

# 日本生理學雜誌

第 9 卷 第 5 號

昭和 19 年 5 月 13 日 發行

## 原 著

- 堀 口 正 史：筋乳酸に就ての研究 (17) 筋活動時に於ける乳酸生成と刺激頻度との  
關係に就て..... 291
- 堀 口 正 史：筋乳酸に就ての研究 (18) 緊張筋の乳酸生成過程に就て..... 296
- 阿 部 祐 吉：骨格筋に於ける磷原質の研究 (7) 筋攣縮頻度と磷原質消費との關係..... 300
- 阿 部 祐 吉：骨格筋に於ける磷原質の研究 (8) 裏烏喙燒筋の磷原質に就て..... 305
- 吉 村 正 太：低酸素空氣吸入時に於ける人體肺胞空氣並びに呼吸状態に就て (人體  
肺胞空氣の研究 I)..... 312
- 吉 村 正 太：通氣抵抗に因る人體の呼吸状態の變化に就て (人體肺胞空氣の研究 II)..... 319
- 永井健三・本川弘一：50 サイクル除去用濾波器..... 328
- 清原寛一・橋田敦綱：光力學的作用に關する研究 (第 6 報) 剔出單一骨格筋纖維に就て血  
清の抑制作用並びに組織學的及び光學的研究..... 335
- 佐 藤 正 文：肝臟組織に因る 2,3 呼吸基質の費酸素分解並びに其膽汁酸による阻止  
肝臟機能に對する膽汁成分の影響 (第 3 報) ..... 341
- 佐 藤 正 文：膽汁の組織呼吸促進物質 肝臟機能に對する膽汁成分の影響 (第 4 報) ..... 345
- 横 山 正 松：犬膀胱の等長性收縮..... 351
- 岡 芳 包：熱的測定による遊離エネルギーの計測 I.1 (+) Glutamin 酸の低  
溫度に於ける比熱、エントロピー及び遊離エネルギー..... 359
- 岡 芳 包：代謝物質の生成熱 I.1 (+) Glutamin 酸, I (-) Asparagin 酸,  
I (-) Tyrosin の生成熱..... 365
- 大 谷 卓 造：神經の充電曲線に就いて..... 368

會 報 (會員移動)

## 大 日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.



最新 除倦覺醒劑

# ビロホ

製法特許

集度 7-1-Phenyl-2-methylamino-propyl-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>の塩酸塩なり。

適應症

- 一、過度の肉体及精神活動時
- 二、徹宵、夜間作業、その他睡氣除去を必要とする時
- 三、疲勞、宿醉、乗物酔
- 四、各種憂鬱症

包裝

錠劑  
10錠 20錠 100錠 250錠

散劑 (百倍稀釋)  
10瓦 50瓦 100瓦

注射劑  
13 40管 100管 250管

製造元

本店 大阪市東區通修町  
大日本製藥株式會社  
支店 東京都日本橋區本町

文獻申込次第附呈

## 葡萄糖食塩と

## 複塩注射劑

葡萄糖注射は近時價格關係に因るならんか、品位の低下に伴ふ副作用等憂慮さるゝ聲を屢々聽に至れり。本品は無色透明の液なり而して葡萄糖注射液の重要性に鑑み、特別の操作に因り濾過滅菌等、品質の完璧を期したるものにして價格の低廉と共に他に比を見ざる特長を有す。本劑は單一なるものに比し効果優秀なるは藥理學的に判定さるゝ處なるが、動物並に臨床實驗成績はより以上の卓越を如實に立證さる。

本品の特長

- 一、原料葡萄糖の品位極めて高級にして、從來の市販品を遙に凌駕する事
- 一、食塩との複鹽は葡萄糖の連續注射により招來さるゝ事ありとされる、アシドウデスの傾向を排除するは勿論諸疾病に續發さるアシドウデスを緩和する事
- 一、本劑の5%液はサルバルサン溶解用として最も好適である事

製造發賣元 鳥居製藥株式會社  
東京都日本橋區本町三丁目

# ンゲーリグ

★集團接種愈々普及さる★

## 細胞に免疫を興へる

## 結核免疫元 ワクナール

北里研究所製品

## “北研”

適應症

内科、小兒科、眼科、婦人科、皮膚科、外科等各科領域に廣く治療効果を認められる。

東京市芝區白金三丁目一三ノ八  
北里研究所販賣部

大 販 賣 所

大阪・東京 株式會社 鹽野義商店 東京・本町 株式會社 中村彌商店

筋乳酸に就ての研究 (17) 612.744.24

筋活動時に於ける乳酸生成と刺激頻度との關係に就て

(文部省科學研究費による研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

堀 口 正 史

Horiguti-Masahumi

(昭和18年9月21日受付)

I. 緒 言

この報告は刺激頻度及刺激時間を種々に變更する條件下の筋攣縮時の乳酸蓄積量を Cotoni-Shaffer-叶山法(5)により測定した實驗である。

實驗の目的はこの實驗の限りでは筋攣縮時の糖原質中間代謝を検討するだけであるが、阿部(1)が同一條件下に磷原質の消費及その恢復を觀てゐるので、それと相提携して兩實驗の成績を比較検討することにより、総合的な觀點より筋短縮時の化學過程の本態的機作を闡明しやうとするにあつた。

元來筋短縮時の化學過程に就ては Meyerhof 以來極めて多くの研究が重ねられて居る。然し乍ら夫等の實驗では筋短縮時の化學過程に於ける夫々の中間代謝物質が刺激時間内に於て概ね一樣に且つ同じ形式で起ることを前提としたものである。然るに近年 Sacks 一派の一部の學者は血流ある筋と然らざる筋では短縮時に於ける化學過程に本質的差異あることを報告し(3, 6), 一方吾々の教室に於て秋元(2), 島崎(8)等は筋機構の生物物理學的研究の一環として特殊條件下の筋攣縮に就て實驗した結果、等しく攣縮或は強縮と言つても實驗條件によつてその短縮の過程に大きな違ひがあることが明かにされたので、前述せる如き Meyerhof 以來の筋短縮時の化學過程が概ね一樣の形式で(此意味に就ては後章でより具體的に述べる)起ると言ふ考へ方は早晚是正されねばならぬ運命にある。而して之を實驗的に實證するには、筋活動時の連鎖反應に於て或1つの代謝産物のみを目標とするのでは不充分であり、より多くの物質の同時的測定により擧めて総合の觀點からの解析が可能になる。そこで余は阿部の實驗と相提携しつつこの實驗を行つたのであつた。

