

Vol. 11, No. 6

June, 1949

JOURNAL OF JAPANESE PHYSIOLOGICAL SOCIETY

日本生理學雜誌

第 11 卷 第 6 號

昭和 24 年 6 月 25 日 發行

編輯幹事

浦本政三郎・久保盛徳・坂本嶋嶺・鈴木正夫

戸塚武彦・林 謙・福田邦三

原 著

- 高木健太郎：半側發汗の動機について.....137
小林庄一・高木健太郎：いきこらえの研究 (4) その理論的展開 (2) 142
杉山盛枝・鈴木正夫：骨格筋の緊張纖維，非緊張纖維に関する研究 (第1編) 藥理学的分析
による兩種筋纖維の收縮.....145
杉山盛枝：骨格筋の緊張纖維，非緊張纖維に関する研究 (第2編) 筋の收縮機能と支へ
機能との筋力学的解析の一方法.....151
若栗 清：骨格筋の陰イオン透過性と体液量測定に就いて.....159
岩瀬 善彦：超高周波に於ける組織特に血液の導電的並に誘電的研究.....164
猪俣 廣：蛙筋の強まり要素に對するイオン作用の知見補遺及び通電電極作用とイオン
作用との拮抗.....169

會 報

- 計 報.....176
新 評 議 員.....176
次 回 總 會.....176
日本生理學會昭和23年度決算報告.....176
第57回生理學東京談話會記事.....177
第59回生理學東京談話會記事.....177
第27回日本生理學會評議員會記事.....178
寄贈圖書報告.....178
アメリカ生理學別刷の貸出サービス.....178

日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌
Nihon Seiri. Z.
J. Jap. Physiol. Soc.

國產嘴矢の



ダイアジン!

サルファ剤は選擇の時代が來た。即ち 吸収迅速、直ちに所期の有効血中濃度に達し、胸液 腹水 腦脊髄液中にも滲透、適確な作用を現すにも關らず、サルファ剤特有の副作用が殆んど見られない製品 サルファダイアジン テラジアジンの時代である。

適應症—肺炎・淋疾・丹毒・産褥熱・腦膜炎・細菌性下痢・其他一般化膿性諸疾患の治療と豫防。

テラジアジン

錠注

(説明書 呈上)

東京都 第一製藥株式會社 日本橋



帝國臓器のホルモン製剤

天然女性ホルモン

強力男性ホルモン

オバホルモン

注・錠・バスタ

エナルモン

注・錠

合成女性ホルモン スロ
腦製血圧下降剤 スプトニン
副腎皮質ホルモン インテレニン
腦下垂体前葉製剤 ヒボホリン

肝臟製増血剤 ナルピン
心臟製強心剤 カルチノン
脾臟製止血剤 オボスタチン
男性性腺ホルモン スペルマチン

製造発売元 帝國臓器製藥株式會社 東京都港区芝南佐久間町2丁目11番地

半側發汗の動機について 612.792.8

新潟醫科大学生理学教室

高木健太郎 (Takagi-Kentarô)

I. 緒言

中等度の發汗時に、床に側臥すると、上位になつた半身の發汗は著しく増進し、下位になつた半身は殆んど全く發汗が停止するという、いわゆる半側發汗なる現象は少し注意すれば、誰しも氣のつく事であり、久野 (3) はこれに最初に注目し、緒方・市橋 (4) によつてその動機は詳細に系統的に研究されている。それ等によると、皮膚壓迫はその動機ではなくて、下位になれる側の鬱血からの反射であるとしている。余もこの現象に氣づき、昭和22, 23年の盛夏を利用して、これを再検討し、この動機に関して、ちがつた解釋に到達したので、こゝに報告し、御批判を乞いたい。

II. 實驗方法と成績

A) 肉眼的觀察

半側發汗は別に精密なる検査方法によらずともある程度までは、肉眼的か、または交互に指先でふれることによつて、知り得る。著者自らの経験によつて、久野・緒方の現象を、まず臥床時に於て、明らかに確め得た。また緒方 (4) のいう如く、頭部の位置による差異は認め得なかつた。

次に兩手を垂れて直立のまゝ、体の片側を壁または柱にかなり強くおしつけるときにも (結局、上膊の外側を壓して、側胸部をも壓することになる。) 對側半身に發汗を増す。椅子に腰をかけ、兩手を前に出し、背掛に上半身を壓しつけた場合も同様であつた。また椅子に腰かけて、テーブルにひぢをつく如くにして、側胸部をテーブルの端で壓するときにも對側の發汗は著明に増加する。甚しい場合には、反對側の顔面、眼

結膜に著明の充血があらわれ、同時に發汗が増加するのが見られた。テーブルの端で側胸部を壓す代りに、小箱、小さい蒲團で側胸部を壓するときにも、明らかに半側發汗が見られる。以上の現象は今まで余の行つた20人以上のすべての人に於て例外なく觀察された。但しあまりにも發汗量の少ない時には明らかな區別はできなかつた。

B) 汗量測定による觀察

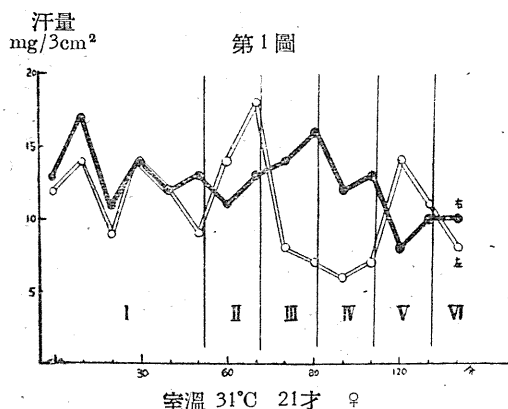
汗量の測定法はなるべく手がるにやる必要から、原理的には Burn (1), Hasama (2) の方法を用いた。即ち測定部位をセルロイドの皿でおい、一定時間後この部の汗を吸取紙で吸取り、Torsion-balance で手早く測定するのである。

測定面積ははじめの内は 3cm^2 であつたが、後には 24cm^2 であり、測定部位はその時々に応じて異なるが、手背、背中の上部、前胸部 (乳の高さ) の左右對稱部をえらんだ。測定時間は主として3分間、時に10分間とした。測定の誤差は相當大きく、蒸發、吸取方法によつてちがうが、 $\pm 3\text{mg}$ を超えることはない。實驗は夏期室温 30°C 前後の日をえらび、室温が低い場合にはストーブによつてあたため、且つ多少の靜的運動を被實驗者に負荷した。

1) 側胸部壓迫實驗

a) 壓迫の廣さ

こゝに側胸部というのは、前後腋下線の間でほぼ乳線の高さをさしている。椅子に腰をかけて、手は左右對稱に正しく前方の机の上に、又は膝の上におき、兩側の側胸部に小物体をあてやすくする。兩手背の發汗がほぼ平行して發汗していることを見定めた後に、上記の場所をクツシヨン様の小蒲團で壓す。第1圖IV, Vのよう



I. 椅子に正座 II. 右の側胸部を鉛筆の尻でおす III. 左の側胸部に小蒲團をあてる IV. 左の側胸部に小蒲團をあてる V. 右の側胸部に VI. 椅子に正座

に明らかに反対側の發汗は著しく増大し、同側の發汗は減少する。又小蒲團の代りに 10cm × 8cm 位の木の小箱でこゝを壓しても同様の現象が見られる。壓迫する小物体をより小さくして鉛筆の尻(徑約1cm)で強く壓しても結果は同様である(第1圖II, III)。半側發汗の起る前に自己觀察の鋭い人では發汗増進側に軽い熱感がまず起ると訴える。

以上からみると、非常に小さい物体による壓迫で非常に大きい範圍の反射性發汗があらわれるわけであり、また發汗は鉛筆の尻で壓した時にも起るから、緒方のいうように、鬱血とか、反対側の鬱血消散による反射とは考え難い。

b) 壓迫の強さ

未だ系統的に検査はしていないが、通常は 0.30~0.38kg/cm の壓で壓せば、軀幹ならばどこでもこの現象は起る。第1圖の小蒲團でおした場合の壓力はこれよりもはるかに小さい壓であるから、相當弱い壓でもあらわれることを知る。恐らく壓迫面積と壓力との間には一定の關係があるのであろう。

c) 發汗量と半側發汗との關係

緒方は發汗量が大体 60mg/20cm² 以上のときにはこの現象は見られないといっている。被験者が疲労し、鬱熱の状態にあると考えられる場合にはこのような場合に遭遇することもあるが、他の極めて健康と思われる場合にはこのよ

うなことはない。第1表はこのうちの1例で、100mg/24cm² のときにも、明らかにこの現象が見られるので、60mg/20cm² といふ數字は一應再検討を要するものと思われる。

第1表

23/VIII A.H. ♂ 29才 室温 38°C

汗量mg/24cm²		備	考
右胸部	左胸部		
110	113	白衣を頭にかぶり椅子に正座	
162	170		
155	84	左の側胸部を約 4.2cm のゴム栓で壓迫 (2.5kg)	
167	118		
162	117	はじめの姿勢	
147	112		

2) 体位と半側發汗

緒方によると、皮膚の壓迫は半側發汗に関係なくて、鬱血によるとしている。その實驗成績を精査すると、何れの場合も一侧の方に余計壓迫が加わることを完全に除外はできない。著者は完全にそのようなことが起らぬような次のような姿勢を以て實驗を試みた。その一つは(第2表参照)身体は直立の位置から前額面に對し

第2表

17/VIII K.T. ♂ 39才 室温 32°C

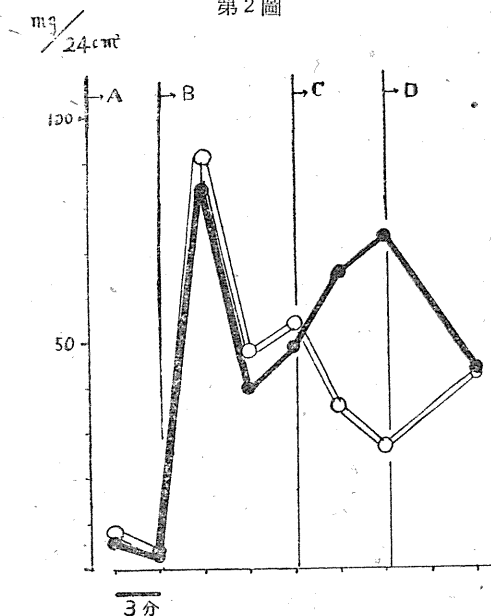
汗量mg/24cm²		備	考
右前胸部	左前胸部		
62	47	A	
67	49		
34	23	B	
47	24		
7	30	C	
2	27		
23	48	D	
44	6		
76	3	E	
63	33		
69	63	F	
55	56		
10	70	G	
1	86		

て約 30° の角度をなすように後方にかたむける。身体が後方にたおれぬように、柱に結びつけた綱に両手でつかまるのである。このときは左右に對する鬱血狀況は同じであり、發汗は左右平行に起る(A)。次に直立の位置から 30° 右側方に身体をかたむける。側方にたおれぬように、手で前記の綱をつかまえ、右手を机上において支える。この場合には下方になつた側(右

側)に鬱血が起つている筈である(第2表B).
しかるに発汗は前のAの場合と変りはない. 但し絶対量は負荷の大小によつて異なる. 次に木片で右の側胸部(下側)を壓すとその側の発汗は減少し, 左半身(上側)の発汗はやゝ増大する. 錐の柄(徑約1cm)で壓しても同じである(D). これとは反對に左の側胸部(上側)を壓すとその側の発汗は減り, 右半身(下側)の発汗は著明に増大する(E). Bの姿勢に戻ると左右の発汗は等しくなってくる(F). Gはこの姿勢で右の側胸部を錐の柄で壓したときである. この場合も壓した右側はへり, 左側は増す.

これでは上体に於ける鬱血があまり来ないと思われるから, 次には(第2圖参照)体操に用

第2圖



28/VIII S.K. 8 30才 上半身裸体, パンツ着用
白線: 左背部 黒線: 右背部 本文参照

いるフープにつかまつて, 体を眞横にしたような位置をとらせた. 即ち兩手, 兩足をひらいてそのまゝ90°体を右に廻轉させたような位置をとらせた. 勿論この場合相當の靜的運動をしていることになるから, 全体の發汗量ははじめの直立のときよりもはるかに多くなつたが, それだけに測定は却つて容易になつた. このような姿勢ならば, どこへも壓力はかからぬし, かか

るとしても, 手の掌と足の先だけで, こゝは次にものべるように壓迫による半側發汗の感度の極めてにぶい所であるから, 殆んど影響はないのであつた. はじめ直立の位置で測定し(A), 次に上記の姿勢をとつたが, 左右殆んど發汗量に差を認めることはできなかつた(B). このとき左の側胸部(上側)を徑約4cmのゴム栓で2kgの力で壓迫すると, 右側の發汗は増加し, 左側のそれは減少した(C). 直立に戻ると左右に差異はみられなくなる(D). 以上の實驗から半側發汗が鬱血によるものとはどうしても考え難くなつた.

3) 壓迫部位による差異の概略

壓迫部位は以上まで主として側胸部のみを用いたが, 部位による感度の大略をうかがうために, 椅子に腰かけた姿勢で, 身体のいろいろな部分をおしてみた. その全壓力はこゝでは大体2~3kg/12cm²に一定して行つた. 第5表は軀幹の數ヶ所を壓迫した例で, 軀幹ではどの部分でもこの現象は起し得るが, 大体側胸部が最も感度よく, 下腹部, 背部, 前胸部はこれより感度がわるい(第3表).

第4表に見るように, 軀幹を離れて四肢に行くと, 2kg位の壓では殆んど左右の差異はあらわれない. しかし, このような部分でもこれより強く, 痛を訴える程度に壓せば, 明らかに差異を認め得るようになる.

Ⅲ. 考 察

久野が半側發汗を發見し, 緒方はこれを實驗的に研究して, これが鬱血, 或は鬱血の消散による發汗中樞への反射であると結論しているが, 今その實驗成績を著者のこの實驗から批判検討してみよう. まず緒方が鬱血と結論した實驗を二種に別けると, 第一種は左右に壓迫の差が起らぬようにして鬱血をおこさせるものあり, 第二種は鬱血が来ないようにして壓迫の差が起るようにしたものである. 前者の一つは廻轉寢台とハンモックによるものであるが, 著者も自身, 寢台を廻轉させたが, 内臓等が廻轉した側に移動するために, その側の背中が寢台に

第3表

12/VIII K.T. ♂ 39才 室温32°C

汗量mg/24cm ²		備 考
右手背	左手背	
16	7	椅子に正座
26	16	
23	3	
4	16	左の側胸部を木片にて壓迫
0	17	
3	6	
19	12	はじめに同じ
19	12	
13	12	
11	13	右の側胸部第5肋骨に相當する部を錐の柄(徑1cm)にて壓迫
3	15	
1	19	
0	19	はじめに同じ
5	22	
3	9	
7	13	右の側胸部で前よりやや下部を錐の柄にて壓迫
17	8	
46	36	
36	39	はじめに同じ
7	33	
1	49	
0	32	右の側下腹部を錐の柄にて壓迫
10	31	
19	37	
25	31	はじめに同じ
21	31	
24	26	
12	17	背部右肩胛部を約 100cm ² の木片にて壓迫
36	60	
40	63	
26	33	はじめに同じ
27	33	
34	37	
15	33	左側前胸部を約 100cm ² の木片にて壓迫
15	30	
19	36	
17	30	はじめに同じ
23	22	
12	22	
11	11	はじめに同じ
25	10	
33	19	
46	48	はじめに同じ
42	48	
35	39	

よつてより強く壓迫されることを防ぐことは不可能であり、時に緒方のいう如く、30°の廻轉に於ては何としても廻轉側の壓迫は大きい。ハンモックの實驗でも同様であり、緒方のいう如く、略々同様の壓を左右に均等かけると言うが、左右の壓力に少しでも差異があることは著者の實驗からこの現象を起す誘因となり得る。四肢の下垂、舉上は純粹に壓力なしの鬱血に相當するように見えるが、その成績は不定であ

第4表

28/VIII T.M. ♂ 34才 上半身裸体 室温30°C

汗量mg/24cm ²		備 考
右背部	左背部	
36	39	後方に 10° 傾斜 直立
53	55	
52	50	
55	27	左の側胸部壓迫 (2.5kg)
29	8	
13	11	
10	9	後方に 10° 左の側腹部壓迫 (2.5kg)
34	13	
32	5	
37	26	後方に 10° 左側大轉子上を壓迫 (2.5kg)
63	60	
11	11	
10	9	後方に 10° 左膝外側壓迫 (2.5kg)
37	31	
28	23	
40	39	直立 左上膊中央壓迫 (2.5kg)
45	48	
56	55	
17	21	直立 両手を腰 左顔面咀嚼やく筋上を壓迫 (2.5kg)
39	36	
26	20	
37	40	直立
42	42	
46	42	
27	26	

る。これは寝て下垂してみればわかることだが手を下垂するとき、その上膊内面がかなり強く側胸部を壓することになり、或はまた下垂した側の肩の方は弱く床におされ、あげた側の肩は床からいくらかでも浮くことになり、こゝに壓力の相違が起り得る。血壓用マンシェツテで上膊をしぼることは一方鬱血を起させることになるが、他方、上膊に壓を及ぼすことになり、この壓力が強い場合には明らかに半分發汗が見られるのであつて、必ずしも鬱血の證明とはならぬ。事實緒方の壓力があまりかゝらぬ吸引による鬱血實驗に於ては陰性の成績が多い。次に第二種の鬱血なしの壓迫實驗として、胸、上肢に砂嚢をおいた場合、上肢においた場合には左右の差が明らかでなかつたのは、著者の實驗からも納得できるが、胸部においた場合、何故半側發汗が起らなかつたかということについては甚だ理解に困難な所である。また仰臥位と起立位に於ける上部と下部の發汗の相違は、著者はまだ1例もみたことがない。

IV. 結 論

1) 久野によつて發見され緒方によつて、その動機が半身の鬱血とされた半側發汗について、吟味實驗してその動機は鬱血によるのではなくて、壓迫による皮膚或は皮下組織からの反射であることを立證した。

2) この反射の感度は側胸部最も大きく、他の軀幹はこれにすぎ上膊、臀部はわるく、それより末梢に於ては殆んどないといつてよい。

3) 發汗量が $60\text{mg}/20\text{cm}^2$ 以上の場合にも明らかにこの反射性發汗を認め得る。

被驗者として、また驗者として協力していただいた東邦女醫學生中島・永井・石濱の3人の方、及び教室員の諸君に深い感謝の意を表する。

文 献

- 1) Burn, J. H. (1922) J. Physiol. 56, 232~247
- 2) Hasama, B. (1929) Arch. exper. path, Pharm. 146, 129~161
- 3) Kuno, Y. (1934) The physiology of human perspiration J. & A. Churchill. London 120~123
- 4) 緒方維弘・市橋貞三 (1927) 滿洲醫誌 7, 497~508

いきこらえの研究 (4)

その理論的展開 (2) 612.223.11:612.281

新潟医科大学 大学生理学教室

小林 庄一 (Kobayasi-Syōiti) ・ 高木 健太郎 (Takagi-Kentarō)

I. 前 お き

こらえ時間 (いきをこらえていられる時間) を決めるものには、精神的因子と肉体的因子とがある。精神的因子とは大脳の抑制力、即ち苦しさにあたえて、いきをとめていようとする意志の力である。肉体的因子にはいろいろあるが、呼吸ガスの方からだけいえば、肺胞- CO_2 、従つて動脈血の CO_2 -壓の増加が主なもので、肺胞- O_2 、従つて動脈血の O_2 -壓の減少は従屬的なものである (1, 2)。しかし、肺胞 CO_2 の増加といつても、その濃度がある程度以上になることがだめになる原因なのか、それともある濃度の CO_2 がある時間、中樞にはたらくことがその原因なのかについての研究はまだ行われていない。そこで、われわれは今回、いきこらえの際の CO_2 の作用と大脳の抑制力との時間的關係を、小林の理論式 (2) を利用して明らかにしようとした。

II. 実験方法と成績

被験者は、いきこらえの実験になれた男3名と、いきこらえの練習をしたことのない女1名である。実験はすべてイスに腰をかけた姿勢で行つた。

はじめに CO_2 排出量、その人の CO_2 容量 (3)、混合静脈血の CO_2 壓 (脚註) を測る。

〔註〕 CO_2 を 8~9% の濃度にまぜた O_2 を吸つていきをとめ、5秒目に空のゴム袋にいきをはき出させて肺胞空気をとり、直ちに、ゴム袋にはいた空気を再び吸いこんでいきをとめる。このことを、たとえば8秒、12秒、15秒、18秒目にくりかえして、肺胞 CO_2 壓に Plateau のできたところを以つて、混合静脈血の CO_2 壓とした。

次に、安静呼吸時の肺胞空気をとる。しばらくして、安静呼吸の後、できるだけいきをはき出し、次いで CO_2 を加えた純 O_2 をスピロメーターから、できるだけ深く、しかも速かに吸いこんでいきを止める。だめになつた時の肺胞空気をとる。こらえ時間は秒時計ではかる。もちろん被験者には時計は見せない。

以上の実験を、吸いこむ O_2 に混ざる CO_2 の濃度をいろいろに (0~36%) 変えて、約10分の間隔をおいて行つた。

なお、今回の実験は O_2 の減少の影響を除くために、すべて純 O_2 に CO_2 を加えたもので行つた。

こうして得た結果の1例を表に示す。これらの値を、いきこらえの間の肺胞 CO_2 -壓の変化を表わす理論式 (2)

