状態を不良にし、反対側のそれを佳良ならしむる結果となった。

同一被験者に就いて、肺聴診音と鼻腔の通気性を同時に観察すると、肺音の鋭化は同時に鼻腔の比較的閉塞を伴ない、肺音の減弱は同時に鼻腔通気状態の佳良を伴なうことが判明した。

E) 皮膚圧迫の肺に及ぼす影響範囲について

長谷川¹⁰⁾はその論文“皮膚圧迫の筋緊張に及ぼす影響について”の中で、圧迫に対する部位的感受性に就いて述べた後、圧迫の及ぼす影響範囲にふれている。今回私はより深部臓器である肺に於けるそれを部位的に聴診し、その肺音の変化によって、概念的に区劃してみたいと考えた。

即ち理学的所見から云えば、片側圧迫に於いては、加圧附近部が最も著明に鋭化し、この部を遠ざかるに従ってその鋭化度が弱まっている。若し圧迫部位が可成下部の側胸部部である時には、同側の上肺部並びに肺尖部の呼吸音は、反対側の夫等の対照部と大差ない程度であり、非圧側の下葉—即ち加圧部の対照部位が最も減弱していた。之等の成績は、次いで行われた呼吸音の振巾描記によって確実に立証された。

V. 総 括

健康被験者40余名に対し、片側又は両側の体部皮膚に圧迫を加え、肺聴診音に及ぼす効果を理学的に観察した。更にその聴診音を増巾拡大して、oscillograph に描記せしめ、圧迫による影響効果をその振巾の高低で立証した。

以下、外的環境温度を常温、高温に分けて行った実験成績を総括して見た。

A. 常温環境

1) 片側圧迫の場合

左右肺の聴診音を比較対照するに、正常時既に左側は右側より鋭化して聴診せられることが多い。

a) 正常椅坐位で片側体部皮膚を圧迫するに、一般に圧側の肺聴診音は鋭化し、反対側の

それは減弱する。

b) 圧迫を除去すると直にか、または徐々に旧に復する。圧迫除去後反対側を圧すると、両側の肺音は速に旧に復する。

c) 圧迫によってその側が鋭化する迄に、一旦却って減弱することが屢々ある。非圧側の減弱にもその前に鋭化徴候の現われることがある。

d) 圧迫の性質と大きさが同じでも、効果を現わす迄の潜伏時間は個人によって異なり、また同じ被験者でも体側によって差がある場合がある。

e) 肺聴診音に関するかぎり一側では容易に、しかも著明な変化が現われるが、他側では中々現われぬこともある。圧迫除去の影響はこれと逆で、変化し易い側は中々戻り難いのに反し、変化し難い側は旧に復し易い。

f) 肺音を変化せしむるに足る圧迫の強さ、広さには自ら或限度があるが、圧迫が強い程また広い程、効果も大きいとは云い難い。

g) 私の観察では、概して右側より左側に圧迫の効果が著明であった。

2) 両側圧迫の場合

両側圧迫は両側の肺聴診音を減弱せしめる。

B. 高温環境

高温環境下にあつては、正常位でも肺呼吸音は常温環境下に於けるそれより多少減弱して聴診せられる。

a) 片側の体部皮膚を圧迫しても、圧側の鋭化は常温に於ける時ほど著明ならず、不変か時には寧ろ幾分減弱する。が一方反対側はより一層著明に減弱する。

b) 圧迫除去後、呼吸音の復旧は常温下に於けるより遅延する。即ち後影響が強い。

c) 両側圧迫に於いては、肺音は矢張り両側共減弱するが、圧迫除去後の残存影響は可成強い。

以上の事象から云えることは、体部皮膚圧迫の肺機能に及ぼす効果を或方向に定めようとする為には、内的要素は勿論のこと、環境温度が相当大きく影響するのではないかと思われる。

C) 圧迫の性質を変えた時

吸角による皮膚及び皮下組織の陰圧牽引は、肺音に殆んど影響を及ぼさぬことが判明した。これを刺激される圧受容器の方面から考えて見るに、椅子の背掛箇所や、棒状加圧器で圧迫した場合には、可成深部の圧受容器迄が刺激されるであろう。之に反し陰圧による皮膚の牽引は、表在性圧受容器だけが刺激されるのみだからではなかろうか？浅在性圧受容器が刺激されるだけでも、特に強く現われてくる反射現象もあるが、体温の場合と同様に¹⁰⁾、この肺音の変化も浅深各層の受容器が同時に興奮する程、その効果が強いと考えれば、吸角による刺激効果が小さい理由は、自ら想像される。どちらかと云えば肺に対する影響は、皮膚よりも深部組織からの反射的作用が、主役を演じているのではなかろうか？

D) 鼻の通気性との相関関係を就いて

体部皮膚圧迫による肺聴診音の鋭化は、圧側の鼻腔の通気性を不良ならしむる一方、反対側の肺聴診音を弱化し、鼻では通過性を佳良ならしめる。

之に関して、高木・河合は圧迫によって起る反射性鬱血が鼻閉の主たる原因だろうと云っている。鼻腔はそれ自体従来から機能構造学的に、1つの内部臓器と見做されている。

さて、生体の同じ自律神経系支配下の臓器、機能に及ぼす圧迫の影響は、之を系統的に考えねばならぬ点から、肺聴診音の鋭化の原因の主たるものに、圧迫による鼻閉の場合と同様、反射性の血管径変化を考える事が出来るであろう。

文 献

- 1) 高木健太郎 (昭和28年) 医学のあゆみ 15, 81-89
- 2) 高木健太郎 (昭和27年) 脳と神経 4, 201-207
- 3) 高木健太郎 (昭和26年) 生体の科学 2, 255-262
- 4) 山田達男 (昭和25年) 日本生理誌 12, 252-256
- 5) 高木健太郎 (昭和24年) 日本生理誌 11, 137-141
- 6) 高木健太郎・高橋善作 (昭和26年) 医学と生物学 18, 25-27
- 7) 土屋重忠 (昭和28年) 新潟医学会誌 67, 674-682
- 8) 高木健太郎・河合 仁 (昭和27年) 総合医学 9, 41-42
- 9) 長谷川 渙・倉島昭示 (昭和28年) 日本生理誌 15, 25-29
- 10) 植木俊次 (未発表)

Summary

Under the ordinary (19~20°C) and higher (30~32°C) temperature the mechanical pressure on the unilateral axillary region in the normal sitting position augments the auscultatory sound of ipsilateral lung and reduces that of contralateral one. Bilateral pressure on the same region reduces the pulmonary sound on both sides. These results was confirmed also by recording the pulmonary sound.

The local negative pressure stimulation of the skin by means of breast pump, or the small artificial cutaneous emphysem causes the similiar effect, but slight and temporary. Unilateral pressure on the body surface also provokes the ipsilateral nasal obstruction due to the vascular swelling of concha nasalis. It is provable that similar mechanism is concerned to this pulmonary phenomenon, being supposed the dilatation of the lung cappillary bed on the pressed side.

The author concluded that the mechanical pressure on the skin or more subcutaneous tissue provokes the vascular change of the lung as well as the nasal concha, thus the change of auscultatory sound of lung.

(Dep. of Physiol., Niigata Uni. School of Med.)

簡単な煤紙描記用電流計 578.087:537.72

A Simple Electric Recorder for Smoked Paper.

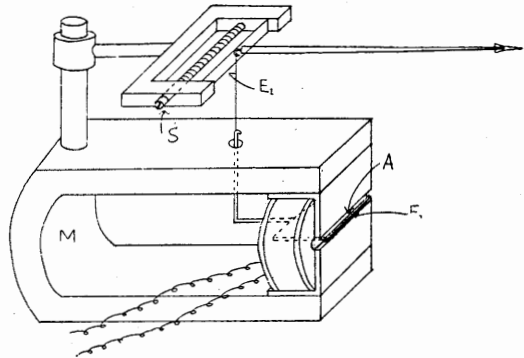
島 山 一 平 (HATAKEYAMA-Ippei)*

最近電氣的現象の研究が広い分野で行われるにつれ、感光紙に撮影する光學的方法に代って種々の利点を有するインク書き電流計が種々考案されており、殊に一般医学方面においては高性能のものが広く利用されている。一方主として生理学方面では種々の現象を煤紙に描記する簡便な割合に精密な方法が現象描図用として普及しているが、種々の現象との同時描記等という点から考えて、電氣的現象もこの方式で描図することが望ましい。實際既に pick up や⁴⁾ dynamic Speaker⁵⁾ を利用したものが発表されているが、筆者も安価な magnetic speaker を改造した一種の記録電流計を自作し種々の利用価値を認めた。この装置は一般記録電流計としてばかりでなく種々の点から従来広く用いられている記号描記器 (electric magnet marker) に代るべきものと信ずるのでここに発表する。

I. 構造及び特性

本器の構造は要するに magnetic speaker の cone及び釣合わせ用のばねを外し, armatureの動きを適当なばね式描記用にて連絡拡大したものに過ぎない。第1図は試作品の1例の構造を示したものである。このように至って簡単な仕組みではあるが, armature の動きが極めて小さい上に出力も大きくないので十分な固有振動数と感度を持たせ、摩擦の影響を少くして煤紙面に正確な曲線を描記するためには細心の注意を要する。

第1に注意すべきは armature が完全に磁石の隙間の中心にあって傾斜しないことである。このためには E_1 及び E_2 の弾力が適当でなければならない。筆者は E_1 には 0.1mm の厚さの磷青銅を幅 2.5mm, 長さ 20mm に切って用



第1図

器械構造の模式図(てこの長さは実物よりも比例が小さくなつている)

A: アーマチュア, E_1 : 磷青銅板, E_2 : スポンジゴム, M: 電磁石, S: 張力加減用ねじ

い, E_2 としてはスポンジゴムを実験的に適当な大きさに切つたものを使った。

次にはてこを極力軽くすること, 即ちその実効質量が小さくなるようにすることである。このためにはてこの腕として麦わらを選びたわみと慣性能率を考慮して先端になる程細くなるように削り, 長さは 7~8cm にとどめた。Petter⁶⁾ によると 2 段でこが同一拡大倍率では実効質量が減る筈であるが, 筆者の試みたところでは, 大振幅を得るためには有効ではあるが, さ程めざましい Güte の改善は得られなかった。

次に摩擦の影響の除去であるが, これは次のような注意によって十分解決し得た。即ち描記円筒としてこの先との接触面における摩擦力 F を考えるに Coulomb の法則によれば, 接触面積に無関係でここに加わつた圧力 P に比例する。即ち

$$F = fp$$

f は静的摩擦係数或は動的摩擦係数である。ここで F を小さくするためには f 及び P を小さくすればよい。 f はてこの接触面を構成する物

* 東京大学医学部生理学教室

質, 描記円筒の煤紙の性質等によって定まっているが, 色々試みた結果, 手軽に得られる物質として薄手のセロファン紙を選び, てこの先端に貼りつけることとした. 次に P を小さくするためには次のような理由により, 接触面の法線方向の動きという点から見た弾性係数 E を小さくすればよい. ここに E は尖端の静止位置 (接触していない時の位置) からの接触面での法線方向への変位を x とすると, 先に生ずるこの方向の張合の成分は P に等しいがこの時

$$E = \frac{P}{x}$$

として表わされる. この場合 x はあらかじめ与えられるから, P を小さくするためには E を小さくする必要があることとなる. E は先のとわみによって発生する張合い状態から定まるわけであるから, 一定の幅の帯ならば先端と円筒とを切線接触とし且つこれを成るべく長くすればよいが, そうするとこの先端が重くなりその実効質量を増す上に, セロファン紙自身の固有振動数が低下する. 従ってむしろ帯の幅を細くし, 且つ尖になる程細くなるようにしなければならぬ. この注意によって煤紙とてこの先との摩擦は甚しく低下し, 小さな動きの範囲では殆ど問題にならぬ程になるが, 只餘りにも P を小さくすると煤をかき取る力が弱く完全に白化し得ぬ結果となった. 摩擦を少なくする手段としては従来, Sherrington の frictionless writing point 方式や, 郷原式, 或は放電法²⁾ など色々考察されているが, 現在の目的に対しては先端が重くなり実効質量の増すこと, 先端の振動によって煤紙との接触が離れる等の理由により使用に堪えなかった.

さて, 自作品の性能はばねの選び方や, てこの実効質量の変化などで, 何種類か作ったものについて相当相違がみられたが, 電流値とふれの大きさは $\pm 10\text{mA}$ 程度まではほぼ比例し, 固有振動数 1 秒間に 50~60 で, 直流感度 1mA につき 1mm 程度のものはさ程困難なく得られるようである. 只本器の減衰は電磁的及び空気制動に止めてある為餘りよくなく, 減衰比が 5 よ

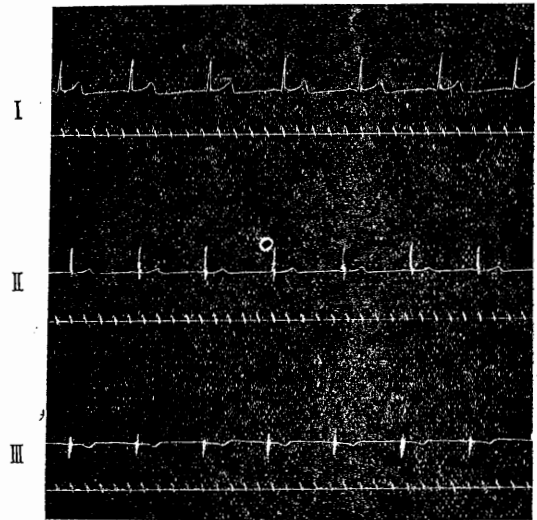
り少ない場合さえあった. 周波数特性には線輪の impedance も関係する筈であるが, 超低周波の発振器が得られなかったので調べられなかった. 然し 50 サイクル以下では甚だしい歪を起す原因にはならないらしいことが矩形波通電特性から想像される.

II. 応 用 例

本器のもつ特徴の中で特に強調しておきたいのは, 構造の簡単さの必然的結果として得られた小型という点である. 餘り大きな空間をとらないので普通のキモグラフィオンに多くの曲線と同時描記できる. 従って応用範囲も次のように広い.

1. 一般記録電流計として

餘り早い変化の現象でない限り一般の電気現象の描記に利用できる. 脳波の α, β, δ 波等には問題が少いが, 人の心電図の R 棘は第 2 図のごとく或程度低下し, 後振動を伴うことさえあ



第 2 図 心電図

上から第 I, 第 II, 第 III 誘導, 描時 1/5 秒, 被験者 43 才男子

使用増幅器: 容量結合 3 段, 時常数 1 秒, 出力管 6F6, 陽極電圧 100 ボルト, 感度 1 ミリボルト 4 ミリアンペア (実物大)

る. 神経衝撃についてもばねを強くし固有振動数を増せば発生したかしなかったかが判る程度

にはなし得た。

2. 記号描記用として

本器に6ボルト程度の電圧を加えれば相当の振幅が得るので従来の記号描記器の機能のすべてを果す事ができる。且つ電流の大きさや方向によって動きも変るから適当な回路を用いて張³⁾の試みたような2重3重記号描記法ができる。又消費電流が少く電池の寿命を長くし得るが、これは Baker 及び King¹⁾ の発表したものの性能をも満たしている。更に一般電子管の負荷となり得るので例えば thyatron の負荷として色々な現象(心搏)などを記号として描くことができる(第3図)。第4図は電子管刺激装置による刺激の記号描記に用いた例である。

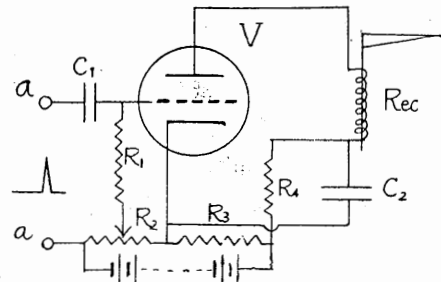
3. 時間描記器 (chronograph) や時間描記用電磁音叉の代用)

適当な発振器につなげば時間描記に用い得ることはいう迄もない。問題は発振器の時間的要素の正確さにある。簡単には交流電源をもととし、これを multi-vibrator や thyatron 継電器につないで、適当に減衰した周波数のパルスを作れば電気時計程度の正確さが得られる。抵抗を通したり変圧器を通したりして直接交流を流せば恰も電磁音叉を用いたように50サイクルや60サイクルの正弦波を描くことができる。

終に臨み 恩師福田邦三教授の御指導御校閲に感謝の意を表す。

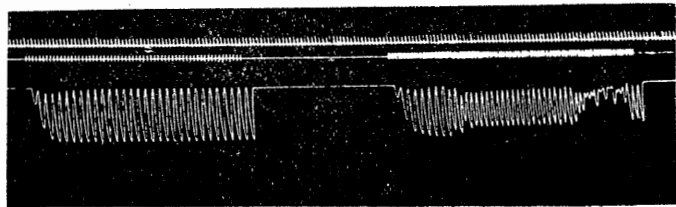
文 献

1) Baker, J. B. E. and G. E. King (1952) An expen-



第3図 記号描記回路

V: thyatron (66G 等), aa: 入力端子 (正パルス), Rec: 記録器, $R_1: 100K$, $R_2: 20K$, $R_3, R_4: 50K$, $C_1: 0.001\mu F$, $C_2: 0.01\sim 0.05\mu F$, B 電源100~200ボルト (エリミネーターでよい)



第4図 刺激記号描記の例

電氣的頻数刺激による遊離心室標本の収縮。左 1cyc/sec, 右 2cyc/sec, 上 描時 1 秒, 中 刺激記号, 下 収縮曲線 (下に収縮)

sive time marker (single impulse and 100c/s) and vibrator. J. Physiol. 117, 43-44

- 2) Bethe, A. (1938) Die Latenzzeit des Froschmuskels in Abhängigkeit vom Reizintervalle. Pfl. Arch. 239, 1-20
- 3) 張 愈強 (1652) (中国語) 複用磁標的製法興応用生理学雑誌 1, 2期, 131-132
- 4) Fuortes, M. G. u. F. Schemenzky (1939) Das Verhalten der Muskelaktionsspannungen in dem Gliedmaßen des Frosches. Pfl. Arch. 242, 141-154
- 5) Lullies, H. (1939) Ein Zeitordinatenschreiber auf elektrisehen Grundlage. Pfl. Arch. 241, 354-359
- 6) Petter, (1906) Inaugural-Dissertation. 34., Broemser (1930) Anwendung mathematischer Methoden auf dem Gebiet der physiologischen Mathematik. Abderhaldens Handb. biol. Arbeitsmeth. V, 1, 81-166

Summary

A new simple device, an application of the magnetic speaker for recording electric phenomena on smoked paper is described. This instrument is the size of conventional electric magnetic marker and convenient for recording various bioelectric phenomena (e. g. electrocardiogram, electroencephalogram). It also serves as a signal marker by weak electric current (5~10 mA) or as a time marker by coupling the suitable electronic oscillator or a. c. 50~60 cycle etc. as in Jaquet's chronographs or the electro-magnetic tuning fork.

(Department of Physiology, University of Tokyo Medical School)

血管の擴張収縮による血管網の流れの抵抗の増減 612.13

On the Variation of the Flow Resistance of the Vascular Net Work.

島 山 一 平 (HATAKEYAMA-Ippeï)*

血管の収縮が流れの抵抗を増し拡張が抵抗を減ずることは当然の事実としてみとめられており、血管灌流法による血管の収縮性の研究や末梢血管の収縮性と血圧との関係の検討などにこの考が或は漠然と或は無批判に広く適用されている。然しこの一見自明の理の如く見える関係も一歩立入って検討して見るならば多くの疑問を孕んでいるといわねばならない。1本の血管を取り出してその両端の圧差とこれを通る流れの大きさとの関係を考えるならば多くの研究結果が示すように^{1) 2)}、たとえその間に Hagen-Poiseuille の法則が成立しようとすまいと圧差が一定ならば血管径の増加(減少)は流れの増加(減少)をひき起す。即ち流れの抵抗が減ずる(増す)と考えてよいであろうが、実際の血管系は至って複雑な網状を呈しており、或る1つの流れの回路を考える時、その途中の一部分の血管の収縮(拡張)に応じて全体の流れの抵抗が増加(減少)するとは俄かに結論できないのである。即ち一般に或る部分の血管を通る流れの量に注目した時、全血管系の各所における収縮拡張がどのようにこれに影響するかという問題がここに提示されるのであって、これは血流調節の機構を論ずる際至って重要な問題であるといわねばならぬ。この問題についてふるく Volkman⁵⁾, Thoma⁴⁾, Hess¹⁾ 等が多少考察を加えていないではないが、それらは最も簡単な血管網に関する簡単な解析に過ぎず、実際の複雑な血管系にそのまま適用するには餘りにも制限された事実を述べているに過ぎない。そこで筆者は成る可く広い一般的な条件の下に、極力省略的な仮定のない血管網に適用され得る流れの法則性について若干の考察を加えたいと思う。

I. 単純血管網における恒常の流れについて

複雑な血管網について考えるに先立ち、一般的基礎的な問題について一考を加える。

ここに1本の血管の部分を取り出し、その両端の圧差を p 、それを通る流れの量(流速)を単位時間あたり i とする時、その血管の形状が変らぬ限り i が p のみに依存することは他の条件が全く一定ならば当然のことであって

$$i = f(p) \dots\dots\dots (1)$$

として現わされる。又両端の圧差が大きければ大きい程流れも増すことは経験的に承認されるので $f(p)$ が微分可能ならば

$$\frac{di}{dp} = f'(p) = \omega(p) > 0 \dots\dots\dots (2)$$

従って

$$di = \omega(p) dp = \frac{dp}{\omega(p)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{但し } \omega(p) = \frac{1}{\varphi(p)}$$

$\varphi(p)$ が常数で ω に等しく、従って $\omega(p)$ も常数で ω なる値をもつならば

$$i = \omega p + k = \frac{p}{\omega} + k \dots\dots\dots (4)$$

となるが、この場合 $k=0$ ならば流れは Hagen-Poiseuille の法則に従うものを含み、 ω は流れの抵抗を意味する。 φ はこの場合流動度(fluidity)と呼ばれるものに相当している。今問題にしている血管が一樣な半径 r を有する長さ l の円管状をなし、その中を粘性係数 μ の液体が流れるとし、Hagen-Poiseuille の法則が成立するとすれば

$$\omega = \frac{8\mu l}{\pi r^4} \dots\dots\dots (5)$$

であらわされ、 r の増(減)が ω の減少(増加)をひき起すことはよく知られているが、管径に

* 東京大学医学部生理学教室

不同があっても、(4)の式 ($k=0$) は成立し

$$\omega = 8 \frac{\mu}{\pi} \int_0^l \frac{dx}{r^4(x)} \dots\dots\dots (6)$$

としてあらわされることが容易に証明される。この式で x は問題にしている血管の一端から測った長さで r は x の函数になっているわけである。即ち全抵抗は血管の各微小部分の抵抗の総和となる。然し物理的に見られている現象においても $\varphi(p)$ $\omega(p)$ は必ずしも常数ではないのであって、たとえば内面の粗い管では

$$i = k\sqrt{p} \dots\dots\dots (7)$$

の成立することが判っているが、この場合

$$di = \frac{1}{2} k \frac{1}{\sqrt{p}} dp$$

即ち $\varphi(p) = k_1 p^{-\frac{1}{2}}$ $\omega(p) = k_2 p^{\frac{1}{2}} \dots (8)$
(但し k, k_1, k_2 は常数)