實驗は昭和17年2月より5月迄の間に行つた。

II. 實驗の方法と成績

A. 實驗方法 實驗動物には體重 250g 前後の雄鼠を用ひた。鼠を出来るだけ安靜状態に保ち乳酸靜止價を極小且つ均等ならしめる目的で約2晝夜4°C前後の冷蔵庫に圍つた後、坐骨神

第 1 表

實驗 番号	毎秒刺激 頻度	刺激 時間 (秒)	攣 縮 回 数	筋 重 量 (g)	乳 酸 貯 量 (mg)	乳 酸 量 (mg%)
1	0	0	0	1,956	0.1425	7.1
2	0	0	0	2,790	0.1853	6.6
3	0	0	0	2,675	0.1615	6.0
				2,488	0.1613	6.6
4	1	60	60	1,690	0.1805	10.6
5	1	60	60	2,272	0.1757	7.8
6	1	60	60	2,917	0.5939	21.7
7	1	60	60	1,968	0.1530	7.7
				2,187	0.2757	12.6
8	1	120	120	2,630	0.5842	22.2
9	1	120	120	2,905	0.5130	17.6
10	1	120	120	1,949	0.2745	14.0
11	1	120	120	2,170	0.4770	22.6
				2,398	0.4622	19.2
12	1	300	300	2,699	0.9405	34.8
13	1	300	300	2,343	1.6150	68.9
14	1	300	300	2,014	1.6720	83.0
15	1	300	300	2,680	0.6795	25.3
				2,434	1.2268	50.4
16	1	600	600	2,278	1.4920	64.4
17	1	600	600	2,920	1.3775	46.9
18	1	600	600	1,664	1.1067	66.5
19	1	600	600	2,017	1.6290	80.7
				2,220	1.3988	63.0
20	2	60	120	3,298	1.9000	57.6
21	2	60	120	2,255	0.5220	23.1
22	2	60	120	2,530	0.6030	21.3
				2,794	0.9750	34.8
				3,025	2.3760	78.7
23	2	120	240	3,025	2.6825	108.7
24	2	120	240	1,940	0.9045	46.0
25	2	120	240	2,521	1.3590	53.9
26	2	120	240	2,577	1.9080	74.0
				2,550	3.7890	148.5
27	2	300	600	2,240	2.5940	108.7
28	2	300	600	2,599	3.1230	120.1
29	2	300	600	2,048	2.1960	107.0
30	2	300	600	2,359	2.0760	121.9
				2,188	2.4750	113.2
31	2	600	1200	2,100	3.6505	147.9
32	2	600	1200	2,228	3.0510	145.2
33	2	600	1200	2,278	3.0255	134.6
				2,278	0.8650	37.6
34	3	60	180	2,060	0.8290	40.2
35	3	60	180	2,466	1.0968	44.1
36	3	60	180	2,266	0.9233	40.7
				1,791	1.5840	88.4
37	3	120	360	1,971	1.5840	80.4
38	3	120	360	3,325	2.9404	88.7
39	3	120	360	2,362	2.0788	86.5
				2,087	2.7864	133.5
40	3	300	900	1,756	2.4530	134.0
41	3	300	900	3,470	4.8263	138.8
42	3	300	900	2,140	3.5552	137.6
				1,850	2.6730	144.5
43	3	600	1800	2,112	3.0240	143.2
44	3	600	1800	1,661	2.6618	160.3
45	3	600	1800	1,874	2.7863	143.7

經腓腸筋標本を作り、30分間10°CのRinger液中に休息せしめてから刺激實驗を始めた。實驗は筋に5gの負荷を加へ、坐骨神經より間接に頻度毎秒1, 2, 3回の3種の開放感應電擊を1, 2, 5, 10分の4種の持續時間に於て加へ、刺激後直ちに筋を液體空氣中に投入固定し法の如く乳酸の定量を行った。

**B. 實驗成績** 實驗成績は第1表に示す如くである。本表に於て實驗番號3迄は豫備實驗として腓腸筋の乳酸靜止價を求めたもの、4より19までは刺激頻度毎秒1回、20より33までは毎秒2回、34より45までは毎秒3回の刺激頻度に於ける成績である。夫等の成績は刺激時間の長短により4段に分けて記載しその間の無番號の數値はそれぞれの實驗群の算術平均値である。

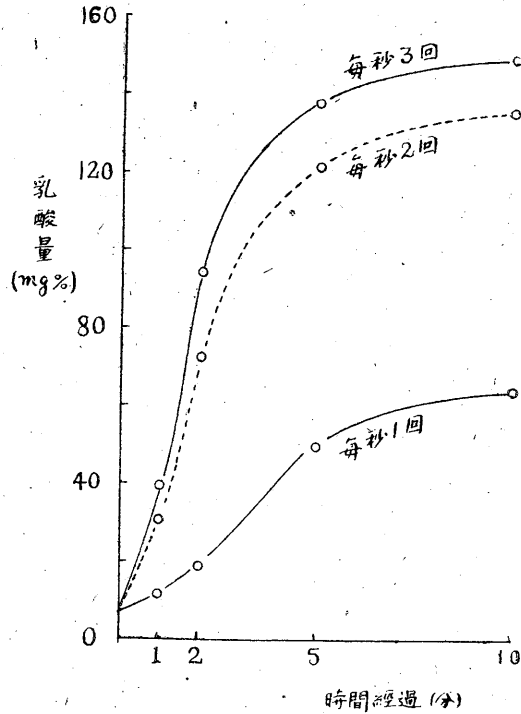
III. 實驗結果に對する考察

實驗成績を檢討するため先づ刺激時間・乳酸蓄積量曲線を作つて見ると第1圖になる。此結果は上小鶴の實驗結果(4)に類似し、又血流ある筋に就てのSacksの實驗結果(7)にも類似する。茲で注意せねばならぬことは持續刺激による筋内乳酸量の増加率は余の刺激頻度では刺激開始後5分迄は急速に増加し、それより次第に減少して略々恒常の増加率を示す様になることである。即ち刺激

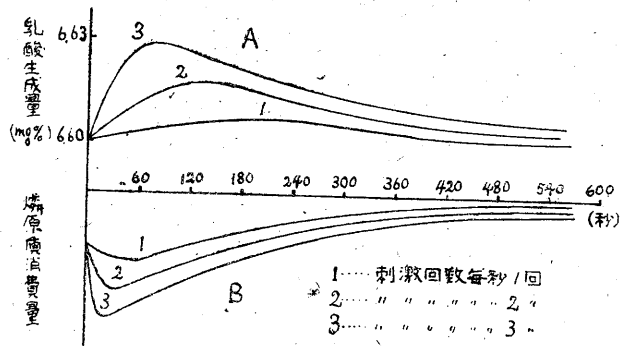
時間・乳酸蓄積量曲線は何れも彎曲點を持つことである。因つて此の關係を第1圖より刺激時間經過に於ける乳酸生成速度を求めて毎攣縮毎の乳酸生成量を算定して刺激時間・毎攣縮生成乳酸量曲線を作つて見ると第2圖Aの型圖になる。此圖より明らかにされることは攣縮經過と共に毎攣縮毎に生成する乳酸量が次第に變ることと刺激頻度の差により乳酸生成の極大となる時點が異なることとである。一般に攣縮を重ねるに従つて毎回の乳酸生成量が多くなり、一定回数だけ攣縮した所で乳酸生成量は極大となり、然る後再び漸次少くなつて遂に毎回の産生量が略々一定になることが認められる。而して乳酸生成の極大量は刺激頻度が多い程大となり、それが極大になるまでの時間は刺激頻度に比例して早くなる。この變化は從來の考へに従へば筋内の蓄積乳酸量に關係し、即ち蓄積乳酸が増すと糖原質分解が抑制されると同時に乳酸消却

の速度が早くなると言ふのであつた。然るに上小鶴の報告(4)に示された如く、別出筋での乳酸消却過程は極めて緩慢であり、一方本実験の結果は刺激の時間経過により毎攣縮の乳酸生成量は其場合の蓄積乳酸の総量とは何等直接に關係しないことを實證してゐる。して見ると斯様に刺激経過とともに毎攣縮に生成する乳酸量が變つて來ることは筋短縮時の化學的機作に於て極めて重要な特徴をなすと考へねばならぬ。そこでこの事實を攣縮時の磷原質消費過程に就ての阿部の成績(1)と關聯せしめ、それらの成績を比較検討して見ると第2圖の下方に示す如き關係になる。即ち毎攣縮の磷原質消費量も亦刺激経過と共に變化し、或一定の経過に達してその消費量は極大となり、それが極大に達するまでの時間は乳酸生成の場合と同じに攣縮頻度が大なる程短いと言ふ關係になる。そこで第2圖の上下の曲線を比較して氣付くことは、

第 1 圖



第 2 圖



第1には磷原質の極大消費時點と乳酸の極大生成時點とは時相的にズレて居り然かも其のズレは刺激頻度が少くなるに従ひ益々大きくなること、第2に磷原質消費及乳酸生成の極大時點は刺激頻度が多い程早く現れて來ること、第3に刺激頻度が少なければ磷原質消費は筋活動の初期だけに現はれ其後殆んど消費されて居らぬこと等である。これらの事實は、即ち磷原質の分解と糖原質の分解とが時相的に常に一定のズレを持つて行はれてゐることは、從來考へられて居て如く乳酸の生成量が其時分解されつつある磷原質量に直接支配されるものでないのみならず、寧ろ或る時期の攣縮では磷原質分解が、他の時期では乳酸生成が攣縮時の化學過程に於て主動的な變化となることを示してゐる。筋攣縮時に磷 Ester 化を中心とした Adenyl 系、