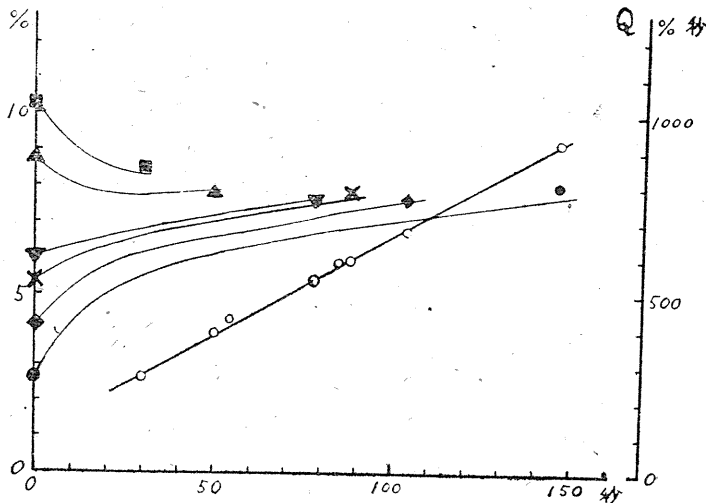
$$(1) \quad l = l_0 \frac{bcB}{b+c} t + c \left(\frac{v_0 - l_0}{b+c} - \frac{bB}{a(b+c)^2} \right) (1 - e^{-a(b+c)t})$$

に入れると、それぞれの場合の CO_2 壓の変化し方は第1圖~のようになり、理論値と実験値とは殆んど一致する。

これをみると、はじめに吸いこむ CO_2 の濃度が異つても、だめになる点の肺胞 CO_2 の濃度は大体ひとしい濃度 (8%前後) であるので、一見、肺胞 CO_2 がこの濃度になることがだめになる原因であるようにもみえる。しかしそれでは、10%以上の CO_2 を吸いこんでこらえた場合 (第1圖の■, ▲) のように、こらえはじめの CO_2 の濃度がだめになる時の CO_2 の濃度より高いことは理解できない。従つて、 CO_2 が中樞にはたらく時間を問題にしなければ

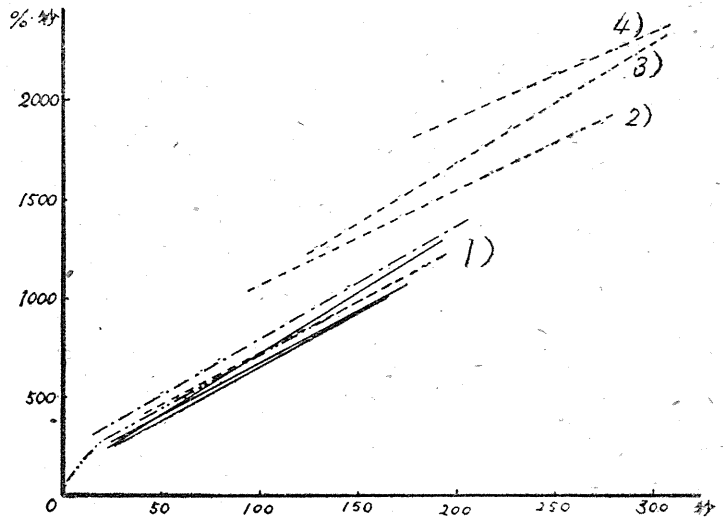
ならない。

第1圖



- ...吸いこんだCO₂ 16%(表のVI)
 - ▲...吸いこんだCO₂ 12.8%(表のV)
 - ▼...吸いこんだCO₂ 6.7%(表のVIII)
 - ×...吸いこんだCO₂ 5.5%(表のII)
 - ◆...吸いこんだCO₂ 3.2%(表のVII)
 - ...吸いこんだCO₂ 0%(表のI)
- (だめになる点のCO₂は実験値、
曲線は理論曲線、表のIII及びIVは
この圖には省略した)
- ...こらえている間にはたらく
CO₂の量(Q)

第2圖 時間-CO₂量-関係



(1)式は肺胞 CO₂-壓、従つて
動脈血の CO₂-壓の変化を表わ
すものであるから、これをこら
えはじめから、だめになる点ま
で、t について積分することによ
つて、中樞にはたらく「CO₂
の量」(%秒)を知ることができ
る。

こらえ時間を t とすると、こらえている間に
中樞にはたらく CO₂ の量 Q は

$$(2) \quad Q = \int_0^t l dt = l_0 t + \frac{bcB}{2(b+c)} t^2 + c \left(\frac{v_0 - l_0}{b+c} - \frac{bB}{a(b+c)^2} \right) \left(t - \frac{1-l_0}{a(b+c)} \right)$$

となる。

(2)式から Q を求めて、Q とこらえ時間との関
係をみると、その関係は全く直線的である (第
2圖—)。多くの実験によつて得た時間-CO₂
量-関係を第2圖に示す。これをみると、この

直線の勾配には人による差異
がきわめて少い。第2圖に破
線で示したのは、いきこらえ
の実験ははじめての人で (こ
の人ははじめからこらえ時間
が長い)、練習 (毎日数回) によ
つて、こらえ時間が長くなつて
ゆく経過を追つておこつた実験
例である。これをみると、こら
え時間がのびても、直線の勾配
はあまり変化せず、平行に上
に移動している。

Ⅲ. 考 察

だめになる点というのは、
CO₂による何らかの刺激 (例え

- H. 27才 ♂ - - - - T. 39才 ♂
- - - - K. 30才 ♂ - - - - M. 22才 ♀
- 1) 昭和23年9月18日(純 O₂ によるこらえ時間188秒)
- 2) " 9月21日(" 255秒)
- 3) " 10月1日(" 297秒)
- 4) " 10月5日(" 295秒)

ば苦しさ) が、大脳の呼吸運動に對する抑制力
をうち破る閾の点と考えられるから、この関係
は神経の電気刺激の際の 時間-電氣量-関係と同一
の性質のものであると考えられる。

いきこらえに於ける 時間-CO₂量-関係、即ち
ある一つの中枢神経系の刺激と興奮との時間的

附 表

被験者 H. 男 27才 49kg (昭和23年7月24日実験)

理論式の記號			理論式の記號							
1) CO ₂ の産出量 (cc/秒)	R'	3.26	3) 動脈血の CO ₂ 容量 (cc/%)							14.3
2) 混合静脈血の CO ₂ (%)	v_0	6.8	4) 静脈血と組織の CO ₂ 容量 (cc/%)							160.7
			5) 4) の逆数 × 1000					$b \times 1000$		6.22
理論式の記號			實驗符號							
6) 吸いこんだ CO ₂ の濃度 (%)			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
7) 吸いこんだ気体の量 (l)			0	5.49	6.71	12.42	12.82	16.0	3.22	6.74
8) 肺の CO ₂ 容量 (cc/%)			2.92	2.60	2.94	2.90	2.58	2.70	2.62	2.30
9) 3)+8) の逆数 × 1000			39.2	36.0	39.4	39.0	35.8	37.0	36.2	33.0
10) こらえる直前の肺胞 CO ₂ (%)	$c \times 1000$		18.7	19.9	18.7	18.8	19.9	19.5	19.9	20.7
11) こらえはじめた時の肺胞 CO ₂ (%)	t_0		5.31	5.31	5.15	5.13	4.94	4.84	4.90	5.52
12) こらえ時間 (秒)	t		2.61	5.38	5.98	8.84	8.68	10.25	4.09	6.05
13) だめの点の肺胞 CO ₂ (%)			146	88	85	54	50	30	104	78
14) こらえてゐる間にはたらく CO ₂ の量 (%・秒)	Q		8.04	7.83	7.92	7.69	7.83	8.49	7.67	7.62
			923	593	589	432	394	268	672	534

関係が、末梢神経の電気刺激の際の Weiss の式にあてはまるということは、大変興味あることである。なお、この時間-CO₂量-直線は、はじめに吸いこむ CO₂ の濃度が非常に高く、こらえ時間が非常に短くなると下に曲る (第2圖の—・—・—・—)。

次に注目すべきことは、肺胞 CO₂ の変化し方が、はじめに吸いこむ CO₂ の濃度によっていろいろであるのに、いかえれば、刺激の形が異なるにも拘らず、時間-CO₂量-関係が直線的であるのは、いきこらえにおいては、刺激に対する被刺激形態の accommodation がみられないことを示すと考えられる。これは痛覺に accommodation がみられないことと考えあわせてみると興味深い。即ち、生体は苦しさとか、痛みとかいう防禦的な性質をもつたものについては accommodation を示さないことが、生体自身にとつて都合のよいことであるから、これは生体の合目的性の1つのあらわれであると考えられる。

次に、この時間-CO₂量-関係の勾配、即ち、Weiss の式の b であるが、これは前にも述べたように、人による差が非常に少く、また練習によつてこらえ時間がのびても大きな変化はないようである。しかし、この勾配及びこれが大体一定していて変わらないということが、何を意味

しているのか、今のところわからない。今後、実験をすすめて明らかにしたいと思う。

IV. ま と め

いきこらえの際における肺胞 CO₂-壓の変化と大脳の抑制力との時間的關係をしらべて、次の結果を得た。ただし、いきこらえは O₂ で行い、O₂ 減少の影響を除いた。

1) いきこらえていられなくなる原因としては、動脈血の CO₂ の濃度だけでなく、それがはたらく時間が問題になる。

2) こらえ時間と、その間にはたらく CO₂ 量との関係 (時間-CO₂量-関係) は直線的で、Weiss の式にあてはまる。

3) いきこらえの間の CO₂ の刺激に対しては accommodation はみられない。

4) 時間-CO₂量-関係を示す直線の勾配は、人による差が殆んど認められず、練習してこらえる時間がのびても大きな変化はないようである。

文 献

- 1) 小林庄一 (1947) 新潟醫會誌 61, 176~183
- 2) 小林庄一 (1947) 新潟醫會誌 61, 421~426
- 3) 小林庄一 (1948) 日本生理誌 10, 201~205

[註] 2) 混合静脈血と平衡をとる肺胞空気の CO₂ の濃度 (%) であらわす。

3), 4) 循環血量は体重の 1/20、動脈血と静脈血との容積の比は 1:6 とした。なお、cc/% とはその CO₂ 壓がそれと平衡をとる肺胞空気の CO₂ の % になおして、1% ますために要する CO₂ の量 (cc) をあらわす。

8) 前の報告で (2, 3) この値を計算する際に、飽和水蒸氣壓を引いたのは誤りであつた。

11) 吸いこんだ CO₂ が残氣 (I) としたと動脈血とに直ちに一樣にまざるものとして計算で出した。ガス交換係数 (a) は 2.6 とした。

骨格筋の緊張繊維，非緊張繊維に関する研究

(第1編) 薬理学的分析による兩種筋繊維の収縮 612,741.15

千葉医科大学生理学教室

杉山盛枝 (Sugiyama-Morie) ・鈴木正夫 (Suzuki-Masao)

Sommerkamp (6) が骨格筋繊維に緊張及び非緊張の兩種を區別して以來，殊に Wachholder (10) の下に甚だ詳細に研究され，我國に於ても高井 (9)，古谷 (7) 等の觀察あり，野村 (4) も刺激生理学的方面的實驗を行つた。その後黒瀬 (3) は薬理学的に，緊張繊維は Atropin (後は Atr. と略す) 及び Curare により麻痺し，非緊張繊維は Tetrodotoxin (後は Tetr. と略す) により麻痺し，これにより分析の可能なることを論じた。私は蛙の筋につきこの分析を復試すると共に，可能ならばこれによつて兩種繊維の刺激生理学的性質を検討しようと試みた。

實驗方法

實驗材料はトノサマ蛙の腓腹筋を用ひ，液体電極函に裝置する。この函は鈴木 (7) により縦 3.0cm，横 7.0cm，高 2.5cm 中央にて隔絶し，大房 A 側から筆横杆に導き，大房 A，小房 B に Ag—AgCl 電極を挿入する。ただ灌漑實驗に於ては全蛙を用ひ，動脈幹に末梢方向にカニューレを挿入して被檢藥物溶液にて灌漑しつつ，腓腹筋を銀板 (不関電極) の上に固定し，腱を横杆に連ねる。刺激 Ag—AgCl 電極を筋の上端近くに觸れさす。他方の下肢は對照のため大腿部を緊縛し，藥品の作用を除いた筋につき同様に觀察する。電氣刺激には實驗順序に従ひ種々のものを用ひたが，その配線は教室從來のものと同様である。各實驗の方法につき特説を要することは，成績の各項の下に記載する。

實驗成績

1. Atropin, Tetrodotoxin の筋に對する作用觀察

浸漬實驗と灌流實驗を行つた。前者に於ては上記の電極函に，腓腹筋を A 房に筋の 3/4 と共に置く。刺激は單一開放感應電撃による。A 房に各藥物の種々の溶液を作用せしめた。後者は先に述べた所による。

A. Atropin の作用

浸漬による實驗より述べるに，藥物濃度は 10^{-5} ， 10^{-4} ， 10^{-3} にして，初め最大，最小刺激値を求め，經時的に Atr. 浸襲状態を觀た。 10^{-5} にては始めは攣縮高に何等変化を認めず，25分後少しく興奮性高まり，1時間後には再び平常となり，後閾値の上昇を認めた。 10^{-4} にては15分後攣縮高増大を來し，閾値減少し，50分後には正常となり，後閾値の上昇を來した。 10^{-3} にては攣縮高には変化なきも，30分に至りて抑制的となり，刺激閾も漸次上昇し始めた。灌流實驗に於ては， 10^{-5} にては20分後攣縮高の増大を認めたるも，60分後には正常となり，後閾値の上昇を漸次來した。 10^{-4} にては灌流後直に攣縮高の増大を認め，40～50分にて正常となり，後閾値の上昇を來した。回復状態を見るに一旦攣縮高の減弱を來したる時は Ringer 液と交替せるも回復困難にて，2時間といへども回復を認めなかつた。次で Acetylcholin 緊張性短縮を起させ，各濃度の Atr. 溶液の作用を見るに， 10^{-3} Acetylcholin による短縮は直に發現1～2分にて最高となる。此の際 Acetylcholin を除去し，直に Atr. 液と交替するに， 10^{-5} Atr. Ringer 液にては，1～2分変化なきも，漸次短縮弛緩し，15～20分にて殆ど正常緊張態となる。 10^{-4} にては直ちに短縮解除し，10～15分にて正常緊張態に至るを認めた。 10^{-3} にては5分以内に解除せられた。

B. Tetrodotoxin の作用

浸漬実験より述べるに、 10^{-3} にては始め15分は何等変化を認めざるも、漸次攣縮高低下し、閾値も上昇、2時間後に至るも反応を認めた。 10^{-4} にては緊張上昇を認めたるも、15分後にては攣縮力の低下を來し、閾値も上昇90分に至りてコイル距離2cmとするも反応なし。 $1/2 \cdot 10^{-3}$ にては最初より攣縮力の低下を來し、30分に至りても超最大刺激に對しても無反應となつた。 10^{-3} にては8分以内に反應急激になつた。灌流実験にては 10^{-5} では20分後攣縮高の増大を認めたるも、60分後にしては正常となり、閾値の上昇を來した。次で電氣刺激に對し反應なきものに Acetylcholin を作用するに、對照と同様緊張性短縮を來すを認めた。回復状態は、 10^{-5} にては Ringer 液交替後漸次攣縮高回復し30分後に於て前攣縮高に近づくを認めた。 10^{-4} 以上に於ては反應なきものは漸次回復を認めたるも、完全なる回復は認めなかつた。

2. Atropin, Tetrodotoxin 作用下腓腹筋の直接刺激攣縮描線觀察

腓腹筋を液体電極函に裝置して腓側を筆楨杆に連結し、各種電流、即ち感應單一電撃、強縮電撃、直角流刺激、指數函數電流刺激の最大攣縮描線を描いた。Atr., Tetr. の濃度及び時間は豫備實驗に考へ、Tetr. にては 10^{-3} にて10分間、Atr. にては 10^{-3} 、5分間浸漬した。

先ず正常筋の攣縮を觀察する。腓側陽極の場合と、陰極の場合とあるが、著差はない。茲には陽極の場合(第1圖)を示す。感應電撃(I)で單一興奮の形をとり、強縮刺激(T)に刺激持續攣縮を示す。直角流(R_1)の際には、閉鎖、開放に夫々單一攣縮を示すが何れも弛緩中途より弱い持續攣縮に移行する。腓側の陰極の時は、開放攣縮の出ないこともある。同電流の最大攣縮 $1/2$ の刺激(R_2)には、閉鎖攣縮のみで大体同じ形である。指數函數電流 $I(1 - e^{-t/\alpha})$ (α の25ms, 50ms, 100ms 夫々 C_1, C_2, C_3 とする)で C_1, C_2 にては弛緩中途より持續攣縮に移行し、 C_3 では主攣縮も弛緩が延び α の大なる程強き持續攣縮を示す。

Atr. 作用下に於ては(第2圖)感應電撃、強縮電撃、直角電流(R_1)に於て殆ど変化を認めざるも、又指數函數電流に於て持續攣縮の輕度となる傾向を示した。Tetr. 作用下に於ては(第3圖)感應電撃、強縮刺激に對し全然反應を認めず、直角電流及び指數函數電流に於て對照の最大攣縮の $1/15$ の高さの完全なる持續攣縮を示した。各描線描取後 Acetylcholin を作用するに正常の緊張性短縮を示した。

猶直角電流刺激の際の兩極側の攣縮比較のため腓腹筋にて0.12, 0.75, 1.75, 2.5V の刺激を用ひ腓側を陽極、或は陰極として攣縮を描取するに(第4圖)、Ringer 液中にて陰極側は、0.12V にて閉鎖、0.75V 以上にて閉鎖開放共に攣縮し、閉鎖攣縮は後に持續攣縮を伴う。陽極側に閉鎖攣縮は完全なる單一攣縮にして持續攣縮を伴はない。0.75V 以上に於て開放攣縮を認め、短い乍ら持續攣縮の後續するのを見る。Atr. 作用は一般に大なる変化を與へず、閾値が漸次大きくなり、各攣縮が漸次小さくなる。陰極側の閉鎖攣縮後に残る持續攣縮は殆ど變らずむしろ閉鎖、開放の尖りが目立たなくなる。

3. Atropin, Tetrodotoxin 作用下筋の直接刺激に於ける強まり要素測定

腓腹筋を用ひ液体電極函に裝置する。強まり要素決定は、Hill (2) の恒數 λ 測定による。 $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 曲線を書いて見ると、Atr., Tetr. 兩作用下共に大多數 α の50~200ms の間に於て直線となる。各々の1例を第5圖に掲げる。この際少くは輕度の偏化を示すものもあるが、そ

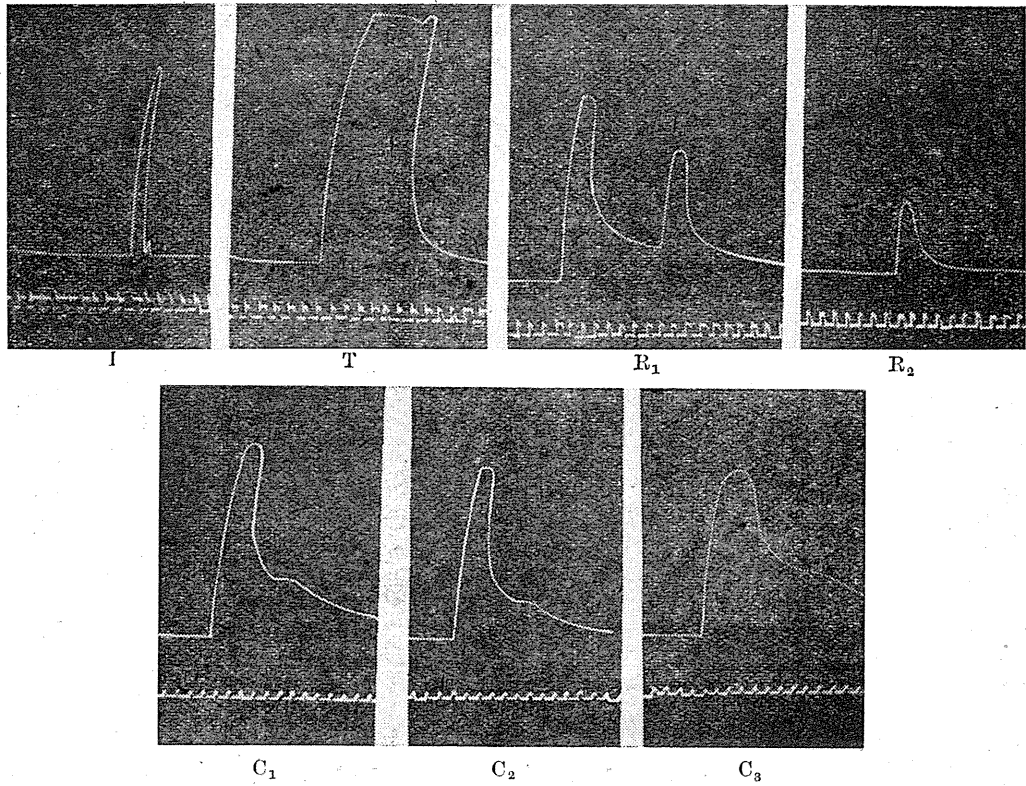
第1表

例 數	Atropin 20		Tetrodotoxin 18	
	R (V)	λ (msec)	R (V)	λ (msec)
最大値	0.270	360	1.92	8000
最小値	0.040	32	1.43	2856
平均値	0.093	190	1.71	4420