となる。又液体が実際の血液の様に懸濁質である場合には Bingham の式が成立ち

$$i = \frac{\pi r^4}{8\mu' l} (p - \frac{4}{3} p_y + \frac{p_y^4}{3p^3}) \dots\dots\dots (9)$$

であるから

$$di = \frac{\pi r^4}{8\mu' l} (1 - \frac{p_y^4}{p^4}) dp$$

従って

$$\varphi(p) = \frac{\pi r^4}{8\mu' l} (1 - \frac{p_y^4}{p^4}),$$

$$\omega(p) = \frac{8\mu' l}{\pi r^4} (\frac{p^4}{p^4} - \frac{p_y^4}{p^4}) \dots\dots\dots (10)$$

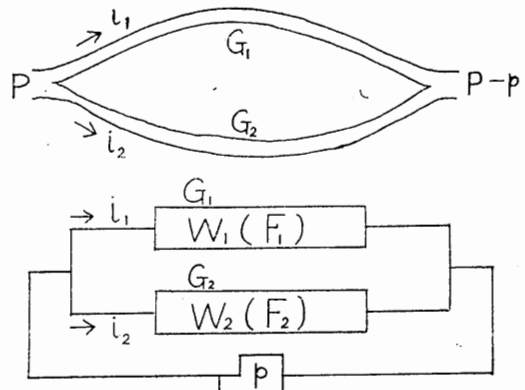
このように表現した $\varphi(p)$, $\omega(p)$ をそれぞれ広義の第2種流動度、第2種抵抗と呼ぶことにしよう。然し実際的には又

$$F(p) = \frac{i}{p}, \quad W(p) = \frac{p}{i} \dots\dots\dots (11)$$

と定義するやり方も考えられ比較的広く用いられている。之をそれぞれ広義の第1種流動度、第1種抵抗と呼ぼう。この場合も 圧-流速比例の法則が成立つ時 F 及び W は常数で常識的な概念と一致する。第1種の意味によれば同じ圧が加わった場合、 F の大きい方が流速も大きいことが常に成立するが、第2種の意味では $\varphi(p)$ の大きい方が必ずしも流速が大きいとはいえない。

先ず第1種の意味における流動度或は抵抗の変化が血管網の総合流動度或は総合抵抗にどのように影響するかを見よう。血管の分岐部から次の分岐部迄の間は通常1本の管であってこれを血管網の1素子とみなすことができる。各素子にはそれぞれ(2)を満足させるような流れの法則が成立しているとしよう。もし、 F 或は W が常数ならばこれをそれぞれ電気伝導度或は電気抵抗とにおいて電気学上の線状回路網と同様に考察することができるが、ここでは更に一般的な条件の下に法則性を求めよう。この場合も第1種の意味においては如何なる圧においても或る素子の血管の収縮(拡張)はその抵抗の増加(減少)を来すものと考えることができる。

さて最も簡単な場合として2つの素子の結合様式について考えるならばそれには並列と直列の2つしかない。先ず並列の場合(第1図)に



第1図 並列結合 (説明本文)

ついて図の様に2つの素子 G_1, G_2 が結合して各々を通しての流量が i_1, i_2 であり

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= f_1(p) = F_1 p & f_1'(p) &> 0 \\ i_2 &= f_2(p) = F_2 p & f_2'(p) &> 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

が成立するとすれば全体の流量 i は

$$i = i_1 + i_2 = f_1(p) + f_2(p) = F_1 p + F_2 p = (F_1 + F_2) p \dots\dots\dots (13)$$

従って総合流動度 $F(p)$ は $\frac{i}{p}$ に等しいから

$$F(p) = F_1(p) + F_2(p) \dots\dots\dots (14)$$

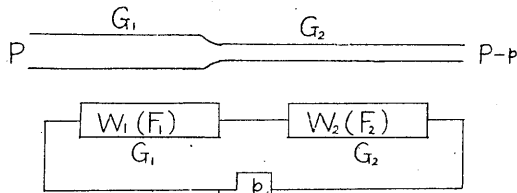
これから直ちに総合抵抗 W は

$$W(p) = \left(\frac{1}{W_1(p)} + \frac{1}{W_2(p)} \right)^{-1} \dots (15)$$

として表わされる。

これらの結果は p の一定なる限り W_1, W_2 も一定であることから出た当然の帰結でこの場合は電気伝導度或は電気抵抗と全く同じ法則性をもつ。而して或る血管、たとえば素子 G_1 の収縮(拡張)は F_1 の減少(増大)を来すと考えられるから F の減少(増大), W の増大(減少)をひき起すことになる。

次に直列に繋っている場合を考えると(第2図), これは実際的には法則性の異った2種の血



第2図 直列結合(説明本文)

管の結合を意味するのであろうが、その1素子の収縮(拡張)が総合流動度の減少(増加)を来すであろうことは常識的にも想像されるところであって、これは次のように証明される。

素子 G_1, G_2 の両端の圧差をそれぞれ p_1, p_2 とすると

$$p = p_1 + p_2$$

$$i = i_1 = i_2 = F_1 p_1 = F_2 p_2$$

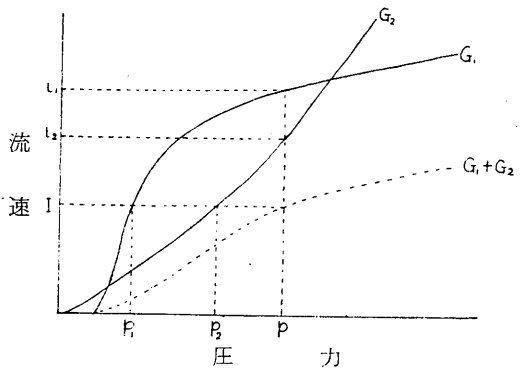
故に

$$F(p) = \frac{F_1(p_1)}{p} = \frac{F_2(p_2)}{p} \dots \dots \dots (16)$$

$$W(p) = W_1(p_1) + W_2(p_2) \dots \dots \dots (17)$$

p_1, p_2 は第3図の如く $i-p$ 曲線から求めることができる。

今素子 G_1 の収縮(拡張)に際して全流量が i から i' に各素子の圧が p_1, p_2 から p_1', p_2' に変わったとする。もし $i' \geq i$ ($i' \leq i$) とすれば G_2 の性質は不変なので $p_2' \geq p_2$ ($p_2' \leq p_2$) となる。又 G_1 は不変であっても $p_1' \geq p_1$ ($p_1' \leq p_1$) であるが収縮(拡張)しているのであるから更にこの傾向は強調されなければ同じ圧の時却って流量が増加(減少)したり不変だったりすることとな



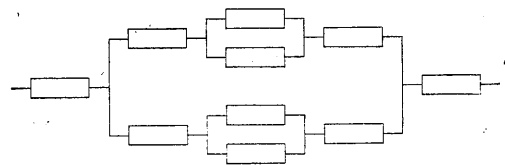
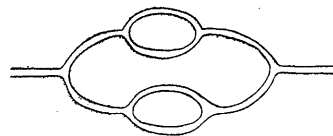
第3図

直列2素子の各々及び総合系の圧-流速曲線(記号の意味は本文)

る。従って $p' = p_1' + p_2'$ とする時 $p' > p$ ($p' < p$) となり $p' = p$ とならねばならぬ事実と矛盾する。

すなわち2素子の場合にはそれが並列結合であろうと直列結合であろうと1素子の収縮(拡張)はその総合抵抗を増し(減じ)総合流動度を減少(増加)することになる。

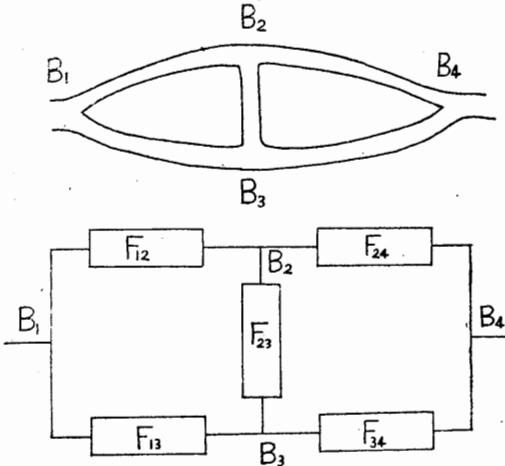
3素子の場合についてはその中の2素子を取り上げこれを1つの総合抵抗に置きかえてあたかも1素子の如く考えれば2素子の場合に帰することができる。4素子以上の場合においてもそれが結局2素子の基本回路に帰し得るならば同一の所論が成立する。然し5素子以上の場合にはその結合方式によっては基本回路に帰し得ないものもある。第4図のものは10素子から成



第4図

10素子単純血管網の1例(Volkman⁵⁾の例から)

り一見複雑そうであるが結局基本回路に分解できる。第5図のものは5素子から成るけれど上



第5図 5素子の複雑血管網

の所論をそのまま適用することができない。これについては後述するが一般に2素子の基本結合様式の組合わせに帰し得る血管網を単純血管網と呼ぶことにするならば以上の考察の結果は次の様に表現することができる。

単純血管網においてはたとえ各部に 圧-流動比例の法則が成立しなくとも (2) の法則が成立し素子としての血管の収縮 (拡張) によって (11) で定義した流動度或は抵抗 (第1種の流動及び抵抗) が如何なる圧においても減少 (増加) 或は増加 (減少) するならば、或る素子の収縮 (拡張) によってその総合流動度或は総合抵抗は減少 (増加) 或は増加 (減少) する。

第2種の流動度及び抵抗についても同様な考察を加えることができる。但しこのとき同一素子に注目した場合その収縮 (拡張) は $\varphi(p)$ の減少 (増大) をひき起すだけでなく同じ圧を加えた場合の流量の減少 (増大) があること即ち第2種の意味の流動度も減少 (増大) すると考えなくては事実と違って来る。

符号は前の場合と同じに考えて先ず2素子の並列の場合を考えよう。総合流動度及び総合抵抗を $\omega(p)$ 及び $\omega(p)$ とすれば

$$\omega(p) = \frac{di}{dp} = f_1'(p) + f_2'(p) = \omega_1(p) + \omega_2(p) \dots\dots\dots (18)$$

$$\omega(p) = \left(\frac{1}{\omega_1(p)} + \frac{1}{\omega_2(p)} \right)^{-1} \dots\dots\dots (19)$$

$\omega_2(p)$ が一定なら $\omega_1(p)$ の減少 (増大) が $\omega(p)$ の減少 (増大) を来すことは明らかである。

従って全流量

$$i = \int_0^p \omega(p) dp \text{ と } i' = \int_0^p \omega'(p) dp$$

を比較した時圧 0 ならば i は 0 で同じであるが、その他では $\omega_1 < \omega$ 或は $\omega_1 > \omega$ なので全流量の減少 (増大) を起すことがわかる。

直列の場合には

$$\omega(p) = \omega_1(p_1) + \omega_2(p_2) \dots\dots\dots (20)$$

$$\varphi(p) = \left(\frac{1}{\varphi_1(p_1)} + \frac{1}{\varphi_2(p_2)} \right)^{-1} \dots\dots\dots (21)$$

p_1, p_2 はやはり第3図の様にして求めることができる。この場合 G_1 の収縮 (拡張) は p_1 の増大 (減少) を来すけれど同じ圧条件での比較でないから $\omega_1(p_1)$ は必ずしも増大すると限らず、 $\omega_2(p_2)$ の増大減少についても何ともいえない。即ち一般的には第2種の抵抗の増大減少については何ともいえない。然し (4) 式が成立つような時には ω_1 も ω_2 も常数なので、例えば G_1 の収縮 (拡張) によって ω_1 が増大 (減少) すれば総合値としての ω も増大 (減少) することがいえる。

即ち (2) (3) で定義した第2種の抵抗及び流動度 (ω 及び φ) についてはその並列の場合には1素子の変動の方向は全体の変動の方向と一致するが、直列の場合については何ともいえない。3素子以上の場合については単純血管網でも (4) 等特殊の関係が成立つ時以外は一定の法則性を結論することができない。

以上の所論は要するに単純血管網において流入口が1つしかない時、又流出口はすべて等しい圧条件にある時、流入口にかかっている圧が一定ならば、或る部分の血管の収縮 (拡張) は流れの法則が相当一般的であっても常識の如く全体の流量の減少 (増加) を来すことを示している。又圧と流れの関係を調べると血管の拡張する程圧の増加分比して急激に流量が増すという実際起りそうな関係 (これを第2種の抵抗或は流動度の概念が示す) はそれ程一般的な条件の下には成立しない。然し実際の血管系では

相当 (4) に近い条件が成立つという経験的事実があるので、第2種の抵抗や流動度についても単純血管網である限り、相当常識的な上述の性質を示すと考えてよさそうである。

II. 一般血管網における恒常の流れについて

前節において疑問として残された単純血管網でない場合の問題について考察するにあたって最も一般的な問題、即ち“或る血管網にあって各素子血管系の流れの法則及び外部から加えられた圧 (恒常圧, 2つ以上でもよい) が判っており、定常な流れの状態が成立している時に各所に於ける圧力及び流速配布は如何”という問題を取り上げよう。その中でも先ず最も簡単な場合、即ち各所に 圧-流速比例の法則

$$i = Fp = \frac{p}{W} \dots \dots \dots (22)$$

が成立する場合について考えよう。この場合 F 及び W は第1種の意味においても第2種の意味においてもそれぞれ流動度および抵抗を意味する。(22) に於いて i を電流, F を電気伝導度, W を電気抵抗, p を電位差とみなせばこの問題の解決には電気回路における論議, 就中, 線状回路網におけると同じ論法が用いられると考えられる。

今問題の血管網の各分岐点に注目し, これを $B_1, B_2, B_3 \dots$ 等と名付ける。又2つの分岐点 B_λ, B_μ を連ねる血管を $G_{\lambda\mu}', G_{\lambda\mu}'' \dots$ 等とするが, 今 B_λ, B_μ 間の総合抵抗及び流動度を考え $W_{\lambda\mu}$ 及び $F_{\lambda\mu}$ で表す。2本以上の場合は並列合成値

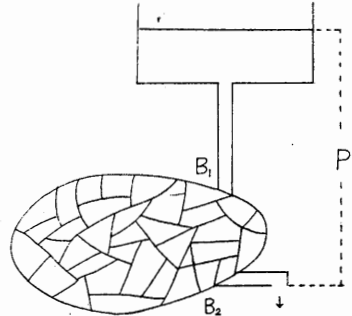
$$W_{\lambda\mu} = \left(\frac{1}{W_{\lambda\mu}'} + \frac{1}{W_{\lambda\mu}''} + \dots \right)^{-1},$$

$$F_{\lambda\mu} = F_{\lambda\mu}' + F_{\lambda\mu}'' + \dots$$

であり, 連ねる血管のない時は $W_{\lambda\mu} = \infty, F_{\lambda\mu} = 0$ とおく。又 B_λ, B_μ の圧を p_λ, p_μ で, B_λ, B_μ 間に挿入された外部圧力 (実際的には定圧灌流原の圧力とか心臓の搏出力による圧力とかを意味する) を $P_{\lambda\mu}$ であらわし, λ から μ への流れの速度を $i_{\lambda\mu}$ であらわせば, これ等の量の間には Kirchhoff の法則類似の

$$\left. \begin{aligned} W_{\lambda\mu} i_{\lambda\mu} &= p_\lambda - p_\mu + P_{\lambda\mu} \\ \sum_{\mu} i_{\lambda\mu} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (23)$$

が成立たねばならぬ。ここに注意すべきは $P_{\lambda\mu}$ の絶対値及び符号のとり方である。例えば通常の灌流法のような場合 (第6図), 血管系が同一水平面上にあれば, その面を基準とする。この



第6図 血管網の灌流模式 (説明本文)

時 $P_{\lambda\mu}$ は1つしかないわけであるが, もし血管系が同一水平面上にない時には各所に静水力学的圧差を生じ, これに起因する量を積分したものが $P_{\lambda\mu}$ として働くことになる。正負の符号は B_λ の方が高い時に負になる様に定める。 p_λ, p_μ の絶対値の基準はどこに取ってもよい。

(23) から i を消去すると

$$\sum_{\mu} a_{\lambda\mu} p_{\mu} = -\sum F_{\lambda\mu} P_{\lambda\mu} \dots \dots \dots (24)$$

$$\text{但し } a_{\lambda\mu} = \begin{cases} \sum_{\nu} F_{\lambda\nu} & \lambda = \mu \text{ の時} \\ -F_{\lambda\mu} & \lambda \neq \mu \text{ の時} \end{cases}$$

ここで p_{μ} は相対的な値であるから $p_1 = 0$ と置いて p_2, p_3, \dots を求めることにすれば $\sum_{\mu} a_{\lambda\mu} p_{\mu} = 0$ という関係を考えて線型代数方程式の行列式による一般解法に従い

$$p_{\mu} = \frac{D_{\mu}}{D} \dots \dots \dots (25)$$

と表すことができる。ここで D は下の如く表される。

$$D = \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} \equiv \begin{vmatrix} \sum_{\nu} F_{2\nu} & -F_{23} & \dots & -F_{2n} \\ -F_{23} & \sum_{\nu} F_{3\nu} & \dots & -F_{3n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -F_{2n} & -F_{3n} & \dots & \sum_{\nu} F_{n\nu} \end{vmatrix}$$

又 D_{μ} は D の $\mu-1$ 列を $-\sum_{\mu} F_{2\mu} P_{2\mu}, -\sum_{\mu} F_{3\mu} P_{3\mu}, \dots$ でおきかえたものを意味する. D は行列式を展開すれば結局

$$D = \sum F_{\lambda_1 \mu_1} F_{\lambda_2 \mu_2} \dots F_{\lambda_{n-1} \mu_{n-1}} \dots \quad (26)$$

の形にあらわされる. Σ の中に入る F の添字である $n-1$ 個の $(\lambda_i \mu_i)$ の組の選び方は 1 つの組においてあらゆる分岐点の番号が少なくとも 1 つは現れており, 1 つの組の各要素には同一のものがなくかつ $(G_{\lambda_i} G_{\mu_i})$ なる血管によって閉回路ができないようなすべての組合わせを取ればよい.

$i_{\lambda\mu}$ についても電気学上の所論と同じ推論を進めて

$$i_{\lambda\mu} = \sum_{(\nu\kappa)} A_{\lambda\mu, \nu\kappa} P_{\nu\kappa} = \sum_{(\nu\kappa)} \frac{B_{\lambda\mu, \nu\kappa}}{D} P_{\nu\kappa} \quad (27)$$

を得る. ここに

$$B_{\lambda\mu, \nu\kappa} = \sum_{(\rho, \tau)} b_{\lambda\mu, \nu\kappa} (\rho_1 \tau_1, \rho_2 \tau_2, \dots, \rho_n \tau_n) F_{\rho_1 \tau_1} F_{\rho_2 \tau_2} \dots F_{\rho_n \tau_n}$$

であり D は (26) と同じである. 又 $b_{\lambda\mu, \nu\kappa} (\rho\tau)$ は電気学上判っているように $(\rho_1 \tau_1), (\rho_2 \tau_2), \dots, (\rho_n \tau_n)$ によってすべての分岐点が連絡されその際に生ずる閉回路において $(\lambda, \mu), (\nu, \kappa)$ が含まれる時, $(\lambda, \mu), (\nu, \kappa)$ がこの閉回路で同じ向きになるか反対の向きになるかによってそれぞれ $+1$ および -1 となる. その他の場合は 0 である.

これで一般的な解が求められたわけであるが (27) の表現は相当複雑であって, この解から直ちに多くの性質を知ることは困難である. ここでは最も簡単なものに属するが基本的な実用的問題をとり上げ応用の例としよう. 即ち通常行われている定圧血管灌流法によって流量を測定する場合その増減に血管の拡張収縮が如何に関係しているかという問題, 或は血圧値の一要因たる実効末梢抵抗値が血管の拡張収縮によって如何に変るかという問題であるが, これは具体的には第 6 図の様に表現できる. 第 6 図では血管網の一端 B_1 から流入し B_2 から流出する系を考え, この血管網は静水力学的に同一の高さ

にあり, B_1 には B_2 に比し P なる定圧が加わっているとす (B_2 が空气中に露出しておれば, P は図のように表現される). この時定常状態に於ては流入量と流出量は同じ (流速 I) であるから, この流出液をそのままとに戻して, あたかも I なる速度で液がこの血管網を通して循環しているように考えることができよう. この時血管網各素子の性質が判っているならば I はどのような値を示すであろうか.

この際

$$I = -i_{12} = \frac{-B_{12, 12}}{D} E_{12} \dots \dots \dots (28)$$

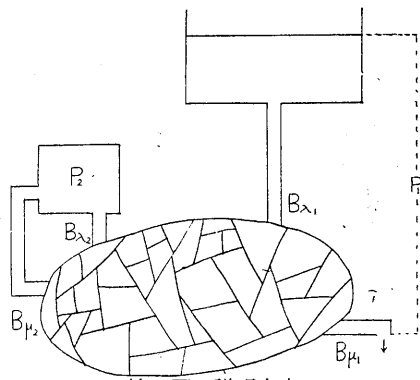
[但し記号の意味は (27) と同じ]

と一般的に表現できる筈であるが, 問題の定性的な解答をあたえるために一応この一般式を措き, 別の方法で考察を試みよう.