磷原質等の分解合成による連鎖反應が常に同じ型式で起つてゐると考へられないとはこの事實に因るのである。正しく言へば、攣縮の初期では即ち攣縮回数の未だ少いうちは磷原質の消費過程が主動的である化學變化が現れ、之が漸次乳酸の生成が主動的となる化學變化に移行し、更に進めば磷原質の消費も乳酸の生成も共に極めて僅少となり第3の化學過程が主動的なものとなる形を取るのである。これは化學過程としての Steady state と言ふことが出来る。而してこの第3の一見定常的と見える變化は刺激頻度が大なれば現はれにくく、常に相當量の磷原質を消費する化學過程が行はれる。Sacks 等が血流ある筋では最初の數回の攣縮だけに従來稱へられた如き化學過程が起り、攣縮高が定常状態に入る頃からは酸化による化學過程が主動的になると主張し、血流による酸素補給を重要事項と考へて居る。然るに格別酸素の補給が良いとは思はれぬ別出筋の場合でも Sacks の結果と類似な成績が出てゐるのであるから Sacks 等の所謂酸化説は余の實驗結果より見ればそのまま受け入れる譯にはいかぬやうに考へられる。即ち同一間隔を以て筋に攣縮を起させてゐると、刺激經過の進行につれ筋内に現れる化學過程も亦その本態的機作を次々に變化して行くものである。

#### IV. 摘 要

1. 蓋の坐骨神經腓腸筋標本を材料とし、刺激頻度と刺激時間を變更する條件の下に乳酸生成量の變化を觀察した。
2. 毎秒1乃至3回の刺激ならば、乳酸量の生成は刺激開始後5分迄は急速に増加し、それ以後は著しく減少し且つ略恒常の増加率を示した。
3. 刺激經過につれ毎攣縮毎に生成する乳酸量を見るにその値は常に等しいものでなく刺激開始後次第に増加の傾向を辿り、一定の攣縮回数のところで極大となり其後は減少して遂に毎回の生成量は一定になる。而して乳酸生成の極大量は刺激頻度が多い程大であり、且極大となる時期は刺激頻度に比例して早くなる。
4. 本實驗の成績を阿部の實驗結果に照し合せて觀ると、磷原質の分解と糖原質の分解とは時相的に常に一定のズレを持つてゐる。即ち或る時期の攣縮では磷原質の分解が、また他の時期では糖原質の分解が、筋活動時の主動的な化學過程をなしてゐる。即ち筋の化學過程は従來考へた如く一樣の形式で營なまれてゐるのではなく、刻々にその機作を變へて行く性質を持つてゐる。
5. 斯やうに等間隔の刺激系列を以て筋攣縮を起させる場合時間經過に従ひその攣縮の様相が變つて來るが、一見攣縮が平衡状態 (Steady state) を保つてゐる時期でも筋内の化學過程は時間經過の進行につれ刻々にその本態的機作を變化して行くことは筋機構に對する今後の究明に對し重要な示唆を與へるものである。

拙筆に際し浦本教授の懇篤なる指導と校閲並に杉本助教授、名取講師の援助を深謝す。

## 文 献

- 1) 阿部祐吉 (2604) 日本生理誌 9 300
- 2) 秋元新平 (2604) 日本生理誌 9 48
- 3) Flock, E. V., D. J. Ingel & J. L. Bollman (1939) J. Biol. Chem. 129 99
- 4) 上小鶴克己 (2599) 日本生理誌 6 535
- 5) 叶山常吉 (2590) 慈恵醫大生理學論文集 2 123
- 6) Sacks, J. W. & W. C. Sacks (1933) Amer. J. Physiol. 105 151
- 7) Sacks, J., W. C. Sacks & J. R. Shaw (1937) Amer. J. Physiol. 118 232
- 8) 島崎 賢 (2604) 日本生理誌 9 237

## 筋乳酸に就ての研究 (18) 612.744.24

### 緊張筋の乳酸生成過程に就て

(文部省科學研究費による研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

堀口 正 史

Horiguti-Masahumi

(昭和18年9月23日受付)

#### I. 緒 言

この報告は緊張筋である烏喙橈筋を材料とし、之を無傷又は負傷の状態或は刺激時間を種々に變更する條件下に攣縮を起させ、其際の乳酸生成量を Cotonio-Shaffer-叶山法(4)により測定した實驗である。

實驗の目的は次のところに置かれてゐた。Sommerkampf (6) が筋に緊張筋及非緊張筋の二種あることを提唱して以來 Wachholder (7) は兩筋に就ての生理的機構の相違を種々の角度から検討したが、吾々の教室に於ても筋機構の研究の建前から物理的方面では兩筋の短縮率(1)、伸展殘遺(5)、特異性筋隆起の起り方(8)等色々の觀點から比較研究を行つてゐる。この實驗は主として兩種の筋の化學過程の相異を知ると共に緊張筋が切り出されると自然に縮む持続性短縮と刺激下の攣縮時との化學過程の差異を見やうとしたもので、同一目的を有し且つ略々同一條件を以て同筋の燐原質代謝に就て實驗してゐる阿部(1) 並び糖原質に就て實驗してゐる朝井(2) と提携並行して本實驗を行つたのであつた。

實驗は昭和18年2月より4月迄の間に行つた。

#### II. 實驗の方法と成績

**A. 實驗方法** 實驗標本には 250g 前後の雄蟻の烏喙橈筋を用ひた。實驗前になるべく安靜にし筋の乳酸量が正しい靜止價を持つやうな状態にして置く目的で、豫め2晝夜4°C前後の冷蔵庫に圍つた後烏喙橈筋を其起始部の附着する胸骨と共に剔出し、一側の筋は胸骨部より筋體を傷つけぬやう切出し(無傷標本)、他側は胸骨より剝離し(負傷標本)、(1) 剔出後縮んだ儘の状態、(2) 筋原長に引伸ばした状態、(3) 筋原長より約 20 %引伸ばした状態で、無傷標本では2分と20分、負傷標本では2、5、10、20分の経過で乳酸量を測定した。尙右期間は10°Cの Ringer 液中に放置して置いた。

次に刺激實驗は無傷標本のみに就て行ひ、5gの負荷を加へ、頻度毎秒1回の開放感應電擊を1、2、5、10分の4種の期間加へた状態で乳酸量を測定した。

第 1 表

實驗番号	筋標本の種類	筋縮の状況	時間経過	筋重量 (g)	乳酸総量 (mg)	乳酸量 (mg%)
1	無傷標本	別本其儘	30	0.418	0.0404	9.6
2	"	"	30	0.355	0.0340	9.5
3	"	"	30	0.376	0.0383	10.2
4	"	"	30	0.441	0.0404	9.2
5	"	"	30	0.425	0.0383	9.0
6	負傷標本	"	0	0.404	0.0383	9.5
7	"	"	0	0.385	0.0383	9.9
8	"	"	0	0.326	0.0340	10.4
9	"	"	0	0.453	0.0425	9.4
10	"	"	0	0.340	0.0372	10.0
11	無傷標本	"	2	0.376	0.0372	9.9
12	"	"	2	0.329	0.0319	9.6
13	"	"	2	0.470	0.0446	9.5
14	"	"	2	0.382	0.0383	10.0
15	"	"	2	0.335	0.0343	10.2
16	"	"	2	0.379	0.0373	9.8
17	"	"	20	0.398	0.0383	9.6
18	"	"	20	0.399	0.0383	9.6
19	"	"	20	0.371	0.0361	9.7
20	"	"	20	0.382	0.0383	10.0
21	"	"	20	0.388	0.0378	9.7
22	"	"	2	0.370	0.0383	10.3
23	"	"	2	0.419	0.0404	9.6
24	"	"	2	0.360	0.0340	9.4
25	"	"	2	0.463	0.0468	10.1
26	"	"	2	0.399	0.0425	10.7
27	"	"	2	0.402	0.0404	10.0
28	"	20%引伸	20	0.525	0.0468	9.3
29	"	"	20	0.336	0.0340	10.1
30	"	"	20	0.330	0.0363	9.5
31	"	"	20	0.362	0.0383	10.6
32	"	"	20	0.493	0.0516	10.3
33	"	"	20	0.419	0.0417	10.0
34	"	"	2	0.489	0.0468	9.6
35	"	"	2	0.331	0.0340	10.5
36	"	"	2	0.345	0.0340	9.9
37	"	"	2	0.345	0.0468	10.6
38	"	"	2	0.391	0.0404	10.3
39	"	"	2	0.400	0.0404	10.1
40	"	"	20	0.414	0.0404	9.8
41	"	"	20	0.342	0.0340	9.9
42	"	"	20	0.431	0.0404	9.4
43	"	"	20	0.417	0.0425	10.2
44	"	"	20	0.345	0.0383	11.1
45	"	"	20	0.390	0.0391	10.0