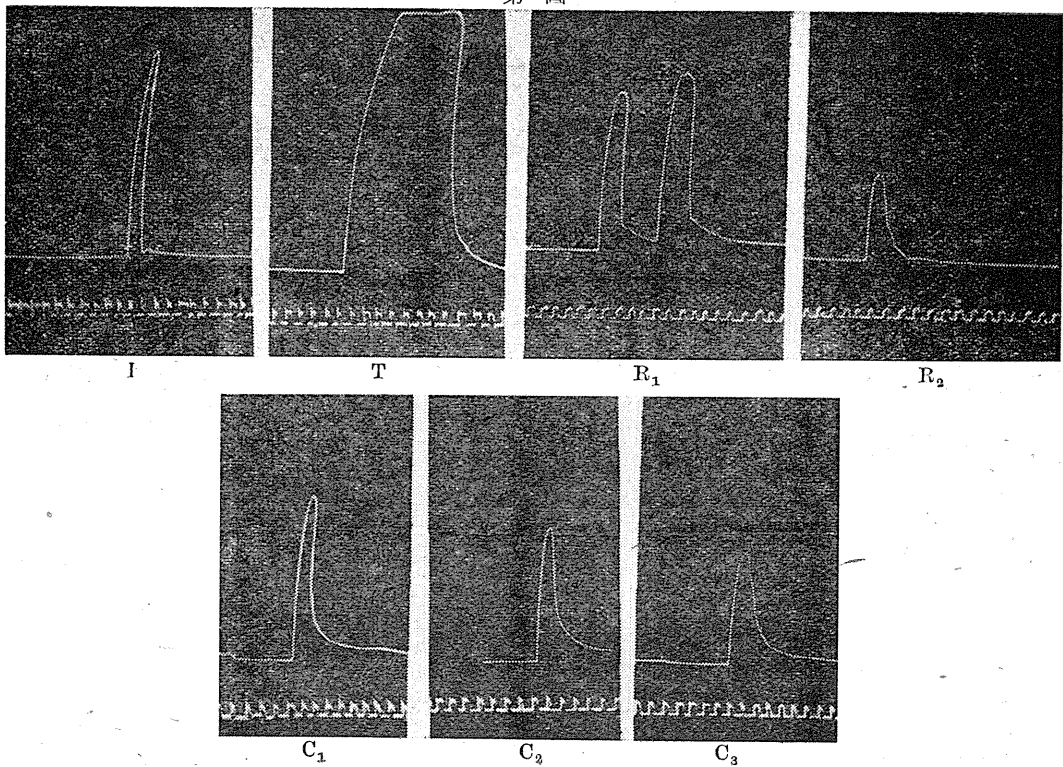
表には面積節約の意味で平均値と最大、最小値のみ掲げる

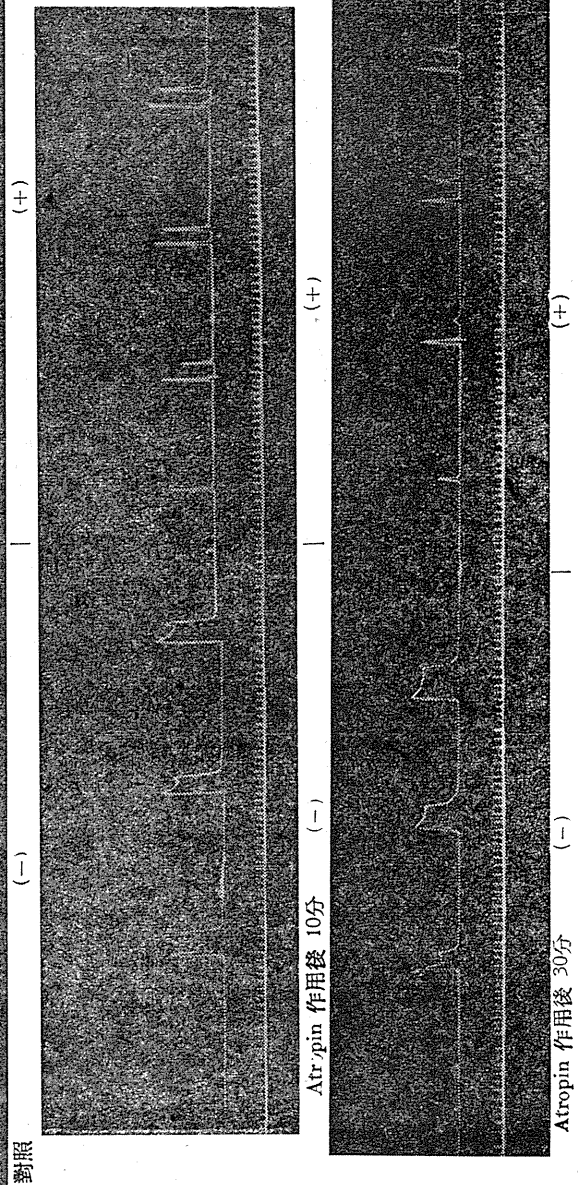
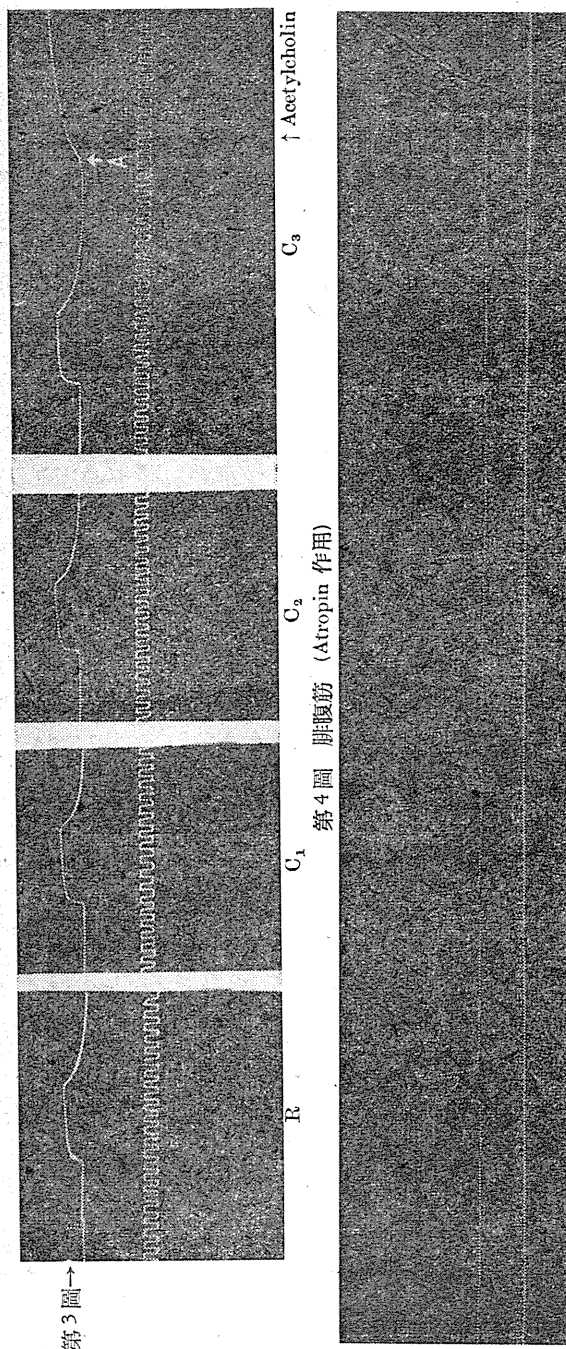
れにてはこの範圍全体に相當すると考へ得る直線を引き λ を求めた。元來 Hill の理論に於ける恒數 λ は λ よりも著しく大なる範圍の α に於て V_{∞}/V_0 關係より求むべきものであつて、 λ

第1圖



第2圖



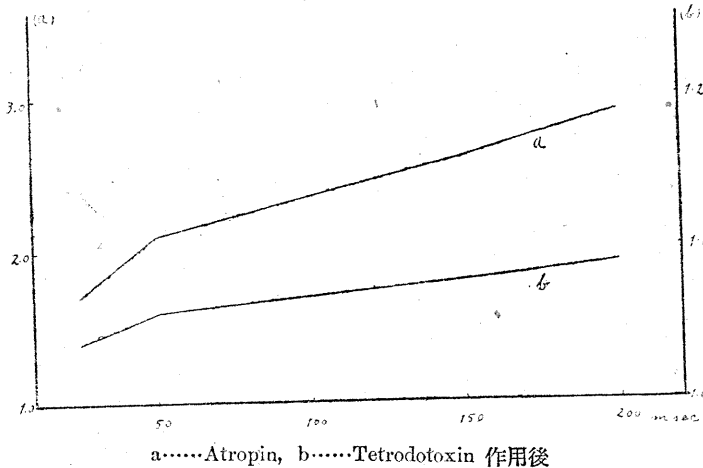


より小なる α の範囲で求められた當 λ は野村(4) 佐藤 (5) の意味で λ と呼ぶのである。その値は第1表に示す如く、Atr. 作用下と Tetr. 作用下とは大いに異り、Atr. に於ては小、Tetr. に於ては著しく大である。また基電流(R)にも

著しい差異を見、この2つの場合全く異つた種類の興奮性形体について観てゐることを知るのである。

考 察

第5圖 腓腹筋 $V_{\infty}/V_0-\alpha$ 關係



a.....Atropin, b.....Tetrodotoxin 作用後

實驗1は藥品作用の検討と共に、後の實驗に對し用量等に関する豫備實驗をなす。先づAtr. に関しては大体初めに收縮の増大、閾値の低下が起り、時間の経つに従ひ元に戻り、次で收縮高の減少、閾値の上昇を來す。この第1、第2の変化の境は濃度大なる程早い。Acetylcholin 痙縮の解除との比較により、第1変化が既にAtr.の特異作用の結果なることを見る。従つて第2変化は濃度過大のための中毒作用と見て差支ない。第1変化は緊張繊維がAtr.のため麻痺され、非緊張繊維のみ自由に働くに至つたためと解される。而して後の實驗のためには第1作用著しき 10^{-3} 濃度を用ひ、5~50分より實驗を開始した。Tetr.の作用については、濃度大なる程速かに電氣刺激に對する收縮が消失することを見る。そしてその後Acetylcholinの緊張性短縮を示すことにより、この際非緊張繊維が麻痺し、緊張繊維のみの機能を残してゐることを知る。後の實驗のためには 10^{-3} を用ゐるのを適當とする。この成績によりAtr.は緊張繊維を、Tetr.は非緊張繊維を麻痺して互ひに他種繊維の機能を残すとの黒瀨(3)の所見は、蛙に於ても略々事實に中ると見ることが出来る。

實驗第2はAtr.及びTetr.使用時の混合筋たる腓腹筋の各種電流刺激による收縮を描き、野村(5)の非緊張筋及び緊張筋の代表筋に於る

同様の所見と比較して、この藥理的分析の當否を検したのである。Atr.の作用は指數函數電流に於て著しく、 α 大なる程強い程度に於て正常筋に存在してゐた持続收縮が殆ど消失してゐる。これ緊張繊維に特異なる反復興奮性の脱出によると考へられ、Atr.により緊張繊維は麻痺されたが非緊張繊維は侵されてゐないと見ることが出来る。Tetr.の作用下にあつては直角電流

及び指數函數電流刺激に於てのみ持続收縮を示し、 α の大なる程その收縮も大となる。この刺激に依つては正常筋に於ても持続收縮を見たのであつて、これ緊張繊維の營む所に他ならず、今Tetr.により非緊張繊維の機能が脱出して緊張繊維のみその反復興奮を示してゐるのである。電流刺激による收縮弛緩の後Acetylcholinの作用によりその特異の緊張性短縮を示すのはその證である。これらの所見により黒瀨(3)の稱する藥理学的分析は大體當を得てゐると見ることが出来る。

直角電流刺激に當つての收縮描線に若干の持続收縮を伴ひ、Atr.作用にて著しき変化のないのは上に見た通りであるが、この隔絶法刺激の陰極側に持続收縮のあることは、鈴木及び佐藤(8)が縫工筋にて詳しく見た所である。これのAtr.による影響を見るため2後段の實驗(第4圖)を行つたのであつたが、正常筋の所見はこの腓腹筋に於ても縫工筋と略々同様の收縮を示ることを示す。そしてAtr.作用下に於ても、閾値の漸次増大以外には著しい性質的変化は見られない。殊に注目の的たる、陰極側の閉鎖收縮、陽極側の開放收縮に續く持続收縮がAtr.にて何等の変化を示さぬ事は、この持続收縮が緊張繊維の營む所ではなく、非緊張繊維の收縮の現れであると考へしむるのである。

實驗3に於てはAtr.及びTetr.を用ひて混

合筋たる腓腹筋を、略々夫々非緊張及び緊張繊維のみとした標本に於て、 λ を測定したのである。その結果は λ も亦基電流(R)も兩者に於て全く異つた大きさを示し、この兩標本は全く異つた興奮性形体であり、非緊張と緊張兩種繊維の分析せられたものと見ることが出来る。第1表はその兩種繊維に於けるRと λ との値を示すものである。本教室にて先に野村(4)は兩種繊維の代表筋について λ を測定したが、その値と本實驗の値とを比較するに大なる差があり、また兩種繊維間の差異としては彼に於ては大でない。これは電極装置が全然異なるのと、被檢對象も全く相違する事に基く。殊に彼にあつては代表筋とはいへ兩種繊維若干は混在すべく、興奮性形体混在に際しての λ 測定に於ては、常に λ の大なる形体の λ が測られると見られるから彼の實驗にて純粹に非緊張繊維の λ が測られてゐると考へられない。これらのことを考へると

兩種繊維のR及び λ の値としては、本實驗のものの方が遙かに純粹に測られたものと見ることが出来る。

本實驗の費用の一部は、鈴木正夫教授に對しての文部省科学研究費により行はれた。

文 献

- 1) 古谷 新 (1937) 慶應醫學 17, 445
- 2) Hill. A. V (1936) Proc. roy. Soc. Lond. Ser. B 119, 305, 440
- 3) 黒瀬敏夫 (1944) 日本藥物誌 38, 441
- 4) 野村志郎 (1942) 日本生理誌 8, 121
- 5) 佐藤寛之 (1944) 日本生理誌 9, 862
- 6) Sommerkamp (1928) Arch. exp. Pathol. Pharmacol. 128, 99
- 7) 鈴木正夫 (1937) Pflüg. Arch. 239, 81
- 8) 鈴木正夫・佐藤寛之 (1944) 日本生理誌 9, 798
- 9) 高井秀雄 (1937) 長崎醫學 15, 1697
- 10) Wachholder (1930) Pflüg. arch. 225, 627, 226, 225, 274, 228, 183, 229, 121

骨格筋の緊張繊維，非緊張繊維に関する研究

(第2編) 筋の収縮機能と支へ機能との筋力學的解析の一方法 612.741.4

千葉医科大学生理学教室

杉 山 盛 枝 (Sugiyama-Morie)

前編(8)の緒論に於て述べたる如く、從來骨格筋は生理学的、解剖学的、組織学的、生化学的に緊張繊維、非緊張繊維の2種類に分離されることが見られてゐたが、私は黒瀬(4)の薬理学的分析による兩種繊維の収縮を詳しく観察した結果を前編に於て報告し、黒瀬の方法を是認することが出来た。筋に於ける緊張はもと平滑筋の特長であり、これに就ても我が教室に於て新井(1)は平滑筋たる二枚貝の閉殻筋を用ひ、Singh(6)が phasic 及び tonic の2種に分けたる筋収縮を、更に方法を改めて詳しく観察してゐる。そして平滑筋における緊張の本態は支へ機能(Catch-mechanism, Sperrung)にあり、これは端的に帆立貝の支へ筋に現れる(Bayliss 536頁)。私は横紋筋の緊張性収縮をもこの支へ機能の現れと見ることはできないかと考へた。そしてその緊張性収縮を支へ機能、普通の収縮を収縮機能の現れと解し、この兩者を筋力学的に分析する方法を案出した。この方法を Sommerkamp(7)の分類による緊張、非緊張、混合の諸筋たる夫々蛙の直腹、縫工、腓腹筋に施し、第1編に見た薬理学的分析をこれについても行つた。また緊張性の神経支配の増減が、本分析法に何等かの影響を及ぼすかを検索した。

實驗方法

實驗材料はトノサマ蛙の直腹筋、縫工筋、腓腹筋を用ひ液体電極函に装置する。この函は鈴木(9)によるもので2種を使用した。即ち單一筋の機能分析に用ゐたのは長さ約7cm、幅2.5cm、高さ2.5cm、中隔でA、Bの2室に分け、筋の一端を僅かにB室に出して固定し、A室の腱部を筆横杆に連結する。緊張性神経支配を変動せ

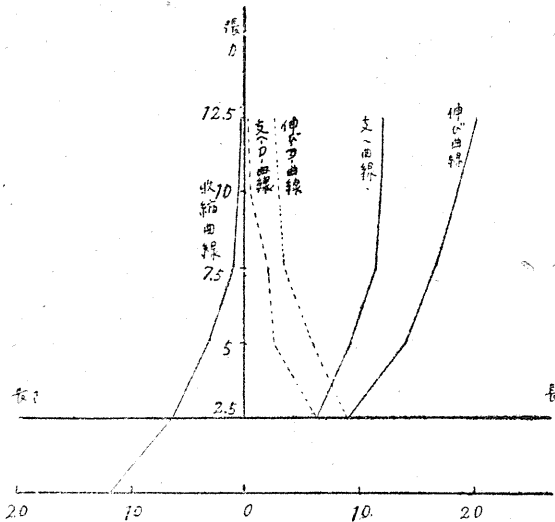
しめる方法としては混合筋たる腓腹筋を用ひ、1として Brondgeest の緊張の存否、即ち脊髓蛙の脊髓と連絡した筋を他側の坐骨神経を切断したものと比較する。2としては一側の迷路を破壊した蛙の兩側筋を比較した。何れにおいても兩側筋を蛙全体と共に装置せねばならないので、長さ約18cm、横約6cm、高さ約3.5cmの大きさで、A、A'、B、B'、Cの5室に分れた函を用ひた。蛙を兩大腿部以下剥皮、兩側腓腹筋を遊離せしめて夫々A、B、A'、B'に、先の如く固定する。C室は体幹の所在であつてA、B、A'、B'に電極を挿入する。たゞしA'、B'は對照側である。刺激装置は感應コイルで常に單一開放電撃を用ひた。

本實驗に所謂支へ機能と収縮機能との筋力学的分析法とは、等差級數的に増加する負荷作用時における伸展及び収縮の大きさの描記を材料とするのである。その等差級數的増大負荷量は各筋により異り、縫工筋にては2.5g、直腹筋にては2.0g、腓腹筋にては15.0g單位とした。始め筆横杆自重のみの負荷にて各筋の最大収縮描線を煤紙上に書き、その刺激値にて各負荷による筋伸長及びその際の最大収縮描線を画かしめた。攣縮高長、筋伸展長は煤紙固定後 Ocular-mikrometer にて正確に計測せられ、これを材料として次の如き曲線を方眼紙上に作製した(第1圖)。但し觀察の便宜上負荷即ち張力(g)を縦軸に盛り、種々の觀測値を横軸上左または右の方向に盛つた。

i) 収縮曲線：各負荷即ち張力に於ける収縮高をその縦軸値に相當する点に左向けにグラフする。これを収縮曲線と稱する。

ii) 伸び曲線：各負荷に於ける伸展長を夫々

第1圖 収縮曲線、支へ曲線、伸び曲線の作り方
(説明は本文を見よ)



の縦軸値に相當して右向けに点づける。この曲線を伸び-D-曲線と云ふ。蓋し各横軸値は夫々の負荷増大に對する伸びの微分的の値であるからである。そして順次に前々の横軸値の和にその点の夫を加へた大きさを右向けにグラフすることによる曲線(D曲線の積分曲線)を伸び曲線と云ふ。この曲線はある意味の静止筋の張力長さ圖であるが、後伸展が除外されてあるから張力長さ圖と呼ぶのは適當でない。

iii) 支へ曲線：各負荷に於ける収縮高をその直前の収縮高より減じた大きさを夫々の縦軸値に相當して右向けにグラフする。この大きさは考へ方によれば、筋の収縮時に於て等差負荷に當る張力に對し伸展した大きさであるから、これの小なることは支へ能力の大なることを意味する。その意味でこれを支へ-D-曲線と云ひ

(ii) に於けると同様にその積分的の曲線を支へ曲線と稱する。この支へ曲線は各負荷における支へ能力を示す曲線であつて、その左側に偏る程その能力の大なることを意味する。これも(ii) に述べたと同様に収縮筋の張力長さ圖の1種であるがさう呼ばない方が適當である。

これらの曲線の示す種々の性質については實驗成績の章で述べるが、その特長を數量的に示

す爲に次の操作を行つた。収縮曲線に於ては負荷の増すに従ひ収縮の減する度を表はすため、縫工筋に於ては 10g, 直腹筋に於ては 6g, 腓腹筋に於ては 75g の負荷の際の収縮長の、最初の収縮長に對する 100 分比を求める。支へ曲線及び伸び曲線はどの筋に於ても又藥品を作用せしめた場合にも、横軸値増すに従ひ縦軸値は増して累乗曲線を以て表はし得る形をなすを見て、 $y = ax^n$ にて表はし a 及び n を求めて比較することにした。