一般に如何に複雑な血管網であってもその中の任意の 2 組 $(\lambda_1, \mu_1), (\lambda_2, \mu_2)$ をとりこの中の各々に別々の圧 $P_{\lambda_1 \mu_1} = P_1, P_{\lambda_2 \mu_2} = P_2$ がかけられ, その他には外から圧が加わっていない時, $i_{\lambda_1 \mu_1}, i_{\lambda_2 \mu_2}$ をそれぞれ I_1, I_2 , とすれば

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= A_{11} P_1 + A_{12} P_2 \\ I_2 &= A_{21} P_1 + A_{22} P_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (29)$$

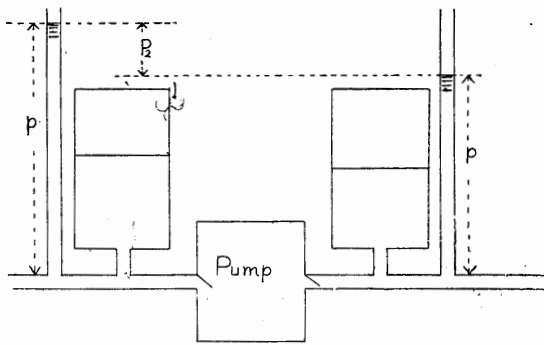
であらわされ $A_{12} = A_{21}$ であることは (27) の一般式から明らかである. これは電気学上の 4 極



第 7 図 説明本文

子に相当している. この場合 P_1, P_2 の具体的意味については第 7 図のような系が考えられる. この図において P_1 は第 6 図と同様に考えてよい. P_2 については B_{λ_2} と B_{μ_2} の間に 1 種のポン

ブ装置がありそれを通ると B_{λ_2} が B_{μ_2} よりも $-P_2$ だけ高くなるように調節されているものと考えることができる。但し普通のポンプでは時間的に P_2 或は I_2 が変わるから、 B_{λ_2} 、 B_{μ_2} の圧差を P_2 に保つ一種の吸引或は送り込み装置といった方がよいかも知れない。勿論 P_1 にもこの種の装置を考えることもできる。今少し実際に近い具体例を考えると $B_{\lambda_1}B_{\mu_1}$ 間、 $B_{\lambda_2}B_{\mu_2}$ 間に2つの心臓があり、十分大きな緩衝能力をもつ Windkessel がその入る側にも出る側にもあるようなもの (第8図) があげられる。



第8図
両端に緩衝装置を備えたポンプ (本文を見よ)

何れにしる如何に複雑な網状をなそうとこの系の性質は A_{11} 、 $A_{12}=A_{21}$ 、 A_{22} なる3つの要素によって決定される。

さて今もし B_{λ_2} 、 B_{μ_2} 間に以上の P_2 が存在せずその代り流動度 $F_{\lambda_2\mu_2}=F_2$ なる血管 G_2 によって繋がれていたとしよう。(23) の第1式により

$$I_2/F_2 = p_{\lambda} - p_{\mu_2} \dots\dots\dots (30)$$

であるが、これは

$$0 = p_{\lambda_2} - p_{\mu_2} - I_2/F_2$$

$$I_2/\infty = p_{\lambda_2} - p_{\mu_2} + P_2' \dots\dots\dots (31)$$

(但し $P_2' = -I_2/F_2$)

と変形される。即ちこの血管網において(23)の連立方程式を解く上からは、 I_2 があらかじめ判っているならば(31)なる式を(30)の代りに用いてもよいことになる。換言すればこの血管網においては血管 G_2 を除き、その代りに圧 P_2' を加えても、各所の圧及び流速分布は全く変らぬ

ことが判る。

そこで問題をもとに戻し第6図のような系について考える。これは第7図と原理的には同じであるが、(29)式と対応させる為次の様に記号を定める。血管網はすべて静水力学的に同じ位置にあり、 B_{λ_1} から液が入り B_{μ_1} から流出するものとする。その流速を I_1 であらわし、 B_{λ_1} は B_{μ_1} よりも $-p_1$ だけ圧が高いとしよう。血管網の1素子 $G_{\lambda_2\mu_2}$ をとり上げ、その流動度を F_2 、これを通る流れの速度を I_2 とする。いま $P_2' = -I_2/F_2$ とおけば上の所論によって

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= A_{11}P_1 + A_{12}P_2' \\ I_2 &= A_{21}P_1 + A_{22}P_2' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (32)$$

但し上の定義に従えば I_1 は血管網を通らずに B_{λ_1} から B_{μ_1} に向う流れを正とっているのである。この場合負である。 P_1 も負である。又 P_2' は F_2 が正なので I_2 と逆符号である。ところで今この血管網において F_2 だけが変わったとすると、すべての i 及び p に変動を生ずることはいう迄もないが、その中でも P_2' はどのように変化するのであろうか。 F_2 の絶対値の増加すると共に P_2' の絶対値は減少するか或は0に等しいことが次の様にして証明される。即ちもし P_2' の絶対値が F_2 の単純増加 (或は減少) 函数でないならば F_2 の異った値において P_2' が同じ値を示す筈である。この時 I_2 は異った値をもたねばならぬが(32)の第2式により P_2' が同じならば I_2 は同じでなければならぬ事実と矛盾する。この際 P_2' が常数の場合も許容されるが、 $F_2 = \infty$ の時は $P_2' = 0$ でなければならぬので F_2 の如何に拘らず $P_2' = 0$ という事になる。又 P_2' は正か負の何れかのみの値である。何となれば F_2 の無限大の時 $|P_2'|$ は最小値を示すがこれは0に等しい。且つ P_2' は F_2 の単純増加 (或は減少) 函数なのであらゆる P_2' が >0 (或は <0) となる。

さて F_2 が増加して $|P_2'| \rightarrow 0$ に近附いたとしよう。この時 P_2' と I_2 とは逆方向でなければならぬが(32)の2式で $|A_{22}P_2'| \rightarrow 0$ となりこの項を殆ど無視しても差支えなくなるので

I_2 と $A_{21}P_1$ とは正負相反しなければならぬ。
 $P_1 < 0$ なので結局 $P_2' \geq 0$ なるに従って $A_{21} \geq 0$
 という関係が導き出される。一方 I_1 は常に負
 であり $P_2' = 0$ の時にも負であるから $A_{11}P_1 < 0$
 なることは (32) の第 1 式により明らかである。
 ところが上の推論によれば $P_2' \geq 0$ なるに従っ
 て $A_{21} \geq 0$ なので $A_{12}P_2' > 0$ が P_2' の如何に係
 らず成立する。故に (32) の第 1 式右辺の第 1 項
 は負、第 2 項は正でその和はつねに負でなけれ
 ばならぬので第 2 項の増加、即ち $|P_2'|$ の増加
 (減少) は $|I_1|$ の減少 (増加) をひき起すこ
 となる。 $|P_2'|$ は F_2 の増加 (減少) と共に
 減少 (増加) するか或は 0 に等しいことが前の
 所論で判っているので、結局 F_2 の増 (減) は
 I_2 の増 (減) をひき起すか、或は I_2 を不変の
 ままに止めるという結論が出る。即ち一般に次
 の様な命題が成立する。

“一般に 1 組の同一圧条件の流入口と 1 組の
 同一圧条件の流出口のみ開いており、他は完全
 に閉じている血管網が 圧-流速比例の法則の成
 立つ素子の組合わせとみなし得るならば、ただ
 1 素子の血管部分の流動度の増加 (減少) [抵
 抗の減少 (増加)] はこの血管網の総合流動度の
 増加 (減少) [総合抵抗の減少 (増加)] をきたす
 か、或は全く無変化に止まる”。即ち一般に血
 管が収縮 (拡張) すればその流動度は減少 (増
 加) するのであるから、或る血管網においてそ
 の或る部分が収縮 (拡張) するならば灌流量が
 減少 (増加) するか不変に止まるという至極常
 識的な結論になったわけである。然しこれは流
 れの法則が簡単な (22) の式であらわされると考
 えた上でのことであって、他の法則性を有する
 ならば後述のようにこの様な結論を直ちに導く
 ことはできない。

以上の所論は如何に複雑な血管網にもあては
 まるのであるが、1 例として最も簡単な単純血
 管網でない血管網 (第 5 図) について考えよう。
 これは 5 素子から成るいわゆる Wheatstone 橋
 結合に類するものであって G_{23} を通る流れ i_{23}
 及び全灌流量 I は

$$i_{23} = [(F_{12}F_{23}F_{34} - F_{13}F_{23}F_{24})/DP] \dots (33)$$

$$I = [(F_{12}F_{23}F_{34} + F_{13}F_{23}F_{24} + E_{12}F_{24}F_{13} + F_{12}F_{24}F_{23} + F_{12}F_{24}F_{34} + F_{13}F_{34}F_{12} + F_{13}F_{34}F_{23} + F_{13}F_{34}F_{24})/D]P \dots (34)$$

$$\text{但し } D = F_{23}F_{34} + F_{12}F_{34} + F_{12}F_{23} + F_{24}F_{23} + F_{24}F_{13} + F_{13}F_{23} + F_{13}F_{12} + F_{42}F_{34}$$

であらわされる。 $F_{12}F_{34} = F_{13}F_{24}$ の時は F_{23} の
 如何に係らず常に $i_{23} = 0$ 、 I は不変であり、
 その他の時は F_{23} の増大とともに $|i_{12}|$ も $|I|$
 も増すことが観察される ($F_{12}F_{34} = F_{13}F_{24}$ の
 とき F_{23} の如何に係らず $I = \text{常数}$ なることは
 $I = \frac{aF_{23} + b}{a'F_{23} + b'}P$ とおくと $\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'}$ なるこ
 によって証明される。

以上は流れの法則として (22) が適用されると
 考えた場合であるが、諸種の研究の結果血管系
 では一定の条件下に於て 圧-流速比例の法則が
 成立つことの見出されている半面、その他の法
 則性を考慮しなければならぬ場合のあることが
 判っている²⁾。殊に生体における血液循環に際
 しては一般に (4) の k を 0 とみなすことができ
 ぬと考うべきであろう。然しこれ等の場合にも
 その微小変化部分を考えて式を立てることが出
 来る。即ち上と同じ血管網において P_1 を dP_1
 だけ増した時 $v_{\lambda\mu}$, p_{λ} , p_{μ} , I_1 , I_2 , P_2' 等がそれ
 ぞれ $di_{\lambda\mu}$, dp_{λ} , dp_{μ} , dI_1 , dI_2 , dP_2' 増したとす
 れば (23) に相当して

$$\left. \begin{aligned} \omega_{\lambda\mu} di_{\lambda\mu} &= dp_{\lambda} - dp_{\mu} \\ \sum_{\mu} di_{\lambda\mu} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (35)$$

従って (32) に相当した

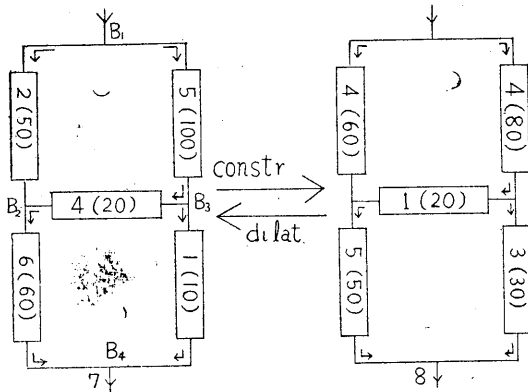
$$\left. \begin{aligned} dI_2 &= A_{11}dP_1 + A_{12}dP_2' \\ dI_2 &= A_{21}dP_1 + A_{12}dP_2' \end{aligned} \right\} \dots (36)$$

があたえられる。今 1 素子 G_2 によって F_2 が
 変わったとしよう。この時一般に全血管網の圧力
 及び流速配布に異動が起り dI_1 , dI_2 , dP_2' の変
 るは勿論、 A_{11} , A_{12} , A_{21} も変動する筈である。
 今簡単な場合として A_{11} , A_{12} , A_{21} はすべて不
 変の時 (例えば (4) の成立つ時) について考え
 る。この時 F_2 の或る値で $\frac{\partial P_2'}{\partial P_1} = 0$ とな
 り P_1 , F_1 が 0 から問題にしている値の範囲で
 $\frac{\partial P_2'}{\partial P_1} \geq 0$ (有限個の $\frac{\partial P_2'}{\partial P_1} = 0$ なる点を

除く) に従って $\frac{\partial^2 p_2'}{\partial p_1 \partial F_2} \geq 0$, 或は ≤ 0 ならば dI_1 は F_1 の増加(減少)に従って減少(増加) 或は増加(減少) することは前と同じ論法から導かれる. この時

$$I_1 = \int dI_1 = \int_0^{p_1} \frac{\partial I_1}{\partial p_1} dp_1 \dots\dots (37)$$

も dI_1 と同じ方向の変化をすることはいうまでもない. ここに注目すべきは実際 (4) の条件が満されているときも P_1 の或る範囲において $\frac{\partial^2 P_2'}{\partial P_1 \partial F_2} < 0$ のことがあり, この場合には第9図の例も示しているように, 或る一素子の流動度の増加によって却って全血管網を通る流れ



第9図

1素子 G_{23} の収縮(拡張)によつて総合抵抗の減少(増加)する例

素子記号の中の最初の数字は流速(例えば cc/sec) 括弧の中は両端の圧差(例えば cmH₂O)

$$\varphi_{12} = \frac{1}{5}, \text{ 屈伏圧 } 40 \text{ 即ち } i = \frac{1}{5} (p-40),$$

$$F_{13} = \frac{1}{20}, F_{24} = \frac{1}{10}, F_{34} = \frac{1}{10}, F_{23} = \text{ 拡張時 } \frac{1}{5}, \text{ 収縮時 } \frac{1}{20}$$

が減るという一見逆理的な結果を呈する事実である. 但し注意しなくてはならぬのは (4) において $p > 0$ なる限り $i \geq 0$ でなくてはならぬことで, この場合 (37) の積分は $\frac{\partial I_1}{\partial p_1}$ が不連続点を有するので, 幾つかに領域を分けて実施し, 加え合わすようにする必要がある. 更に一般的な場合には F_2 の変化と A_{11}, A_{12}, A_{22} の変動との関係にその他の色々な場合の起ることが想像される. 結局血管の収縮(拡張)によって第1種或は第2種の流動度が増加(減少)すると

いう法則及び (2) が満足されても, 一般的には或る血管網の1素子の収縮(拡張)が, この血管網の総合流動度を減少(増加)するか不変に止めるとはいえないのであって, 逆に総合流動度が増加(減少)することすらあり得る.

ここに附加しておきたいのは全体の流れに影響を及ぼさぬ血管の収縮拡張の問題である. 或る素子血管の両端の圧が0に等しい時, 更に一般的に血管の反応範囲での屈伏圧より低いように他の素子の性質が定まっているならば, ここに流れが生じないので, この素子はなきに等しく, 即ちこの血管の収縮拡張は血管網の他の部分に何等の影響をあたえない. もっとも加えられた圧 (P_1) が変ればこの血管にも流れが生じ無視できなくなる. 実際例として, 西丸³⁾の示している毛細管網の模式図では交通枝といわれている部分がこの様な性質を示すと考えられる.

III. 過渡的な現象について

今迄の考察では動力学的な現象を全く無視したが, 実際問題としては定圧血管灌流実験等でない限りこの点の考慮も払わねばならぬであろう. 只比較的遅い変化を問題にする時に限り上の考察も十分活用できると考えられる. 然し生体は単なる物体と異り, いわば物性そのものが絶えず変動するものとみななければならない. たとえば今問題にしている血管の収縮に際して血管径の変動とともにその弾性的性質も変ってゆく. この場合血管網を通しての流れの法則には定常的状态における結果はそのまま当てはまらないであろう. 即ちたとえ 圧-流速比例の法則が適用できても血管網の1素子の収縮(拡張)によって流入量或は流出量が減少(増加)するとはいえぬかも知れない.

ここに簡単な場合として Hagen-Poiseuille の法則の成立つ1本の血管の例をとって考えよう. 即ち血管網が1本の管であつてその半径が r , 長さが l , 液の粘性係数は μ であるとする. 従つて流動度は $1/8\pi\mu^{-1}l^{-1}r^4$ であり, この管の体積は $\pi r^2 l$ である. 今 r が $r=r(t)$ なる時間的経過をもつて変動したとする. この時流入

量流出量が如何に変動するかは血管壁の弾性により $r(t)$ の性質によって異なる筈である。極端な場合として両端に圧差なく全く流れのない管が縮んだ時管外に排出される量はその容積の減少分だけであり、両端に対称に収縮すれば管の両方に半分宛排出するものと考えてよい。この場合は要するに管径と管及管外の系の弾性的性質によって圧勾配ができてそれによって流れが生ずるわけで、急激に収縮する時は圧勾配も大で流れが早くなると考えられる。両端に圧差があり各所の弾性が異なる一般の場合には排出する液量が流出、流入方向で同一とは考えられない。然し如何に流入流出に影響する量が多いとしても単位時間あたりの容積変化 $|2\pi l r \frac{dr}{dt}|$ よりも多いとはかんがえられない。またこの排出によるもの以外の流出量は定常状態における $\frac{1}{8} \pi \mu^{-1} l^{-1} r^4 p$ (p は管両端の圧差) よりも多くなることはなからう。この時

$$I' = \frac{1}{8} \pi \mu^{-1} l^{-1} r^4 p - 2\pi l r \frac{dr}{dt} \dots\dots\dots (38)$$

を考えると $|\frac{dr}{dt}|$ が $\mu^{-1} l^{-2} r^3 p$ に比して十分大ならば、収縮の時は $\frac{dr}{dt} < 0$ なので、 I' が定常状態よりも増す可能性がある。又

$$\frac{dI'}{dt} = \frac{1}{2} \pi \mu^{-1} l^{-1} r^3 p \frac{dr}{dt} - (2\pi l \frac{dr}{dt} + 2\pi l r \frac{d^2r}{dt^2}) \dots\dots\dots (39)$$

をかんがえると、右辺の第2項以下がないと $\frac{dr}{dt} < 0$ の時 $\frac{dI'}{dt} < 0$ であるが、 $|\frac{dr}{dt}|$ が $\mu^{-1} l^{-2} r^3 p$ に比して十分大であるか、 $\frac{d^2r}{dt^2} < 0$ でこれの絶対値が $\mu^{-1} l^{-2} r^3 p$ に比して十分大であるかすれば $\frac{dr}{dt} < 0$ でも $\frac{dI'}{dt} > 0$ となり得るであろう。逆から見れば流出量が増したからといって必しも血管に拡張傾向があるとはいへぬことになる。Hagen-Poiseuille の成立つ血管網はいう迄もなく、一般の複雑な血管網においても、相当急激な変動のある時は流出量の増加が必しも血管の拡張を示さず、同様に流出量の減少必しも血管の収縮を示さずという可能性を考慮しなければならぬであろう。しかし

(38) は最も極端な場合を見積ったものであり一般の血管網ではこれ程甚しい現象は起らぬと考えられる上、単一の管としても l が $1m$ 、 μ が $10^{-2} \text{dyn. cm}^{-2} \text{sec}$ (約 20°C の時の水の粘性係数) p が $10^{-4} \text{dyn. cm}^{-2}$ (水柱約 10cm) とする時 r (cm) が1秒間に $\frac{5}{8} r^4$ (cm⁴) 以上減少しなければ (38) の I' は増加しないのであるから、通常のゆっくりした血管の反応ではむしろこの様なことは起り難いと考えられる。

IV. 血管網容積の増減と流れの抵抗

血管の収縮拡張を一般的に探究する目的で広く行われている plethysmograph は血管の全外容積を以てその大勢を知ろうとする方法である。然し容積の増加(減少)が何処かの血管の拡張(収縮)を意味しているのは当然であるが、これを以て流れの抵抗の増減を俄かに結論することはできない。例えば簡単な例として2素子の並列回路について考えよう。Hagen-Poiseuille の法則が成立つとして2つの血管の径を r_1, r_2 としその拡張収縮によって長さが変らぬとすれば、その総合流動度 F 及び全容積 V は次の様に表される。

$$\left. \begin{aligned} F &= k_1 r_1^4 + k_2 r_2^4 \\ V &= l_1 r_1 + l_2 r_2^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (40)$$

今 r_1 が $a_1 r_1$ に r_2 が $a_2 r_2$ に変わったとすると F, V は F', V' に変り

$$\left. \begin{aligned} F' &= a_1 k_1 r_1^4 + a_2 k_2 r_2^4 \\ V' &= a_1 l_1 r_1^2 + a_2 l_2 r_2^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (41)$$

となる。従って

$$\begin{aligned} F' - F &= (a_1^4 - 1)k_1 r_1^4 + (a_2^4 - 1)k_2 r_2^4 \dots\dots\dots (42) \\ V'^2 - V^2 &= (a_1^4 - 1)l_1^2 r_1^4 + (a_2^4 - 1)l_2^2 r_2^4 \\ &\quad + 2(a_1 a_2 - 1)l_1 l_2 r_1^2 r_2^2 \dots\dots\dots (43) \end{aligned}$$

(42) に l_1^2 を (43) に k_1 を乗じて差をとると

$$\begin{aligned} k_1(V'^2 - V^2) &= l_1^2(F' - F) + (a_2^4 - 1)(k_1 l_2^2 r_2^4 \\ &\quad - k_2 l_1^2 r_1^4) + 2(a_1 a_2 - 1)l_1 l_2 r_1^2 r_2^2 \dots\dots\dots (44) \end{aligned}$$

(44) の右辺の第2項以下は a_1, a_2 の値の如何により正にも負にもなり得る。例えば $a_1 a_2 = 1$ の時で $k_1 l_2^2 r_2^4 - k_2 l_1^2 r_1^4 > 0$ ならば $a_2 \geq 1$ なるに従って第2項 ≥ 0 となる。この時 $a_1 \leq 1$ で

あるが、この関係は $F' \geq F$ の時にもそれぞれ $V'^2 \leq V^2$ 即ち $V' \leq V$ になり得ること、即ち血管総容積と流動度が逆に変り得ることをしめしている。直列の場合にも同様な現象が考えられる。一般の血管網についても流れの抵抗と容積とは管径に関して次数を異にしているからその間に並行関係があるとはいえないであろう。而もこの不並行関係は比較的起り易いものと考えられる。

V. 総括及び結論

1. 1本の血管を通る液体の流れの速度とその両端の圧差との間に圧が高い程流速が増すという関係があるとして (2) 及び (11) 式で定義される $W(p)$, $F(p)$, $\omega(p)$, $\varphi(p)$ なる量を定めそれぞれ第1種の抵抗, 流動及び第2種の抵抗, 流動度と名附ける。血管の収縮 (拡張) に際して W, ω が増加 (減少) し, F, φ が減少 (増加) することは実際の場合に広くあてはまると考えられる。この時血管網を一まとめにして同じやり方で総合抵抗及び流動度を定義すると、これはその血管網の1素子血管の収縮拡張によって次のような影響を受ける。

a) 血管網が素子血管の並列及び直列の組合わせから成る時これを単純血管網と名附けるならば、単純血管網においては素子血管の収縮 (拡張) に際して第1種の総合抵抗は増加 (減少) し、従って総合流動度は減少 (増加) する。即ち一定圧においては流量の減少 (増加) があるが、第2種の意味においてはあらゆる圧についての ω 及び φ の不変性が成立つ時などを除いては上の関係が必ずしも成立しない。

b) 一般の血管網においてはそれが如何に複雑であろうとも、もし各素子血管に圧流速比例

の法則が成立つならば素子血管の収縮 (拡張) は総合抵抗の増加 (減少)、即ち総合流動度の減少 (増加) をひき起すか何等の影響もあたえぬかである。

c) 一般の血管網の各素子に一般の流れの法則が成立つ時は (たとえ第2種の抵抗の不変性があっても) その素子血管の収縮 (拡張) と血管網の総合抵抗及び流動度との間に一般的な関係を結論することができない。むしろ常識とは反対に素子血管の収縮 (拡張) によって総合抵抗が減少 (増加) することさえあり得る。

2. 血管の収縮 (拡張) にもとづく液の排出 (吸入) の為に、たとえ静的には抵抗の増加 (減少) があっても、過渡的な状態として、かえって流出量の増加 (減少) を起す場合が考えられるが実際的可能性は少ない。

3. 血管網総容積の増加 (減少) と総合抵抗の減少 (増加)、或は総合流動度の増加 (減少) とは必ずしも相伴わない。

終に臨み 恩師福田邦三教授の御懇切な御校閲に謝する。

文 献

- 1) Hess, W. R. (1927) Die Gesetze der Hydrostatik und Hydrodynamik. Bethes Handb. normal. u. pathol. Physiol. VII, 889-903, Die Verteilung von Querschnitt, Widerstand, Druckgefälle u. Strömungsgeschwindigkeit im Blut Kreislauf. *ibid.* 904-933
- 2) 福田邦三・長島長節・畠山一平 (1950) 血液循環生理学講座 第8巻 II, 3 中山書店
- 3) 西丸和義 (1950) 毛細管内の体液流 生理学講座 第8巻 II, 4 中山書店
- 4) Thoma, R. (1927) Die experimentelle-mathematische Behandlung des Blutkreislaufes. *Abderhaldens Handb. biol. Arbeitsmeth.* V, 4, II. 1103-1258
- 5) Volkmann, A. W. (1850) Die Hämodynamik Breitkopf u. Härtel, Leipzig.