第 2 表

實驗番号	筋標本の種類	筋縮の状況	時間経過	筋重量 (g)	乳酸総量 (mg)	乳酸量 (mg%)
38	負傷標本	別本其儘	2	0.430	0.0350	19.7
39	"	"	2	0.503	0.0373	19.4
40	"	"	2	0.410	0.0308	19.7
41	"	"	5	0.448	0.0379	19.6
42	"	"	5	0.418	0.0275	30.5
43	"	"	5	0.429	0.0403	32.7
44	"	"	5	0.398	0.0253	30.9
45	"	"	5	0.415	0.0304	31.4
46	"	"	10	0.465	0.0373	33.8
47	"	"	10	0.450	0.0343	36.7
48	"	"	10	0.430	0.0343	34.6
49	"	"	10	0.448	0.0361	35.7
50	"	"	20	0.613	0.0210	35.9
51	"	"	20	0.396	0.0373	39.7
52	"	"	20	0.421	0.0394	37.9
53	"	"	20	0.479	0.0392	37.5
54	"	原位長	2	0.439	0.0383	13.0
55	"	"	2	0.509	0.0359	12.9
56	"	"	2	0.396	0.0310	12.9
57	"	"	2	0.465	0.0362	12.9
58	"	"	5	0.294	0.0358	21.7
59	"	"	5	0.490	0.0320	22.7
60	"	"	5	0.426	0.0335	22.0
61	"	"	5	0.350	0.0364	22.2
62	"	"	10	0.378	0.0199	28.5
63	"	"	10	0.361	0.0320	28.2
64	"	"	10	0.395	0.0110	28.0
65	"	"	10	0.301	0.0110	28.2
66	"	"	20	0.443	0.0360	30.4
67	"	"	20	0.442	0.0373	35.6
68	"	"	20	0.403	0.0361	34.3
69	"	"	20	0.431	0.0338	33.4

第 3 表

實驗番号	刺激時間 (分)	筋重量 (g)	乳酸総量 (mg)	乳酸量 (mg%)
62	.1	0.454	0.0378	21.5
63	.1	0.395	0.0308	20.4
64	.1	0.343	0.0229	24.2
65	2	0.396	0.0372	22.0
66	2	0.333	0.0320	31.4
67	2	0.451	0.0488	33.0
68	2	0.395	0.0275	35.1
69	5	0.387	0.0261	32.6
70	5	0.322	0.0352	47.5
71	5	0.335	0.0253	36.8
72	5	0.275	0.0320	37.1
73	10	0.311	0.0261	40.5
74	10	0.493	0.0355	40.0
75	10	0.422	0.0260	51.6
76	10	0.0376	0.0373	41.8
77	10	0.439	0.0389	44.1

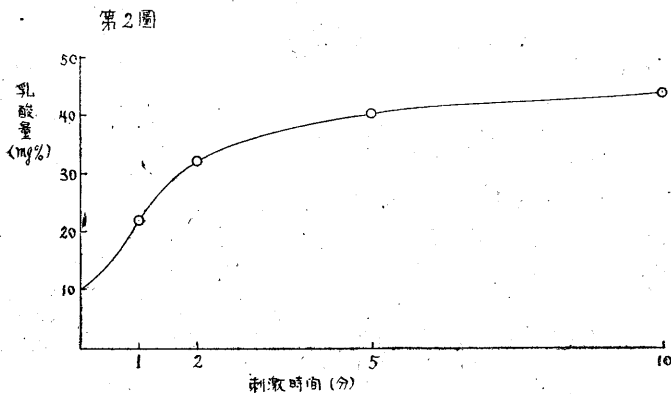
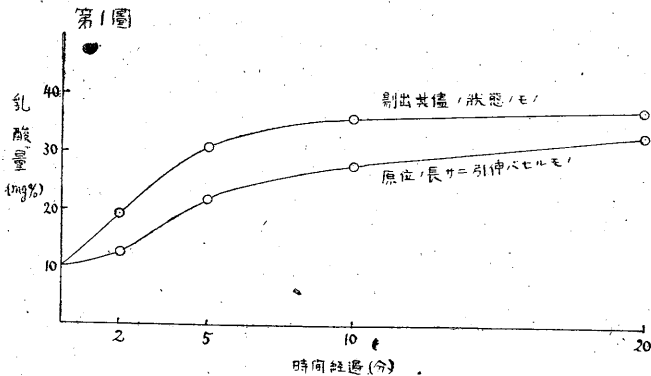
B. 實驗成績 實驗成績は第 1, 2, 3 表に示す如くである。第 1 表に於て實驗番号 5 迄は基準になる乳酸静止價を求めたものであり、烏喙焼筋を切り出してから 30 分間 10°C の Ringer 液中に放置してから測定したもの

の、6 より 9 までは既に述べた負傷標本に就き切り出してから直後に測定したもの、10 より 17 までは無傷標本で切り出した儘の状態 Ringer 液中に 2 分又は 20 分放置したもの、18 より 27 までは同じく無傷標本で筋原長に引伸ばしたもの、28 より 37 までは筋原長の 20% だけ更に引伸ばしたもの、第 2 表の 38 より 61 までは負傷標本に就て切り出したまゝ或は筋原長に引伸ばしたものに就て色々の時間経過で乳酸生成量を測定した成績である。

次に第 3 表 62 より 73 までは刺激實驗の成績である。刺激時間の長短により 4 段に分けられてゐる。尙各表に於て無傷號の數値はそれぞれの實驗群算術平均値である。

III. 實驗成績に對する考察

烏喙焼筋は切り出すと縮むが、そのままに縮ませても、それを原位長に引伸しても、或は更



方に差異あるためであらう。

次に第3表から知られることは刺激開始後2分迄は乳酸生成量が急速に増加し、2分以後は漸次減少して略々恒常の値を示す様になることである。之は余の腓腸筋に於ける前実験(3)と略同様な結果を示してゐる。此事實は緊張筋でも非緊張筋でも攣縮或は強縮時の化学過程は本態的には變らぬことを示唆してゐる。

#### IV. 摘 要

1. 緊張筋と稱せられる烏喙橈筋を材料としその無傷及負傷標本の色々の短縮状態で、或は刺激下に攣縮を起さしめた状態で乳酸の生成量を Cotonio-Shaffer-叶山法により測定した。
2. 烏喙橈筋の乳酸静止價は 9.5mg% であり縫匠筋の静止價と略々同様であつた。
3. 無傷標本では切り出してから縮んだままにしても引伸ばしても乳酸の生成量に變化は認められなかつた。
4. 負傷標本では (3) に反し時間の経過と共に乳酸生成量は増加した。
5. 筋に週期的單一刺激を連続に與へると乳酸生成は2分迄は急速に増大しそれ以後は生成量は減少し且つ略々恒常の値を示した。
6. (5) の事實は余の前実験と同じ結果を示し、それにより緊張筋でも非緊張筋でも攣縮或