實驗成績

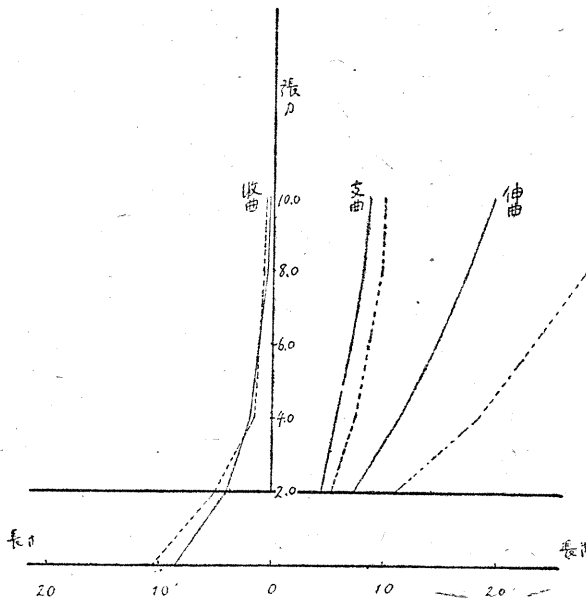
I. Atropini, Tetrodotoxin 作用下の各種筋觀察

1. 直腹筋(緊張筋の代表として)

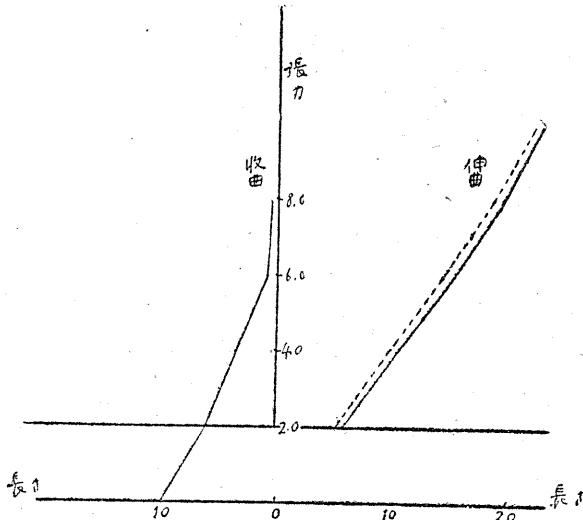
a) Atropin (第2圖) (第1表)

収縮曲線について見るに負荷 0 のときの収縮は Atropin 筋が大で全 15 例平均にて Atropin 筋 8.49mm, 正常筋 6.98mm 前者が 21.6% だけ後者より大きい。しかし負荷の増すに従ひ収縮の小さくなり方は Atropin 筋の方が著しく、6g 負荷の収縮は無負荷の夫々の平均 5.9% であつて正常筋における 7.4% より小である。伸び曲線においては正常筋と Atropin 筋と非常な相違を示す。先づ曲線全体 Atropin 筋のものが正常筋より遙かに右に偏る。これは Atropin 筋の方が各負荷により著しく伸び易いことを示す。又曲線の形は正常筋では全体が直線に近く、Atropin 筋にては彎曲が大きい。これは第1表の n , a の値により明かである。即ち a は小となり n は大となる。 n が正常筋で 1 に近いのは直線に近いのである。この曲線を張力長さ圖と見るときはこの曲線の各部の切線の横軸との傾角の $\tan$ は彈性率に相當する。この曲線の直線に近いのは Hooke の法則に近く、長さの変ることを意味する。直腹筋が緊張筋であり、Atropin は緊張纖維を麻痺せしめるのであるから、伸び曲線のこの形の変化は緊張纖維の特長の失はれたものと見ることが出来る。支へ曲線は Atropin により右に偏る。即ち支へ機能は Atropin により

第2圖 直腹筋の Atropion 作用時の3曲線
(實線は正常對照筋、破線は作用筋)



第3圖 直腹筋の Tetrodotoxin 作用時の3曲線
(實線は正常對照筋、破線は作用筋)



第1表

直腹筋 (Atropin作用)

例 數	収縮 曲線		伸 び 曲 線				支 へ 曲 線			
	normal Atropin		normal		Atropin		normal		Atropin	
	15		15		15		13		13	
	n	a	n	a	n'	a'	n	a	n'	a'
最大値	12.5%	10.1%	160	0.285	190	0.095	245	0.500	370	0.100
最小値	2.3	1.8	110	0.110	135	0.015	130	0.074	230	0.015
平均値	7.4	5.9	135	0.161	155	0.057	185	0.267	290	0.056

以下各表とも印刷面積節約のため平均値と極端値のみを掲げる。また同じ目的のため第6及び7圖を省略する

減退する。この際の曲線の經過の変化も第1表の n, a の変化に見るが如く、伸び曲線における n, a の変化と同様の意味において変化してゐる。

b) Tetrodotoxin (第3圖) (第2表)

この作用下においては、非緊張繊維が麻痺して攣縮が起らなくなるため収縮曲線が描けず、従つて支へ曲線を作ることができない。故に正常筋と作用筋とを比較し得るのは伸び曲線のみである。圖に見る如く、伸び曲線は本例については左に少々轉位してゐるが、他にはこの程度右に轉位する例もあつて大體差はないと見得る。表について見ても n も a も殆ど変化せず、非緊張繊維は負荷による伸展には影響のないことを示す。

2. 縫工筋 (非緊張筋の代表として)

a) Atropin (第4圖) (第3表)

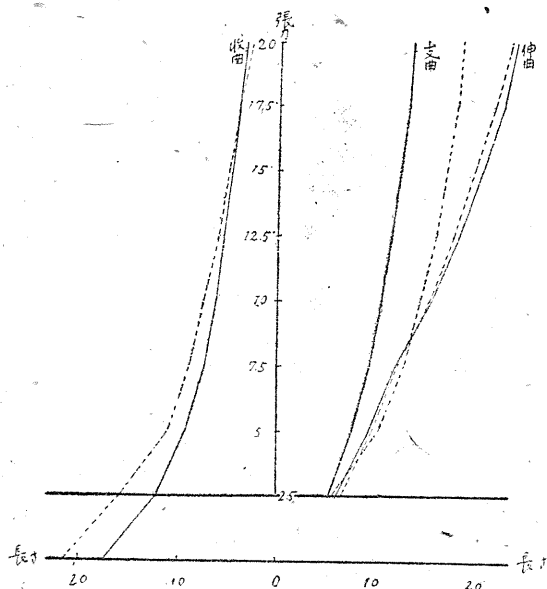
収縮曲線を觀るに Atropin 筋に於ては最初の攣縮高 19.3mm, 正常筋 17.2mm にて前者が 12.2% 大であるが、負荷増加に對する攣縮高の減少度は強く負荷 10g のときを無負荷と比べると、Atropin 筋は 20.6% を示し、對照の 22.6% より値小である。伸び曲線に於ては若干の差異を示すが著しからず、表において見てもその n も a も殆ど差を示さない。先に緊張筋の代表にて見た著しい伸び曲線の変化とこの非緊張筋の代表における無変化と對比することにより、緊張繊維の伸び曲線に對する寄與を察することができる。支へ曲

第2表

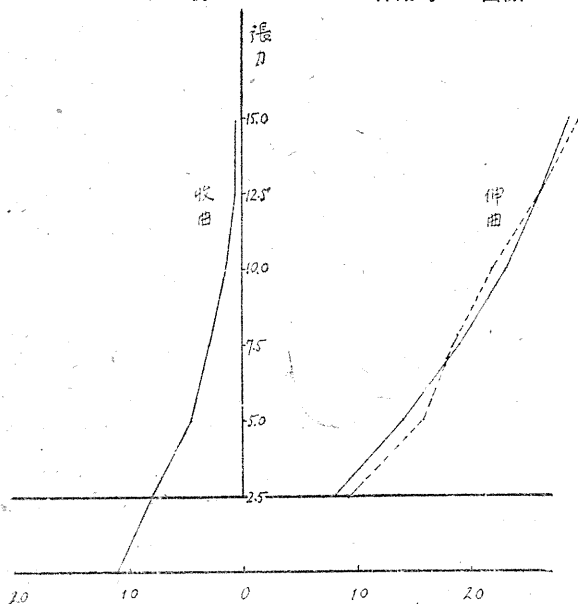
直腹筋 (Tetrodotoxin作用)

例 數	伸 び 曲 線			
	normal		Tetrodotoxin	
	15		15	
	n	a	n'	a'
最大値	160	0.240	180	0.205
最小値	110	0.038	110	0.020
平均値	135	0.138	135	0.129

第4圖 縫工筋の Atropin 作用時の3曲線



第5圖 縫工筋の Tetrodotoxin 作用時の3曲線



線に於ては伸び曲線よりは変化を見る。第4圖の例は変化が頗る著しいものであつて、全部この様に大きな変化ではないが、Atropinにより曲線は右に偏り、支へ機能の減退を見る。n 及び a の値の変化により、直腹筋で見たと同方向の変化がそれよりは小さな程度に於て行はれたことを見る。

b) Tetrodotoxin (第5圖) (第4表)

1. b にて見たように伸び曲線しか比較できないが、この場合 1, a の直腹筋に対する Atropin の作用と正に逆の変化を見るのである。即ち作用筋の伸び曲線は本圖で見ると、正常筋のそれと大体同じ場所にあるが、或ひは少々右に偏り少々伸び易くなる。しかしこの差異は著しくないがその形は変化して彎曲が少くなり直線に近づく。これを n 及び a の値に見ると表に見る如く a が大となり n が小となり、n は 1 に近づく。その値においても 1, a のときと正に反対方向の変化に當る。即ちそのときに述べたやうに、緊張繊維の作用の存否は本曲線に大なる影響あるものであつて、この変化を考へるのに縫工筋は非緊張筋の代表ではあるが猶ほ緊張繊維の機能は幾分存し、Tetrodotoxin による非緊張機能の麻痺のため緊張機能のみが現れたことが伸び曲線にかく表現されたのであらう。

3. 腓腹筋 (混合筋として)

a) Atropin (第6圖) (第5表)

腓腹筋は混合筋なるにより前に見た兩種筋の何れもの変化を示すを見る。即ち Atropin の下にては収縮曲線はやはり無負荷のときは作用下にてより大 (15例平均正常筋 13.9mm, 作用筋 15.5mmにて 11.5%増人)

第3表

縫工筋 (Atropin作用)

例 数	収縮 曲線		伸 び 曲 線				支 へ 曲 線			
	normal		normal		Atropin		normal		Atropin	
	15	15	15	15	15	15	12	12	12	12
最大値	38.3%	34.6%	n	a	n'	a'	n	v	n'	a'
最小値	10.9	8.4	180	0.260	195	0.190	300	0.079	330	0.062
平均値	22.6	20.6	140	0.054	130	0.046	225	0.005	225	0.003
			155	0.141	155	0.119	265	0.024	280	0.014

第4表

縫工筋 (Tetrodotoxin作用)

例 数	伸 び 曲 線			
	normal		Tetrodotoxin	
	15	15	15	15
最大値	u	a	n'	a'
最小値	175	0.195	165	0.240
平均値	145	0.053	125	0.064
	160	0.102	140	0.150

第5表
腓腹筋 (Atropin作用)

例 数	収 縮 曲 線		伸 び 曲 線				支 へ 曲 線			
	normal	Atropin	normal		Atropin		normal		Atropin	
	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10
	n	a	n'	a'	n	a	n'	a'	n	a
最大値	59.8%	48.8%	350	0.115	320	0.070	290	1.180	305	0.550
最小値	16.0	11.6	155	0.009	180	0.003	180	0.110	200	0.060
平均値	36.9	33.9	205	0.075	255	0.023	235	0.835	250	0.293

であつて、負荷大なるに従ひ減少の度が著しい。75gの負荷に際し正常筋の36.9%に對し作用筋は33.6%である。伸び曲線は直腹筋に於けると同様に右に偏りまた彎曲を増し、aは小となりnは大となる。併しnが正常筋に於て直腹筋に比し既に遙かに大なるは、緊張繊維の含量が既に少いからである。支へ曲線を右に偏り支へ機能の減少を示し、その経過の変化(n, aの変化)も直腹筋と同様であり程度は少い。

b) Tetrodotoxin (第7圖) (第6表)

之に於ては縫工筋の如く伸び曲線は相重るが稍々右に偏り幾分か伸び易くなる。然しその経過はAtropinの場合と反對に作用下に於て彎曲を減じaが大となりnは1に近づく。

I. 小括

かくの如くして収縮曲線、支へ曲線については各筋ともAtropinに同様に作用せられるが、伸び曲線に関しては緊張筋はAtropinに著しく作用せられてTetrodotoxinには殆ど影響されず非緊張筋はAtropinに殆ど何の変化も受けずしてTetrodotoxinにより緊張筋のAtropinによると正反對の影響を受ける。そして混合筋はこの兩方の変化を共に示す。これらのことは又考察の項でも述べるが、兩藥品の兩種纖維機能の特殊麻痺の證たると共に、兩種纖維機能が伸び曲線に對して現す特異の変化なのである。またTetrodotoxinが攣縮不能を來すため、その下で収縮曲線、支へ曲線を描き得ずして比較の一方が不足してゐるが、Atropinの示すこれらの曲線に對する変化から兩種纖維機能の収縮及び支へ機能との關係を導くことができるのである。何れにしてもこの筋力学的方法是これらの機能をよく分析し得ることが明かとなつたので、混合筋たる腓腹筋を用ひ、神経より緊張的支配の

第6表
腓腹筋 (Tetrodotoxin作用)

例 数	伸 び 曲 線			
	normal		Tetrodotoxin	
	15	15	15	15
	n	a	n'	a'
最大値	230	0.115	210	0.600
最小値	185	0.021	150	0.030
平均値	200	0.085	185	0.142

濃厚なる場合にこの分析の結果が如何になるかの問題に入ることとする。

II. 緊張的支配増大時の腓腹筋機能分析

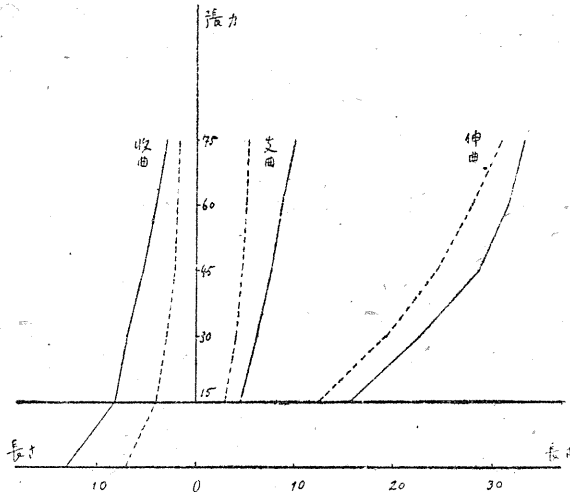
1. 坐骨神経切断に於ける腓腹筋觀察 (第8圖) (第7表)

これは生体内の腓腹筋において脊髓と連絡したものと、坐骨神経を切断したものを比較したのであつて、前者においてはBrondegeest緊張が存するため後者より緊張性神経支配が増大せる場合に相當する。収縮曲線について見れば連絡側は最初の収縮は小であり(全15例平均切断側15.8mmに對し連絡側11.8mmにて25.3%の減小)、また負荷大なるに従つての減小がより緩慢である(33.3%に對し38.1%)。伸び曲線は何れの例にても連絡側のものが左に偏り伸び難くなることを示し、その彎曲は小さく直線に近づく。即ちaは大となりnは小となり、nは1に近づく。支へ曲線も連絡側は切断側より左に偏り、支へ機能の大きくなつたことを示す。但し此の場合aとnとの値の変化は從來見たa→大、n→小と正に反對にa→小、n→大となつてゐる。これはnなるxの累乗指數が3を超へる大きさでは、却つてこのa, nの変化が曲線の左への偏位に相當することになるのである。即ちこの3種曲線の何れの変化より見るもこれはIで見た切出し腓腹筋に對するAtropinの作用正反對にして、Tetrodotoxinの作用と同方向であることを知る。

2. 迷路破壊に於ける腓腹筋觀察 (第9圖) (第8表)

一侧の迷路破壊が兩側の筋緊張に不平均を起すことは從來唱へられてゐたことなので、この兩側の腓腹筋を本分析法にかけたのである。収縮曲線にては最初は破壊側が健側より収縮高大

第8圖 脊髓との連絡有無の比較

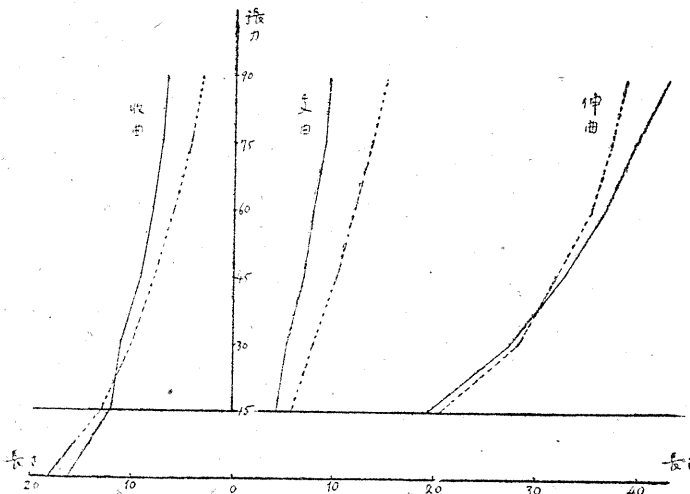


腓腹筋に於て實線は坐骨神経を切断せるもの、破線は連絡ある場合。

第7表 坐骨神経切断

例 数	収 縮 曲 線		伸 び 曲 線				支 へ 曲 線			
	切	断	脊髄連絡		切	断	脊髄連絡		切	断
	15		14		14		14		14	
			n	a	n'	a'	n	a	n'	a'
最大値	53.2%	55.4%	210	0.110	200	0.240	290	0.865	490	0.170
最小値	17.1	21.5	180	0.018	160	0.054	190	0.040	270	0.005
平均値	33.3	38.1	195	0.052	180	0.115	220	0.549	345	0.109

第9圖 迷路破壊の影響



腓腹筋に於て實線は健全側、破線は迷路破壊側のもの

第8表 迷路破壊

例 数	収 縮 曲 線		伸 び 曲 線				支 へ 曲 線			
	對	照	破 壞 側		對	照	破 壞 側		對	照
	15		14		14		13		13	
			n	a	n'	a'	n	a	n'	a'
最大値	54.1%	51.9%	225	0.240	300	0.105	490	1.100	330	1.600
最小値	37.1	23.3	180	0.026	190	0.022	175	0.018	150	0.042
平均値	46.5	35.5	190	0.085	205	0.055	330	0.328	225	0.956

(全15例平均對照側 15.5mmに比し 17.1mm で増大率10.3%)であり、負荷の大なるにつれての減少の速度はその方が著しい(46.5%に比し 35.5%)。伸び曲線に於ては此線の位置は余り変らないが經過は破壊側にて彎曲が大きくなり、a, n の変化ではaが小となり n が大となる。注意すべきはこの對照側の筋は脊髓とは連絡があるものであつて、前項の實驗にて切断側に比較して觀察された場合に相當する。収縮、伸び兩曲線の所見共に前項の夫と反方向であつて云ひ換へれば、前項の変化の途を反對に辿つてゐるとも云ひ得るのである。支へ曲線も前項と反對に右に偏つて支へ機能の減少を物語る。但しこの場合も n, a の変化は n が對照側にて 3 以上であるから、その変化は前項の夫に匹敵し從來觀察された値の変化とは逆方向である。かくの如く何れの曲線の変化より見るもⅡの1とは全く反對向きの変化に相當する。

考 察

一部は成績の章のⅠの小括に於ても述べたのであるが、Tetrodotoxin はどの筋に於ても収縮を阻止してふために収縮曲線並びに支へ曲線を描くことができず、従つて筋の種類と薬品の作用の兩方面から觀察のできるのは伸び曲線のみである。しかし本方法の主な視ひ所は収縮機能と支へ

機能との分析にあるのであるから、先づこれについて述べるが、これらは今述べた如く Atropin 作用下のみで観察できるのであるから各筋種について眺めて見る。

収縮曲線についての Atropin の作用は直腹筋縫工筋、腓腹筋の何れについても見る事ができ、どの場合も最初の収縮高の増加と負荷の増すに従ひ起る収縮高の減少の速になることである。その程度は直腹筋に大きく、他の2筋はこれに次ぐ。第1編及び之から述べる本報の成績によれば Atropin は緊張繊維の麻痺を來たすのであるから、これらの収縮の増大並びにその減少率の増加は、非緊張繊維の特長が緊張繊維の麻痺のため妨げなく現はれて來たものと見ることが出来る。第1編に於てもこの意味に於ける Atropin 作用下の収縮の増大を観察したのであつた。この意味に於ける Atropin の影響が直腹筋によく現れてゐることは、主として緊張繊維より成るためその脱落が著しく現れるのであらう。なほ直腹筋が緊張筋の代表であり乍ら Atropin 作用後も収縮は営むのであるから、非緊張繊維乃至非緊張性機能は始めから相當保持してゐると見ねばならない。

支へ曲線は方法の章にて述べた見方に従つて支へ機能の現れと見得るが、これも3種筋ともに Atropin にて影響される。そして何れにあつてもそのため曲線は右に偏して支へ機能の減少を示す。そして Atropin の作用より考へこれが緊張繊維の脱落のためを思へば、緊張繊維はこの支へ機能の擔當者なることが了解される。Atropin によるこの機能の減少が縫工筋にて軽度であることは同筋が非緊張筋の代表であることから明かであるが、Atropin によるこの影響が軽微ながら存在することは、ここに於てもこの筋に緊張繊維乃至緊張性機能が少し乍ら含まれてゐることを示すのである。緊張筋及び混合筋に於ては Atropin のための緊張性機能の脱落による支へ機能の減少は相當著しく見える。