Summary

The fundamental hemodynamic problem, how the flow resistance of vascular net work is changed by the partial constriction or dilation of the blood vessel, is studied on the theoretical basis.

The flow resistance and the fluidity is defined as follows.

The flow resistance (W) and the fluidity (F) of the 1st kind:

$$W = \frac{P}{i} \quad F = \frac{i}{P} \quad P = \text{pressure difference between input and output.}$$

$$i = \text{flow velocity in volume.}$$

The flow resistance (ω) and the fluidity (φ) of the 2nd kind:

$$\omega = \frac{dP}{di} \quad \varphi = \frac{di}{dP}$$

The results of mathematical analysis are as follows.

1) The resistance or the fluidity of the 1st kind of a *simple vascular net*, that can be divided into fundamental series and parallel connection of 2 elements, increases (decreases) or decreases (increases) by partial vascular constriction (dilation) although the law of flow is not simple, while the resistance or the fluidity of 2nd kind is not simply changed as that of the 1st kind except in special cases.

2) The resistance or the fluidity of the 1st kind of a *complex vascular net*, that can not be divided into series and parallel connection of 2 elements, increases (decreases) or decreases (increases) or remains without change when the flow velocity is proportional to pressure. But on the general law of flow, this proposition is not generally established. Occurrence of increase (decrease) of resistance notwithstanding vascular dilation (constriction) can be demonstrated.

3) The transient effect of vascular reaction upon the flow velocity is discussed. The push-out or take-in effect of vascular constriction or dilation is usually very small.

4) The relation between the flow resistance and the volume of a vascular net is studied. The increase or the decrease of the volume notwithstanding the increase or the decrease of the resistance can be established on the usual condition.

(Department of Physiology, University of Tokyo Medical School)

灌流-下肢血管-膜電位差の研究 612.133.083:612.014.423

(第4報) 諸種薬物灌流の影響

Studies on the Membrane Potential with Reference to the Perfusing Blood Vessels of a Skinned Toad's Leg. Part IV. Effect of Various Chemicals in Perfusing Fluid on the Membrane Potential.

志 多 清 英 (SHIDA-Kiyohide)*

I. 緒 言

生体の血管内に人為的に或る溶液を灌流しつつ、此の灌流液即ち血管内液に連絡する導電極と、血管流域下の臓器組織を浸漬せる溶液即ち血管外液に連絡する導電極との間の電位差を、我々は灌流-血管-膜電位差と名づけている。酒井文三¹⁾により創められた蛙の灌流-下肢血管-膜電位差の研究は、斉藤貞二²⁾により蟷について研究の基礎が固められ、斯かる膜電位差は、生理学的な研究対象として或るまとまった輪廓を備えていることが明らかにせられた。具体的に言えば、斯かる膜電位差は、若干の時間の経過の後にはほぼ平衡の状態を示す電位差であること、斉藤貞二が同液膜電位差に関して、又私が標準膜電位差に関して実証したように、斯かる膜電位差は、生理的機能の季節的変動に対応して推移する電位差であること、并に実験条件が定まれば比較的良好な再現性を表わす電位差であることが明らかになったのである。そこで私は多数の薬物の灌流-下肢血管-膜電位差殊に其の標準膜電位差に及ぼす影響を、薬物の薬理学的系統に即して検討して、此の膜電位差を起している膜の本体を多角的に究明し、之を通じて生命現象の機構を幾らかでも深く正しく掴もうと努力した。此の結果の1つとして私は灌流-下肢血管-膜電位差の上昇下降と、灌流量滴数との間に一定の関係を見出すことが出来た。のみならず永年勝教授門下によって研究せられて来た無生物性膜并に生物性膜の電位差并に透過性に関する研究業績を取り入れる事によって、

それに一応の説明を附けることが出来た。これ以下成績を發表して大方の御批判を乞う所以である。

II. 実験方法

蟷の下行大動脈より0.65% NaCl溶液を灌流し、下肢を循環して前腹静脈より流出せしめ(この血管内灌流液を内液と呼ぶ)、皮膚を剝離した一側の下肢を0.065% NaCl溶液に浸漬し(この下肢浸漬液を外液と呼ぶ)、この内外液間の電位差即ち標準膜電位差を測定し、併せて前腹静脈より流出滴下する灌流液量を1分間の滴数を以て測定し、電位差并に滴数が平衡値に達した時に、内液を0.65% NaCl溶液に一定濃度の薬物を含有せる被検液に切替え、以後逐時的に電位差并に滴数を測定した。

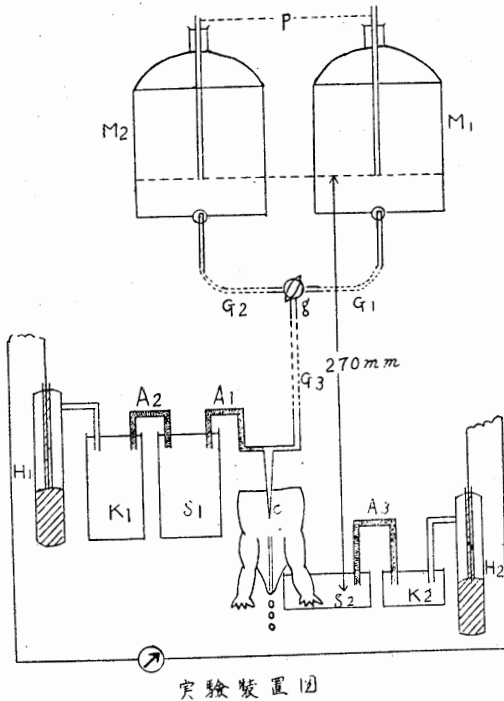
(1) 手術方法

蟷の延髄及び脊髄を破壊し、胸腹境界部にて前腹壁を横に切開し、更に両側腹壁を縦に切開して腹壁を裏返し、前腹静脈を肝臓に入る直前にて切断する。腹部諸臓器を除去し、膀胱、直腸、及び腎門脈を結紮する。次に腹腔腸間膜動脈の分岐部直下にて下行大動脈に小切創をくわえ、一側の下肢の脛部中央部以下の皮膚を丁寧に剝離して固定台上に載せる。

(2) 実験装置

実験装置図によって説明する。下行大動脈に加えた小切創より、Cannulae Cの先端を腸骨動脈分岐部の直前迄挿入し、血管上より固く結紮する。Cの一端は内液流通に関与し、この部分はゴム管G₃を介して三方活栓gの中央の枝に連り、gの他の2つの枝はゴム管G₁および

* 京都府立医科大学生物物理化学教室



実験装置図

G_2 を介して夫々 Mariotte 瓶 M_1 及び M_2 に連なる。 M_1 と M_2 は同一平面に装置し、一方に对照液として 0.65% NaCl 溶液を、他方に被検液として 0.65% NaCl 溶液に一定濃度の薬物含有せるものを入れる。 M_1 及び M_2 には硝子管 p を挿入し、瓶口には固くゴム栓を施す。 C の先端は下行大動脈に挿入し灌流液を通し、他端は 0.65% NaCl 含有寒天橋 A_1 (0.65% NaCl 溶液を以て寒天を 3% の割合に溶かし充填したもので、これは内液に接するので**内寒天橋**と呼ぶ) を兼ね、 A_1 は 0.65% NaCl 溶液を満せるシャーレ S_1 に連絡する。 S_1 は 0.65% NaCl 寒天橋 A_2 により飽和 KCl 溶液を満せるシャーレ K_1 に連絡し、 K_1 には一方の飽和 KCl 甘汞電極 H_1 の嘴管を挿入する。皮膚を剝離せる一側の下肢は、その足関節以下を 0.065% NaCl 溶液を満せるシャーレ S_2 に浸漬し、 S_2 は 0.065% NaCl 寒天橋 A_3 (これは外液に接するので**外寒天橋**と呼ぶ) により、飽和 KCl 溶液を満せるシャーレ K_2 に連絡し、 K_2 には他方の飽和 KCl 甘汞電極 H_2 の嘴管を挿入する。之等の導電極、シャーレ等は実験に便なるよう実験材料

と共に 45 度に傾斜せる固定台上に装置した。又硝子管 p の下端とシャーレ S_2 との高さの距離はつねに 270mm とした。導電極には前記飽和 KCl 甘汞電極を用い、示零器には $10^{-8}A$ の感度を有する Galvanometer を、標準電池には飽和カドミウム標準電池を用い、Potentiometer は島津製 S 型を使用した。実験台、シャーレ及び附属器具は全てパラフィンを溶融塗布して絶縁した。

(3) 電位差測定

Cannulae C を下行大動脈に挿入する前に活栓 g を開き、对照液を流出せしめ、ゴム管及び C 内の空気を予め駆逐し、灌流圧を一定とするため、電位差測定時に硝子管 p の下端より気泡の生ずるよう p 内の液面を予め調節しておいた。斯くして活栓 g を開口してより 10 分毎に内外両液間の電位差を測定したが、電位差は灌流開始直後には値の変動が大きい、60~70 分に至り多数のものは一定するか変動が小となる。故に 60 分以後は 5 分毎に測定し 60 分以後 2 回連続して同一値を示すか又は 75 分以後 2 回連続して測定した値が 0.2mV 以内の差に止る時は、最終回の測定値を以て**平衡値**としたが、90 分迄には全て平衡値に達した。平衡値を確認してより对照液を被検液に切替え、15 分後より 5 分毎に電位差を測定して、多くは 45 分長きは 60 分以上測定して被検液が電位差に与える影響を観察した。被検液に切替後 15 分より測定したのは、灌流液が被検液に置換せられ且つ灌流圧が一定となる (被検液側の Mariotte 瓶内の p より気泡の生じる時) ために 10~15 分間を要するためである。斯くして直接測定された電位差には、冒頭に記述した膜電位差の他に、(i) 内寒天橋と内液、(ii) 内寒天橋と飽和 KCl、(iii) 外寒天橋と外液、(iv) 外寒天橋と飽和 KCl の各々の間の拡散電位差が累加されているが、(ii) と (iv) は値が僅微であり逆方向の関係から相殺される。

(i) と (iii) は時々問題になるが、灌流-血管-膜電位差を測る場合に問題となる拡散電位差の正確な数値は、教室小坂幹文³⁾ 外共同研究者により求められ、これを使用すればよいが、實際問

No. 1 標準膜電位差の時間的経過 E...電位差 (mV) Z...滴数 (1分間)

年月日	室温 (°C)	E, Z, 時間	10 (分)	20	30	40	50	60	70	75	80	
13/II	1950	Z/E	12	9.9	9.8	11.0	20	-11.2	21	-12.6	21	-13.3
14/II	1950	Z/E	19	-10.5	9.9	9.9	22	-10.0	24	-11.2	25	-11.6
"	"	Z/E	20	-12.5	11.6	11.1	24	-11.0	25	-11.5	25	-12.0
"	"	Z/E	17	-8.0	7.6	7.7	20	7.9	21	8.2	21	8.4
15/II	"	Z/E	13	-7.9	9.7	10.2	14	-10.4	16	-10.4	19	-10.5
"	"	Z/E	35	-7.4	4.5	8.7	50	-10.4	55	-13.5	56	-14.2
"	"	Z/E	21	-5.0	26	4.0	29	5.0	34	5.9	35	7.6
16/II	"	Z/E	19	-6.6	23	6.5	23	-5.2	22	-5.2	25	-5.7
"	"	Z/E	9	-5.0	10	5.0	10	6.6	15	7.8	16	9.3
"	"	Z/E	20	-7.5	18	8.4	18	-9.6	19	-10.5	20	-11.8
17/II	"	Z/E	26	-9.0	28	9.9	37	-10.9	41	-13.0	41	-13.5

題としてその値が僅少で、私の実験目的に及ぼす影響は殆んど認められないので、実測値の補正を行なわなかった。尚電位差は内液側が陰極に、外液側が陽極にあたり、外液側より導線を通して内液側に電流の通ずる場合を正とし、逆の場合を負とした。

(4) 灌流量滴数測定

これは前腹静脈切斷口より滴下する1分間の滴数を以てあらわした。滴数も灌流開始の直後は変動が大であるが、電位差よりも早くその値が一定するので、電位差が平衡値に達した時の滴数を以て平衡値とし、被検液に切替後も電位差同様5分毎に測定した。

(5) 被検薬物

薬物は特に記載するもの他は、日本薬局法によるもの及び Merck, Roche のものを使用し、溶液として変化し易きものは実験の都度調製した。

II. 実験成績

実験成績表 No. 1 及び No. 2 に於ては、E, Z は夫々電位差及び滴数を表わした。No. 1 は内液を 0.65% NaCl 溶液、外液を 0.065% NaCl 溶液とした場合の電位差并に滴数の時間的経過を表示した。No. 2 は電位差と滴数の関係を組合せて9型としたもので、+は電位差の上昇又は滴数の増加を、-は電位差の下降又は滴数の減少を表わし、±は電位差又は滴数に変化のなきものを表わした。電位差の上昇下降、滴数の増減の意義は次のNo. 3 以下のものと同一である。

No. 2 型の分類 E...電位差 Z...滴数

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	K
E	E	E	E	E	E	E	E	E
+	+	+	-	-	-	±	±	±
Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
+	-	±	+	-	±	+	-	±

No. 3~64 に於ける E は対照液灌流による電位差の平衡値を表わし、E'₁, 及び E'₂, は被検液に切替後15分及び45分の電位差を表わした。次に数値に於て E'₁, > E にして E'₂, > E なる場合を電位差の上昇とし+の記号で表わし、E'₁, < E にして E'₂, < E なる場合を電位差の下降とし-の記号で表わした。E'₁, > E にして E'₂, < E なるか、又は E'₁, < E にして E'₂, > E なる場合は上昇下降の意義を附与せず±の記号で表わした。灌流量滴数の平衡値は Z で表わし、Z'₁, Z'₂, 及び滴数の増加+減少-并に、±の意義は電位差のそれと全く一致せしめた。各表に薬物名及び濃度を記入したが、これは 0.65% NaCl 溶液中に該薬物を其の濃度に含有せるものを被検液としたる謂である。実験例5例のうち4例以上又は4例中4例共+又は-の時は、平均値を+又は-とし、それ以下のものは平均値には+-の記号を記載しないこととした。電位差は 0.01 mV 以下を、滴数は小数以下を四捨五入した。

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
No. 3 0.05% 抱水クロラール pH 6.8								
1/V 1950								
21	-7.4	-7.0	-6.8	+	28	26	22	-
19	-6.2	-6.0	-5.4	+	27	25	21	-
2/V 1950								
21	-7.8	-7.5	-6.8	+	25	25	23	-
22	-5.3	-5.0	-3.6	+	27	27	28	+
〃	-6.0	-5.4	-4.4	+	35	33	30	-
平均値	-6.5	-6.2	-5.4	+	28	27	25	-
No. 4 0.1% ウレタン pH 6.1								
9/V 1950								
21	-3.6	-4.5	-6.3	-	31	33	39	+
24	-3.5	-5.3	-7.4	-	35	38	43	+
〃	-5.0	-7.6	-9.5	-	27	30	33	+
10/V 1950								
21	-6.9	-7.5	-8.8	-	30	33	32	+
〃	-6.9	-8.4	-9.2	-	39	44	45	+
平均値	-5.2	-6.7	-8.2	-	32	36	38	+
No. 5 1% エチールアルコール pH 6.2								
12/K 1950								
28	-7.1	-7.7	-8.1	-	55	40	35	-
14/K 1950								
29	-10.0	-10.0	-10.8	-	100	97	87	-
28	-6.9	-7.9	-8.3	-	79	71	65	-
16/K 1950								
28	-7.5	-7.5	-8.3	-	59	53	50	-
平均値	-7.9	-8.3	-8.9	-	73	65	59	-
No. 6 0.05% ヴェロナール pH 6.1								
6/V 1950								
21	-7.5	-6.5	-6.3	+	40	40	40	±
〃	-5.5	-5.0	-4.1	+	33	35	35	+
8/V 1950								
16	-4.6	-5.1	-6.0	-	23	27	27	+
21	-7.5	-7.0	-7.4	-	35	34	36	±
平均値	-6.3	-5.9	-6.0		33	34	35	
No. 7 0.1% 塩化アンモン pH 6.5								
21/K 1950								
20	-4.2	-6.2	-6.5	-	87	85	73	-
22/K 1950								
20	-4.1	-5.5	-7.0	-	51	50	40	-
〃	-4.3	-6.0	-6.6	-	63	61	50	-
25/K 1950								
22	-6.3	-8.8	-9.6	-	58	56	48	-
平均値	-4.7	-6.6	-7.4	-	65	63	53	-
No. 8 0.01% 亜硝酸ソーダ pH 6.4								
20/V 1950								
20	-9.2	-6.7	-7.6	+	54	58	58	+
〃	0	+0.5	-2.0	±	80	76	81	±
22/V 1950								

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
No. 9 M/300 青酸カリ pH 9.8								
11/V 1950								
22	-6.3	-8.5	-8.6	-	25	20	13	-
21	-3.2	-4.8	-5.1	-	28	25	20	-
22	-4.0	-5.0	-5.2	-	30	25	19	-
12/V 1950								
18	-4.6	-6.3	-7.1	-	38	36	34	-
22	-5.2	-6.6	-7.1	-	30	27	24	-
平均値	-4.7	-6.2	-6.6	-	30	27	22	-
No. 10 0.05% カフェイン pH 6.2								
27/V 1950								
20	-3.4	-5.5	-5.7	-	54	36	32	-
29/V 1950								
19	-5.5	-6.3	-6.4	-	63	55	56	-
21	-0.9	-2.0	-3.0	-	75	62	56	-
〃	-5.7	-6.3	-6.6	-	42	41	38	-
30/V 1950								
19	+5.4	+1.5	+2.4	-	52	50	28	-
平均値	-2.0	-3.7	-3.9	-	57	49	42	-
No. 11 0.005% 硝酸ストリキニーネ pH 5.9								
4/VII 1950								
25	-1.0	-2.2	-2.9	-	47	50	50	+
26	-3.5	-4.9	-5.0	-	71	75	75	+
5/VII 1950								
26	-6.7	-8.4	-8.7	-	83	87	87	+
24	-6.9	-7.8	-8.5	-	77	82	81	+
平均値	-4.5	-5.8	-6.3	-	70	74	73	+
No. 12 0.5% 塩酸プロカイソ pH 6.4								
13/VI 1950								
22	-9.6	-10.6	-11.7	-	53	60	59	+
〃	-9.4	-9.7	-12.5	-	52	61	62	+
14/VI 1950								
22	-7.7	-8.5	-10.1	-	57	63	65	+
23	-7.8	-8.1	-9.7	-	46	51	53	+
20	-8.0	-8.5	-9.5	-	45	50	52	+
平均値	-8.5	-9.1	-10.7	-	51	57	58	+
No. 13 0.02% ヌベルカイン pH 6.0								
30/VI 1950								
26	-7.8	-6.1	-5.9	+	63	72	72	+
1/VII 1950								
24	-9.5	-9.8	-10.0	-	70	90	77	+
26	-1.2	-1.6	-3.5	-	66	85	79	+
〃	-3.1	-4.0	-6.5	-	56	74	64	+
25	-6.8	-7.4	-9.7	-	52	67	58	+
平均値	-5.7	-5.8	-7.1	-	61	78	70	+