に原長の 20% だけ引伸ばしても無傷標本では乳酸の生成量の増加は見られなかつた。

この點は阿部 (1) が同一筋に就き同様の状態で磷原質の分解が殆んど起らぬと言ふ事實に合致する。然るに胸骨より剝離した負傷標本では時間経過と共に乳酸生成量が次第に増大する。但し原長に引伸ばして置くとその生成量が稍々少い(第1圖)。之は筋の生物物理的條件が化学過程に影響を與へ、即ち引伸ばされた状態と縮んだ状態では筋肉の化学過程が違つて來ることが推定される。その違ひは恐らく阿部の謂ふ如く張力の發生の仕

は強縮時の化學過程は本態的には變らぬことを示すものである。

擱筆に臨み浦本教授の指導校閲竝に杉本助教授・名取講師の援助を深く感謝す。

文 獻

- 1) 阿部祐吉 (2904) 日本生理誌 9 305
- 2) 朝井 清 (2904) 日本生理誌 9
- 3) 堀口正史 (2904) 日本生理誌 9 291
- 4) 叶山常吉 (2952) 慈惠大學生理論文集 2 123
- 5) 仁木庸次郎 (2903) 日本生理誌 8 414
- 6) Sommerkampff (1928) Arch. f. exper. Path. 128 679
- 7) Wachholder, K. (1931) Pflüger. Arch. 226 255
- 8) 和田惠洲男 (2903) 日本生理誌 9 21

## 骨格筋に於ける磷原質の研究 (7) 612, 744, 24

### 筋攣縮頻度と磷原質消費との關係

(文部省科學研究費による研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

阿 部 祐 吉

Abe-Yūkiti

(昭和18年9月21日受付)

#### I. 緒 言

この報告は刺激頻度と刺激持續時間とを種々に變更せる條件下の筋攣縮時の磷原質消費量を Eggleton・黒田法(2, 10) により測定すると共に攣縮後に於ける磷原質の恢復過程をも併せて觀察した實驗である。

實驗の目的は次の如くである。

1930年 Lundsgaard(12)は筋短縮時の化學過程に就き、短縮の力源となるものは Hill-Mey-erhof の乳酸説に唱へらるる如き糖原質の分解に放出される勢力ではなくて、糖原質に先んじて行はるる磷原質の分解に放出される利用勢力であり、糖原質分解時の發生勢力は寧ろ磷原質再合成の力源になるものと主張し、筋短縮に關する力源の問題は糖原質代謝より磷原質代謝へと移つた。然るに1934年 Lohmann(11)は磷原質に先行して Adenosintri-phosphorsäure が分解する事を実證し、筋短縮の力源は磷原質分解より更に溯つて Adenosintri-phosphorsäure の分解に放出される利用勢力であり、磷原質の分解は Adenosintri-phosphorsäure の再合成に資せられる恢復過程であると唱へるに至つた。ここに筋短縮の力源問題は三轉し、Adenosintri-phosphorsäure, 磷原質, 糖原質並に糖原質の中間代謝産物を繞る連鎖化學反應が中心問題となり、その解析は或る1つの物質のみの化學過程を追究するだけでは不充分となり、漸次上記諸物質の化學過程に就ての綜合的研究に展開せざるを得ぬこととなつた。この事に就て余は曩に綜説(1)を試みたのであつた。

一方この問題に就て留意せねばならぬ事は、1920年の Hill-Hartree の報告(5)以來筋活動時の化學過程は無氣的過程(anaerobic)であり、酸素を必要とするのはその恢復過程に於てのみであると云ふ見解が一般に承認せられたことである。この考へは爾來變ることなく今日まで信奉されてゐた。然るに近來 Sacks(14, 15)等は血流を保有し酸素供給の充分な状態では、筋短縮の力源となる化學過程は酸化反應であると主張してゐる。即ち筋活動の初期は無氣的であるが、その後持續する短縮の steady state では無氣的反應である Adenosintri-phosphorsäure,

燐原質及糖原質の分解の行はれない事を実証した。但しその際酸化される物質が何であるかに就ての解説は極めて曖昧であるが、それにしても若しこの事実が真ならば筋化学に於て劃期的な事柄であり、極めて重大な問題と云はねばならぬ。因つて余は筋攣縮の steady state に於て果して燐原質の分解が行はれぬものであるか否かを確めるため本実験を行つたのである。一方この問題に就ては既に述べた如く総合的研究が要請されてゐるので、余と全く同一條件に於て攣縮時の乳酸成生過程を探索しつつある堀口(6)と提携し、より総合的な実験的基礎に立つて上述せる諸問題の解決に資せんとしたのであつた。

実験は昭和17年2月より同年11月迄の間に行つた。

## II. 実験の方法と成績

**A. 実験方法** 標本には體重 200g 前後の雄鼠より剔出せる腓腸筋を用ひた。鼠は約一晝夜 4°C 前後の冷蔵庫中に圍つた後左右の坐骨神経腓腸筋標本を作り、5分間 Ringer 液中に休息せしめた後、一側は對照實驗として燐原質の靜止價の測定に用ひ、他側は被檢筋として温室内(12~16°C)に懸垂し、負荷 5g を加へ、坐骨神経より間接に毎秒 1, 2, 3 回の 3 種の頻度の開

第1表 刺激頻度毎秒1回

實驗番号	對照筋		刺激時間(分)	被檢筋		燐原質消費量 mg % -P
	ortho- 燐酸塩	燐原質		ortho- 燐酸塩	燐原質	
	mg % -P	mg % -P		mg % -P	mg % -P	
1	20.9	53.2	1	22.9	43.8	10.0
2	12.6	46.4		21.2	38.2	7.2
3	24.2	48.2		35.7	40.5	7.7
4	22.7	53.6		31.5	41.9	11.7
5	25.2	51.9		26.5	45.9	6.0
6	22.4	54.2		32.1	49.4	4.8
平均	21.3	51.2		29.1	45.3	7.9
7	21.3	51.1	2	27.4	41.3	9.8
8	24.3	60.8		34.4	44.8	16.0
9	21.2	50.3		28.6	47.0	11.3
10	12.7	64.3		18.2	56.1	9.2
11	24.1	55.8		23.7	47.3	8.5
12	20.0	57.6		39.9	40.1	17.5
平均	20.6	58.0		29.5	46.0	12.0
13	26.9	54.9	5	47.2	34.9	20.0
14	23.8	61.7		29.3	53.1	8.6
15	23.9	57.3		51.4	47.8	9.5
16	21.9	53.6		28.8	43.0	10.6
17	20.2	56.4		35.0	39.5	15.9
18	23.1	43.9		38.3	24.4	19.3
平均	23.3	54.6		35.0	40.5	14.0
19	16.4	62.4	10	25.6	49.3	13.1
20	20.2	53.2		33.1	45.2	13.0
21	27.8	49.6		23.5	39.2	10.3
22	22.8	47.1		38.7	30.1	17.0
23	21.4	54.9		39.2	34.8	20.1
24	25.1	44.3		31.5	27.6	16.7
平均	22.0	52.7		31.9	37.7	16.0