伸び曲線は始めは収縮機能、支へ機能と如何なる関係にあるかを豫見したのでなかつたが、成績の章の内でも一寸述べた如く兩藥品と兩種

筋との兩方の変異に際し特異な変化を示して緊張、非緊張兩機能を興味深く反映することが明かとなつた。この曲線は方法に述べた如く元來弾性の後作用を除外した意味における静止筋の張力長さ圖に相當するものであつて、これを數式的に $y = ax^n$ (y …張力、 x …長さ、 a と n 恒數) にて表はすとき、緊張筋では Atropin のため $a \rightarrow$ 小、 $n \rightarrow$ 大、の変化をし、 n は1に近い値が大となつて直線に近い形から彎曲が大きくなる。しかし Tetrodotoxin のためには殆ど影響を受けない。一方非緊張筋にては Atropin のため殆ど変化を受けず、Tetrodotoxin のため a と n とにて上記と正反對の変化をする。そして混合筋ではこの兩藥品による兩方の作用が明かに現れるのである。この際 Atropin が緊張繊維を、Tetrodotoxin が非緊張繊維を特殊的に麻痺するとすれば $a \rightarrow$ 小、 $n \rightarrow$ 大の変化は緊張繊維の性質から非緊張繊維の性質への推移を示し、 $a \rightarrow$ 大、 $n \rightarrow$ 小の変化はその反對の移行を示すものと見ることが出来る。即ち最初の横軸傾角が大 (a の大なること) で全体が直線に近い (n が1に近いこと) 曲線經過は緊張繊維の性質であり、傾角小 (a の小) で彎曲著しい (n の大) 經過は非緊張繊維の性質なることを知り得るのである。そしてこの曲線がある程度張力長さ關係を示してゐるから、前述の後作用を考へに入れない範圍においてこの關係はそれぞれの繊維の弾性を示し、何れにしてもその静止時における重要な靜力学的性質を示すものと云ふことができる。

以上の考察により収縮曲線は収縮機能、支へ曲線は支へ機能、伸び曲線は靜力学的性質を示すものであつて、それぞれが緊張繊維、非緊張繊維において一定の經過をとることが明かとなつた。この筋力学的分析を緊張性神経支配の増大してゐる筋に施して如何なる結果が得られるかを見たのがⅡなる實驗である。

先づ Bronlgeest 緊張の存在する脊髄と連絡ある筋と神経を切斷したものとの比較であるが、見る如く収縮、支へ、伸び3曲線とも Atropin と正反對の方向の変化である。而も収縮曲線の

変化の大きさは遙かに Atropin などの場合を超へ、支へ線曲も変化が著しいために $y=ax^n$ の表現では a, n の大さ変化が反轉した程である。伸び曲線の変化も大きい。そしてこれは上に見た緊張繊維的の機能増大の状態に他ならず収縮機能は抑へられ、支へ機能は増大し、静力学的には伸び難くして Hooke 法則に近い弾性を示す状態なることを示す。

そしてこれは Brondgeest 緊張の下にあるのであるから、神経支配の緊張状態も本分析法の對象となり得て、緊張繊維の機能の増大と同様であることを知るのである。

次に迷路破壊側と對照側との比較であるが、これは成績の下で見た如く前述の神経切断筋より Brondgeest 緊張の状態への方向と反對の変異である。しかしこの場合對照側が既に神経の連絡があり Brondgeest 緊張は存在してゐるのであるから、云はばその緊張状態の程度の減少の方向に相當する。即ち本分析の云ふ所によれば、迷路破壊側の腓腹筋は對照側に比し緊張状態減弱せるものに當るのである。迷路破壊の四肢筋の緊張に對する影響は最近の精細なる研究により、昔單純に結論されてゐた所は見直されて來た (Magnus u. de Kleyn(5))。そして迷路破壊そのものは頸筋、体幹筋の緊張に對する影響が著しくして四肢筋に對してはそれ程でない。殊に本實驗の如く迷路破壊のまゝ放置された蛙に於ては頭が切断側に傾き、そのために起る頸筋反射 (de Kleyn(3)) のため二次的に四肢筋への緊張が影響され、切断側の四肢は屈曲内轉に傾き、反側は伸展外轉に傾くのである。腓

腹筋は伸展筋であるから破壊側を健側に比較して緊張は減弱してゐる筈である。本分析法でこゝに同側の緊張程度の減少を示したのはこの状態と一致する。

このように本實驗に用いた方法にて収縮、支へ及び伸び曲線を描くことによる筋力学的分析法は、緊張筋、非緊張筋における機能の分析のみならず、神経支配の緊張状態測定に對しても用ひ得て、その際の各機能の状態を明かにすることができるのである。そして緊張繊維の機能たると神経性支配によるとを問はず緊張なる状態は支へ機能の増大、収縮機能の減退、静力学的に伸び曲線の a 大にして n が 1 に近い等の事實によつて特長づけられ、非緊張繊維は支へ機能小にして収縮機能大、伸び曲線は a 小にして n 大なる性質を示すといふことができる。

本實驗の費用の一部は、鈴木正夫教授に對する文部省科学研究費に依るものである。

文 献

- 1) 新井祐太郎 (1941) 日本生理誌 7, 145
- 2) Bayliss, W. M. (1927) Principles of general Physiology, 4. Edition
- 3) Kleyn, A. de (1914) Pflügers Arch. 159, 218
- 4) 黒瀬敏夫 (1944) 日本薬物学雑誌 38, 441
- 5) Magnus, R. u. A. de Kleyn (1926) Bethes Handbuch X-3, 868
- 6) Singh 1 (1938~40) J. physiol. 92, 62. 94, 1, 322. 98, 155
- 7) Sommerkamp (1928) Arch, exp. pathol. pharmacol 128, 99
- 8) 杉山盛枝・鈴木正夫 (1949) 日本生理誌 11, 145
- 9) 鈴木正夫 (1937) Pflügers Arch. 239, 81

骨格筋の陰イオン透過性と体液量測定に就て 612.42

千葉医科大学生理学教室

若 栗 清 (Wakaguri-Kiyoshi)

I. 緒 言

生体内に於ける無機塩類の分布に関しては古くより Na 及び Cl イオンの細胞外存在, K 及び磷酸イオンの細胞内存在が多数の研究者により承認され來つた。特に骨格筋を対象としての数多くの研究は Cl を初め諸種陰イオンの不透過性を認め、その筋内分布は専ら細胞外に限られるものとせられ、その分布域は所謂 Cl-space として細胞外液相量の規準とみなされてゐる。一方筋細胞に對し K が明らかに透過性を有することは各種實驗から確認されてゐるものであり、筋細胞内の K 蓄積は陰イオン不透過性の假定の下に容易に説明され得るものである。従つてこの事柄も亦陰イオン不透過性を支持する一つの根據とせられ來つた。

然るに近年 Conway 及び Kane (1) により筋、腎及び肝の組織に於ける諸種陰イオン (Cl, SO_4 , 乳酸及び磷酸) の擴散が検討され、次で Conway 及び Boyle (2) により陰イオンの透過可能な条件下に於ける細胞内 K 蓄積の可能性が論ぜられ新なる透過學說として注目されるに至つた。事實生体内筋活動時には乳酸及び磷酸の如きは K と伴つて恐らく陰イオンとして筋より血液に放出されることから (福田, 小林 6), 少くともこれ等代謝性陰イオンは筋纖維膜に對して透過性を有するものと解せねばならない。

さて骨格筋に於ける電解質 (イオン) の透過性検討に當つては分析的方法による直接の判定の外、所謂塩類効果として知られてゐる電氣發生的面より歸納する間接的方法が可能である (福田 7)。陰イオンに関しては從來その電動効果が僅少なことからその不透過性が論ぜられ來つた。今この様な陰イオン發電効果の實驗を願

みるに (Höber 8, 瀬尾 10, 杉 11) 使用された陰イオンは何れも主として所謂 Hofmeister 系列的なものであり、専ら膠質化学的立場より考察されて居り、上記の如き生理的意義ある所謂代謝性陰イオンをも含めて特に透過性検討の意味で行はれてゐるものはない。こゝに於て著者は當然その透過性が考へられる代謝性陰イオンが果して電氣發生的に Cl イオンに對して特殊な態度をとるか否かを検討し、更に進んで陰イオンの透過性を吟味するに至つた。この問題は亦陰イオン不透過性の假定の下に行はれる体液量測定上から考へても重要であり、この意味より特に SCN , SO_4 塩を用ふる体液量測定に對する根本的批判實驗をも併せ行つた。

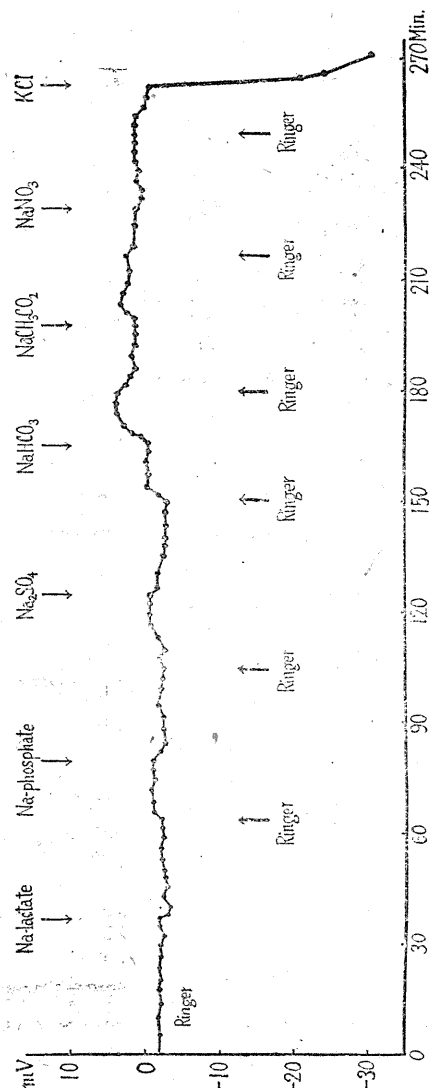
II. 實 驗 成 績

實驗 I. 蛙筋發電に對する陰イオン置換効果

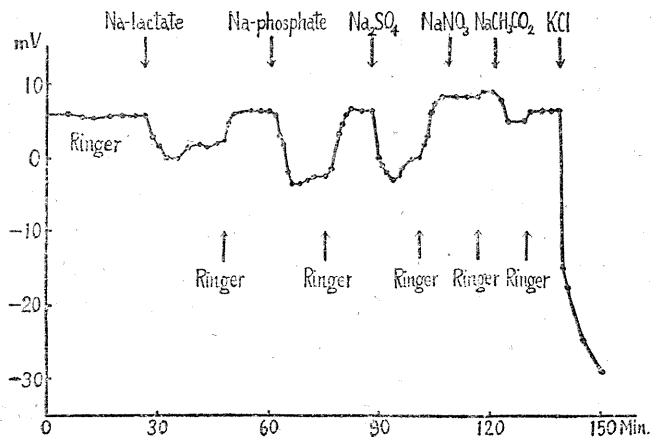
實驗方法: 骨格筋電氣發生はトノサマ蛙の縫工筋を用ひ杉氏隔絶法により甘汞電極で誘導し、電位差計を用ひ補償法で測定した。筋の一侧には常に Ringer 液、他側には Ringer 液と諸種被檢液との混液を與へ、電極との間の擴散電位は飽和 KCl を介在させて消却した。

實驗成績: 被檢陰イオンとして乳酸、磷酸、 H-CO_3 , CH_3 , CO_2 , NO_3 , SO_4 , を選び、その電動効果を比較するためにそれ等の等張の Na 塩溶液 (NaHCO_3 を除いては何れも pH 7.2) を使用し、Ringer 液中の Cl を 1/2 置換し電位變動を追求するに $\pm 2 \sim 3 \text{mV}$ 程度の変化しかみられず、特に系列的一定の関係も認められない (第 1 圖參照)。こゝに於て乳酸、磷酸イオンと Cl イオンとの間にすら電氣發生的に差がないことから、或は Cl イオンにも透過性があるのでないかの考への下に $\text{F}(\text{CN})$ の如き大

第1圖 陰イオン置換効果 (蛙縫工筋) (説明本文)



第2圖 陰イオン置換効果 (モルモット縫工筋) (説明本文)



形の錯イオンを選び上記と同様 Cl^- イオンと比較したがやはり殆ど電動効果に差が認められなかった。斯くして各種陰イオンと Cl^- イオンとの間には透過性に殆ど差がないと断定するに至った。

次にこの結論が蛙筋のみに特有であるか否かを検すべく、温血動物としてモルモットを選び縫工筋を用ひ同様の実験を行つた。結果は第2圖に示す如く乳酸、磷酸、 SO_4^{2-} の陰イオンは置換直後何れも置換側の數 mV 或はそれ以上の陰性変動を示すも漸次舊に復歸し、其他の陰イオンでは影響のないことを知つた。この陰性変動はこれ等陰イオンが寧ろ Cl^- イオンに比して透過性の多少劣ることを示すものとも考へられ得るが、それは同圖の最後に試みた Ringer 液中の Na を K に置換した際にみられる様な大きな変動に比ぶれば殆ど問題にならぬ程度のものである。こゝに於て温血動物の骨格筋に於ても大略蛙筋同様の結論が得られることを知つた。かくして筋發電効果に於て Cl^- イオンに對し特殊な立場をとる陰イオンがないので結局透過性有無に関する結論は得られ難く、乳酸、磷酸イオンが當然透過性を有するものと考へるならば、 Cl^- イオンを初め凡ての陰イオンは何れも透過性を有せねばならぬこととなる。この事に関しては次節に於て決定する。

實驗Ⅱ. 蛙筋に於ける陰イオン (SCN^- , SO_4^{2-}) と蔗糖の分布容積

上記の實驗から各種陰イオン間の透過性到大差ないことを知つたので、次に適當な陰イオンを選びそれが蛙筋内への擴散を蔗糖の如き明らかに透過性を有せぬもののそれと比較検討し、陰イオンの透過、不透過を決定せんと試みた。こゝに被檢陰イオンとしては体液量(細胞外液相量)測定に通常用ひられる SCN^- 及び SO_4^{2-} イオンを用ひ、細胞外液相量測定と近似な條件下に於てその筋内分布域を蔗糖のそれと比較した。

実験方法：実験材料としては食用蛙、蟪の縫工筋及び腓腹筋を用ひ、Ringer 液にて充分洗つた後これを Ringer 被検液混液（該液 100 容は各等張の蔗糖液 1 容、NaSCN 液 1 容、Na₂SO₄ 液 5 容及び Ringer 液 93 容からなる）に入れ、酸素通気の下に充分平衡（3～4 時間）に達してから混液中の被検物質濃度の減少を測定し、筋内滲透により稀釋された程度から蔗糖、SCN 及び SO₄ の筋内に於ける分布域を筋の重量の百分率で下式に従つて計算した。

$$\text{分布容積(\%)} = \frac{C_0 - C_1}{C_1} \times \frac{R}{W} \times 100$$

C₀ は最初の Ringer 被検液混液に於ける被検物質濃度、C₁ は擴散平衡時に於ける該物質濃度、R は Ringer 被検液混液量(cc)、W は筋重量(g)、R は大略 W に近くした。本計算に於ける分布域とは被検物質が外液中の該物質と同じ濃度で筋内に存在したと假定してのものである。

定量法は SCN は Crandall 氏試薬による比色定量法、SO₄ はアルカリ、ベンチデン滴定法、蔗糖は加水分解（0.1N 塩酸を加へ、85～100°C、2 時間）により轉化糖となし Creclius-Seifert 法にて定量した。

実験成績：分布容積は第 1 表に示す如く蔗糖

第1表							備 考
例	被 動 物	月 日	液の温度	筋に於ける分布容積 (%)			
				蔗糖	SCN	SO ₄	
1	食用蛙	3.10	10°C	10.4	19.0	—	
2	食用蛙	3.10	10°C	14.8	27.0	40.0	
3	食用蛙	3.10	10°C	19.7	22.0	29.0	
4	蟪	4. 9	17°C	6.6	17.0	—	
5	蟪	4.17	15°C	—	14.0	43.0	
6	食用蛙	4.22	16°C	—	13.5	47.0	
7	蟪	6. 3	20°C	10.0	14.4	37.0	
8	食用蛙	6.10	20°C	18.4	33.0	—	疲労側 對照側
				19.0	27.6	—	
9	食用蛙	6.18	21°C	12.5	23.8	26.1	疲労側 對照側
				12.6	20.3	24.2	
平均				13.7	21.0	35.1	

では約 14%，SCN では約 21%，SO₄ では約 35% であり、SCN、SO₄ の分布容積は蔗糖に比較して明らかに大きい。この事から SCN、SO₄ が筋纖維限界膜に特に吸着されぬ限り、それ等は透過性を有し、筋纖維内に入り得ることを知る。尙 SO₄ が SCN に比して遙かに大きい分布容積を示すことは注目に値することであり、こ

れは実験 I の結論からしても鑛質透過性の差によるものでなく、平衡時細胞内外の濃度比によるものであると考へられる。

最後にこの様な蔗糖及び陰イオンの筋内分布域が筋疲労によつて変化するか否かを検討するため一側の坐骨神経を每秒 1 回蓄電器放電装置によつて 2 時間に互り刺戟し筋攣縮を與へ、然る後直ちに摘出し反對側の疲勞せぬ筋と比較したが相違を認めることが出来なかつた（第 1 表例 8、9）。

本実験と実験 I の結論とを併せ考へれば凡ての陰イオンは蛙筋に對し明らかに透過性を有することを知る。この事柄は SCN、SO₄ 或は近時用ひられる Br 等の陰イオンを以てする細胞外液相量測定はその根底假定が正しくなく、且つ蛙筋を用ひての体液量測定模型実験に於ては上表にみる如く蔗糖に比して遙かに大きい見掛上の價を與へるものであることを知る。この事に関しては更に次節の項に於て論議する。

実験 III. 血液に於ける SCN 及び SO₄ イオンの所謂分布容積の比較

斯くして骨格筋に對する凡ての被檢陰イオンの自由透過性が結論し得たのであるが、陰イオンの分布容積なるものに就て生体での細胞外液相量測定に使用される SCN 及び SO₄ に極めて顯著な差がみられたが實際上兩者を用ひての生体体液測定では余り大差なく、従つて實用に供せられてゐる。即ち Lavietes, Bourdillon, 及び Klinghoffer (9) が健康人に於て測定した体液量は蔗糖法では 13～22%，SO₄ 法では 14～29%，SCN 法では 20～28% であつて SO₄ 及び SCN 法による体液量が蔗糖法に比較して大きいことは本実験の成績から容易に考へられるが、SCN 及び SO₄ の兩法による体液量間には大差がみられないことは如何に解すべきであらうか。生体の体液量に関しては体重の約 2/3 を占める骨格筋が最も重要な支配要素であるが、其他の組織も關與して居りこれ等の細胞内に於ける平衡時の被檢物質分布濃度關係が均一であるとは限らない。そこで著者は人体の筋に於ける SO₄ 及び SCN の分布關係が先づ蛙筋に於けるものと大

略等しいと假定し、この兩者の分布關係の差を打消すべき逆の分布關係が何處かの細胞でみられぬものか實驗を試みた。

實驗方法：陰イオンに對する撰擇的透過性が古くより確證されてゐる赤血球をとりあげ、人の赤血球浮游液を用ひ實驗Ⅱと同一原理の下に SO_4 及び SCN 兩者の所謂分布容積を比較検討してみた。實驗條件、計算法は筋に於けるそれと同じで唯蔗糖は全く赤血球内に侵入せぬとの假定の下にその分布容積を 0 として計算の基準とした。

實驗成績：結果は第 2 表に示す如くであり、人の赤血球に於ては筋とは正反對に SCN の所

第 2 表

番號	被験者	年齢	液の温度	赤血球に於ける分布容積(%)		
				蔗糖	SCN	SO_4
1	石○	45	17°C	0	84.0	3.6
2	栗○	56	22°C	0	50.0	11.8
3	栗○	56	22°C	0	75.0	20.0

謂分布容積が SO_4 に比して遙かに大であり、後者のそれは比較的僅少である。總赤血球は体重の約 4~5 % にしか當らぬが、こゝにみる如き平衡時分布の著明な差は筋に於ける兩者の逆關係の分布を緩和させる上に於て相當程度に役立つ得るであらう。恐らくこの様な關係が他の組織細胞についてもみられ、その結果 SCN 及び SO_4 法による体液量の測定が見掛上近似な値を示すものと思はれる。

實驗Ⅳ. 食塩禁斷並びに過剰食時に於ける体液量測定

SCN 及び SO_4 による体液量測定が假令眞の体液量を與へずとも、それが蔗糖法による体液量と常に一定比を保つならば技術上の便宜からそれ等による方法が体液量變化の測定に使用されても先づ大過ない。この点を吟味すべく著者は塩類缺乏及過剰の狀態に於て蔗糖及び SCN 法による体液量値の比較を行つた。

實驗方法：實驗には成熟家兎を用ひ食塩禁斷後 1 ヶ月（尿中 Cl 排泄量 1 日 3~5mg）及び食塩過剰投與（1 日 5g）實施後 1 ヶ月に於て蔗糖及び SCN 法体液測定を同時に行つた。即ち 30% 蔗糖液、5% NaSCN 液の混液（2:1）

の一定量（5cc 前後）を耳靜脈より注入し、30 分後採血（2cc）してそれぞれの濃度を求めた。蔗糖定量に際しては別に血糖定量を行つて型の如く補正した。この間の尿中への排泄は別に考慮しなかつた。