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
No. 14 0.0001% 塩化アドレナリン pH 5.8								
15/VII 1950								
29	-7.0	-7.9	-8.1	-	60	54	52	-
28	-6.2	-6.9	-7.8	-	57	54	47	-
19/VII 1950								
28	-2.6	-3.7	-4.9	-	46	42	34	-
〃	-7.9	-8.0	-7.9	-	50	41	41	-
平均 値	-5.9	-6.6	-7.2	-	53	48	44	-
No. 15 0.0005% 塩化アドレナリン pH 6.0								
17/VII 1950								
29	-3.5	-5.4	-6.2	-	50	26	16	-
〃	-4.5	-6.2	-7.2	-	56	42	32	-
18/VII 1950								
29	-5.3	-6.5	-7.5	-	42	24	15	-
28	-2.8	-4.6	-5.6	-	50	35	24	-
平均 値	-4.0	-5.7	-6.7	-	50	32	22	-
No. 16 0.05% 塩酸ピロカルピン pH 6.6								
2/VIII 1950								
32	-6.0	-7.8	-9.7	-	60	59	52	-
3/VIII 1950								
29	-6.1	-7.5	-7.9	-	61	57	51	-
30	-3.9	-4.9	-6.9	-	71	75	67	-
32	-3.0	-4.7	-6.4	-	59	58	59	-
平均 値	-4.8	-6.2	-7.7	-	63	62	57	-
No. 17 0.01% 塩酸キニーネ pH 6.5								
17/III 1950								
14	-10.5	-11.1	-10.5	-	54	60	60	+
16	-10.2	-10.5	-7.5	±	20	24	29	+
〃	-8.5	-8.3	-7.8	+	42	50	54	+
18/III 1950								
11	-7.7	-7.5	-7.1	+	44	54	57	+
12	-6.5	-6.0	-5.6	+	46	58	65	+
平均 値	-8.7	-8.7	-7.7		41	49	53	+
No. 18 0.05% 塩酸キニーネ pH 6.5								
7/IV 1950								
14	+4.0	+7.1	+7.7	+	32	35	33	+
15	+4.4	+6.0	+8.6	+	60	63	52	±
8/IV 1950								
14	-1.3	+0.6	+0.8	+	38	44	42	+
〃	+2.7	+4.1	+3.1	+	39	42	39	+
15	+3.0	+6.0	+7.0	+	41	47	43	+
平均 値	+2.6	+4.8	+5.4	+	42	46	42	+
No. 19 0.01% アミノピリン pH 6.1								
21/VI 1950								
26	-2.7	-5.1	-6.1	-	59	70	73	+
〃	-3.5	-5.4	-6.0	-	56	56	60	+
22/VI 1950								
23	-2.9	-4.2	-6.0	-	57	61	63	+
〃	-9.0	-9.2	-9.4	-	48	52	52	+
25	-7.0	-9.1	-11.5	-	58	58	57	-

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
平均 値								
-5.0	-6.6	-7.8	-	56	59	61	+	
No. 20 0.01% アセトアニリド pH 6.0								
19/V 1950								
26	-8.3	-10.9	-12.5	-	41	47	49	+
〃	-12.4	-15.6	-17.2	-	42	45	51	+
20/V 1950								
23	-15.1	-18.2	-20.1	-	45	47	47	+
〃	-12.0	-15.5	-17.5	-	53	56	59	+
平均 値	-12.0	-15.5	-16.8	-	45	49	52	+
No. 21 0.002% アセチールヒヨリン pH 6.2								
24/VII 1950								
30	-9.6	-8.9	-9.1	+	67	59	57	-
27/VII 1950								
21	-8.6	-7.9	-8.1	+	83	65	63	-
26	-9.0	-6.8	-7.4	+	74	61	65	-
〃	-5.5	-3.6	-4.3	+	64	60	60	-
27	-6.5	-4.8	-5.1	+	60	52	41	-
平均 値	-7.8	-6.4	-6.8	+	70	59	57	-
No. 22 0.05% 石炭酸 pH 6.3								
15/V 1950								
25	+0.5	+0.5	-3.0	-	58	66	67	+
24	-4.6	-4.9	-5.5	-	66	83	81	+
〃	-1.7	-2.5	-4.9	-	72	74	70	±
16/V 1950								
22	-1.8	-2.2	-5.0	-	61	65	71	+
〃	-4.2	-5.2	-6.6	-	52	61	63	+
平均 値	-2.4	-2.9	-5.0	-	62	70	70	+
No. 23 0.1% 石炭酸 pH 6.0								
16/V 1950								
22	-3.5	-5.3	-5.7	-	45	40	34	-
21	-0.8	-2.5	-3.2	-	52	49	38	-
17/V 1950								
23	-2.1	-4.5	-4.7	-	50	57	45	±
25	-3.0	-5.0	-6.0	-	66	60	44	-
26	-6.4	-7.0	-8.1	-	48	52	56	+
平均 値	-3.2	-4.9	-5.5	-	52	52	43	
No. 24 1/5 飽和チモール pH 5.8								
9/V 1950								
24	-8.0	-7.9	-5.6	+	61	10	3	-
〃	-4.6	-3.9	-1.5	+	85	19	6	-
10/V 1950								
21	-4.2	-3.5	-1.8	+	62	17	6	-
〃	-4.3	-4.0	-2.7	+	69	9	6	-
平均 値	-5.3	-4.6	-2.9	+	69	14	5	-
No. 25 0.15% サリチル酸ソーダ pH 8.4								
15/VI 1950								
20	-9.4	-11.1	-11.0	-	56	63	63	+
22	-6.5	-7.9	-7.3	-	52	58	57	+
23	-10.4	-11.4	-11.3	-	50	50	51	+

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
16/VI 1950								
26	-7.9	-8.8	-9.3	-	72	69	63	-
〃	-7.8	-9.0	-9.4	-	60	66	65	+
平均 値	-8.4	-9.6	-9.7	-	58	61	60	+
No. 26 0.02% アスピリン pH 5.2								
23/VI 1950								
29	-9.0	-7.8	-7.0	+	58	49	47	-
28	-8.5	-7.4	-6.1	+	52	47	35	-
24/VI 1950								
29	-16.2	-14.3	-10.6	+	65	48	41	-
〃	-13.8	-11.2	-9.5	+	56	48	42	-
平均 値	-11.9	-10.2	-8.3	+	58	48	41	-
No. 27 飽和カンファー								
11/V 1950								
24	-6.5	-5.6	-4.5	+	50	56	63	+
12/V 1950								
24	-7.8	-8.5	-9.3	-	66	76	81	+
22	-4.7	-5.3	-5.7	-	53	56	61	+
14/V 1950								
22	-6.2	-7.8	-8.5	-	60	68	75	+
平均 値	-6.3	-6.8	-7.0	-	57	64	70	+
No. 28 0.05% セカラミン (塩野義製薬交角剤) pH 6.2								
9/VIII 1950								
30	-3.8	-5.5	-6.7	-	49	40	25	-
10/VIII 1950								
30	-1.8	-4.0	-6.8	-	42	39	38	-
11/VIII 1950								
31	-8.3	-9.6	-9.8	-	62	54	44	-
12/VIII 1950								
31	-4.7	-5.3	-6.4	-	78	71	58	-
14/VIII 1950								
32	-7.7	-8.5	-9.3	-	52	46	41	-
平均 値	-5.3	-6.6	-7.8	-	57	50	41	-
No. 29 0.005% ヒスタミン pH 6.2								
6/VII 1950								
23	-3.7	-5.5	-7.1	-	72	69	65	-
25	-5.0	-6.3	-7.8	-	71	70	69	-
28	-4.0	-5.0	-5.8	-	50	49	45	-
〃	-3.5	-4.7	-5.5	-	51	47	46	-
平均 値	-4.1	-5.4	-6.6	-	61	59	56	-
No. 30 0.001% サボニン pH 6.3								
15/V 1951								
22	-7.6	-6.7	-3.1	+	45	30	13	-
〃	-5.5	-3.3	-2.0	+	62	34	16	-
17/V 1951								
23	-6.6	-6.0	-5.0	+	68	43	16	-
〃	-5.1	-3.7	-0.2	+	51	35	15	-
平均 値	-6.2	-4.9	-2.6	+	57	36	15	-

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
No. 31 0.15% アラビアゴム pH 5.6								
24/VI 1950								
18	-4.2	-8.0	-8.8	-	44	43	39	-
〃	-1.4	-3.4	-4.5	-	43	43	45	+
25/VI 1950								
16	-2.3	-4.1	-4.5	-	28	29	26	±
〃	-3.5	-5.3	-5.6	-	42	43	40	±
平均 値	-2.9	-5.2	-5.9	-	39	40	38	-
No. 32 0.1% ゲラチン								
29/VI 1950								
14	-4.5	-5.0	-6.1	-	67	65	67	-
30/VI 1950								
16	-2.0	-3.5	-3.7	-	67	67	62	-
15	-4.2	-5.1	-5.0	-	37	32	35	-
4/VII 1950								
14	-3.8	-5.0	-4.8	-	56	58	55	±
平均 値	-3.6	-4.7	-4.9	-	57	56	55	-
No. 33 0.15% タンニン酸 pH 3.4								
25/V 1950								
21	-5.8	-4.2	-4.2	+	54	51	34	-
23	-8.5	-8.0	-7.3	+	69	60	56	-
〃	-5.0	-3.0	-2.6	+	65	58	47	-
26/V 1950								
21	-4.2	-3.4	-3.8	+	47	48	41	±
〃	-4.3	-3.5	-3.5	+	40	34	35	-
平均 値	-5.6	-4.4	-4.3	+	55	50	43	-
No. 34 0.1% 塩化カルシウム pH 6.3								
26/II 1951								
16	-4.6	-7.1	-8.4	-	78	79	86	+
27/II 1951								
16	-2.0	-3.3	-4.5	-	53	54	60	+
〃	-5.0	-7.9	-8.8	-	58	60	64	+
2/III 1951								
18	-1.9	-4.5	-5.8	-	60	62	66	+
平均 値	-3.4	-5.7	-6.9	-	62	64	69	+
No. 35 0.1% 沃度カリ pH 5.8								
18/IX 1950								
27	-5.5	-5.5	-6.0	-	66	71	69	+
19/IX 1950								
25	-4.8	-4.8	-5.5	-	53	59	62	+
〃	-6.0	-6.1	-6.8	-	63	67	68	+
20/IX 1950								
21	-1.9	-4.0	-4.6	-	47	56	56	+
平均 値	-4.6	-5.1	-5.7	-	57	63	64	+
No. 36 N/100 NaOH pH 8.2								
13/X 1950								
18	-7.1	-8.0	-9.0	-	29	26	19	-
14/X 1950								
15	-3.6	-4.1	-5.6	-	34	29	25	-
〃	-6.3	-7.0	-8.5	-	65	39	34	-

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)	室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)	
			15/X 1950															
11	-4.5	-5.2	-7.8	-	35	30	28	-	20	+5.5	+10.0	+12.4	+	56	40	18	-	
			18/X 1950															
18	-7.4	-8.5	-10.2	-	38	32	28	-	18	-4.6	-0.5	-0.9	+	68	55	49	-	
平均 値	-5.8	-6.6	-8.2	-	40	31	27	-	平均 値	-1.8	+5.5	+5.5	+	63	49	37	-	
No. 37 0.1% 重曹 pH 8.4									No. 42 M/100 クエン酸 pH 2.8									
			6/K 1950															
28	-9.0	-9.5	-10.5	-	44	48	35	±	23	-2.6	+0.5	+0.9	+	52	21	14	-	
			7/K 1950															
28	-7.7	-9.2	-11.5	-	52	49	45	-	21	-3.0	+0.6	+1.4	+	53	20	13	-	
			8/K 1950															
30	-3.6	-4.9	-5.9	-	56	58	57	+	20	+4.7	+13.6	+16.9	+	33	11	7	-	
			9/K 1950						22	-5.6	-2.2	-2.3	+	71	23	18	-	
29	-5.1	-6.0	-6.9	-	54	56	49	±										
〃	-6.2	-9.3	-9.6	-	57	60	54	±	16	-5.6	-3.2	-5.6	+	69	20	11	-	
平均 値	-6.3	-7.8	-8.9	-	53	54	48		平均 値	-2.4	+1.9	+2.3	+	56	19	13	-	
No. 38 N/400 塩酸 pH 2.8									No. 43 0.01% 亜硫酸 pH 6.2									
			13/X 1950															
20	-1.8	+7.7	+7.5	+	48	17	11	-	17	-8.5	-8.0	-7.3	+	46	48	49	+	
			17/X 1950						15	+2.0	+3.3	+4.9	+	35	41	50	+	
22	-4.5	+1.5	+2.1	+	69	26	20	-										
20	-4.1	+1.1	+2.0	+	57	23	15	-										
			26/X 1950						16	-1.2	-1.0	-0.7	+	53	57	60	+	
18	-5.5	+3.0	+3.1	+	54	30	20	-	19	-2.4	-1.6	-0.9	+	42	44	45	+	
			27/X 1950						18	-4.4	-3.3	-3.3	+	48	52	56	+	
15	-5.6	0	-0.9	+	53	26	19	-	平均 値	-2.8	-2.0	-1.5	+	45	48	52	+	
平均 値	-4.3	+2.7	+2.8	+	56	24	17	-										
No. 39 0.01% 磷酸 pH 4.0									No. 44 0.05% 亜硫酸 pH 6.0									
			4/K 1950															
21	-6.1	-2.4	-0.6	+	44	29	21	-	17	+2.9	+1.5	-1.3	-	51	57	61	+	
			6/K 1950						〃	-3.0	-3.6	-2.5	±	47	53	55	+	
17	-10.2	-3.5	-2.0	+	51	34	25	-										
			9/K 1950						18	+5.2	+3.8	-1.8	-	42	47	50	+	
17	-6.0	-1.2	-0.4	+	46	32	25	-	〃	-0.5	-1.6	-4.5	-	48	49	50	+	
〃	-10.1	-6.0	-5.0	+	58	41	32	-	〃	-1.8	-3.0	-4.5	-	42	49	50	+	
平均 値	-8.1	-3.3	-2.0	+	50	34	26	-	平均 値	+0.6	-0.6	-2.9	-	46	51	53	+	
No. 40 0.1% 酒石酸 pH 3.0									No. 45 0.05% 吐酒石 pH 5.4									
			6/X 1950															
19	+6.5	+12.3	+15.0	+	44	13	10	-	19	-4.5	-5.5	-6.2	-	68	66	63	-	
			7/X 1950						22	-6.2	-7.1	-7.7	-	35	40	40	+	
20	-0.9	+8.1	+8.3	+	47	17	11	-	〃	-1.9	-3.0	-3.4	-	61	64	64	+	
			9/X 1950															
20	-3.9	+1.2	+1.5	+	44	18	12	-	17	-6.5	-8.5	-8.6	-	61	65	65	+	
			12/X 1950															
22	0	+12.1	+12.1	+	43	27	12	-	23	-5.2	-6.6	-6.6	-	46	48	46	+	
平均 値	+0.7	+8.4	+9.2	+	45	19	11	-	平均 値	-4.9	-6.1	-6.5	-	54	57	56	+	
No. 41 0.05% 醋酸 pH 3.8									No. 46 0.1% 硫酸銅 pH 5.0									
			31/X 1950															
20	-3.9	+10.0	+9.2	+	48	40	30	-	11	-10.0	-7.5	-5.7	+	46	43	26	-	
			4/X 1950						〃	-3.9	-0.8	+3.3	+	45	38	18	-	
19	-4.1	+2.5	+1.1	+	78	60	49	-										
									10	-4.8	-0.2	+3.1	+	42	39	14	-	

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
16/II 1951								
10	-4.6	+5.9	+5.5	+	57	54	8	-
平均 値	-5.8	-0.7	+1.6	+	48	44	17	-
No. 47 5% マリアミン (安原製薬, 必須アミノ酸)								
11/XII 1950								
11	-5.5	-3.8	-3.8	+	46	63	67	+
12/XII 1950								
14	-4.8	-3.0	-3.7	+	63	78	70	+
13/XII 1950								
15	-5.2	-4.0	-4.0	+	48	55	56	+
14/XII 1950								
15	-5.2	-6.0	-7.4	-	64	77	72	+
16/XII 1950								
15	-5.0	-4.0	-4.2	+	51	65	63	+
19/XII 1950								
14	-5.6	-5.3	-5.4	+	36	42	44	+
平均 値	-5.3	-4.4	-4.8	+	51	64	62	+
No. 48 プレホルモン (NaCl 溶液 1000cc 中 100単位) (塩野義製薬, 前葉ホルモン)								
24/VIII 1950								
30	-7.3	-8.1	-8.5	-	73	74	73	+
26/VIII 1950								
30	-7.1	-8.0	-9.7	-	70	76	75	+
28/VIII 1850								
24	-5.2	-6.4	-7.3	-	79	80	88	+
29/VIII 1950								
27	-8.9	-9.4	-9.6	-	80	81	80	+
平均 値	-7.1	-8.0	-8.8	-	76	78	79	+
No. 49 0.1% アトニン (帝國臓器製薬, 後葉ホルモン)								
17/VIII 1950								
32	-6.2	-7.4	-9.4	-	61	53	31	-
18/VIII 1950								
32	-7.2	-8.3	-9.1	-	66	56	48	-
19/VIII 1950								
30	-7.6	-7.5	-9.1	-	76	68	56	-
21/VIII 1950								
29	-5.1	-5.3	-5.1	-	70	71	62	-
22/VIII 1950								
30	-4.8	-5.8	-6.3	-	73	68	64	-
24/VIII 1950								
30	-4.5	-5.6	-6.2	-	74	71	64	-
平均 値	-5.9	-6.8	-7.5	-	70	65	54	-
No. 50 0.01% ビタミンB ₁ pH 5.6								
23/II 1950								
11	-13.3	-14.1	-14.0	-	42	43	43	+
13	-2.2	-2.9	-3.0	-	61	61	60	-
14	-4.2	-4.5	-5.0	-	46	47	48	+

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
24/II 1950								
11	-8.3	-8.9	-7.8	±	55	56	56	+
12	-5.0	-5.7	-5.1	-	46	48	48	+
平均 値	-6.6	-7.2	-7.0	-	50	51	51	+
No. 51 0.05% ビタミンB ₁ pH 5.0								
27/II 1950								
11	-7.0	-5.5	-5.5	+	50	57	61	+
13	-7.0	-6.5	-6.6	+	35	35	36	+
〃	-13.5	-8.3	-5.2	+	38	42	43	+
28/II 1950								
10	-9.3	-8.8	-8.2	+	48	51	67	+
〃	-9.4	-7.2	-4.1	+	52	63	61	+
平均 値	-9.2	-7.3	-5.9	+	45	50	54	+
No. 52 0.1% ビタミンB ₁ pH 4.2								
20/II 1950								
11	-9.0	-6.5	-3.3	+	17	25	23	+
〃	-5.6	-2.0	+4.2	+	41	45	40	±
21/II 1950								
9	-12.3	-2.9	-3.8	+	30	36	29	±
11	-6.2	-2.5	+5.2	+	24	31	34	+
12	-10.2	-7.4	+2.2	+	19	26	24	+
25/II 1950								
15	-13.2	-9.7	-3.6	+	34	35	30	±
〃	-9.1	-4.5	-5.0	+	43	44	38	-
平均 値	-9.4	-5.1	-0.6	+	30	35	31	-
No. 53 0.01% ビタミンC pH 5.4								
5/IV 1950								
19	+3.0	+5.5	+8.0	+	47	46	45	-
6/IV 1950								
13	+2.8	+4.1	+4.5	+	33	31	34	-
14	+2.6	+3.8	+5.0	+	47	46	45	-
〃	+2.4	+5.0	+6.1	+	36	32	32	-
7/IV 1950								
12	+3.7	+6.2	+7.2	+	45	42	40	-
平均 値	+2.9	+4.9	+6.2	+	42	39	39	-
No. 54 0.05% ビタミンC pH 4.0								
4/IV 1950								
17	-10.4	+1.0	-1.4	+	47	43	31	-
19	-5.7	-0.3	-1.3	+	46	38	32	-
〃	-7.1	-0.7	+0.2	+	42	37	33	-
5/IV 1950								
19	+10.6	+13.0	+13.2	+	49	46	36	-
〃	+0.5	+4.9	+4.6	+	48	45	34	-
平均 値	-2.4	+3.6	+3.1	+	46	42	33	-
No. 55 0.1% ビタミンC pH 3.2								
27/III 1950								
15	-6.5	+5.5	+4.2	+	37	28	20	-
17	-6.1	+14.7	+13.4	+	47	33	26	-
28/III 1950								
14	-1.5	+12.3	+10.8	+	51	39	25	-

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
14	- 2.3	+ 8.5	+ 4.9	+	42	29	18	-
15	0	+22.0	+16.5	+	52	36	21	-
平均 値	- 3.3	+12.6	+10.0	+	46	33	22	-
No. 56 0.05% カチーフ (武田製薬, ビタミン K剤) pH 6.2								
18/IV 1950								
20	+ 1.2	+ 4.1	+ 3.1	+	33	30	20	-
19	-11.5	- 9.6	- 7.3	+	43	40	35	-
19/IV 1950								
17	- 2.0	+ 1.9	- 0.3	+	26	18	10	-
20	- 8.1	- 2.5	- 3.9	+	33	32	20	-
19	- 2.6	+ 2.5	+ 2.4	+	44	35	24	-
平均 値	- 4.6	- 0.7	- 1.2	+	36	31	22	-
No. 57 0.05% 重亜硫酸ソーダ pH 6.2								
1/VI 1950								
20	- 3.1	- 4.4	- 5.7	-	53	57	56	+
21/VI 1950								
21	- 6.0	- 7.3	- 7.7	-	51	55	65	+
〃	- 5.5	- 6.1	- 6.7	-	57	60	59	+
3/VI 1950								
23	- 9.2	-10.2	-10.8	-	57	60	57	+
平均 値	- 6.0	- 7.0	- 7.7	-	55	58	59	+
No. 58 0.01% ヘスペリン (武田製薬ビタミ ンP剤) pH 6.2								
15/IV 1950								
20	-10.2	-11.1	-11.5	-	47	47	44	-
17/IV 1950								
18	- 4.6	- 5.5	- 5.7	-	44	43	41	-
20	- 5.4	- 6.5	- 6.7	-	42	40	39	-
21	- 4.4	- 5.0	- 5.6	-	23	23	22	-
平均 値	- 6.2	- 7.0	- 7.4	-	39	38	37	-
No. 59 0.05% ヘスペリン								
13/IV 1950								
18	+ 2.3	+ 1.6	+ 1.0	-	68	101	96	+
14/IV 1950								
17	- 4.4	- 6.4	- 6.5	-	52	77	81	+
〃	- 8.2	- 8.7	- 8.9	-	48	77	77	+
18	- 0.2	- 0.6	- 1.2	-	53	72	72	+
平均 値	- 2.6	- 3.5	- 3.9	-	55	82	82	+
No. 60 0.5% フレスミン (武田製薬 V.B ₁₂)								
9/X 1951								
22	- 1.3	- 3.2	- 4.8	-	48	56	56	+
23	+ 2.0	- 0.5	- 3.9	-	61	68	71	+
27	- 6.1	- 7.3	- 8.6	-	58	69	70	+
25	+ 1.0	- 0.5	- 3.2	-	63	68	74	+
平均 値	- 1.1	- 2.9	- 5.1	-	58	65	68	+
No. 61 0.1% エオジン pH 6.3								
6/VII 1951								
23	- 3.6	- 7.6	- 6.3	-	62	68	60	±