第2表 刺激頻度毎秒2回

實驗番号	對照筋		刺激時間(分)	被檢筋		燐原質消費量 mg % -P
	ortho- 燐酸塩	燐原質		ortho- 燐酸塩	燐原質	
	mg % -P	mg % -P		mg % -P	mg % -P	
25	24.1	60.9	1	33.2	35.4	15.5
26	27.5	59.7		26.4	52.4	6.3
27	20.4	65.3		28.0	56.7	8.6
28	25.3	62.4		37.6	41.5	10.9
29	17.0	49.5		40.2	33.4	16.1
30	15.4	66.7		23.6	59.2	7.5
31	26.7	59.3	37.4	54.2	5.1	
平均	22.3	57.5		32.4	47.5	10.0
32	26.9	60.3	2	39.2	36.5	23.8
33	25.4	47.1		39.7	29.8	17.3
34	22.4	53.2		31.2	43.4	9.3
35	21.9	64.3		27.5	54.3	10.0
36	25.1	54.5		38.9	43.7	10.8
37	26.1	59.9		40.2	42.8	16.1
38	25.6	55.1	36.9	32.0	23.1	
平均	24.6	56.2		36.2	40.3	15.9
39	21.6	45.6	5	41.8	23.4	22.1
40	25.9	64.2		39.1	48.1	16.1
41	23.4	57.4		37.6	37.9	19.5
42	27.9	52.2		42.8	55.4	16.8
43	23.1	43.0		40.4	21.1	21.9
44	27.3	43.9		37.8	51.3	12.6
45	20.5	50.0	44.0	20.0	50.0	
平均	24.3	50.8		40.5	31.0	19.8
46	13.3	66.8	10	33.4	43.1	23.7
47	18.5	55.3		26.7	40.3	15.2
48	21.2	55.5		48.2	25.9	29.6
49	20.2	57.9		38.7	33.6	24.3
50	22.4	52.1		36.8	26.7	26.4
51	20.9	51.7		37.6	29.8	21.9
52	15.7	60.1	33.6	38.3	21.8	
平均	19.0	57.1		36.4	33.8	23.3

第3表 刺激頻度毎秒3回

實驗番号	對照筋		刺激時間(分)	被檢筋		燐原質消費量
	ortho-燐酸塩	燐原質		ortho-燐酸塩	燐原質	
	mg %P	mg %P		mg %P	mg %P	
53	21.2	48.5	1/4	22.6	47.0	0.6
54	22.9	52.1		24.1	49.2	2.8
55	20.4	50.8		22.4	51.8	-0.7
56	27.1	53.3		23.7	54.3	-0.5
57	20.9	50.7		20.6	47.4	3.3
58	22.1	51.4		21.4	60.6	0.8
平均	22.4	51.2	23.8	50.2	1.0	
59	20.9	48.1	1/2	32.8	30.7	11.4
60	21.5	45.5		29.2	50.6	3.9
61	23.7	52.9		36.4	40.4	12.5
62	23.1	47.4		30.4	39.0	9.4
65	21.8	40.8		26.1	41.4	5.4
64	22.1	53.5		30.2	41.0	12.5
平均	22.2	49.0	30.9	39.2	9.8	
65	21.2	51.7	1	37.2	34.3	16.9
66	24.1	44.2		36.3	24.4	19.8
67	24.1	48.2		39.5	36.6	11.6
68	22.7	55.0		37.2	36.7	18.3
69	22.8	42.6		38.8	23.2	14.4
70	23.4	55.6		29.6	36.9	10.7
平均	23.1	49.5	36.3	32.9	10.2	
71	22.4	42.7	2	34.8	25.6	17.1
72	27.1	55.6		40.4	22.7	22.9
73	23.0	47.5		45.0	16.5	31.0
74	25.6	62.6		38.2	36.1	26.5
75	22.7	55.1		40.8	31.9	23.2
76	22.4	49.9		32.7	33.4	16.5
平均	23.5	52.2	39.3	27.7	24.5	
77	21.4	61.1	5	47.0	16.1	45.0
78	17.4	59.8		62.3	8.2	51.6
79	20.8	51.1		51.0	5.0	48.1
80	20.4	48.5		53.0	18.2	30.3
81	15.2	57.1		44.0	14.5	42.6
82	38.4	55.5		50.0	11.4	44.1
平均	22.3	51.5	50.7	11.9	43.6	
83	15.5	66.7	10	51.0	7.2	59.5
84	19.7	66.0		51.6	13.1	52.9
85	15.7	65.0		47.4	17.5	50.6
86	20.8	60.8		38.2	13.8	41.7
87	20.8	61.4		41.8	11.1	52.4
平均	18.4	63.5		47.0	11.1	52.4

第4表 頻度毎秒3回, 5分刺激

後の燐原質恢復狀況

實驗番号	對照筋		放置時間(分)	被檢筋		燐原質差
	ortho-燐酸塩	燐原質		ortho-燐酸塩	燐原質	
	mg %P	mg %P		mg %P	mg %P	
88	25.5	47.8	5	36.2	15.6	28.2
90	21.7	65.6		49.0	14.1	49.5
91	21.0	59.4		55.6	15.8	45.6
92	25.1	45.5		41.3	14.5	31.0
93	14.8	60.9		32.8	28.2	32.7
平均	21.6	55.4		43.0	18.0	37.4
94	21.2	45.7	10	43.4	10.7	35.0
95	19.1	54.3		43.4	15.7	38.6
96	23.5	54.3		51.6	13.3	40.5
97	18.8	65.5		45.0	27.7	37.8
98	18.8	46.8		30.0	23.1	23.7
平均	20.7	53.3		42.7	19.2	35.1
99	21.5	56.3	20	50.0	13.5	42.8
100	16.4	51.1		41.3	13.3	31.8
101	17.0	50.7		32.8	24.1	26.6
102	21.7	55.6		53.4	29.7	25.9
103	19.8	48.0		39.5	20.0	28.0
平均	19.3	52.3		39.4	21.3	31.0

放感應電撃を, 15, 30秒, 1, 2, 5, 10分の6種の刺激持續時間を以て與へ, 孰れも等張性攣縮を營ましめる條件下に燐原質の消費量を測定した。

次に攣縮中止後の燐原質の恢復に就ては毎秒3回の頻度で5分間刺激したる後, 5, 10, 20分の経過毎に前同様の方法により燐原質を

測定してその恢復狀況を觀察した。

**B. 實驗成績** 實驗は筋攣縮時の燐原質の消費と攣縮後の燐原質の恢復との2種に分れる。

それ等の成績を表示すると以下第1~第4表となる。

**III. 實驗成績に對する考案**

實驗成績を判り易くするため第1~第3表より燐原質消費量・時間曲線を求むれば第1圖になる。圖より判る事は先づ第一に刺激頻度の多少により燐原質の消費の仕方を異にする事である。即ち燐原質の消費量は刺激頻度毎秒1回の攣縮系列に於ては刺激時間2分以内に急速に増加し, その後は略々恒常となり, 頻度毎秒2回では前同様2分以内に急速に増加し, 2~10分の刺激時間ではその消費は極めて輕微になる。この事實は Sacks (14) 等が原位筋に就て觀察した結果と略々類似し, 刺激頻度小なれば筋短縮の力源を供給すると謂はるる無氣的反應は主としてその初期に於てのみ行はれ, 爾後の短縮に必要な勢力は他の機構によつて與へられる事を想定せしめる。然るに刺激頻度大きく毎秒3回になれば, 燐原質の消費量は刺激開始後15

秒までは極めて僅少であるが 30 秒後には刺激経過が長くなるに従ひ筋内の磷原質量が殆んど消費し盡されるまで略々直線的に増してゐた。この事は黒田 (10), 石川 (7) が一沃度醋酸中毒筋の短縮時の磷原質分解過程に就て行つた実験結果とよく一致し、又上小鶴 (8) が強縮時の乳酸成生過程に就て観察した結果とも一致し、刺激頻度大なれば無氣的反應に發生する勢力が主として短縮の力源に利用せられるものである事を示してゐる。即ちこの場合の化學過程は Sacks 説の唱ふところと異り、寧ろ Hill-Hartree 以來の見解を實證するものと謂へる。