實驗成績：結果は第 3 表の如くである。即ち食塩禁斷時には明らかに兩方法による測定体液

第 3 表 家兎の蔗糖及び SCN による体液量

番號	性	体重 (kg)	体液量 (%)		SCN法値	
			蔗糖	SCN	蔗糖法値	
正 常 時	1	♂	2.3	22.0	32.0	1.45
	2	♂	2.0	23.5	32.0	1.36
	3	♂	2.3	21.6	—	—
	4	♂	1.9	29.0	—	—
	平均			24.0	32.0	
食 鹽 禁 斷 時	5	♂	3.1	20.0	25.0	1.25
	6	♀	3.6	16.1	23.5	1.45
	7	♀	3.6	18.0	23.0	1.27
	8	♂	2.9	14.5	21.5	1.48
	9	♂	2.9	—	24.0	—
平均			17.1	23.4		
食 鹽 過 剩 食 時	10	♀	2.1	25.0	26.0	1.04
	11	♀	2.25	29.0	29.0	1.0
	12	♀	2.1	—	23.8	—
	13	♀	2.4	—	25.0	—
	14	♀	2.3	—	26.5	—
	15	♀	2.1	—	26.5	—
	16	♀	2.3	25.0	27.0	1.08
	17	♀	2.3	—	27.5	—
	平均			26.3	26.4	

量が減少して居り、その相互の比は正常時と略同様一定に保たれてゐる。之に反し食塩過剰食時には蔗糖法による値は多少増加を示すも、 SCN 法による値は正常時に比して明らかに減少し、その結果兩方法による値は接近し、且つ同時測定に於ては殆ど一致することを知つた。食塩過剰食の結果 SCN イオンが細胞内に分布し難くなつたものと考へられる。斯くして SCN 法による測定は蔗糖法による体液量變化と必ずしも常に平行關係が存在するとは云はれ難く、從つて蔗糖法によらざれば眞の体液量變化が分らぬことを知つた。

Ⅲ. 考 察

以上の實驗に於て著者は從來の骨格筋電氣發生に關する陰イオン効果を陰イオンの種類を増し、就中代謝性陰イオンに重点をおいて検討し、凡ての陰イオン間に透過性に大差ないことを明らかにした。且つ蔗糖及びこれ等陰イオンの筋

内分布容積をも検討する事によりその何れもが透過性を有する事を知つた。斯くして Conway 及び Boyle (2) によつて提唱された骨格筋の塩類透過性に関する新学説の妥當なることが立證された譯である。従來の学説に於ては陰イオンの電動効果が少い故にその不透過性が論じられたのであり、且つ Cl イオンの細胞外存在は Urano (12), Fahr (3) 等の古い實驗事實、即ち骨格筋はその含有する殆ど凡ての Cl を等張蔗糖液中に於て速かに失ふことから結論されたものであつた。Fenn, Cobb 及び Marsch (4) 等は蛙筋の細胞外液相を組織切片斷面に於ける筋纖維及び間質面積關係から算出し、それが筋の約 14.7% と假定するならば筋内總 Cl がこの液相に存在するとして、その際の Cl 濃度を計算すればそれが略蛙血清中のそれに等しいと云つてゐる。そしてこの事柄は Cl の細胞外存在説に對する有力な根據の一つであるとし Clspaceこそは tissue space を與へるものと結論した。今これ等の根據を批判するに第 1 の電動効果の少いことは不透過性を意味するものでなく、著者の考へる如く透過性に差のないことを示すに外ならない。第 2 に Cl の容易に筋外に洗出し得ることは必ずしも細胞外存在を意味するものでなく、細胞内に存在してゐても透過性を有すれば考へられることである。Fenn 等の計算結果は正に偶然の一致としか思はれず、組織標本檢索から果して正常時細胞間質が求められるや否やは大きな疑問である。

以上の結果により従來赤血球膜にのみ特殊であると考へられて來た陰イオン自由透過は筋纖維膜にもみられ、恐らく一般細胞膜にも通有な性質であり、これによつて代謝性陰イオンも自由に出入し以て細胞機能を円滑ならしめてゐるものと思はれる。

生体体液量の測定に際し陰イオンの不透過性に立脚して用ひられる SCN 及び SO_4 塩法は以上の様な譯で全く其根底が失はれた譯である。例へば分析上の複雑性が増すとも蔗糖法を用ひねば体液量の絶對値は勿論のことその変化をも知ることが出来ないことは今後の体液量研究に對

し極めて重要な實際上の問題である。

IV. 總 括

1. 代謝性陰イオンを含む諸種陰イオン (乳酸, 磷酸, HCO_3 , CH_3 , CO_3 , NO_3 , SO_4) の蛙或はモルモットの摘出縫工筋に對する塩流効果をみるに、何れも Cl と差のないことから凡ての陰イオンの骨格筋透過性に大差ないことが分る。

2. SO_4 及び SCN の如き生体体液量の測定に使用される陰イオンにつき摘出蛙筋に對する所謂分布容積を同様目的に使用される蔗糖のそれと比較するに、蔗糖が約 14% なるに對し SCN は約 21%, SO_4 は約 35% (筋重量の) となり明らかにこれ等陰イオンの透過性が認められる。従つて上記結論と併せ考へれば殆ど凡ての陰イオンは筋細胞膜を自由に透過し得ると考へることが出来る。

3. 尙人体体液量測定に於て SCN 及び SO_4 法が大略近似な價を與へて居り、上記骨格筋に於ける兩イオンの分布狀況と甚しく異なることは筋以外の、例へば赤血球に於ける平衡時分布關係が筋とは正反對であることによつて説明され得る。

4. 蔗糖法及び SCN 法による生体体液量測定値の比は正常食家兎に於ては約 1:1.4 であるが、食塩過剰食を行へば兩方法による値は殆ど等しくなる。陰イオンの細胞内分布量は体内塩保有量によつて左右され、従つて同法は体液量測定の実際には不適當なことを知る。

稿を終るに臨み、主任鈴木教授並びに御教導と御校閲の勞を賜はつた福田助教に深甚の謝意を表す。

文 献

- 1) Conway, E. J. & F. Kane (1934) *Biochem. J.* 28, 1769
- 2) Conway, F. J. & P. J. Boyle (1939) *Nature* 144, 709
- 3) Fahr, G. (1909) *Z. Biol.* 52, 72
- 4) Fenn, W. O., D. M. Cobb & B. S. Marsh (1934) *Am. J. physiol.* 110, 261
- 5) Fenn, W. O. (1936) *Physiol. Rev.* 16, 450
- 6) 福田篤郎・小林 丘 (1947) *日本生理誌* 10, 190
- 7) 福田篤郎 (1948) *千葉醫學會誌*
- 8) Höber, R. (1905) *Pflügers Arch.* 106, 599
- 9) Laviates, P. H., T. Bourdillon & K. A. Klinghoffer (1936) *J. Clin. invest.* 15, 261
- 10) 瀬尾辰雄 (1924) *Pflügers Arch.* 206, 485
- 11) 杉靖三郎 (1934) *Biophysics* 3, 27
- 12) Urano, F. (1908) *Z. Biol.* 50, 212

超高周波に於ける組織特に血液の導電的並に誘電的研究 612.424

北海道大学 應用電気研究所

同 醫學部第一生理学教室 (主任 養島教授)

岩 瀬 善 彦 (Iwase-Yoshihiko)

1924年 Esau, Schliephake が高周波を醫學的療法に應用して以來高周波の應用は生物は勿論無生物にも互り實に多岐多方面に及んでゐるが、實用的にも特定の治療に對する最適の電氣的條件が確立されてゐないばかりでなく、基礎醫學的にも充分な科學的根據が見られない。

此處に於て當研究所並に醫學部生理教室 (11) に於ては多年に互り高周波の生物學的的作用に關して研究を行つて來たが、筆者は電波の生物作用の本態を組織並に血液の周波數による導電的、誘電的特性の方面より究明せんと志した。

元來生物體組織は比較的導電性が良好なるため導電率 (σ) と誘電率 (ϵ) の測定は甚だ困難であるが、筆者は低周波より短波帶間に互つて系統的研究 (2) を行ひ組織に於ける低周波分散と過大なる ϵ 、血液に於ける 1000m, 100m 附近の異狀分散とを明かにした。併しながら高周波になると適當な測定方法が無いため殆んど研究されてゐない。只 σ に関しては Schäfer (6-3m) (14), Dänzer (3-0.5m) (2), ϵ に関しては Obwald (12-3m) (13) の研究あるのみで、此處に於て筆者は波長 96cm で組織並に血液の導電的、誘電的研究を行つた。

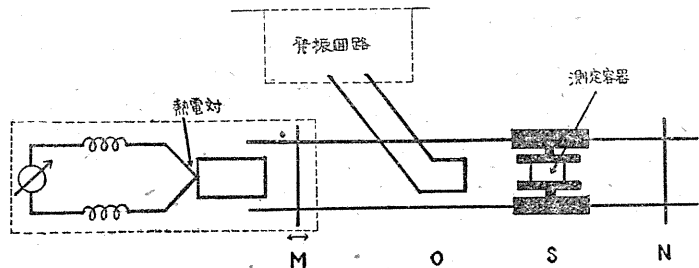
I. 實驗裝置

從來高周波に於ける σ と ϵ の測定法としては普通レツヘル線による定在波法及び副レツヘル線による同調曲線法とがあるが、前者は一般に誤差が大であり、後者は2箇所微動裝置が必要で製作並に取扱ひが面倒である。然るに本法は工学部黒部助教授 (9) の考案せるものでレツヘ

ル線を利用して線長變化により同調曲線を求め其の鋭さから回路の減衰程度を知つて未知インピーダンスを求めるもので、生物體組織等の如き低インピーダンスの測定法として良結果を得た。

實驗裝置は第1圖の如くで發振、測定、檢波回路より成り發振、檢波回路は金網を張つた箱に收めて遮蔽を行ひ外部から測定者の體等の影響を受けぬ様、又回路が不必要な相互作用を及ぼさぬ様にした。

第1圖 實驗裝置



發振回路は眞空管 LD191 とコイルにより反結合法で波長 96cm の安定なる電波を得た。

測定回路はレツヘル線系と測定容器とより成り、發振回路とは中間回路により中点 O 附近で弛く電磁結合を行つた。レツヘル線系の MS 間は 1 波長、SN 間は 1/4 波長で之は電氣力線の分散と終端効果とを避けるためである。S 点は試料挿入箇所、M 点は短絡点で微動裝置により 1/100mm まで知つた。尙測定容器は円形電極にガラス円環を上下よりはめこんで使用した。檢波回路は熱電對と電流計とを組合はせたものをレツヘル線系に弛く電磁結合させた。

又 1000 サイクルの σ の測定は Wheatstone 電極により測定を行つた。

Ⅱ. 測定方法

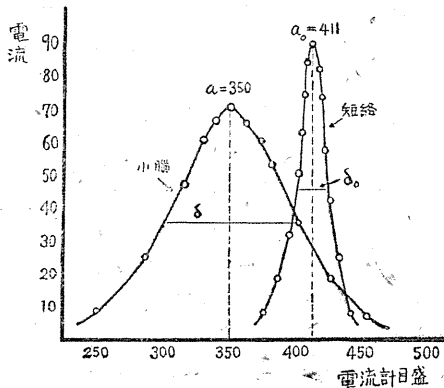
測定に際しては次の如く行つた。

① 先づS点を短絡して短絡点Mを移動させ同調曲線を求め半値幅 δ_0 及び同調点 a_0 を求める。

② 次に試料を挿入して同様に半値幅 δ 及び同調点 a を求める。

短絡と小脳組織の同調曲線の1例を第2圖に示した。尙測定原理の詳細は省略するがコンダクタンス g 及び電気容量 C は次式より求めた。

第2圖 短絡と小脳による同調曲線の1例



$$g = \frac{1}{W_0 \left(\tan \frac{2\pi}{\lambda} \delta - \tan \frac{2\pi}{\lambda} \delta_0 \right)} \quad \text{ohm}$$

$$C = \frac{\tan \frac{2\pi}{\lambda} l}{\omega W_0 \left(\tan \frac{2\pi}{\lambda} \delta - \tan \frac{2\pi}{\lambda} \delta_0 \right)^2} \quad \mu\mu\text{F}$$

但し W_0 は波動インピーダンスで $210 \Omega\text{cm}$, λ は波長で 0.96m , ω は角周波数, l は a_0 と a の差である。試料の導電率 σ は次式より求めた。

$$\sigma = g \times \frac{1}{f} - \sigma_{\text{cm}}$$

但し l は兩極の間隔で 0.22cm , f は面積で 1.81cm^2 である。

又試料の誘電率は次式より求めた。

$$\epsilon = \frac{C - C_e}{C_a}$$

但し C_a は容器の試料の入る部分の静電容量で $1.23 \mu\mu\text{F}$, C_e は兩極板の邊緣部によるもので $2.33 \mu\mu\text{F}$ で空気, ベンデン等より測つた。

又誘電体損失角 $\tan \delta$ は次式によつた。

$$\tan \delta = \frac{g}{\omega C} = \frac{\tan \frac{2\pi}{\lambda} \delta - \tan \frac{2\pi}{\lambda} \delta_0}{\tan \frac{2\pi}{\lambda} l}$$

Ⅲ. 實驗結果

(1) 家兎組織の測定値 (第1表)

第1表 波長96cmに於ける家兎の各種組織の測定値

	温度 C°	導電率 10 ³ ohm ⁻¹ cm	抵抗 ohm	電氣容量 μμF	誘電率	$\tan \delta$ 10 ³	1000 サイクル 導電率	$\frac{\sigma H}{\sigma T}$
心臓	9.5	5.46	186	51.3	39.6	56	2.59	2.1
		5.86	171	52.3	40.7	59	2.51	2.3
肝臓	9.3	5.47	185	50.0	38.8	57	2.32	2.4
		3.57	280	63.3	49.3	31	2.15	1.7
腎臓	8.6	5.14	195	76.8	60.2	36	2.51	2.0
		5.09	175	74.2	58.4	38	2.45	2.1
大脳	5.6	3.25	308	53.3	42.5	32	1.87	1.7
		4.40	227	54.2	42.6	41	1.97	2.2
小脳		4.95	202	51.8	40.4	51	2.07	2.5
		3.86	259	46.3	35.7	44	1.92	2.0
肺臓	9.4	3.14	319	89.5	71.0	17	1.20	2.6
		3.28	303	87.3	69.1	21	1.36	2.4

室温 (5~9°C) にて實驗を行い各組織は生理的食塩水で充分洗滌し血液組織液を極力取除いた後乳鉢ですりつぶして粥狀で測定を行つた。組織別による導電性を見ると心臓, 腎臓, 肝臓が5.9~5.1で比較的高く, 脳, 肺臓は4.9~3.2で低かつた。斯様な傾向は1000サイクルでも同様であつた。次に1000サイクルに於ける σ と比較して見ると大体2.6~2.0倍の変化が見られた。此の際非常に興味あることは低周波で導電性の悪い脳, 肺臓が周波数による導電性の変化が甚だしいことで、之は脳, 肺臓が他の組織と異なつた特異の構成成分と構造とを示すものと思はれる。次に誘電的特性を組織別に見ると肺臓, 腎臓が71~58で最大, 脳, 肝臓, 心臓は49~35で低かつた。之は低周波に於ける數萬にも及ぶ高値に比べ豫期出來ぬ程の低値で, Obwald の3m に於ける値と比較しても尙相當の変化が見られた。

要するに96cmに於ける σ は1000サイクルに比べて最大2.6倍の変化が見られたが, ϵ の変化は非常に大であることと超高周波に於ける ϵ の異狀なる低値を見出した。

(2) 家兎血液, 赤血球浮遊液の測定値 (第2表)

血液並に赤血球浮遊液即ち血液を1時間遠心

沈澱して得た赤血球を 100% とし、0.9% 食塩水で稀釋して 30, 60, 80% の赤血球浮遊液を作つて測定した。 σ は血液では 6.9~7.6, 赤血球浮遊液では 30~100% と赤血球量が多くなると共に 9.0~5.6 となり導電性は減少を示した。

今 1000 サイクルと比較すれば血漿では殆んど変化は見られない。然るに血液では 1.3 倍、100% 浮遊液になると 3.6 倍も導電性が高くなつた。

ϵ を見ると血漿 55, 血液 54, 30~100% 浮遊液では 53~33 で赤血球量が増すと共に直線的に減少を示したばかりでなく組織よりも一般に低値を示した。即ち何れの場合でも低周波に於ける 3000 にも及ぶ高値に比べて遙かに小さく、又 Obwaldt によると 12~3m 間で血液の ϵ は 120~73 と低下し異状分散が考へられ、此の所見と 96cm に於ける ϵ とを比較すれば高周波領域に於て確かに異状分散が存在すると考へて誤りない。

要するに 96cm に於ける σ は血漿では 1000 サイクルと殆んど差異は認められないが赤血球量の増加により最大 3.6 倍も導電性が大きくなつた。一般に赤血球量が増加するにつれ σ は勿論のこと ϵ も著しい減少を示した。

第 2 表

波長 96cm に於ける家兎血液、赤血球浮遊液の測定値

	温 度 C°	導電 率 10 ³ Ωcm	抵抗 Ωcm	電氣 容量 μμF	誘電 率	tanδ 10 ³	1000 サイク ル導 電率	$\frac{\sigma_H}{\sigma_L}$
血漿	8.1	9.96	101	70.3	55.1	75	9.87	1.01
		10.34	97	69.4	54.2	79	9.95	1.04
血液	8.3	7.60	131	68.4	53.6	59	5.62	1.35
		6.96	143	69.3	54.3	53	5.25	1.33
30% 赤血球	8.0	8.95	112	68.4	53.8	69	7.12	1.25
		9.03	110	64.3	50.2	74	7.29	1.24
60% 赤血球	8.7	6.52	153	59.1	46.1	59	4.61	1.41
		6.42	156	57.8	45.3	58	4.52	1.42
80% 赤血球	8.5	6.21	161	50.4	39.2	66	3.45	1.80
		6.09	164	49.3	38.1	65	3.28	1.85
100% 赤血球	8.3	6.10	163	44.0	33.7	73	1.69	3.60
		5.61	178	42.1	32.4	71	1.57	3.56

IV. 考 察

電波による σ と ϵ の異状分散に関しては組織では構成成分の複雑さと配列の不規則性並に各成分の誘電的性質が知られてないため現在究明

することは甚だ困難であるが、比較的簡単な血液に就いて考へて見よう。

先づ血液の電氣的特性であるが導体と不導体との中間的性質を有する半導体と考へられ、Höber (6) によれば血漿と赤血球内部液体中の無機塩類はイオンとして存在するから導電性は比較的よく、此等が導電性の悪い赤血球膜を以つて相隔てられ従つて個々の赤血球は一種の蓄電器と見なすことが出来る。故に血液は導電性の良い血漿中に赤血球が分散してゐる複雑な不均一系と考へられ、従つて血液の ϵ と σ の異状分散は今まで主として Maxwell Wagner (15) の不均一誘電体理論によつて取扱はれて來たが Dänzer (3) は $\omega T = 1$ なる分散條件より血液の分散波長は 50m と主張し實測値 114m に於ける異状分散を巧みに説明してゐるが完全には一致しなかつた。此の原因として赤血球は完全球ではなく円盤状である外に血液中には蛋白質其の他の有極性物質が存在するから Debye (4) による双極子理論の見地より再検討を行はねばならない。即ち蛋白質による分散は割合長い波長に存在するので 114m に於ける血液の異状分散は Wagner Dänzer 説と蛋白質による Debye 型分散とが重疊したものと考へられる。

さて 96cm に於ける超高周波分散が甚だ特異なことは 114m に於ける分散とは同一原因によるものではなく異つた根據即ち Debye の双極子理論による異状分散が出現したと思はれる (8)。

從來血液中の有極性物質として考へられて來たものは血色素、アルブミンの如き蛋白質であるが其の分散波長は比較的長波長に存在することと血液の大部分を占める水殊に Gortner (5) の力説した結合水の極性も考慮に入れねばならない。たゞ此の際考へられるのは蛋白質分子内に存在する極性基による分子内廻轉であるが、之に関しては現在全く明かにされてないので結合水 (1) の見地より検討を行つた。

一体生体中の水は完全に自由な状態で存在してるとは考へられない。即ち蛋白質は從來より親水性膠質と云はれ水分子とは相互作用により

何等かの形で安定なる結合状態を保つてると考へられ、此様な水は普通の水とは全く異なり正常の溶媒の性質を有しないから生理学的にも誘電的にも甚だ興味がある。例へば分散波長は結合水によつて長い方にずれるため 96cm に於ける異状分散が問題になつてくる如きである。

一体血液は赤血球45%と血漿55%より成り水分は赤血球の65%と血漿の91%を占めるから全水分量は80%であり、又蛋白質の方は赤血球の30% (大部分は血色素) と血漿中の7%より成るから全蛋白質量は17%である。

従来 ϵ の算出方法としては Marínescu (10) 等は Clausius-Mosotti の古典式を利用したが、元來此の式は氣體或は無極性液体に適用されるもので生体等の極性物質にはむしろ ϵ に比容積について簡単な加性則が成立すると見なして ϵ を求めた方が誤りが無い。従つて今血液の ϵ が80%の水分と17%の蛋白質により左右されると考へれば血液の ϵ の低値は理解出来なかつた。

此の点より生体中の水の一部は組織と結合状態で存在すると考へ、今全水分量80%中の15%が結合水として存在すると考へて血液の ϵ を求めれば

$$\epsilon = v_r \epsilon_r + v_e \epsilon_b + v_p \epsilon_p$$

但し ϵ_r, v_r 自由水の ϵ (80) と比容積 (0.65)

ϵ_b, v_e 結合水の ϵ (2) と比容積 (0.15)

ϵ_p, v_p 蛋白質の ϵ (4) と比容積 (0.17)

血液の計算値は53となり實測値と良く一致した、同様に血漿赤血球浮遊液の ϵ の實測値より結合水を求めれば第3表の如し、即ち血液、30%赤血球浮遊液が最小で血球量と共に増加を示した。