室温 (°C)	E (mV)	E' ₁₅	E' ₄₅	上下 昇降 (+)(-)	Z	Z' ₁₅	Z' ₄₅	増 (+) 減 (-)
26	+ 2.6	- 0.5	+ 1.0	-	52	55	46	±
7/VII 1951								
22	- 6.2	- 9.1	- 7.8	-	51	54	47	±
10/VIII 1951								
28	- 5.0	- 4.8	- 3.6	+	113	130	111	+
平均 値	- 3.0	- 5.5	- 4.2		70	77	66	
No. 62 0.1% コンゴロート pH 6.8								
7/VI 1951								
21	- 6.4	- 8.0	- 8.9	-	118	96	14	-
〃	- 5.2	- 7.9	- 8.9	-	91	70	31	-
8/VI 1951								
22	- 3.9	- 5.9	- 7.3	-	91	79	45	-
〃	- 5.3	- 7.5	- 8.2	-	84	71	51	-
平均 値	- 5.2	- 7.3	- 8.3	-	96	79	35	-
No. 63 0.1% メチレンブラウ pH 4.0								
12/VII 1951								
27	- 1.2	+ 1.5	+ 4.6	+	51	52	53	+
13/VIII 1951								
25	+ 2.2	+ 4.8	+ 6.5	+	60	60	61	+
〃	+ 1.6	+ 2.1	+ 2.0	+	64	64	63	-
16/VII 1951								
27	+ 1.2	+ 1.2	+ 1.3	+	53	52	55	±
平均 値	+ 1.0	+ 2.4	+ 3.6	+	57	57	58	
No. 64 0.1% ノイトラルロート								
23/VI 1951								
20	+ 0.7	+ 1.5	+ 3.0	+	70	33	18	-
22	- 6.0	- 4.0	- 3.1	+	36	23	12	-
24	- 5.5	- 5.3	- 4.1	+	35	21	8	-
〃	+ 3.1	+ 8.0	+ 7.7	+	63	27	13	-
平均 値	- 1.9	+ 0.1	+ 0.9	+	51	26	13	-

IV. 総括并に考察

1) 墓の下行大動脈に挿入せる Cannulae を経て、0.65% NaCl 溶液又はこれに種々の濃度の薬物を含有せる溶液を灌流しつつ、この溶液に連絡せる導電極と、皮膚を剝離せる一側の下肢を浸漬せる 0.065% NaCl 溶液に連絡せる導電極との間の電位差を測定し、これを灌流-下肢血管-膜電位差と名付け、電位差測定と同時に灌流量を滴数を以て測定し、薬物が血管-膜電位差と滴数に及ぼす影響を観察し、両者の間の関係を迫及した。

2) 53種の薬物につき、濃度を異にする場合を通算して62種別の実験を行った結果、電位差

2.0mV 以上の変化を来したものは36種、
3.0mV 以上の変化を来したものは21種で
あり、滴数10%以上の変化を来したものは
42種であった。又電位差 2.0mV 以上の変
化を来し且つ滴数10%以上の変化を来した
ものは27種であった。これを一括すると実
験成績表 No. 65 となる。

3) No. 65 に於て電位差の上昇とは、
数値に於て、切替後15分及び45分の値が共
に平衡値より大なる場合を意味し、下降と
は数値に於て、15分及び45分の値が共に切
替前平衡値より小なる場合を意味し夫々+
及び-の記号で表わした。又15分値が平衡
値より大にして45分値が平衡値より小なる
か、或は15分値が平衡値より小にして45分
値が平衡値より大なる場合は±の記号を用
いて、上昇下降の判然とせざる事を表わし
た。No.65にある**昇降度**とは平均値に於ける
45分値と平衡値の差の絶対値を意味する。

4) 滴数の増加減少及び+, -, ±の意
義は電位差のそれと一致せしめた。**滴数%**
は平均値に於て、切替後45分値の、切替前
平衡値に対する百分率である。

5) 電位差の上昇下降と滴数の増減の関
係を組合せて9型とした。即ち**I型**は電位
差上昇し滴数増加するもの、**II型**は電位差上昇
し滴数減少するもの、**III型**は電位差上昇し滴数
に変化なきもの、**IV型**は電位差下降し滴数増加
するもの、**V型**は電位差下降し滴数減少するも
の、**VI型**は電位差下降し滴数に変化なきもの、
VII型は電位差に変化なく滴数増加するもの、**VIII**
型は電位差に変化なく滴数減少するもの、**IX**
型は電位差に変化なく滴数共に変化なきものである。

6) 62種別の実験を型別に分類すると No. 66
となり、20%以上を占めるものは**II, IV**及び**V**
型で、その総計は80.6%となる。

又電位差 2.0mV 以上、滴数10%以上の変化
を示すものを型別に表わすと No. 67となり、殆
んど全て**II, IV**及び**V**型のみとなり総計は96.2
%となる。

7) 実験に用いた薬物を、林の薬理学により

被 検 薬 物	電位差		滴数		型
	昇 降	度 (mV)	増 (+) 減 (-)	%	
No. 65					
0.01% 塩酸キニーネ	+	1.0	+	129.3	I
0.05% 塩酸キニーネ	+	2.8	+	100.0	I
0.01% 亜硫酸	+	1.3	+	115.6	I
5% マリアミン	+	0.5	+	121.6	I
0.05% ビタミン B ₁	+	3.3	+	120.0	I
0.1% ビタミン B ₁	+	8.8	+	103.3	I
0.05% 抱水クロラール	+	1.1	-	89.3	II
0.002% アセチルヒヨリン	+	1.0	-	81.4	II
1/5 飽和チモール	+	2.4	-	7.2	II
0.02% アスピリン	+	3.6	-	70.7	II
0.001% サボニン	+	3.6	-	26.3	II
0.15% タンニン酸	+	1.3	-	78.2	II
N/400 塩酸	+	7.1	-	30.4	II
0.01% 磷酸	+	6.1	-	52.0	II
0.1% 酒石酸	+	8.5	-	24.4	II
0.05% 醋酸	+	7.3	-	58.7	II
M/100 クエン酸	+	4.7	-	23.2	II
0.1% 硫酸銅	+	7.4	-	35.4	II
0.01% ビタミン C	+	3.3	-	92.9	II
0.05% ビタミン C	+	5.5	-	71.7	II
0.1% ビタミン C	+	13.3	-	47.8	II
0.05% カチーフ	+	3.4	-	61.1	II
0.1% ノイトラルロート	+	2.8	-	25.5	II
0.01% 亜硝酸ソーダ	+	0.4	±	/	III
0.1% メチレンブラウ	+	2.6	±	/	III
0.1% ウレタン	-	3.0	+	118.8	IV
0.005% 硝酸ストリキニーネ	-	1.8	+	104.3	IV
0.5% 塩酸プロカイン	-	2.2	+	113.7	IV
0.02% ヌベルカイン	-	1.4	+	114.7	IV
飽和 カンフアール	-	0.7	+	122.8	IV
0.01% アミノピリン	-	2.8	+	108.9	IV
0.01% アセトアニリド	-	4.8	+	115.6	IV

7類に分類すると次の如くなる。

I類 神経筋肉毒—No. 3~30

- (1) 脂肪化合物に属する神経筋肉毒—
No. 3~10
- (2) 類塩基に属する神経筋肉毒—No. 11
~21
- (3) 芳香化合物に属する神経筋肉毒—
No. 22~26
- (4) 樟腦に属する神経筋肉毒—No. 27

No. 66									
型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
総数	6	17	2	18	15	3	0	0	1
%	9.7	27.4	3.2	29.0	24.2	4.8	0	0	1.6

No. 67									
型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
総数	1	13	0	7	6	0	0	0	0
%	3.7	48.1	0	25.9	22.2	0	0	0	0

被 検 薬 物	電位差		滴数		
	上下 昇降 (+)(-)(mV)	昇 降 度 (mV)	増 (+) 減 (-)	%	型
0.05% 石炭酸	-	2.6	+	112.9	IV
0.15% サリチル酸ソーダ	-	1.3	+	103.5	IV
0.1% 塩化カルシウム	-	3.5	+	111.3	IV
0.1% 沃度カリ	-	1.1	+	112.3	IV
0.05% 亜硫酸	-	3.5	+	115.2	IV
0.05% 吐酒石	-	1.6	+	103.7	IV
プレホルモン (NaCl 溶液 1000cc中 100単位)	-	1.7	+	103.9	IV
0.01% ビタミン B ₁	-	0.4	+	102.0	IV
0.05% 重亜硫酸ソーダ	-	1.7	+	107.3	IV
0.05% ヘスベリン	-	1.3	+	149.1	IV
0.5% フレスミン	-	4.0	+	117.2	IV
1% エチールアルコール	-	1.0	-	80.8	V
0.1% 塩化アンモン	-	2.7	-	81.5	V
M/300 靑酸カリ	-	1.9	-	73.3	V
0.05% カフェイン	-	1.9	-	73.7	V
0.0001% 塩化アドレナリン	-	1.3	-	83.0	V
0.0005% 塩化アドレナリン	-	2.7	-	44.0	V
0.05% セカラミン	-	2.5	-	71.9	V
0.05% 塩酸ピロカルピン	-	2.9	-	90.5	V
0.1% 石炭酸	-	2.3	-	82.7	V
0.005% ヒスタミン	-	2.5	-	91.8	V
N/1000 NaOH	-	2.4	-	67.5	V
0.1% アトニン	-	1.6	-	77.1	V
0.01% ヘスベリン	-	1.2	-	94.9	V
0.1% コンゴロート	-	3.1	-	36.5	V
0.1% エオジン	-	1.2	-	94.3	V
0.15% アラビアゴム	-	3.0	±	／	VI
0.1% ゲラチン	-	1.3	±	／	VI
0.1% 重曹	-	2.6	±	／	VI
0.05% ヴェロナール	±	／	±	／	K

(5) 毒素体に属する神経筋肉毒—No. 28
~30

II類 局所の栄養変調を喚起する有機化合物—No. 31~33

III類 無機化合物—No. 34~46

- (1) 中性アルカリ塩類—No. 34~35
- (2) 腐蝕剤—No. 36~42
- (3) 物質代謝毒—No. 43~45
- (4) 重金属化合物—No. 46

IV類 消化酵素及び栄養素—No. 47

V類 ホルモン—No. 48~49

VI類 ビタミン類—No. 50~60 (No. 57を除く)

VII類 色素類—No. 61~64

薬理学的分類による神経筋肉毒, 物質代謝毒 31種のうち, 電位差を下降せしめるものが21種

ある。この電位差を下降せしめる薬物の中には、麻醉薬としてのウレタン、塩酸プロカイン、ヌベルカイン、エチールアルコールが包含せられている。又神経筋肉毒のうち11種はV型に属し、V型に属するもの15種別の73%を占めている。

以上の総括から 62 種別の薬物実験の 81%, 又著明な変化を示す27種別の薬物実験の96%がII, IV及びV型に属する薬物により占められていることが見出された。即ち灌流-下肢血管-膜電位差并に灌流量滴数に及ぼす薬物影響には3つの主要形式のあることを掴み得たのであって、此の3つの主要形式の成立を説明し得べき理論を打ち樹てる事が膜の本体を闡明する捷徑である。所でII, IV及びV型を見ると、膜電位差は下降しても滴数の増加する場合(IV型)と減少する場合(V型)とがある。又滴数が減少しても膜電位差は上昇する場合(II型)と下降する場合(V型)とがある。従って此の現象に対して、膜電位差に関する因子と、滴数に関する因子とを別けて考える必要が認められる。今迄に斉藤貞二は、膜の所在を毛細血管壁とし、其の内皮細胞の内及び外形質膜を発電の場所として説明をして

来た。斉藤の得た事実の説明には内皮細胞のみで事足りたため、其の際細胞間隙のことも考慮はされたが、それに対する考察は進展されることなく留っていた。

私の行った実験では、膜電位差と滴数の関係が最も重要な問題となって来たが、滴数に関しては細胞間隙を度外視することは出来ない。何となれば灌流量が増加して滴数が増せば、細胞間隙は拡大して、血液腔より組織液腔への液流が強くなるからである。それ故私は内皮細胞に関する因子と、内皮細胞間隙に関する因子とを取り上げ、此の両因子の組合せによって薬物作用の3主要形式の説明を試みようとした。内皮細胞の形質膜は陽性膜に属し、内形質膜の陽性度は外形質膜のそれより稍々低いと看做されることは、斉藤貞二の所説の通りである。斉藤は

これにより同液膜電位差の成立を説明したが、標準膜電位差の成立もこれのみで説明されないわけではない。即ち細胞内の塩類濃度は0.65% NaCl 溶液よりは小さいが、0.065% NaCl 溶液よりは大きい。従って内形質膜では、細胞の内に向っては(−)、細胞の周辺に向っては(+)の電氣的二重層を生じ、外形質膜では、細胞の内に向っては(+),細胞の周辺に向っては(−)の電氣的二重層を生じ、両二重層電位の代数和が標準膜電位差となる。それ故標準膜電位差は常に負の数値となる。若し内形質膜の膨化を促進し、透過性が亢進し、粗孔的になると、内形質膜の起電的効果は減弱するため膜電位差は上昇する。又若し内形質膜が凝析的影響を受け、透過性が減退し、細孔的になると、内形質膜の起電的効果は増強するため膜電位差は下降する。形質膜に興奮的に作用する物質は、其の透過性を亢進させると言われているから、これが内形質膜に作用すると膜電位差を上昇せしめることになる。又形質膜に麻酔的に作用する物質は、其の透過性を減弱させると言われているから、これが内形質膜に作用すると膜電位差を下降せしめることになる。内皮細胞間の細胞間隙は、灌流液量が増加し滴数の殖える場合には拡大し、灌流液量が減少して滴数の減る場合には縮小する。岡本好道⁴⁾は蛙皮は塩類濃度両性膜であって、NaCl の0.65%附近の濃度の溶液に対しては陽性膜として作用するが、電気滲透的には陰性膜の性格を有することを確めた結果、細胞は陽性膜として作用し、細胞間隙は陰性膜として作用するものと推論した。私は岡本の所説を此処に引用して、内皮細胞は陽性膜として作用するが、内皮細胞間隙は陰性膜として作用するものと考えてみた。そうすると標準膜電位差の起る条件即ち内液が0.65% NaCl 溶液、外液が0.065% NaCl 溶液の場合には、細胞間隙の微孔には、内液側(−)、外液側(+)の膜電位差を生ずる。これは内皮細胞のみについて考えた膜電位差と、電位差の方向が逆になっている。この両者の総和が実測される標準膜電位差になる。内皮細胞の方が面積から考えて、細胞

間隙に優越しているように、膜電位差の分担に於ても優越しているために、標準膜電位差は負の数値即ち内皮細胞のみの膜電位差の方向で表わされる。細胞間隙の微孔は滴数減少の条件では、細孔的になり起電的効果が増強するから膜電位差は上昇し、滴数増加の条件では、粗孔的になり起電的効果が減弱するから膜電位差は下降する。一方に於て内皮細胞の内形質膜に作用して、膨化的に依りて膜電位差を上昇せしめる因子(a)と、それに凝析的に依りて膜電位差を下降せしめる因子(a')がある。他方に於て細胞間隙に細孔的に依りて膜電位差を上昇せしめる因子(b)と、それに粗孔的に依りて膜電位差を下降せしめる因子(b')とがある。細胞と間隙との現象が総和される場合に、(a)と(b)が同時に現われると、膜電位差の上昇は著明となり、(a')と(b')とが同時に現われると、膜電位差の下降が著明となる。前者では(b)を伴っているから滴数の減少を来し(Ⅱ型)、後者では(b')を伴っているから滴数の増加を来す(Ⅳ型)。(a')と(b)との組合せて、起電的効果について内皮細胞が細胞間隙に優越すると、膜電位差は下降して滴数は減少する(Ⅴ型)。Ⅴ型の薬物の73%は神経筋肉毒に属して、恐らく内原形質膜に麻酔的に作用して透過性の減退を来し、微孔に対して細孔的に作用するから、膜電位差の下降と、滴数の減少を来すことになる。

以上のように灌流-下肢血管-膜電位差は、毛細血管壁を膜とし、此の膜は内皮細胞と細胞間隙とより成り、内皮細胞は陽性膜、細胞間隙は陰性膜として作用するが、面積等の関係から、内皮細胞が細胞間隙に優越するために、毛細血管壁は全体としてはつねに陽性膜として作用する。同液膜電位差の場合には、内液及び外液が共に0.65% NaCl 溶液であったから、間隙微孔による起電的効果は認められなかったが、標準膜電位差の場合には、内液は0.65% NaCl 溶液であるが、外液は0.065% NaCl 溶液であるために、間隙微孔による起電的効果も関与し、これと微孔の広狭、滴数の増減を考慮に入れることにより、Ⅱ、Ⅳ及びⅤ型の薬物の作用機構が

説明せられ、以って灌流-下肢血管-膜電位差に関する膜の本体が一層闡明されるに到った。

V. 結 論

藁の灌流-下肢血管-膜電位差に及ぼす各種系統に属する62種別の薬物の影響を実験精査して、大多数の薬物は此の膜電位差の上昇と、滴数の減少(Ⅱ型)を来すか、膜電位差の下降と、滴数の増加(Ⅳ型)又は減少(Ⅴ型)を来すかの何れかに属するものであることを確証した。依って此の機構に説明を与えるに当り、灌流-下肢血管-膜電位差に関する膜は、毛細血管壁であって、その内皮細胞と細胞間隙とが独立した

起電的効果を備えていること、并に此の両者の総和が実測される膜電位差になることを推論するに到った。

文 獻

- 1) 酒井文三 (1950) 生物性膜の膜電位に就いて 京府医大誌 12, 2
- 2) 齊藤貞二 (1954) 灌流-下肢血管-膜電位差の研究 (第1報) 同液膜電位差 日本生理誌 16, 2
- 3) 小阪幹文・滝本恒雄 (1952) 拡散電位差の測定(其の2) 日本生理誌 14, 138
鈴木能和・老川賢良 (1952) 拡散電位差の測定(其の1) 日本生理誌 14, 137
- 4) 岡本好道 (1951) 蛙皮の電気滲透に就いて 日本生理誌 13, 学 45
岡本好道 (1950) 蛙皮の膜電位差的研究 日本生理誌 12, 学 93

Summary

1) The membrane potential described in Part III and the amount of the perfusing fluid in blood vessels were measured at the same time. When both the membrane potential and the amount of the perfusing fluid became constant 0.65 % NaCl solution was substituted for another kind which contained a chemical of a certain concentration, and repeating these measurements at regular intervals the effect of this solution upon them was observed.

2) From the results of above experiments three types of effect of chemicals upon the membrane potential and the amount of the perfusing fluid were noted;

- (i) The membrane potential rises and the amount of the perfusing fluid decreases.
- (ii) The membrane potential falls and the amount of the perfusing fluid increases.
- (iii) The membrane potential falls and the amount of the perfusing fluid decreases.

3) As the explanation for these three types, it was induced that

(i) The membrane which is in close relationship with the membrane potential in this experiment is the endothelium of the capillary wall.

(ii) Endothelial cells and intercellular spaces take independently their own share of electrical energy.

(iii) The membrane potential which is measured in this experiment is the total sum of these two kinds of electrical energy.

(Department of Bio-physico-chemistry, Kyoto Prefectural University of Medicine)

蛋白質加水分解の研究 547.962.3:542.938

小川 膠質法の電気化学的考察(其の2)

Studies on the Hydrolysis of Proteins: An Electrochemical study of Ogawa's Colloidal Method of Fatigue Evaluation. Part 2.

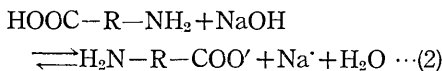
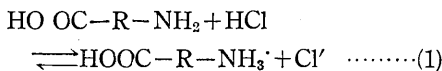
阿 知 波 繁 一 (Achiwa-Shigeichi)*

I. 緒 論

前報(其の1)では蛋白質加水分解過程追求法の1つであるO.R法に併行して水銀電極電位の挙動を調査し特異な変化を認めた。

本報告(其の2)ではこの機構の電気化学的考察を試みる。

Bjerrum¹⁾に依ると蛋白質及び其の分解物等は多量の陰陽電荷を有する多価両性電解質であるからpHの如何によって次の様に電離する。



今卵 Albumin を例にとると、この物の等電点は4.7~4.9である。この中性溶液では上の(2)式の電離が起り易い。即ち全体として陰電荷の方が大であると考えられる。これにFrumkin²⁾のかんがえのごとく極性分子のH₂OがPolar adsorptionすると考える。

水が蛋白質の表面を蔽っていることはX線解析の結果もこれを示唆している。また或る研究者は蛋白のイオン性基あるいは又 Peptid 結合-CO-NH-も水分子の附着点と考えている。これは恰角として膠質粒子の表面に先ずHイオンが吸着され、これにOHイオンが静電的吸着し電気二重層を造る。

この二重層のζ-電位に関し Freundlich 及 Ettishは多くの実験事実より表面活性の色素の如き又は多価イオンの如きものは著るしく影響することを示した。即ちこのζ-電位は表面層に集合する凡てのイオン云いかえれて此処に吸

着される物質に支配される。故にこのζ-電位に変化を与える様な物を加えて膠質粒子の電荷に変化を与える時は他物質の吸着及凝固其の他の変化を起すであろう事は容易に推察される。

実験 1. Van Bemmlen³⁾着想のイオン交換的吸着の可能性を調査した。即ち1%卵Albumin水溶液(CO₂平衡)を造り、これと同量の0.02M-HgCl₂溶液を添加しpHの変化をみた。

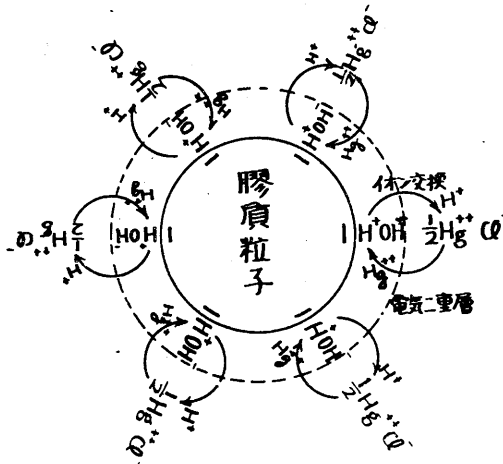
- (1) 1% Albumin水溶液 pH=5.80
(2) 0.02M-HgCl₂ pH=5.60
(1)+(2) pH=4.90

即ち pH は約1近く低くなり酸性度が増した。HイオンとHgイオンの交換的吸着が行われているとの推定も可能と思われる。

さて上の様なイオン交換が行われているという仮定のもとに膠質粒子を含む試料にO.R法を試みる場合HgCl₂溶液並にKI溶液を加えるのであるが上述の如く先ずHイオンとHgイオンの交換が起りζ-電位に変化を与えHgイオンは吸着される一方Hイオンは放出されて液は酸性を呈するであろう。然も放出されたH⁺はClイオンと静電的に吸引して次の図の様な膠質粒子を中心とした巨大なイオン団をなすであろうと考えられる。つまり粒子が極性分子であるH₂Oの吸着が大である程Hgイオンとのイオン交換が旺盛に行われるに事なる。このHgイオンは電気二重層内に入り他の陰イオンIイオンとの反応は阻害されるが電荷そのものは失っていないから金属水銀電極の間にはやはりHg|Hg⁺⁺E

の如き電極電位差を保っているであろう。即ち遊離Hgイオンと類似に作用すると考えられる。

* 滋賀県立短期大学



第1図

然しこれが一度び電気二重層内に固定し得ない様な状態になる時は其の外部にある I イオンと直に反応して沈澱 HgI₂ となる。従って電気二重層内にある間は $\frac{Hg|Hg^{++}}{E}$ の如く電極電

位に大いに関係するが層を離れると HgI₂ の溶解度に相当する Hg イオンのみが電位に関係する。然も一般に HgI₂ の溶解度は極めて小さいから従って Potential は降下することになる。

簡単にいうと膠質粒子の水銀イオン吸着度の大きい間は Potential は高く、吸着度が小さくなると Potential は低くなることになる。

さて先に報告した(其の1) 如く種々の中間物質の中で特に Proteose が最も顕著な O.R値を示し、これは Hg 電極電位或いはこれより求めた見掛の Hg イオン濃度の大きさとよく調和した結果を示した。

これを等電点、水の Polar adsorption より考察するに、先ず前(1), (2) 式で示した両性電解質の電離度は等電点の pH より離れる程何れかの電離が促進されて陰電荷又は陽電荷数が多くなると考えられる。今仮りに分解試料の等電点が可成り酸性側にあったとする。この試料を普通の蒸溜水 (CO₂ 平衡 pH≒6) に溶かしたとするとこの両性電解質は恐らく(2)式に従って電離し陰電荷を帯びた粒子が出来るであろう。従って前に述べた如く之に極性分子の H₂O が Polar adsorption し、又 Hg イオンとの交換吸着現象

が起るであろう。簡単に云うと等電点が低い物程これを水に溶かせば両性電解質の電離(陰電荷の多い)が大となり従って Hg イオン吸着も大となって来ることになる。

実験 2. 中間分解物の等電点の測定

試料; 分割法にて精製したもの。

測定法及び条件; 電気泳動法, 塩酸醋酸ソーダ, 磷酸ソーダ枸橼酸 Buffer 液使用. 温度 30 ~ 32°C.