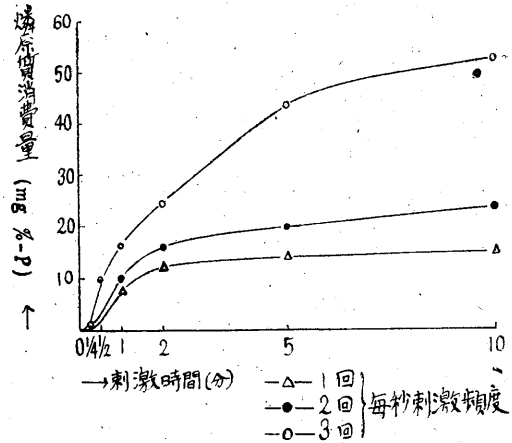
一方活動筋の ortho-磷酸鹽は孰れの場合に於ても磷原質の分解に伴つて増量するが、その増加率は刺激の初めに著しく刺激の持続が長くなるに従つて漸減する傾向を示した。

次に攣縮後の磷原質の恢復過程に就て觀れば、第 4 表の成績より第 2 圖が得られる。この圖より判る事は一定時間攣縮を營ましめたる筋の磷原質の恢復が極めて緩慢であることである。この事の意味は筋活動時の磷原質再合成機序がその分解に比し極めて輕微である事を示してゐる。

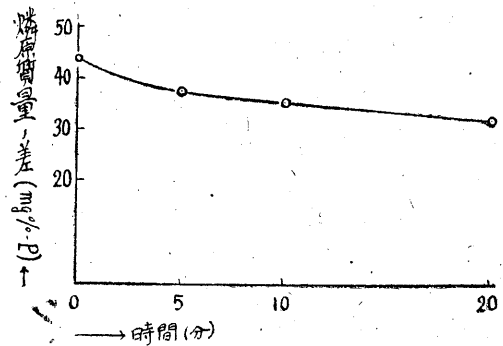
以上の如く筋活動時の磷原質分解過程は刺激頻度の多少によりその機序を異にし、頻度大なれば磷原質は殆んど消費し盡されるが、頻度少なく緩徐なる攣縮系列に於ては磷原質の分解は主としてその初期に於てのみ行はれ、爾後の攣縮は殆んどその分解を伴はずに行はれる。この事實は刺激生理學上甚だ興味ある問題である。因つて以下この機構に就て 1, 2 の考察を加へやう。

先づ Sacks (14, 15) 及 Bollman (3) 等は筋活動開始直後に於ては血流による酸素供給が不十分なため無氣的反應、即ち Adenosintriphosphorsäure, 磷原質及糖原質の分解が行はれるが、次で筋内血流量が大となり酸素供給が充分となれば、筋短縮に必要な勢力は直接酸化反應によつて供給せられ、無氣的反應を必要としないものと論斷してゐる。而もかかる血流量の時間的變化に就て Kramer (9) 等は運動開始後筋内血流量の最高に達するには約 1 分以上を要

第 1 圖



第 2 圖



すると報告してゐる。又 Mawson(13) 及 Grimlund(14) 等の業績から考へても、酸素供給の充分な状態では殆んど燐原質の分解を伴ふ事なくして緩徐なる筋攣縮を営み得る事が證明されてゐるから、酸化反應も亦筋短縮に必要な勢力を供給する過程と考へて差支へないように思はれる。然し剔出筋では筋活動に伴ひ時間的に酸素供給量が増すと考へられぬから、堀口(6)の主張した如く、刺激頻度の大小により本質的に異なる化學機序が起るのであつて、燐原質を殆んど消費しないかの如き化學過程が認められるのは、血流の有無従つて酸素供給の良否よりは筋活動が緩徐であるか否かによるものと考へねばならぬ。この事は種々なる短縮の仕方をなす筋の化學過程の究明に對し極めて重要な示唆を與へるものと云へやう。

#### IV. 摘 要

1. 藁より切り出した腓腸筋を用ひ、刺激の頻度と持續時間とを變へながら連續する等張性攣縮時の燐原質消費過程と攣縮後の恢復過程とを Eggleton・黒田の燐原質定量法により觀察した。

2. 刺激頻度の少ない緩徐なる攣縮系列での燐原質の消費量は刺激の初期に急速に増加し、一定経過を経て攣縮が平衡状態に達するとその消費は少くなり且つ略々恒常となるが、頻度大きく急激なる攣縮系列では刺激経過の進むに従ひ燐原質の消費量は益々多くなり、殆んど消費し盡されるまで略々直線的に増加する。この事は筋活動が緩徐であるか、急激であるかにより、筋内化學過程の機序に本質的な差違ある事を示すものとして注意される。

3. 筋攣縮時に於ける ortho-燐酸の量の増し方は刺激の初めに著しく刺激が長く續くに從つて次第に減少する。

4. 筋が一定回数攣縮した後の燐原質の恢復過程は極めて緩慢である。

擧筆するに臨み浦本教授の懇篤なる指導と校閲並に杉本助教授・名取講師の援助を深く感謝す。

#### 文 獻

- 1) 阿部祐吉 (2603) 日本生理學評論 2 155
- 2) Eggleton, G. P. & P. Eggleton (1929) J. Physiol. 68 193
- 3) Flock, E. V., D. J. Ingel & J. L. Bollman (1939) J. biol. chem. 129 99
- 4) Grimlund, K. (1936) Skand. Arch. Physiol. 73 109
- 5) Hill, A. V. & W. Hartree (1920) J. Physiol. 54 84
- 6) 堀口正史 (2604) 日本生理誌 9 291
- 7) 石川 勳 (2598-2600) 日本生理誌 3 363, 5 21
- 8) 上小鶴克己 (2602) 日本生理誌 6 535
- 9) Kramer, K. (1937) Ber. Ges. Biol., 96 660
- 10) 黒田林三郎 (2598) 日本生理誌 3 23, 33
- 11) Lohmann, K. (1934) Biochem. Z. 271 264
- 12) Lundsgaard, E. (1920) Biochem. Z. 217 162, 227 51
- 13) Mawson, C. A. (1932-1933) J. Physiol. 75 201, 78 295
- 14) Sacks, J., W. C. Sacks & J. R. Shaw (1937) Am. J. Physiol. 118 232
- 15) Sacks, J. (1938) Am. J. Physiol. 122 215

骨格筋に於ける燐原質の研究 (8) 612.744.24

臺烏喙橈筋の燐原質に就て

(文部省科學研究費による研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

阿 部 祐 吉

Abe-Yukiti

(昭和18年9月23日受付)

I. 緒 言

この報告は緊張筋である臺烏喙橈筋に就き、色々の實驗條件下にその燐原質の消費關係を Eggleton・黒田法(2) により測定した實驗である。

實驗の目的は凡そ次の諸點に置かれてゐた。

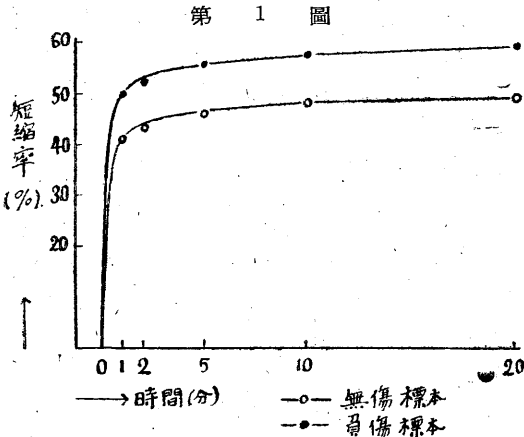
第一に從來吾々の教室では綜合的觀點より筋機構に就て色々の實驗を重ねてゐるが、その一環として緊張筋と非緊張筋に就ての研究を進めつつあり、その基礎的研究の1つは兩種の筋に於ける化學過程の異同を知ることである。この研究はそれに應へる實驗の1つである。第二は筋の化學過程は等しく筋の短縮と云つてもその短縮の仕方は特殊的なもので決して一樣ではない。中でも筋緊張の如き持続性短縮と等張性攣縮時の化學過程の異同を明らかにすることは基礎的事實として是非必要である。この研究はそれに應へる實驗の1つである。第三にこの實驗は筋燐原質の研究の標題のもとに是迄吾々が發表した一連の實驗の展開であることは勿論であるが、當に燐原質代謝の研究と謂はず糖原質代謝の研究も特異性筋隆起の研究も亦其他の筋物理的研究も吾々の教室での研究は孰れも究極するところ筋の全態的機構の究明に歸結されるのである。この綜合的觀點からの研究は研究が分化すればする程要請されて來る。従つてこの研究の目標は單にこの實驗の範圍に限局するのではなく、同じ筋に就ての糖原質代謝に関する朝井の實驗(3)と、また乳酸に就ての堀口の實驗(4)と相提携し、それ等の實驗結果を綜合して筋機構に就てのより高き知見を獲得せんとしたのであつた。