第3表

家兎血液、赤血球浮遊液の結合水と自由水との關係

	温度 C°	全水分 量 %	自由水 % 量	結合水 % 量	全蛋白 量 %
血漿	8.1	90	69	21	7
血液	8.3	79	64	15	17
30% 赤血球	8.0	83	66	17	9
60% 赤血球	8.7	75	56	19	18
80% 赤血球	8.5	70	47	23	24
100% 赤血球	8.3	65	40	25	30

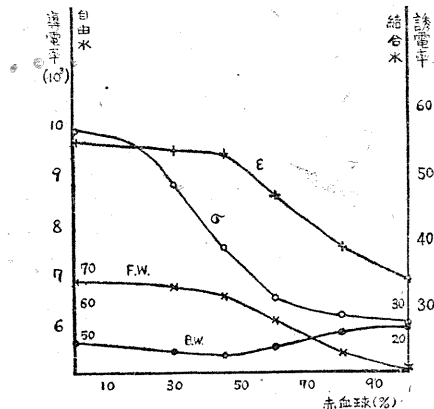
斯くの如く生物体中の水の一部は組織と結合状態で存在すると考へれば ϵ の低値が理解出来

た。又結合水と ϵ とを比較して見ると結合水の増加に伴ひ ϵ は直線的に減少を示した。

σ も同様の傾向を示したが20%以上では余り変化が見られなかつた (第3圖)。

第3圖

赤血球浮遊液の濃度による ϵ, σ と結合水 (B. W.), 自由水 (F. W.) の關係



以上の所見より ϵ は水の形態と關聯し逆に ϵ より水の形態を推定し得べきことを見出した。而して血液の結合水量に関しては Hill 5%, Gortner 11~20%, Robinson 12~22% なる値を出し何れが眞の値か現在全く不明であるが略々15%と思はれる。此の原因は水の結合力に強弱があるため自由水との間に明確な區別があるわけではなく中間形として比較的弱い結合状態を示すものがあるためと思はれる。

従つて結合水量の測定は測定條件並に方法によつて変化するのは致しなかつたが、本法の如く電氣的方法を利用すれば結合水量を自然の状態で正確に求めるばかりでなく結合の強弱をも推定することが出来る。

V. 結 論

家兎組織、血液、赤血球浮遊液の導電的、誘電的特性を波長 96cm でレツヘル線を利用した新装置により研究を行つて次の結果を得た。

1) 組織の導電性は低周波に比して略々2倍の増加が見られたが誘電率は 71~35 で異状なる低値を示した。

2) 各種濃度の赤血球浮遊液に於ては赤血球

量の増加と共に導電率は勿論誘電率も減少を示し血液では高周波領域に異状分散が存在するものと思はれる。

3) 赤血球浮遊液の誘電率の低値を Debye の双極子理論の見地より考察を行ひ主として結合水の極性による異状分散なることを明かにした。

4) 血液、赤血球浮遊液の結合水量を誘電率より算出して15~20%なることを知つた。

擧筆するに當り、藁島教授の御指導と東教授の御指示並に實驗に當り黒部助教授の御協力を深謝す。尙本研究の一部は、第25回日本生理學會に發表したものである。

文 献

- 1) 東 健一 (昭和22年) 科学 17, 126, 化学の研究 (昭和23年) 第1輯
- 2) Dünzer (1934) Ann. d. Phys. 21, 183
- 3) Dünzer (1934) Ann. d. Phys. 20, 463
- 4) Debye (1929) Polare Molekeln
- 5) Gortner (1936) Trans. Farad. Soc. 26, 678
- 6) Höber (1912) Pflüger Arch. Physiol. 148, 189
- 7) 岩瀬善彦 (昭和22年) 北方醫學 1, 30, (昭和22年 北方醫學 3, 104, (昭和23年) 科学 18, 88
- 8) 岩瀬善彦 (昭和23年) 醫學と生物学 13, 54
- 9) 黒部貞一 (昭和22年) 電氣學會誌 67, 134
- 10) Marinesco (1932) Kolloid Zs. 58, 285
- 11) 藁島 高 北大醫學部第1生理学論文集第7, 8, 9輯
- 12) 森田 清 (昭和14年) 電氣學會聯大
- 13) Obwald (1937) Hochf. u. Electroak 49, 40
- 14) Schäfer (1934) Z. exp. Med. 92, 341
- 15) Wagner (1914) Arch. f. Electrot. 2, 371

蛙筋の強まり要素に対するイオン作用の知見補遺及び通流電極作用 とイオン作用との拮抗 612.741.62

千葉医科大学生理学教室

猪 俣 廣 (Inomata-Hiroshi)

I. 緒 論

電気刺激強まり要素に対するイオン作用の研究は、本教室にては石井 (3)、小島 (4)、吳 (5)、吳及び鈴木 (6) を数へることができる。石井は蛙の縫工筋の強まり要素に対するアルカリ、アルカリ土兩種イオンの種々のものの作用を検し、それまでに見られたこの作用に関する個々の所見を統一的に説明することができた。それまでの文献はそこに挙げられてある。小島は元來は石井より早く神経について同様の検索を始めたのであったが、種々の事情のためその所見は断片的に終つた。吳はそれを承け繼いで神経の強まり要素に対するアルカリ及びアルカリ土イオン作用を詳細に観察し、強まり要素に対するイオンの影響を根底的に解明して、鈴木 (13) の生体興奮態度に対する環境条件對立分類を完成せしめた。しかしその成績より石井の成績を考へると後者の不十分性が認められる。

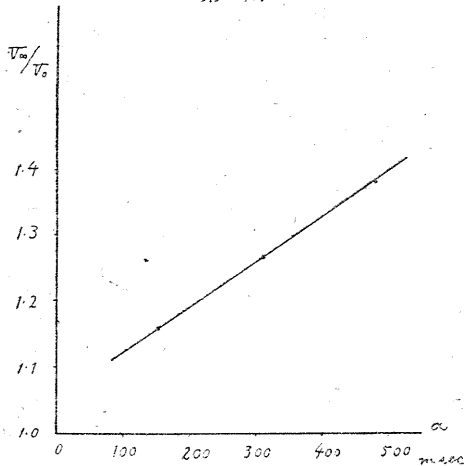
即ち吳及び鈴木 (6) によれば、アルカリ及びアルカリ土イオンは、強まり要素に對して全体的には同一形式の作用を及ぼし、濃度大なるとき λ を小ならしめ (強まり要素を大ならしめ)、濃度小なるとき λ を大ならしめ (強まり要素を小ならしめ)、中間には作用著しからぬ臨界濃度がある。たゞ兩種イオン作用の間にはその臨界濃度にずれがあり、また λ 上昇または下降のうち何れかが著しいといふ差があつて、一定濃度の範囲にて兩種イオンの拮抗作用を見るのである。これより石井の成績を見るに、彼は濃度に従ふ λ への作用の逆轉をたゞアルカリイオンにのみ見て、アルカリ土イオンには見なかつたのである。これは彼が最初アルカリ土イオンの比

較的高濃度の作用を見、次いでアルカリイオンについてこの逆轉作用を發見し、それのみで當時の文献上の一見不合理な所見を十分説明できたので、それで實驗を打切つたのであつた。故にイオン作用の一般性からすれば、筋においてもアルカリ土イオンの λ への影響に作用の逆轉が見らるべきである。私は最初にこの問題を探り上げ、その然る所を見出すことができた。次に鈴木 (6) の環境条件の對立分類なるものは、その分類の同種または異種なる環境条件を共に作用せしむることにより、興奮態度の変化を強化または抑制することの可能なる所に應用的意義を包藏するものであるから、イオンのこの作用に反對影響をもつ環境条件を作用せしめ拮抗させ得ないかを試みた。この条件には鈴木が實驗的に取扱ひ得る環境条件として、最も優秀なるものと推奨する直流通流電極作用を探り上げたが、これは未だ坂本 (10) が神経においてのみ詳細に検討したものである。私は先づこれを筋について同様の作用あることを確かめた上、イオン作用を拮抗せしめることの能否を検したのである。

II. 實驗方法

實驗材料は *Rana nigromaculata* の縫工筋標本を用ひ、装置及び配線は大體石井 (3) の第1圖の如く、方法も横杆の尖端の動きを目標として最小攣縮の起否を観察した。電極は Ag-AgCl で強まり要素決定は所謂 λ 的恒數 (野村 9, 佐藤 11) の測定に依つた。Hill (2) の理論においては眞の λ は、 λ より遙かに大なる α の範囲において求めねばならぬが、佐藤 (11) の實驗に見る如く本装置においては、 $\alpha = 500 \text{ msec}$ 附近で求

第1圖



めた恒数が却つて適當であるために、 $\alpha=300\sim 500\text{msec}$ の位置で λ の測定を行つた。骨盤端は長さ約2mmの一端輕壓隔絶で、イオン溶液は常に骨盤端部の房に作用せしめた。通流効果の際には切換スイッチにより筋に電壓を作用せしめ、方法は坂本(10)による刺激直前短時通流中斷法により測定を行つた。實驗期は昭和22年10月より23年12月まで毎年冷期に行ひ、冬眠中の蛙は約 16°C の保温箱に3~4日間飼育した。標本を装置せる電極箱は二重ブリキ製恒温槽中に入れその温度は常に 16°C に保つた。

Ringer液の組成は0.6%NaCl, 0.01%CaCl₂, KCl, NaHCO₃であつて、イオン溶液はLandolt-Bernstein(7)により蛙の血液の結氷点降下を 0.4°C として計算した。即ち0.92%CaCl₂, 0.77%MgCl₂, 1.31%SrCl₂を等張液としてこれらをRinger液にて種々の割合にて薄めて作用せしめた。その方法も石井と全く同様である。尙電源は50voltであり $R_1=49.7\text{k}\Omega$, $R_2=52.6\text{k}\Omega$, $C=5.96\mu\text{F}$, $11.95\mu\text{F}$, $18.9\mu\text{F}$ を用いた。即ちこの場合 α は夫々151msec, 322msec, 481msecである。

III. 實驗成績

1) 豫備實驗

先づ豫備實驗としてRinger液中にて λ を測定した。その1例を第1表第1圖に示す。1時間毎に測つてRinger液に於ける λ 及び基電流

V_0 の經時的變動を見た。第1圖に示す如く $V_{\infty}/V_0-\alpha$ 關係は直線的である。尙第2表はRinger液における10例の λ 平均値及び基電流 V_0 の平均値の變動の割合を示した。 λ は時間と共に減小し、基電流 V_0 は増大して閾値の高まりを示してゐる。Ringer液中では λ も基電流も石井等の論文では變動は見られぬのであつたが、私の場合第2表の如く弱い變動を示した。

第1表
Ringer液に於ける測定の一例(5/II 1948)

	α (msec)	V_{∞} (V)	V_0 (V)	V_0 平均	V_{∞}/V_0	λ (msec)
			0.068			
零 時 間	151	0.079			1.16	
(裝置後1時間)	322	0.087		0.068	1.27	1500
	481	0.094			1.38	
			0.068			
	零時間	1/2時間	1/3時間	2/3時間		
λ (msec)	1500	1420	1380	1360		
V_0 (V)	0.068	0.074	0.083	0.083		

第2表
Ringer液に於ける λ 及び V_0 の經時變化10例の平均値

		零時間	1時間	2時間
λ (msec)	平均値	1810	1780	1750
	平均偏差	420	421	398
V_0	平均値(比較値)	1.00	1.10	1.21

2) 本實驗 その1

Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺なるアルカリ土金屬イオンの等張液を種々の割合にRinger液で稀釋して作用せしめその影響を検した。濃度大なる範圍は石井の成績の追試の意味であつて、本實驗に於ては稀釋溶液に重点を置いた。

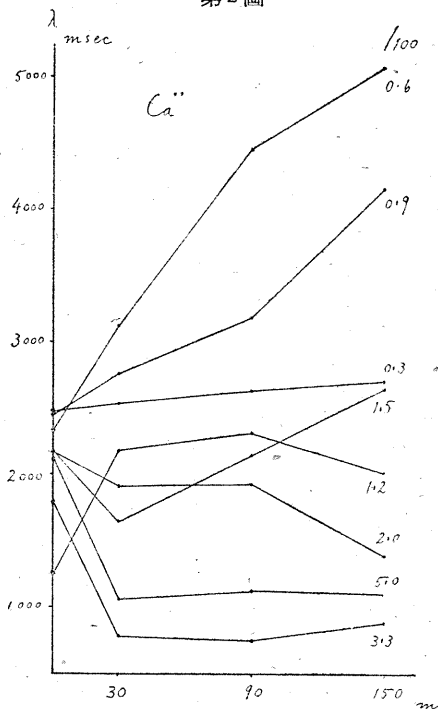
a) Ca⁺⁺: 各濃度に於ける λ 及び V_0 の經時的變化を第3表に示す。各濃度に於ては3~5例づゝ實驗したが、本表及び以下の表にては面積節約のためその平均値のみ掲げる。なほ吳の場合にも見られたことであるが、かゝる實驗對象に於ては個体差が相當廣く、一定濃度の實驗に際し個体によつては濃度のより大、或はより小なる溶液に相當する成績を示すことがある。従つて單に全部の機械的平均のみによらず、前後を考へて適當の例を平均した場合もある。但し V_0 は變化を見易くするため平均値を1.00とした比較値で示す。

第3表

V_0				等張液 容積比	λ (msec)			
平常値	$\frac{1}{2}h$	$1\frac{1}{2}h$	$2\frac{1}{2}h$		平常値	$\frac{1}{2}h$	$1\frac{1}{2}h$	$2\frac{1}{2}h$
1.00	1.66	1.73	1.83	5.0/100	2100	1080	1130	1100
1.00	1.08	1.12	1.06	3.3/100	1770	785	750	910
1.00	1.22	1.25	1.40	2.0/100	2160	1920	1930	1390
1.00	1.15	1.27	1.40	1.5/100	1910	1640	2150	2660
1.00	1.09	1.11	1.16	1.2/100	1260	2180	2310	2020
1.00	0.87	0.96	0.97	0.9/100	2400	2750	3170	4160
1.00	1.07	1.16	1.14	0.6/100	2330	3110	4460	5070
1.00	1.01	0.97	0.98	0.3/100	2480	2540	2630	2700

λ の変化を明かに見るため第2圖に示す。これにより濃度 5.0 (以下等張液容積比 $v/100$ なる

第2圖



とき濃度 n と表現する), 3.3 に於ては λ は最初の30分に一定度下りそのまゝその高さに止まるが, 2.0 には下降少くなり 1.5 には下降極めて少く後2時間漸次やゝ上昇する. 1.2, 0.9 には最初より上昇し, 0.6 には上昇最も著しい. 0.3 になるとその作用は殆ど現れない. 即ち作用著しからぬ臨界濃度の上は下降, 下は上昇の作用を見る. V_0 も大体濃度大なときは上昇し小なるとき下降して, 中間に臨界濃度の存するを見る. この表を直ちに見るときは臨界濃度が著しからぬようであるが, 第2表で見る如く本実験にて用いる Ringer 液にてはこの

程度に λ が下降し, V_0 の上昇するのであるから, かく変化するのを臨界濃度と考へねばならぬ. 然るとき V_0 に於ける臨界濃度も顯著であり, λ におけるそれと大体一致すると見ることが出来る.

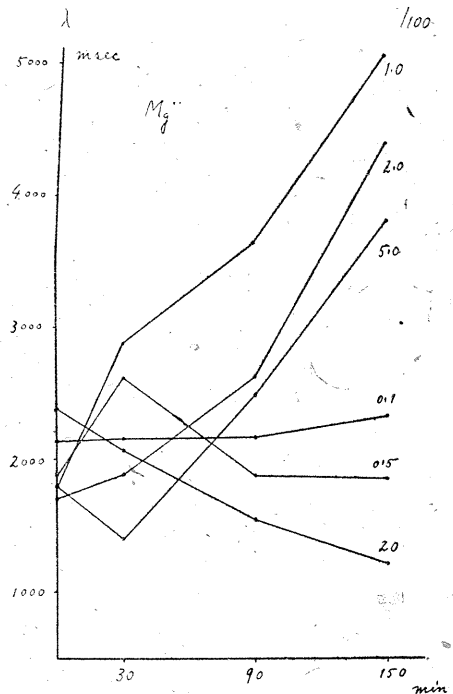
b) Mg^{++} : a) と同様の变化を第4表に示す.

第4表

V_0				等張液 容積比	λ (msec)			
平常値	$\frac{1}{2}h$	$1\frac{1}{2}h$	$2\frac{1}{2}h$		平常値	$\frac{1}{2}h$	$1\frac{1}{2}h$	$2\frac{1}{2}h$
1.00	1.49	1.28	1.21	20/100	2380	2070	1540	1220
1.00	0.96	0.97	0.98	5/100	1790	1390	2490	3800
1.00	1.04	1.03	1.06	2/100	1710	1880	2630	4380
1.00	1.05	1.10	1.14	1/100	1800	2860	3630	5050
1.00	0.97	0.89	1.02	0.5/100	1890	2620	1870	1860
1.00	1.03	1.10	1.25	0.1/100	2140	2160	2160	2330

λ の変化を見るため第3圖を描くに定性的には Ca^{++} のときと同様の関係を見る. 濃度20のときは漸次下降を見る. 尤も例によれば最初の30

第3圖



分間に $4/5$, 次の一時間に $2/3$ に下つたのもある. 5.0 には最初下るが後上昇の傾向を示し 2.0 を経て 1.0 に於ては上昇最初より起り最も著しい. 0.5 には初め上るが後正常値に返り 0.1 には殆どその作用がない. V_0 に於ても 20のときは上昇し, 他の濃度にては大体下降と

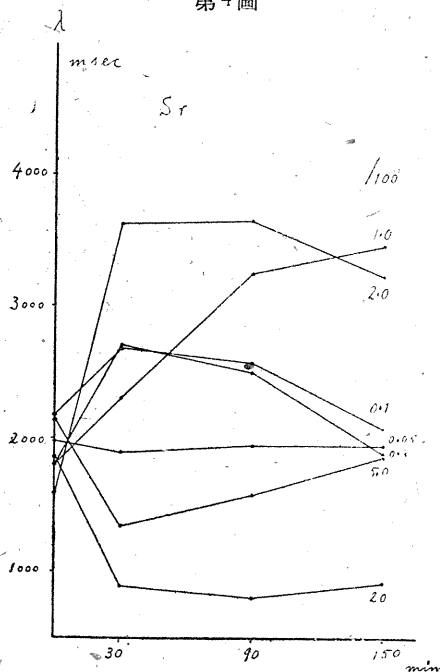
見るべく（前條の注意参照）、 λ の変化と對應することをみる。

c) Sr^{++} : Sr^{++} の作用については第5表である。

V_0					等張液 容積比	λ (msec)				
平常値	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ h	$2\frac{1}{2}$ h			平常値	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ h	$2\frac{1}{2}$ h	
1.00	1.87	1.94	2.05		20/100	1860	880	800	890	
1.00	1.17	1.23	1.37		5/100	2140	1340	1580	1870	
1.00	1.15	0.96	0.98		2/100	1590	3620	3650	3230	
1.00	0.90	0.93	1.01		1/100	1780	2290	3250	3460	
1.00	0.98	0.96	0.92		0.3/100	1800	2700	2500	1880	
1.00	0.92	0.89	0.89		0.1/100	2180	2670	2550	2070	
1.00	0.99	1.10	1.27		0.05/100	1990	1890	1950	1950	

そして λ の変化を第4圖に示す。濃度20に於ては最初30分間に下降してその後大体その低さに止るが、5になると最初下降して後上昇を示す。2及び1に於ては上昇著しく0.3にてはやゝ上昇するが後正常値に返らんとする。0.1に

第4圖



てはその上昇も僅少で、0.05では作用がない。 V_0 も Mg^{++} のときと同様に濃度20のときは上昇するが、他の濃度では下降と見るべく、 λ の変化と對應する。

a), b), c) の成績を通覧すれば詳しくは考察の章で述べるが、石井がアルカリイオンにて見た所の λ に對しての高濃度の作用と反對の作用

が低濃度で現れることが、アルカリ土イオンについても存在し、吳の神経の強まり要素に對する所見を筋についても確めることができた。

3) 本實驗 その2

前條の實驗にて見た λ に對するイオンの作用と、反對方向の影響を及ぼす環境條件として通流電極作用を選び、これを共に作用せしめることにより、イオンの λ に對する影響と拮抗させることができるか否かを見る。鈴木(13)の環境條件分類の根據をなす通流電極作用は、神経について見られた(坂本10)のみであるから、先づ本實驗の対象たる筋についても同様の成績を擧げるかを試みる。

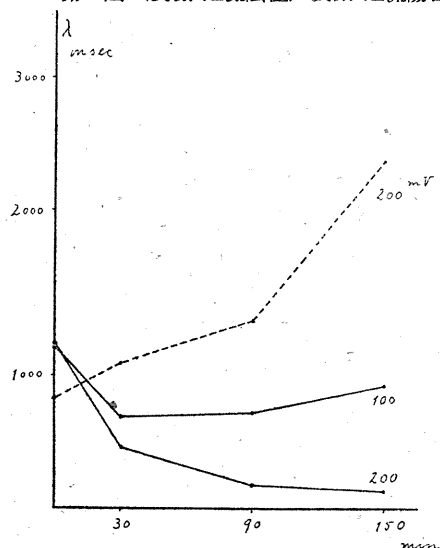
a) 通流電極作用

骨盤端を陰極または陽極とし、100mV または 200mV の直流電圧を通じておき、刺激直前短時通流中斷法により繼時的に λ を測定する。その成績を第6表に示す。

V_0				通流方向 及電壓 (mV)	λ (msec)			
平常値	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$		平常値	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$
1.00	2.38	2.76	2.81	陰極 100	1220	700	730	940
1.00	3.96	5.29	5.70	" 200	1230	458	182	141
1.00	0.83	1.07	1.35	陽極 200	827	1106	1420	2930