計算式;

$$V (\mu/\text{second}/\text{volt}/\text{cm}) = \frac{a (\text{電極の距離}) \cdot \mu (\text{泳動距離})}{E (\text{電位}) \cdot S (\text{秒})}$$

結果

試料	Egg Albumin	Metaprotein
等電点	4.7~4.9	4.9~5.1
試料	Proteose	Pepton Subpepton以下
等電点	4.2	4.5~10.0

実験結果に示す如く Proteose の等電点が最も低く酸性側にあることを知った。これを前述の如く考える時は Proteose の O.R値が最も高くなり、これに相当する Hg 電極電位、或は見掛の Hg イオン濃度が最大となる理由を説明することが出来ると思う。

実験 3. pH と O.R値との関係の調査

更に前述の諸点を裏書するため次の実験を行った。0.125% Proteose 液使用, Buffer 液, $\frac{M}{10}$ 枸橼酸第二磷酸ソーダ液。

実験結果

pH	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
O.R 値	20	28	36	40	56

即ちこの結果によると O.R値と pHとの間には極めて簡単な比例的関係があり、pH が大となる程 O.R値も大となった。

$$O.R \text{ Value} = 4 (pH + 3)$$

即ち pH が低い間は前出(1)式の電離が容易で陽電荷を帯びた粒子が多くなって同性の Hg イオンのイオン交換的吸着は困難 (第1図参照), 即ち O.R値は低くなり、反対に pH が大となるに従って(2)式の電離が容易になり従って O.R値も大となって来たと思う。

これを要するに O.R値の大小の理由を電気化学的に一応説明することが出来ると思う。

II. 結 論

小川膠質法を

- 1) Frumkin²⁾ の極性分子 H₂O の Polar adsorption による電気二重層の形成,
- 2) Van Bemmlen³⁾ のイオン交換的吸着,

イオン団の形成, ζ-電位の変化,

- 3) Bjerrum¹⁾ の両性電解質論的考え,
- 4) 分解物の等電点,
- 5) 水銀電極電位,

等々より考察し其の機構を電気化学的に論じた。

本研究の其の1, 其の2の実験結果を総括すると次の表の如くなり凡ゆる点に於てProteose 分割部及び其の前後に顕著な反応を示すことが

	Albu- min	Meta- protein	Pro- teose	Pepton Sub- pepton	Amino- acid
O.R値	0	32	192	56	0
水銀電極電位 1.0% (mV)	183.5	192.5	202.5	165.2	
同 0.125% (mV)	166.5	167.5	172.5	161.5	
Hg++ion 濃度 (A)g ion/l 1.0%	3.326 × 10 ⁻²³	5.743 × "	13.820 × "	0.797 × "	
同 (B) 0.125%	0.880 × 10 ⁻²³	1.052 × "	1.394 × "	0.601 × "	
Hg++ion 濃度 変化率 ($\frac{B}{A}$)	3.78 (3)	5.46 (2)	9.91 (1)	1.33 (4)	
等 電 点	4.7~4.9	4.9~5.1	4.2	4.5~10	

みられた。

本研究は 滋賀県立大学研究費の一部によつてなされたものである。又測定に種々援助された本学の沢田和馬氏の労を多とし併せて感謝の意を表します。

文 献

- 1) Bjerrum, N. (1923) Z. physik. chem 104
- 2) Frumkin (1928) Die Elektrokapillarkurve, Ergebnisse. exakten Naturwissenschaften, 7, 235
- 3) 玉蟲文一 (昭和24年) 膠質化学 Page 131, 岩波書店 (東京)

Summary

Nature of Ogawa's Colloidal Method of fatigue evaluation was electrochemically studied from the following aspects:

- 1) The formation of an electric double layer by polar absorption of Frumkin's H₂O polar molecule.
- 2) Van Bemmlen's concept of ion-exchange, the formation of ion-groups, and the change in ζ-potential.
- 3) Bjerrum's amphi-electrolytic concept.
- 4) The iso-electric point of decomposed products.
- 5) Hg electrode potential.

The results of the experiments reported here and in the previous paper, show that a remarkable reaction takes place in and near the proteose fraction.

(Shiga Prefectural Junior College, Hikone)

大脳皮質より起る強縮痙攣の電氣的刺戟の強さによる

全身への波及現象について 612. 825. 1: 612. 014. 424. 4

Spreading of Contraction due to Intensity of Stimulating Current
to the Motor Cortex, over the Four Limbs.

加 藤 鋼 蔵 (KATO-KOZO)*

I. 緒 論

1870年に Fritz 及び Hitiyig により、大脳皮質に電氣的刺戟を与えることによって、骨格筋が収縮し運動が生ずることが発見せられ、この皮質部位が運動領野と名づけられるに至った。此の領野よりの投射経路が錐体路系であると考えられて来たが、最近に至って解剖学的にも、生理学的にもそれ以外に錐体外路系が存在することが証明せられた。即ち生理学的には当教室に於ける間代性痙攣の伝導経路に関する一連の研究によって、運動領野に於ては錐体路系の細胞のみではなく、錐体外路系の細胞も共に存することが確認された。電氣的刺戟によって先ず反応して、対単運動を生ずる径路は錐体路系であり、続いて現われる間代性痙攣は錐体外路系によるものである。併し刺戟強度を更に強めた場合に現われる強縮性痙攣と単運動との関係は充分明らかにされたとはいえない現状である。此の強縮痙攣の発現の機制を明らかにするため小田は、錐体切断後にも残存する皮質性強縮痙攣、即ち継運動を精細に研究し、その錐体外路系なることを証明し、且つその皮質より下る径路を明らかにした。然るに、この錐体切断犬に於ても、刺戟の強さにより、はじめは一肢に、強めれば四肢に及ぶ強縮性痙攣が生ずることが報告されている。そこで著者はこの如き電氣的刺戟を強めた場合に起る四肢への強縮の波及について、及如何なる断位に原因があるかを追究せんとして研究を試みた。

犬の大脳皮質を露出して、その運動領に感応電流の強縮刺戟 (1~3 sec) を与えると、捲軸

距離 170 前後で対応肢に強縮が起る。此等の手足顔面の強縮の起る皮質運動領野の部分は一種の地図をもって示すことができる⁴⁾。此の強縮は電流の弱い時には対応肢部のみ強縮が起るが、電流を強くすると2肢、3肢、4肢と波及してゆく。此の波及は言うまでもなく、間代性焦点痙攣の波及が、1肢より一旦起りだすと、次々に起って、時間の経過につれて次第に痙攣の範囲が拡ってゆくのは異り、強さを増すと2肢同時、更に強くすると3肢同時に強縮痙攣が現れるという意の波及である。この現象が波及してゆく型は種々様々で、規則性を見出すことは困難であった。併し顔面領野と四肢領野との関係で強縮の波及を観察してみると、顔面領野の刺戟により、上肢に同時に運動が現われる場合はあるが、下肢に波及することはない、後十字回転からは如何なる肢へも波及するが、顔面には波及しないし、前十字回転からは顔面及四肢の何れへも強縮の波及が認められた。

この波及に関しては、皮質内の拡張現象とも、皮質下にその機構を持つものとも考えられる。併し、著者⁷⁾の実験によれば、皮質運動領野の上肢、下肢領野の一方を剔除しても波及現象に変化のないことによって、強縮の波及に関与する部位は皮質下核であることが示唆される。そこで著者は皮質下核の如何なる部位がこの現象に関与しているかを決定するため次の如き実験を行ったのである。

II. 実験方法

1. 実験には雌雄を問わず成犬を用い、固定及開頭は当教室の方法によった。

2. 皮質の局処麻酔のため、貼布したCocain

* 慶応義塾大学医学部生理学教室

濾紙は2%のCocain溶液に浸しては乾燥させる操作を数回行ったものを使用した。

3. 大脳半球切除は、開頭後、硬膜を切り、小脳天幕より半球と中脳との間を剝離し、四丘体上丘前方と間脳との間で切断し半球を鈍的に剝離した。

4. 尾状核の切除には皮質を露出してSulcus entlateralisに沿って鋼ヘラで切開し、側脳室を開き輪状ピンセットによって剔除した。

5. レンズ状核離断は、後頭葉の後大脳静脈とSulcus suprasylvius posteriorとの交叉部より鋼メスを入れStura frontaleより3~4cm前方で、深さ3.5cmの部位にメスを向け、4.5cm挿入後、下方に向い、弧を描きつつ引いて切断する小山の方法によった。

6. 視牀の切除は、半球切除後、切除せる内壁より対側視牀を見ながら、実験に必要な部分を輪状ピンセットで剔除した。

7. 刺戟は極間2mmの白金双極電極を用い、電池6VでHarvard型Inductoriumにより、頻度100/secの感應電撃を与えた。

8. 示標としては、四肢の強縮の波及を目標としたが、前肢、後肢を更に、蹠、上腿、下腿に分けて詳細に考察した。

III. 実験成績

(a) 一側半球を切除した場合の強縮の波及両側性に現われる四肢への波及に対し半球切除が如何なる変化を与えるかを先ず研究した。

第1表

正常犬 ♀ 1952.4.19					
前肢			後肢		
1	2	3	4	5	6
150	R				
145	R	R			
140	R	R	R		
135	RL	RL	R	R	R
130	RL	RL	RL	RL	R
125	RL	RL	RL	RL	RL
130	RL	RL	RL	RL	R
135	RL	RL	RL	R	R
140	RL	R	R	R	R
145	R	R	R		
150	R				
155	R				

半球切除犬

150	R				
145	R	R	R		
140	RL	R	R	R	
135	RL	RL	RL	RL	R
130	RL	RL	RL	RL	RL
135	RL	RL	RL	RL	RL
140	RL	RL	RL	L	RL
145	RL	R	R		
150	R	R	R		
155	R				

以上の実験により、対側半球の存在は強縮の波及には関係がないことがわかる。云いかえれば波及は対側半球への拡張によるのではない。

(b) 皮質の刺戟部位の周囲にCocainを作用させ、刺戟部位を孤立させた場合の波及現象

この強縮の波及に刺戟部位以外の皮質が関与するか否かを決定するために、皮質の刺戟点の周囲に濾紙によりCocain麻酔を施し、波及現象が変化するかどうかを観察した。

Cocain濾紙を約15分作用させ作用部位の皮質の反応性が低下した後に行ったが強縮の波及は次の如くと同じであった。

第2表

正常犬 7kg ♂ 1952.5.16					
前肢			後肢		
1	2	3	4	5	6
170	L				
165	L				
160	L				
155	L	L			
150	L	L	L		
145	L	L	L		
140	L	L	L		L
135	L	L	L		L
130	LR	L	L		L
125	LR	LR	L		L
120	LR	LR	L	L	LR
115	LR	LR	LR	LR	LR
120	LR	LR	LR	LR	LR
125	LR	LR	LR	LR	LR
130	LR	LR	LR	LR	LR
135	LR	LR	LR	LR	LR
140	LR	LR	LR	LR	LR
145	LR	L	L	LR	LR
150	L	L	L	LR	LR
155	L	L	L	L	LR
160	L	L	L		L
165	L	L	L		L
170	L				L
175	L				L

Cocain	瀧紙貼布後の皮質刺戟による強縮の波及					
165	L					
160	L	L				
155	L	L	L			
150	L	L	L			
145	L	L	L			
140	L	L	L			
135	L	L	L		L	L
130	L	L	L		L	L
125	LR	L	L		L	L
120	LR	L	L		L	LR
115	LR	LR	LR		LR	LR
120	LR	LR	LR		LR	LR
125	LR	LR	LR		LR	LR
130	LR	LR	LR		LR	LR
135	LR	LR	LR		LR	LR
140	LR	LR	LR		LR	LR
145	LR	LR	L			
150	LR	LR	L			
155	LR	L	L			
160	LR	L	L			
165	L	L	L			
170	L					

以上の実験から見ると、運動皮質の一部さえ存在すれば波及現象に変化を認められぬ。いいかえれば、波及は大脳皮質の拡張によって起るものではない。

(c) 一側半球切除犬の尾状核を切除した場合では、この現象は大脳皮質運動領より、いずれの部位を下った断位で起っているのであろうか。そこで尾状核の関与によるかを検せんため、半球を除去してのち更に対側尾状核を剔除して実験を試みた。

第3表

	一側半球剔除後他半球皮質の刺戟による波及					
	8kg ♀ 1952.10.16					
	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
150	L					
145	L	L				
140	LR	LR	L		L	
135	LR	LR	LR		LR	L
130	LR	LR	LR		LR	LR
135	LR	LR	LR		LR	LR
140	LR	LR	LR		LR	L
145	LR	LR	L		L	
150	L	L				
155	L					
160	L					
半球剔除後尾状核切除した時の強縮の波及						
160	L					

155	L	L	L			
150	LR	LR	L			
145	LR	LR	L		LR	
140	LR	LR	LR		LR	LR
145	LR	LR	LR		LR	LR
150	LR	LR	LR		LR	LR
155	LR	L	L		LR	LR
160	L	L	L		LR	
165	L					
170	L					
175						

以上の成績により尾状核が強縮の波及に関係ないことは明らかになった。

(d) 一側半球切除犬のレンズ状核離断による波及の影響

レンズ状核は当教室で明らかにした間代性痙攣の径路の中重要な皮質下核であるが、この核を剔除することにより、同じ錐体外路系の運動である。強縮の波及に対して如何なる影響をもつかは興味ある点である。

レンズ状核離断を行った後、皮質の電気刺戟では間代性痙攣が起らぬことを確めた後、同一皮質点を刺戟して順次に強さを増した。その結果は次表の如くで、即ちこの運動又は波及は何の変化も蒙らなかつた。

第4表

	正常犬 8kg ♂ 1952.11.25					
	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
160	R					
155	R					
150	R	R	R			
145	RL	RL	RL			
140	RL	RL	RL		RL	R
135	RL	RL	RL		RL	R
130	RL	RL	RL		RL	RL
125	RL	RL	RL		RL	RL
130	RL	RL	RL		RL	RL
135	R	RL	RL			
140	R	R	RL			
145						
同レンズ状核離断後						
125	R					
120	RL	RL	R			
115	RL	RL	RL		RL	RL
120	RL	RL	RL		RL	RL
125	RL	RL	RL		RL	RL
130	RL	L				
135						

(e) 一側半球切除犬の視床切除による強縮の波及に及す影響

視床は間代性痙攣に於ても重要な皮質下核であり、同時に亦、継運動に於ても Neuron 交代の場である。同じ錐体外路系たる強縮の波及に關してはどうであらうか。

半球切除後、残った半球の視床全剔をした場合に一側大脳皮質を刺戟すれば、對側の肢部に収縮が起ることは明らかであるが、強さを増すに従つて四肢に波及することは勿論ないが、僅かに對側対応肢又は対応部位にのみ波及する。即ち視床全切除の場合は強縮の波及は殆んど消滅するといつてよい。

第5表

一側半球切除後他側半球刺戟 6.5kg ♀ 1952.11.1

	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
160			R			
155			R			
150	R	R	RL			
145	R	R	RL			
140	R	RL	RL			
135	RL	RL	RL	R		
130	RL	RL	RL	RL		
125	RL	RL	RL	RL	RL	RL
130	RL	RL	RL	RL	RL	L
135	RL	RL	RL	RL	L	L
140	R	RL	RL	RL		
145	R	RL	RL	RL		
150	R	R	RL	R		
155	R	R	RL			
160	R	R	R			
165	R					

同視床切除

155			R			
150			R			
145		R	R			
140	R	R	R			
135	R	R	RL			
130	R	R	RL	R		
125	R	R	RL	R		
120	R	R	RL	R		
115	R	R	RL	R	R	
110	R	R	RL	RL(±)	R	
105	R	R	RL	RL(±)	R	R
100	R	R	RL	RL(±)	R	R
105	R	R	RL	RL(±)	R	R
110	R	R	RL	RL(±)	R	
115	R	R	RL	R	R	
120	R	R	RL	R	R	
125	R(±)	R	RL	R		
130		R	RL			

135	R	RL
140		RL
		RL
		RL
		RL
		RL
		RL
		RL
		RL

(f) 一側半球切除犬の尾状、レンズ状核、視床切除の組合せの影響

視床前半切除、尾状核切除の例をあげる。

第6表

一側半球切除後他側半球刺戟 ♀ 8kg 1953.2.11

	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
170	R					
165	R	R	R			
160	R	R	RL			
155	R	R	RL			
150	R	R	RL	L		
145	RL	RL	RL	RL	L	L
140	RL	RL	RL	RL	RL	RL
145	RL	RL	RL	RL	RL	RL
150	RL	RL	RL	RL	RL	L
155	RL	RL	RL	L	L	L
160	R	RL	RL	L		
165			RL			
170			RL			

同視床前半及尾状核切除

175			R			
170			R	L		
165	R	RL	RL	L	L	
160	R	R	RL	RL	RL	
155	R	RL	RL	RL	RL	L
150	RL	RL	RL	RL	RL	RL
155	RL	RL	RL	RL	RL	L
160	R	RL	RL	RL	RL	L
165	R	RL	RL	RL	RL	
170			RL	RL	RL	
175			RL	L		
180			R			
185						

以上の成績により尾状核と視床前半の切除を組合せた場合には強縮の波及には何の影響もないことがわかる。然らば視床の如何なる部分を破壊することによって強縮の波及が消失するであらうか。

(g)a'. 一側半球切除犬の視床の部分切除による影響

對側半球切除後、同側視床を全体に浅く切

除、即ち内側核全般をそぎとった場合次のようであった。

第7表

7kg 1952.5.16

一側半球切除後他側半球刺戟

	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
145				L	L	L
140				L	L	L
135				L	L	L
130				L	L	L
125				R	R	R
120				L	L	L
115		L	L	L	L	L
110	L	L	L	LR	L(R)	L(R)
105	L	L	L	L(R)	LR	LR
同視牀内側切除後						
100	LR	LR	LR	LR	LR	LR
105	LR	LR	LR	LR	LR	LR
110	LR	LR	LR	LR	LR	LR
115	LR	LR	LR	LR	LR	LR
同視牀前下部切除						
120	LR	LR	L	L	LR	LR
125				L	L	L
130				L	L	L
135				L	L	L
140				L	L	L
145				L	L	L
同視牀内側切除後						
140				L	L	L
135				L	L	L
130				L	L	L
125				L	L	L
120	LR	LR	LR	L	L	L
115	LR	LR	LR	L	L	L
同視牀前下部切除						
110	LR	LR	LR	LR	LR	LR
115	LR	LR	LR	LR	LR	LR
120	LR	LR	LR	L	L	L
125	LR	LR	LR	L	L	L
130	LR	LR	LR	L	L	L
135	L	L		L	L	L
140	L	L		L	L	L
145				L	L	L
150						L

b'. 一側半球切除犬の視牀前下方の部分別除

此の場合視牀前部を深く外側に達する迄切除した例で第8表は対照実験、及切除実験であるが、ここに至ってかなり波及がなく、対側同肢部には波及するが、その運動は極く僅かである。

c'. 一側半球切除犬の視牀下後部浅く別除した場合

一側半球切除後、視牀後下部浅く切除後に皮

第8表

♀ 8.5kg 1952.6.11

	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
160	L					
155	L	L	L			
150	L	L	L			
145	L	L	L			
140	LR	LR	L	LR	L	
同視牀前下部切除						
135	LR	LR	LR	LR	LR	LR
140	LR	LR	LR	LR	LR	LR
同視牀内側切除後						
145	LR	LR	L	LR	LR	LR
150	LR	L	L			
155	L					
同視牀前下部切除						
155			L			
150			L			
145			L			
140	L	L	L			
135	L	L	L			
130	L	L	L			
125	L	L	L			
120	L	L	L			
同視牀内側切除後						
115	L	L	LR			
110	L	L	LR			
100	L	L	LR			
50	L	L	LR			
100	L	L	LR			
110	L	L	LR			
120	L	L	LR			
125	L	L	LR			
130	L	L	LR			
同視牀前下部切除						
135	L					
140	L					