また λ に對する影響を第5圖に掲げる。これ

第5圖 (實線 通流陰極、破線 通流陽極)



らにより通流陰極は筋の λ を下降せしめて電壓大なる程その作用著しく、通流陽極はこれを上

昇せしめ 200mV においては 2~3 時間中時間進むにつれその作用の深まるを見る。また V_0 に関しては陰極はこれを上昇せしめ、濃度大なる程また時間進む程その影響が大である。陽極では陰極程著しくはないが下降を見る。Ringer 液の対照（豫備実験）と比べ 2 時間目までは少くとも下降と見得る。坂本の成績を顧るも陽極の V_0 に対する影響は比較的に弱い。この 3 時間目の所見は λ に対する所見より見るも多少標本の不良化が考えられる。これにより通流電極作用は筋においても、全く坂本が神経において見たと同様の影響を λ 及び V_0 、即ち強まり要素及び強さ要素に對し及ぼすことを確かめ得た。

b) イオン作用と通流電極作用との拮抗

λ を大または小にする作用あるイオン溶液を以て装置した電極函に、それと反對の作用を及ぼす電極作用を同時にはたらかせて、 λ の変化が起らぬように拮抗せしめ得ないかを見る。 λ を大にする溶液には 0.6/100CaCl₂ を、また小ならしめるものには 3.3/100CaCl₂ を用ひ、前者には通流陰極をまた後者には通流陽極を作用させた。

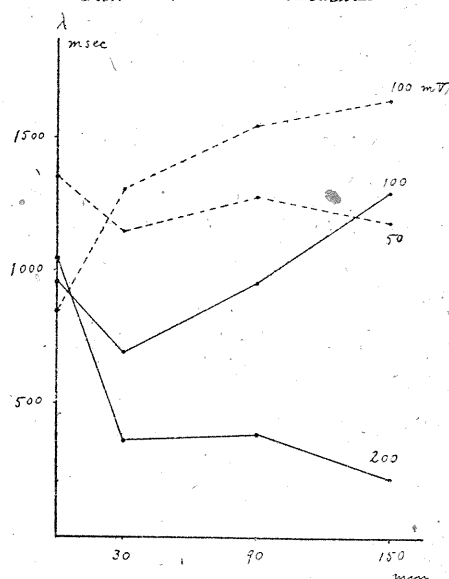
まづ 0.6/100CaCl₂ の作用に通流陰極を作用せしめた場合を第 7 表に掲げる。

V_0				λ (msec)			
平常値	1/2h	1 1/2h	2 1/2h	平常値	1/2h	1 1/2h	2 1/2h
1.00	5.62	6.50	5.62	200	1040	365	380
1.00	2.23	2.86	3.21	100	960	690	960

なほ λ の値を第 6 圖に示す。即ち 200mV に於ては λ は著しき下降を示し、0.6/100 濃度の上昇作用に對して甚だ打克つた結果である。故に 100mV を試みるにイオンに對する個体差と通流電極作用に對するそれとが重なるためか、ある例にては上昇を示し他にては下降を示すものもある。故に例數も他の場合の 2 倍に近く増加してその平均を示したのが上の表の値であつて大体一定値を保つを見る。最後に上昇や、著しいのは上昇例數値關係のためである。 V_0 に関しては 200mV の λ 下降著しい場合は V_0 の増

第 6 圖

實線 0.6/100CaCl₂+通流陰極
破線 3.3/100CaCl₂+通流陽極



大が著しい。100mV に於ても増大に傾いてゐることは、 λ ほど著しく拮抗作用が現れぬと見るべきであらう。

次は 3.3/100CaCl₂ に通流陽極を作用せしめた場合を第 8 表と第 6 圖に示す。

V_0				λ (msec)			
平常値	1/2h	1 1/2h	2 1/2h	平常値	1/2h	1 1/2h	2 1/2h
1.00	1.64	1.75	1.79	850	1300	1550	1650
1.00	1.19	1.62	1.76	100	1350	1140	1290

λ は 100mV に於て既に下降が著しく、3.3/100CaCl₂ の下降作用を遙かに凌駕してゐるので、50mV を試みるにやはり上昇に傾く例もあり、下降に傾くものもあり、その平均はよく一定値の上下に動揺するのみであつて、この程度にてよく拮抗が行はれることを見る。 V_0 は 100mV にては λ の上昇に相應して下るべきであつて、表の數字は下降と見得るものである。そして 50mV ではそれより上昇に傾くべきであるがこゝでは却つてや、下降を示してゐる。

IV. 考 察

豫備実験においてはこの方法による λ 測定

可能を實證し且つ Ringer 液中の経過を見たものであるが、極めて輕微ながら λ が減少し V_0 の増加の傾向を示すのは、石井の場合に比し、本 Ringer 液が蛙体液に比し Ca^{++} を幾分過剰に保有する (Lucas 8) ためと思はれ、以下の判斷にもこれを考へに入れて置く必要がある。

本實驗その 1 において Ca^{++} , Mg^{++} , Sr^{++} につき各濃度の溶液の λ 及び V_0 に對する影響を見たのであるが、 λ に對する影響としては第 2~4 圖に示す如く、どのイオンにおいても吳 (5, 6) の神經において見た通りの、濃度に従つての作用の逆轉を見ることができる。緒言に述べた如く、この逆轉は石井 (3) が筋についてアルカリイオンに於て發見し、吳は神經につきアルカリイオンのみならずアルカリ土イオンにても然る所を見出したことであつて、これがやはり筋についてもアルカリ土イオンに見られるかが、私の採り上げた第 1 の問題であつた。然るに今やそれが筋でも見られることが明かとなつた。そしてその作用の仕方は今までに見られたと同様に濃度大なるときは λ を下げ、小なるときは λ を上げ兩者の中間に作用著しからぬ臨界濃度がある。そしてその上下においては兩作用とも濃度の大きなる程大であつて、低濃度の作用も最も稀薄溶液ではまた作用がなくなる。この作用の各段階に相應した影響に對する濃度を比較することにより、 Ca^{++} が最も強いことを見るが、 Mg^{++} と Sr^{++} とはその間に明らかな差がつけられない。又特に注意すべきは、石井のアルカリイオンにおける作用の逆轉は、臨界濃度を境として全く反對の作用の現出と見えたのであるが、吳によつてこの逆轉が全濃度を通じての一樣な作用形式、即ち最初下降後上昇といふ 2 相性の經時的作用の、第 1 相或は第 2 相が著しくなる変化に過ぎぬことが明かにされた。これは石井はイオン作用速かな筋で觀察したので見落したのであつたが、吳はその作用が緩慢な神經を對象としたため見出したのであつた。然るに今第 2~4 圖の何れを見るも、吳に於ける程明瞭ではないがこの逆轉が筋に於ても、2 相性作用の各相の優位となることによるといふ変化の跡を跡

づけることができる。これは石井が最初の測定を作用開始後 1 時間から始めたに對し、私が 30 分後から開始したので、作用の速やかな筋でも第 1 相が不完全乍ら見えるに至つたと考へ得るのである。

V_0 に對する変化は總体に見て λ と反對に變つてゐると見ることができる。 λ の下降に相應して V_0 の上昇することは著しく現はれてゐるが、その反對の方向の変化は非常に明かではない。しかし V_0 の下降が上昇に比して現れ難いことは鈴木及び石井も注意してゐるが、吳の場合にも見られ、この特殊にアルカリ土イオンでは一層僅微であつて、常に V_0 よりも彼の測値 J (これはその際 Fabre (1) の限界傾斜を示す) がより明かに下降するために直線恒數 (即ち λ) の上昇を來したのであつた。又坂本の通流電極作用の際にも V_0 の下降はその上昇に比して不顯著である。このように一般に V_0 の下降は不顯著なものであることを考へに入れ、本實驗の Ringer 液に於ける経過を比較すれば、 V_0 が λ と反方向に變ることは十分認められることで鈴木の環境條件の對立分類にこのときも十分合つてゐると云ふことができる。かくて筋に於ても神經に於ても同様に、アルカリ土イオンもアルカリイオンも同一形式に作用することが明かとなつた。しかしこの兩種イオン作用の數量的差異、從つて起る一定濃度に於ける拮抗作用は吳に於ける如く明らかに計算することができない。これはアルカリイオンについて見た石井の成績と、アルカリイオンについて見た私のものは、測定値が climalyse 閾値と λ と異つてゐること、また Ringer 液に於ける所見の如く標本の状態に若干差のあることが認められることなどによる。

本實驗その 2 は上の如くして明かになつたイオン作用に通流電極作用を拮抗せしめ得ないかと試みたのであつて、先づ坂本が神經についてなした方法を筋に應用した所、a) の成績の示すやうに λ についても V_0 についても坂本の見た如く、即ち鈴木の分類通りに作用する事が明かとなつた。即ち通流陰極は λ を下降せしめ V_0 を

を上昇せしめ、通流陽極は λ を上昇せしめ V_0 を下降せしめる。そして通流電圧の大なるほどその作用は大きい。そこで b) に於ては λ を大ならしめる 0.6/100 濃度の CaCl_2 溶液を作用せしめると共に陰極通流を行ひ、また λ を下降せしめる 3.3/100 CaCl_2 と共に陽極通流を行つた所前者においては 200mV、後者にては 100mV は通流電極作用が強すぎて夫々 λ に対する下降或は上昇を起した。故に前者では 100mV、後者では 50mV を作用せしめた所、大体拮抗が行はれ λ は一定値に止ることが見られた。即ちイオン作用と通流電極作用とは、強まり要素に對しよく影響を拮抗せしめることができるのを見るのである。

本研究の一部は、鈴木教授に對する科学研究費によつた。

文 献

- 1) Fabre, ph (1907) C. r. Acad. Sci., 184, 699, 1469
- 2) Hill, A. V. (1936) Proc. roy. Soc. Lond. B. 119, 305
- 3) 石井恒夫 (1942) 日本生理誌 7, 1
- 4) 小嶋利顯 (1944) 日本生理誌 9, 101
- 5) 吳 壽典 (1946) 日本生理誌 10, 61
- 6) 吳 壽典・鈴木正夫 (1946) 日本生理誌 10, 68
- 7) Landolt-Bernstein (1928) Physikal. Chem. Tabellen 5 Aufl. II
- 8) Lucas, K. (1908) J. Physiol. 37, 459
- 9) 野村志郎 (1943) 日本生理誌 8, 122
- 10) 坂本健太郎 (1944) 日本生理誌 9, 433
- 11) 佐藤寛之 (1944) 日本生誌 9, 862
- 12) 杉 靖三郎 (1939) 日本生理誌 4, 95
- 13) 鈴木正夫 (1948) 日新醫學 35, 192
- 14) 鈴木正夫・石井恒夫 (1944) 日本生理誌 9, 573

會 報

多年本會の爲に御盡力下さつた評議員田中肥後太郎君は昭和24年1月31日に藤巻良知君は昭和24年3月13日に逝去せられた。謹んで哀悼の意を表す。

新 評 議 員

昭和24年4月3日の評議員會に於て次の諸君に新たに評議員を委嘱した。

北海道大学應用電氣研究所
北海道廳立女子醫專生理
福島女子醫專生理
東邦醫大
公衆衛生院
同 上
東京高等師範動物
國立東京第二病院生理科
勞働科学研究所
同 上
同 上
京都大学生理
大阪大学解剖

岩 瀬 善 彦
永 井 寅 男
横 山 正 松
朝比奈 一 男
白 石 信 尙
多田井 吉之助
田 中 英 彦
藤 森 聞 一
勝 木 新 次
齋 藤 一
大 島 正 光
丹 生 治 夫
黑 津 敏 行

次 回 總 會

第27回總會は廣島醫科大學に於て開催し、當番幹事には西丸和義君を煩はすことゝなつた。

日本生理學會昭和23年度決算報告

(自昭和23年1月1日
至昭和23年12月31日)

收 入	支 出
昭和22年度より繰越高	昭和23年度年支出
昭和23年度收入	(内譯) 會誌發送通信費
(内譯) 會 費 領 收	事 務 用 諸 雜 費
購 讀 料	手 當 及 謝 禮
會 誌 分 冊 賣	編 輯 費
廣 告 掲 載 料	集 會 費
論 文 掲 載 料	交 通 費
預 金 利 子	推 薦 委 員 會 費
文部省より補助金	返 濟 金
	印 刷 費
	昭和24年度へ繰越高
	(内譯) 振 替 貯 金
	銀 行 預 金
	現 金
合 計	合 計

13,796.06

215,674.63

50,624.00

5,750.00

918.00

9,506.00

108,554.00

322.63

40,000.00

229,470.69

200,282.29

9,936.17

2,058.50

40,200.00

1,600.00

4,100.00

1,793.00

9,103.80

8,000.00

123,490.82

29,188.40

8,816.52

13,655.16

6,716.72

229,470.69

第57回生理學東京談話會記事

期日 昭和23年10月31日 (日) 午前9時～午後5時

場所と當番 千代田區神田駿河台, 日本大学歯学部生理, 栖原六郎

演題

1. 呼吸縮差と其の非對稱性に就て (日大齒解剖) 加藤 信一・土肥 直方
2. 筋勞作時の感覺機轉 (勞研) 大島 正之・遠藤吉之助・山中 宏子
3. 筋纖維の爲す機械的仕事を直接測定する方法 (前橋醫大生理) 木村 一雄
4. 皮膚の電氣的刺激によるカミの感覺到就て (前橋醫大生理) 山崎 順・松本 政雄
高橋 清・江藤 喬
5. 動物膜の透過性 (慈大生理) 山本 肇
6. 神經の変形電位に就て (前橋醫大生理) 江藤 喬
7. 蛙塩類代謝に於ける副腎皮質の意義 (千葉醫大生理) 鈴木陽之助
8. 細胞外液相の測定について (千葉醫大生理) 若栗 清
9. 心電圖の解説としての二重差異説 (日本醫大生理) 戸塚 武彦
10. 喉頭膜型を用いた實驗 (東大生理) 時實 利彦
11. 發聲筋の機能について分泌反射について (東大生理) 勝木 保治
12. 祛痰劑の藥理より見たる氣道分泌反射について (慶大藥理) 寺田文次郎

益々盛會になつて行く本會は當日もその眞面目たる充分な質疑應答が交されて 極めて有意義な一日を持った。

第59回生理學東京談話會記事

日時 昭和24年1月22日 (土) 10～4時まで

場所と當番 荏原區平塚町, 昭和醫大生理, 井上清恒

演題

1. 骨骼筋の筋鞘に関する研究 (慈大生理) 篠原 進・石若 大三
 2. 蓋皮膚水透過に及ぼす塩類の影響 (慈大生理) 柿沼 美清
 3. 電導性媒質内に於ける働作流による電位分布の理論的考察 小溝 協三
 4. 反應時を利用した大脳機能の研究 (慈大生理) 名取 禮二・増田 允・酒井 敏夫
 5. CR 結合増幅器による記録曲線の補正方法に就いて (東大藥理) 江橋 節郎
 6. 脊髓節に於ける傳導に就いて (東大生理) 眞島 英信
 7. 母音波形についての一考察 (東大生理) 時實 利彦
- ・追加 心電圖の解説としての二重差異説の訂正及追加 (日本醫大生理) 戸塚 武彦

正 誤 表 (第10巻 第11,12號)

頁	行	誤	正
表紙, 表題		カクウム	カリウム
318	21	如くである	如くである
319	第6圖縱軸	クツロブ出現時間	ブロック出現時間
320	第8圖説明文3行	Ringer液中絶對を	Ringer液中絶對濃度を
321	22	K缺乏狀態	K缺乏狀態
322	28	Thyrodin	Thyradin
323	9	(RT 或は QT)	(RT 或は QT)
323	文獻 1)	Z. J. Biol.	Z. f. Biol.

第27回日本生理學會評議員會記事

昭和24年4月3・4日の兩日京都大学醫學部に於て笹川・大谷兩當番幹事の司會にて評議員會を開き下記の事項を協議した。

1. 福田幹事より庶務・會計報告、戸塚幹事より日本生理学雑誌の編集報告があり一同之を承認。

2. 次の諸氏を新たに評議員を委嘱することに決定（氏名は176頁に掲載）

3. 次回大會（176頁に掲載）

4. 今回の一會場、綜合報告と云ふ方針に関連して、發表校・演題數の増加した現在、今後の總會の運営につき協議の結果。

演題整理の爲に各地區で小学會又は地方會を開き講演抄録は總會の講演抄録と同じ取扱いにて日本生理学雑誌に掲載すること。總會では地方會又は小学會で發表した以外の演題につき報告することに決定。

5. 歐文の生理学雑誌刊行の協議委員に次の諸氏が選ばれた。（五十音順敬稱略）

浦本政三郎、大谷 卓造、久野 寧、久保 秀雄、笹川 久吾、坂本 嶋嶺、鈴木 正夫、戸塚 武彦、西丸 和義、林 謙、福田 邦三、袋島 高、本川 弘一、若林 勲。

6. 生理学及び新制大学（体育）教授候補推薦委員（12名）中半数改選を行い、昭和24年度委員は次の諸氏と決定。

浦本政三郎、加藤 元一、久野 寧、久保 秀雄、坂本 嶋嶺、笹川 久吾、鈴木 正夫、戸塚 武彦、林 謙、福田 邦三、本川 弘一、山極 一三。

これら委員の互選により昭和24年度教授候補詮衡委員次の3名を決定。

坂本 嶋嶺、戸塚 武彦、林 謙。

7. 浦本幹事より「生理学全書」の刊行について提案があり、本會に於て委員を舉げて監修することになった。

寄贈圖書報告

松岡脩吉氏（公衆衛生院）より次のロツクフェラー財團より1948～1949年の雑誌、單行本が公衆衛生院圖書館に寄贈されたので御利用を乞ふと。

American Journal of Physiol.

Physiological Reviews.

Annual Review of Physiology

Psychological Abstracts

Journal of Biological Chemistry

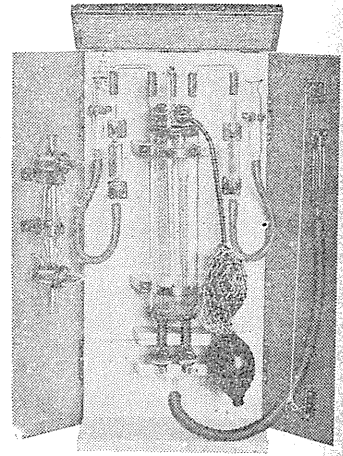
アメリカ生理學別刷の貸出サービス

アメリカ生理學會の援助委員會（委員長バゼット教授）の斡旋により生理学關係其他の別刷約300部の寄贈を受けましたので、リストが出来次第各生理学教室宛に送ります。

常任幹事會の指示により本會事務所に右別刷を保管し貸出サービスを開始致しますから御利用下さい。—— 福田。

式研勞 小型呼吸氣力折器

【カタログ進呈】



本器は沼尻幸吉氏が實地の研究を重ね新たな考案を加へて始めて今日完成されたもので、使用上幾多の優れた特徴を具へ實驗室は勿論現場用としても好適のものである。
從來の勞研瓦斯分折器（大型）及び附屬品一式も引續き製作發賣しております。

製造元

理化學諸器械製造

柴田化學器械工業株式會社

東京都台東區上野花園町七番地
電話下谷(83)四五四・二四一九

生 理 學 器 械

基礎醫學研究用器械

製 作 販 賣

東大醫學部
勞働科學研究所

御指定

高 橋 商 店 高 橋 延 雄

東京都文京區湯島兩門町一番地

昭和二十四年六月二十五日印刷
昭和二十四年六月二十五日發行

編輯兼
發行人

東京大學醫學部生理學教室内
戸塚武彦

印刷所

山形縣鶴岡市馬場町甲三
芳賀鐵太郎
鶴岡印刷株式會社

發行所

東京大學醫學部生理學教室内
日本生理學會

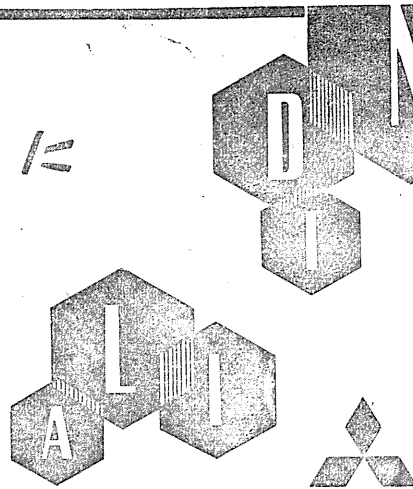
振替東京八六四三〇番
會費一ヶ年金三百圓

腸内疾患に

サルファ剤の新しい分野

體液に移行しないサルファ剤として腸内に於ける大腸菌・赤痢菌等に對して大きな力を及ぼす本劑は化學療法に於ける新分野を拓くものとして注目を浴びて居ります。

大腸炎・細菌性下痢・赤痢・疫痢に



フタリヂン
カセイ
製法特許 175501

製造元 三菱化成工業株式會社化成本部

販賣元 株式會社 中村 瀧商店

急速に血中濃度を高める……

効果普遍のサルファ剤

肺炎・淋疾・疫痢・中耳炎・軟性下痢等に

☆本劑はサルファ剤中吸収及排泄最も速く短時間に最高血中濃度に達し、且つ尿中濃度サルファ剤中最高にして副作用微少なり
☆故に肺炎・淋疾・其他の化膿性疾患に對し極めて顯著に作用し又ペニシリン無効領域たる疫痢・軟性下痢に對しても亦奏功す

◇投薬には簡易な錠劑を！ ◇新發賣 醫家向新包裝 500瓦500錠

國民醫藥品集 スルファチアゾール



山之内製藥株式會社

ネオアルバジル

粉末・錠劑