質刺戟を行うと第9表の如く波及は殆んど失われぬ。

第9表

8kg 1952.6.12

	前肢			後肢		
	1	2	3	4	5	6
130	L					
125	L					
120	L	L	L			
115	L	L	L			
110	L	L	LR	LR	LR	LR
105	L	L	LR	LR	LR	LR
100	L	L	LR	LR	LR	LR
95	L	L	LR	LR	LR	LR
同視牀内側切除後						
90	LR	LR	LR	LR	LR	LR
95	LR	LR	LR	LR	LR	LR
100	LR	LR	LR	LR	LR	LR
同視牀前下部切除						
105	L	L	LR	LR	LR	LR
110	L	L	LR	LR	LR	LR

115	L	L	LR			
120	L	L	L			
125	L	L	L			
130	L					
同視牀後下部切除						
140	L	L				
135	L	L	L			
130	L	L	L			
125	L	L	L			
120	L	L	L			
115	L	L	L			
110	L	L	RL	LR	LR	LR
105	L	L	LR	LR	LR	LR
100	LR	LR	LR	LR	LR	LR
105	LR	LR	LR	LR	LR	LR
110	L	L	LR	LR	LR	LR
115	L	L	L	L	L	L
120	L	L	L			
125	L	L	L			
130	L	L	L			
135	L	L	L			

以上の成績により視牀前半外側方剔除によって強縮の波及が殆んど消失することが明らかとなった。

IV. 総括的考察

延髄錐体を切断した後に起る継運動の波及に関しては小田³⁾が既に発表しているが、著者の実験により正常犬の単運動及強縮性痙攣の波及が、殆んど同じように、刺戟を強くすることによって波及してゆくことを示した。然し(1)強縮性痙攣の波及の順序、規則性はみとめられない。しかもこの波及は皮質の内に生ずる拡張(irradiation)によるものではないことは(2)運動領野の手又は足復現部分を選び、上肢領野を切除して、下肢領野を刺戟する実験、又は下肢領野を切除して上肢領野を刺戟する実験を行っても波及の起ることも明らかになった。然りとすればこの波及は、皮質下の機構によるものと考えるか、皮質と皮質下諸核との協同活動によるものと考えねばならぬ。然るに(3)対側皮質がこの波及に関係を有しないことも明らかとなったので、相互の妨によるものとの解釈も否定出来る。そこで皮質下切除実験によってこの波及の断位を決定しようとした処(4)同側視牀切除(e)によってはじめて波及が殆んど消失した

(殆んどという意味はあとで論ずる)。即ち視牀がこの現象に深い関係があることがわかる。問題は視牀とその他の皮質下核との協同によるかという点にもあるが、それは蒼球その他を切除しても視牀さえあれば変りないというのであるから視牀から始めて波及が起るといえる。では視牀の何れの部位に主なる波及の機構があるというのであるか。そこで(5)視牀の部分切除により視牀前下方部位のみ関係することが明らかとなった。かく考えてくると視牀のその部位は皮質よりくる1対1に対応するNeuron交代部位をもつと同時に、この部位は皮質より単位時間に多数の興奮を受取ることにより、拡張部位がより拡くなる構造を有しているものと考えねばならぬ。もっともこの事は脊髄にも充分に存在し、Sherrington 及其の門下が求心性衝撃を強くすることによって脊髄反射の拡張を指摘していることから分る。特に視牀波及部位を取り去っても発現部位対側への拡張は完全にはなくなることにはこの種の運動系は脊髄内最下のNeuronが両側性をもっていることも想定値がある。但し、対応部位の同側支配は上よりくるその側の支配をまけて充分に発現する機構であると考えればよい。このように考えてくると、皮質より視牀をへている最終Neuronがある意味で両側性であること等からみて単運動及其の単運動に継起する強縮性痙攣は共に錐体外路系に属するものであると云わねばならぬ。小田の錐体切断犬においては既に錐体外路系はなくして強縮波及の現象が見られていることからしてもこの錐体外路系の一系、錐体路系との機能の関係は将来の問題として解決を予期せねばならぬ。

V. 結論

- 1) 大脳皮質に電氣的刺戟を与えたときにおける1対1の対応強縮はその刺戟を強くすることによって、対応部位以外の全身へ波及する。
- 2) 上記強縮波及は大脳皮質での拡張ではない。
- 3) 上記強縮の波及は視牀前下方部を剔除す

れば起らなくなる。この場合、単運動及其の強縮はある。従って波及機制は視牀に存する。

4) 皮質よりの単運動及其の強縮は別として、強縮の波及は錐体外路系の現象である。

擱筆に当り加藤教授の御鞭撻と林教授、須田助教授の御指導並に御校閲に深甚の謝意を表す。

文 献

- 1) 林 謙・小田 満・林 雅男 (1952) 大脳皮質刺激電流の強さと強縮運動の波及との関係 日本生

理誌 14, 56

- 2) 小田 満 (1952) 皮質性継運動とその神経経路について 日本生理誌 14, 315
 3) 小田 満・林 謙・長田良平 (1952) 錐体切断の犬の大脳皮質刺激電流の強さによる継運動の波及について 日本生理誌 14, 323
 4) 加藤鋼蔵・伊藤文雄：犬の大脳皮質運動領内の運動分野について (未発表)
 5) 加藤鋼蔵・西願幹雄：小脳切除犬における皮質刺激による強縮性痙攣の波及現象について (未発表)
 6) 加藤鋼蔵：大脳皮質刺激による強縮性痙攣の波及現象に於ける顔面領野と四肢領野との関係 (未発表)

Summary

The author studied the relations between the strength of electric stimulation applied to the motor cortex in higher animals, and the induced tonic contractions of its extremities, the results obtained were as follows.

1) The point-to-point contraction was obtained when the electric stimulation applied to the motor-cortex was weaker. When the current was made stronger, the contractions of other muscles were added, and when strongest four extremities contracted at the same time.

2) This spreading of contractions due to intensity was not owed to an irradiation over motor-cortex, for it did not occur when a part of its thalamus was excised.

3) This supreading should be depend on the mechanism of the extrapyramidal motor system.

(*Dep. of Physiol., Keio-gijuku Univ. School of Med. Tokyo*)

地方小学会報

第86回生理学東京談話会

日時 昭和28年5月9日(土) 午後1時

場所と当番 文京区大塚町35 お茶の水女子大学 猪飼道夫

1. 伊藤秀三郎・福本 博(東京医大生理) 歯牙処置時の尿量に及ぼす影響に就いて

演者等は家兎を使用し、一側尿管を結紮し他側尿管に cannula を挿入之より滴下する尿滴数を指標とし三叉神経知覚根等の刺激を行い腎機能に及ぼす影響を観察、其現在までの結果をまとめ茲に報告する次第である。

先づ痛覚(三叉神経刺激)をあたえる方法とし齒科的処置に依る刺激を選んだが実験手技を簡潔且観察を便ならしめるため次の二種類に決めた。即ち Carbarundum Point で歯質を削除する場合を間接刺激、Brooch で歯髓を器械的に刺激する場合之を直接刺激とし前者を(a)処置、後者を(b)処置と名付けた。

次に尿滴数が少いので実験に便ならしめるため一定せる Ringer 氏液を注射し其滴数の増加を計った。歯牙処置に依って現われる尿滴数の変化は必ず減少する事であつて、坐骨神経刺激に依っても同様の結果を得た。

一方歯牙処置時の腎動脈の血圧を水銀 manometer に依り観察し血圧の降下が認められた。

次に腎は自律臓器であるが故脳脊髄神経系との関係も考慮に入れ之を手術的に又、三叉神経伝導路や腎支配に関係する神経系の切断或は麻酔を或は亦化学物質の投与をも行い歯牙処置時の尿滴数の変動を観察した。

2. 酒井敏夫(慈大生理名取研) 硬直の生物物理的性質

3. 増田 允(慈大生理名取研) 反応時による大脳機能の研究

4. 畠山一平・景 鴻基(東大生理)

呼吸中枢の週期的興奮性に及ぼす求心性衝撃の影響(その1)迷走神経の単一刺激の効果について

迷走神経を頸部で切断しその中枢端に電氣的刺激をあたえると単一刺激によつて既に著しい呼吸効果を認めることを見出し、刺激時点が呼吸位相

のどこに落ちるかによつて如何にその効果が異なるかを調べた。吸息のはじめに刺激があたえられるとその吸息は延長するが、或る時点を越えると突然吸息短縮効果を示す。すなわちこの時点を越えると刺激が入ってからほぼ一定時間後(呼吸流速曲線によると0.2~0.3秒)にその吸息が呼息に切りかえられる。従つて最も吸息を短かくする効果のみられるのはこの効果逆転の時点であり、以後刺激時点(吸息相のはじめからはかった)と刺激効果としての吸息相の長さにはほぼ線状の関係がある。呼息相のはじめに刺激があたえられた時は餘りはっきりした効果が呼吸位相の長さにはみとめられないが、多くは呼息運動抑制的な傾向を呈する。然し或る時点を過ぎると突然呼息相の長さを短縮させる効果があらわれるが、これは吸息相における短縮効果と同じく刺激時点から呼息への切りかえ点迄の長さがほぼ一定の傾向を示す。

以上の効果は通常の週期的興奮性形態の刺激効果と幾つかの点で似ており、幾つかの点で異なる。これは呼吸中枢の週期的興奮性の特徴を示すものと思うが、中でも最も著しい呼息相、吸息相両相における切りかえ促進効果については真空管の multi-vibrator 回路によってよくその相似を示すことが出来る。

5. 丹野楯彦(横浜医大生理)

滲透圧的溶血と赤血球抵抗との関係について

1) 赤血球が低張食塩水で溶血する際、同一個体の赤血球の間に抵抗の大小があることの原因について、赤血球個々の間に、膜の弾性の違または Haemoglobin 含量に差異がある為ではなく赤血球内部の電解質の含量に差異がある結果であると推論した。其の理由として高張な食塩水中では赤血球個々の大小不同が少く、低張の媒質に進むに従つて不同の差が拡がって行く事、赤血球が溶血する瞬間の大きさは殆ど同一である事を挙げた。

2) 以上の様に赤血球の内部の電解質は血漿との間に或る程度出入があり、赤血球個々により程度の違がある為に或る程度の不揃が生じて居るも

のと考えられるが、その平均含量を求める為には50%溶血を起す食塩濃度 C_1 から求める事が出来る。

3) 赤血球が例えば蔗糖溶液に浸って居る場合には赤血球内電解質は媒質中に透過する。又葡萄糖溶液中に浸って居るときは葡萄糖は赤血球内に透過し赤血球内の溶質数を増す。両者の場合とも赤血球膜の弾性に殆んど変化を与えないにもかかわらず、前者では見掛上抵抗の増加を後者では抵抗の減少をあらわす。即ち食塩水による赤血球抵抗試験(50%溶血濃度 C_1)から赤血球内の溶質数の増減を間接的に測定する事が可能である。

3) 赤血球内の溶質数を n_1 、半溶血食塩濃度を C_1 とし糖類その他の溶液に一定時間浸された後の赤血球内の溶質数を n_2 、半溶血を起す食塩濃度を C_2 とすれば

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{C_2}{C_1}$$

の関係がある事を理論的に導く事が出来た。

4) 以上により赤血球膜の透過性の研究に対しては赤血球容積の測定と共に抵抗試験を利用する事が出来る。後者は間接的ではあるが前者に比較して測定の精度を高め得られる利点がある。

6. 小泉芳夫(横浜医大生理)

赤血球と重金属塩との結合様式について(I)

演者は既に、赤血球の生理的食塩水浮游液に重金属塩を加えると、金属は速かに赤血球に移行し、その大部分は赤血球表面膜と結合することを報告した。引続き、その結合の様式を明らかにすべく次の如き実験を行い、2, 3の知見を得たので報告する。

A. 結合の時間的経過

赤血球の食塩水浮游液に Hg, Pb 等の塩類を一定量宛に加え、添加直後より、一定時間々隔で遠心上澄を分離し、分析して、Media 中の金属が赤血球に移行する経過を検べた。その結果14°Cに於て Hg, Pb とともに4~5分後には大部分赤血球に移行することが明らかになった。

更に短時間内の結合経過を測定する為に、電気伝導度の速かな変化を測定し得る装置を考案し、Medium の伝導度の変化過程より、その結合の速度を測定すると14°Cに於て、約4分で結合が完了し、加えた金属の半ばが結合するに要する時間は約45秒であることが明らかとなった。

B. 結合量と温度との関係

各温度に於ける赤血球と鉛との結合量を比較すると、温度の上昇に伴い、結合量の低減することが明らかとなった(日本生理誌 Vol. 15 No. 4)。

C. 吸着恒温式の適否の検討

種々の濃度に鉛塩を含有する食塩水に一定量の赤血球を加え、平衡後の Media 中の鉛の量を定量し、平衡濃度と血球に移行した鉛の量とから Freundlich の Adsorption isotherm が成立するかどうかを検した。その結果 $\log \frac{x}{m} = \log a + \frac{1}{n} \log C$ の直線式によく適合することがわかった。但し、 $\frac{1}{n}$ が1より大となる傾向が見られる事から、この結合には只単に吸着現象のみが関与するとは考え難い。

以上の結果の他、赤血球膜と重金属との不可逆的な結合、動物の種による結合量の差異などから現在のところ、単なる吸着以外に化学的な結合が関与することは否定出来ないように思われる。これらの結果につき、Mortensen, Kellog, Daue, Behrens, Pachur, Blumberg, Scott, 原島, 錫谷, 箆山等の報告と比較考察を併せ論じた。

7. 萩原生長・内山平一・渡辺 昭(東京医歯大生理)

無脊椎動物における Neuro-muscular transmission について(その2)昆虫の翅の運動に対する1つの考察

8. 若林 勳・岩崎静子(東大生理)

筋神経連絡に関する2, 3の研究

筋神経の自然の接続並びに人工的な接触における興奮伝達について2, 3の実験を行った。

1) 神経-筋の方向性伝導

一応神経より筋への興奮伝導の方向性を確める為に次の実験をした。ヒキガエルの縫工筋の恥骨附着部より順次神経進入部へ向つて切断してゆくと切断の度に筋は大きい収縮を示すが、切断部位が筋の凡そ中央に近づく迄は支配神経幹に活動電位は見られないで、筋中央に近づく活動電位が見られ、切断が神経進入部に近づく程大きくなる。即ち筋だけの切断刺激では神経に活動電位が見られず、神経が切断されるときのみ見られた。

2) 二次性攣縮に於ける事実

直接に刺激される神経を N_1 、所属筋を M_1 、その

上に横たえる神経を N_2 、その所属筋を M_2 とすると、二次性攣縮の起る際には勿論 N_2 から活動電位が誘導される。

二次性攣縮の起らない際には M_1 の活動電位の拡がりが N_2 から誘導され、この拡がりは M_1 の活動電位の生起と殆んど同時に起る。それが誘導されるのは誘導極が M_1 に近い数mm以内に置かれた時で、誘導極が遠ざかる程拡がりは小さくなり、20mmも離れた所では誘導することができない。

二次性攣縮が起る際にはこの電位の拡がりの上に N_2 の活動電位が重なる。 N_2 の M_1 に近い部分を濡らせておけば活動電位の拡がりが誘導されやすい。

標本を作ってから時間が経過し二次性攣縮が起らなくなった時、ある間隔をおいて刺激を重ねて与えると後の刺激で二次性攣縮がおこる。その時 N_1 から誘導すると前後の刺激による活動電位の大きさに差はないが、 M_1 から誘導すると第1の刺激によるものより遙かに大きな活動電位が第2の刺激で現われる。そして N_2 の上では、第1刺激によって M_1 の活動電位の拡がり、第2の刺激によって M_1 の活動電位の拡がりの上に N_2 自身の活動電位が重ったものが現われる。

二重刺激でも二次性攣縮がおこらないで、 N_2 で M_1 の活動電位の拡がりだけしか見えない時でも、一般に2回目の拡がりの電位が高い。 M_1 の活動電位が充分大きくなると二次性攣縮が起り、 N_2 自身の活動電位が誘導される。

この2つの刺激効果の重加の有効な時間間隔は筋によって違いがあるが凡そ15~55msecである。これはLucas(1912)の見た事実と一致する。

1回だけの刺激で十分に二次性攣縮を起す時、二重刺激を加えて M_1 の活動電位を誘導すれば2つの刺激による活動電位の大きさに大小はない。十分強い刺激によっても二重刺激でなければ二次性攣縮が起らなくなつた場合には、 M_1 において最初の刺激の効果が減弱し、第2刺激による重加作用によってはじめて高い活動電位を発するものと思われる。

Arvanitaki(1942)が神経を重ねてEphapseの実験をしているが、吾々の実験は筋と神経を重ねて行ったもので、結果は女史の場合と同様であ

る。

9. 市岡正道(東京医歯大生理)

神経伝導速度の一新測定法

抄録は「日本生理学雑誌 15(昭28)学 95-96」を参照。

10. 真島英信・田中宣子(順天堂大生理)

等張性攣縮の力学

藁の縫工筋を用いて従来等張性攣縮と呼ばれている攣縮の経過中に於ける張力変化を追求してみた。即ち筋の上端には張力槓杆を、下端には慣性槓杆をつけて張力及び筋長の変化を同時に描記しながら、荷重又は慣性能率を各々独立に変えてみるのである。

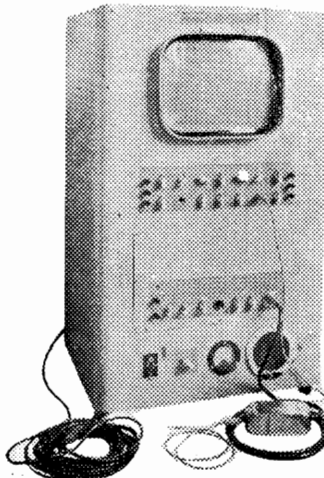
1) 従来等張性攣縮と呼ばれていたものは実は荷重一定の攣縮であって、決して張力一定の攣縮ではない。普通の攣縮曲線の2次微分として得られる加速度曲線は即ち張力曲線であるが、この曲線の時間的経過は次第に増加し後減少するので一定の値を保つ部分は全くない。従って攣縮の持続時間や速度を論ずる場合には慎重な注意を要する。

2) 等張性攣縮には荷重一定の場合と、慣性能率一定の場合との2種類が考えられるが、前者に於ては慣性能率、後者に於ては荷重を充分大きくした極限として何れも等尺性攣縮が得られる。等尺性といっても筋肉各部の長さは変っているのだから、等張性とは全く種類の異なる収縮様式を考えるよりは、上の如く極限の場合として連続的に考えるべきである。

3) 筋の初期長が一定ならば $(dF/dt)_{t=0}$ の値は常に一定である(F は張力)。この値は荷重や慣性能率の如何に関係しない。この点から張力発生メカニズムに関する従来静止筋の粘弾性を基とする考え方は全く不十分である。

4) 張力発生の時間的経過から、筋長のみに関係する短縮張力と、それに引続いて起る荷重のみに関係する維持張力とがあることを分離した。この両者が攣縮に於いて既に存在する事実は、強縮の際にみられる完全な等張性収縮状態が加重による張力融合によるのではなく、筋長の減少により短縮張力分が無くなることによるのであることを示唆している。

筋電計

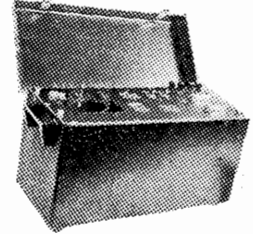


52-5型

- 携帯用 52-1型 ブラウン管径 75mm
- 52-2型 ブラウン管径120mm 単掃引装置付
- 52-3型 ブラウン管径120mm 単, 複掃引装置付
- 据置型 52-5型 ブラウン管径 17吋 単, 複掃引装置付

記録装置

バイプレター (二個装置)	最大入力	200MA
	周波数	0~1000c/s
	振幅	1000c/s20MAの時 10mm
フロマイド		35mm x 25M
フィルム	回轉速度	2 10 20cm/s
	刻時	1/50 sec



記録装置

*カタログ贈呈
郵券 ¥30



筋電計 (マイオグラフ) 発売元
電気測定器 真空管 電気部品
東京電気精機株式会社
東京都千代田区神田仲町2の11番地
電話下谷 (83) 6525



三方製品

パンクレアチン
含糖ペプシン
アナンナカン
タニナルビ
次硝酸ビスマス
次炭酸ビスマス
次没食子酸ビスマス
スルファミン
アセトスルファミン
サルチル酸ナトリウム
ヘキサミン
薬用石炭末
力リ石炭

東京都中央区日本橋室町4の5

製造發賣元 ミクニ化学産業株式会社

狭心症、心筋梗塞に

冠動脈攣縮による狭心症発作、冠硬化症による冠動脈狭窄を、本剤の強力な冠動脈拡張作用により消退あるいは予防する。

鬱血性心不全の浮腫に

腎血管を拡張し、強力な利尿作用を来し、しかも腎細尿管障害作用はなく、速かに浮腫を消退せしめる。

喘息・呼吸困難に

気管支筋攣縮を緩解する作用により、気管支喘息の発作および心臓性喘息を消退あるいは予防できる。

疝痛に

滑平筋弛緩作用により、胆石、腎石などの疝痛を緩解し、また末梢血管弛緩作用によつて、動脈硬化症、凝塞、栓塞による血行障害に対して有効である。

特長

- ・プロファイリンは安定な化合物で、胃液によつて変化をうけず、効力は常に一定。
- ・内服による悪心、嘔吐、腹痛等の副作用はなく、習慣性とならぬので長期連用できる。
- ・作用はアミノプロファイリンより顯著で、しかも毒性は甚だ低く普通使用量では全く安全。

文献送呈 包装 二五瓦入



塩野義製薬株式会社

大阪市東区道修町三



主要医薬品



ペニシリン (各種ペニシリン)	ジューロニン (重曹注)
新発売 オレオスライシン (抗糸状菌性抗生物質)	スチブナール (アンチモン剤チストマ)
ストレプトマイシン (結核治療抗生物質)	バンカイン 未注 (局所麻酔剤)
ジュンパス (化学療法剤)	ネオエーラミザール (砒素駆梅毒剤)
バンジット (ライソニコチン酸ヒド)	ミオエーラミザール ()
トーン (チピオン TBI)	マフアルザール ()
コーチザン (米国メルク会社製 注・錠・眼科用)	オスワルサン (内服駆梅毒剤)
ハイドロコチン (クロイマチス性関節炎 局所用)	ネオオスワルサン ()
アクサー (米国アーマー製 A.C.T.H)	ストマレジン (除イオン交換樹脂制酸 剤)
ギトーザン (キノフェン製剤 ロイ マチス・神経痛)	F C G (注射用 肝油コロイド 粉末)
バンチオニン (メチオニン製剤肝臓障 害)	
デトキソール (重金属並に一般中毒解 毒剤)	