實驗は昭和17年11月より昭和18年2月迄の間に行つた。

II. 實 驗 方 法

元來烏喙橈筋は緊張筋と見做されその遠心端の腱を切斷すると直に短縮し、更にその起始部である胸骨より剝離すればその負傷刺激の結果強度の持続性短縮を引き起す筋である。斯かる持続性短縮の状態と靜常時或は刺激時の短縮に於て如何なる新陳代謝を營むかは極めて興味あり又重要な課題である。實驗は先づその縮み方の觀察から始めた。

實驗動物たる蓋は概ね體重 250g 前後の雄を撰び、豫め一晝夜 4°C 前後の冷蔵庫中に圍ひ極めて安靜な状態に保つた後、兩側の烏喙橈筋を剔出し、必要に應じてはその神經筋標本を作り、一側の筋は諸實驗をじ通ての對照實驗として直に磷原質の靜止價を求め、他側の筋は色々



第1表 無傷標本

筋長條件	實驗番号	對照筋		時間經過(分)	被檢筋		磷原質量差
		ortho-磷酸塩 mg %P	磷原質 mg %P		ortho-磷酸塩 mg %P	磷原質 mg %P	
短縮状態	1	27.0	40.3	2	20.9	33.0	2.3
	2	23.0	45.0		20.5	47.3	-2.3
	3	24.9	44.0		23.5	42.5	1.5
	4	23.4	41.0		19.8	40.6	0.4
	5	23.6	46.6		25.5	41.8	-1.2
	平均	24.4	42.2	21.8	42.0	0.2	
原長状態	11	20.3	40.9	20	12.0	38.5	2.4
	12	27.0	50.8		24.7	46.9	3.9
	13	25.9	45.0		23.0	47.7	-2.7
	14	31.6	46.1		24.5	43.4	2.7
	15	16.6	40.0		15.0	41.3	-1.3
	平均	24.3	44.6	20.6	43.6	1.0	
原長状態	16	30.4	47.5	2	13.8	45.6	1.9
	17	25.0	44.1		20.3	43.9	0.2
	18	22.3	44.6		22.6	49.4	-4.8
	19	28.0	46.6		23.3	50.5	-4.3
	20	27.0	43.2		20.8	41.7	1.5
	平均	26.5	45.2	21.5	46.3	-1.1	
20%伸張状態	26	24.9	43.3	20	23.4	43.6	4.7
	27	28.2	42.6		19.4	41.3	1.3
	28	21.7	46.7		20.1	45.6	1.1
	29	16.9	47.7		16.8	49.0	-1.3
	30	16.7	40.0		27.1	40.2	-0.2
	平均	21.7	45.0	21.2	43.9	1.1	
20%伸張状態	31	21.0	46.3	2	21.7	45.9	0.4
	32	15.0	45.6		14.2	46.6	5.0
	33	25.1	50.2		25.8	48.9	1.5
	34	26.9	45.2		22.8	45.4	-0.2
	35	26.1	48.7		22.9	46.9	0.8
	平均	21.4	48.0	21.5	46.7	1.5	
20%伸張状態	41	29.2	50.8	20	23.4	50.9	-0.1
	42	23.0	50.5		22.6	46.0	4.5
	43	19.4	41.9		19.0	38.2	3.7
	44	23.1	43.2		20.7	44.4	-1.2
	45	30.3	44.3		23.5	44.2	0.6
	平均	26.1	46.2	22.8	44.7	1.5	

の實驗條件下に被檢筋として用ひた。それ等の實驗條件及び實驗操作上特記すべき事項は以下實驗成績の條下に記載する。尙磷原質定量法は余の前報告(2)と同じである。

### III. 實驗成績

實驗の 1. 緒言に述べた如く烏喙橈筋は緊張筋であるから切り出すと切り出し方により縮み方が多少違ってくる。縮むためにはそれだけの仕事に対する勢力が必要である筈であり、従つて縮み方により筋内の化學過程が違ってくる筈である。そこでこの實驗は準備實驗として先づその縮み方を調べた。頸椎切斷後脊位にして胸骨部の皮膚を切開しそのままの状態での烏喙橈筋の長さを測つてこれを筋原長とし、次で一側の筋は胸骨と共に無傷のままに切り出し(以下これを無傷標本とす)、他側は切り出してから胸骨より剝離し(以下これを負傷標本とす)、共に 12°C の Ringer 液中に放置し、1, 2, 5, 10, 20 分の時間經過でそれらの筋長の變化を測り、原長に對する短縮率を求めた。その成績は各 3 例の平均値をとり、短縮率・時間曲線を描くと第 1 圖となつた。

實驗の 2. 無傷標本を材料とし、(1) はそのままの短縮状態で、(2) は縮まぬよう原長に固定し、(3) は逆に原長の 20% だけ引き伸した状態に固定し、孰れも

12°C の Ringer 液中に放置して 2, 5, 20 分毎に磷原質量を測定し, 他側の對照筋の磷原質静止價と比較した。

實驗の結果は以上の3つの筋長條件で磷原質量には餘り差違を認め得なかつた。よつて5分の中間経過を除き, 2分と20分の経過に於ける夫々の磷原質量並に ortho-磷酸鹽量を示せば第1表になる。

實驗の 3. この實驗は負傷標本を用ひて實驗の 2 と略々類似の實驗を行つたものである。實驗の 2 と異なる點は筋長條件を實驗の 2 では(3)の筋長條件として原長の 20%だけ引き伸した状態を観察したが, この實驗では逆に原長の 30%だけ短縮せしめた状態で觀察したことである。負傷標本ではそのままにして置くと原長の 50%位縮むため 30%だけしか縮まぬ状態に固定する操作は簡単に出来る。

實驗の結果を實驗 2 と同様に對照筋の成績と併記してみると第 2~第 4 表になる。この結果は實驗の 2 の結果とは相當に違つたものになつた。

第 2 表 負傷標本(短縮状態)

實驗番号	對照筋		時間経過(分)	被檢筋		磷原質消費量 mg %P
	ortho-磷酸塩	磷原質		ortho-磷酸塩	磷原質	
	mg %P	mg %P		mg %P	mg %P	
46	25.6	47.5	2	26.5	24.3	23.2
47	22.5	52.9		25.0	31.4	21.5
48	22.5	45.5		13.2	27.3	18.2
49	20.4	47.5		24.0	31.3	16.2
50	18.9	45.1		24.8	19.6	25.5
51	20.9	43.4		24.3	22.1	21.3
平均	21.8	47.0		23.0	26.0	21.0
52	22.3	52.9	5	26.3	23.7	29.2
53	23.3	50.0		22.9	26.3	23.7
54	23.5	47.2		31.6	20.7	26.5
55	23.1	53.6		32.8	20.0	33.6
56	23.9	43.5		26.9	22.3	26.2
57	25.2	43.3		30.0	16.5	26.8
平均	24.4	49.3		28.4	21.6	27.7
58	21.3	43.5	10	27.1	20.0	23.5
59	22.7	48.4		32.5	15.9	32.5
60	21.9	51.8		33.8	16.1	35.7
61	20.7	51.1		26.4	24.9	26.2
62	18.5	40.9		25.6	15.7	22.2
63	23.9	48.0		22.9	20.1	27.9
平均	22.7	47.3		28.2	18.8	28.5
64	24.5	46.6	20	34.0	14.9	31.7
65	22.6	50.2		34.6	18.6	31.6
66	23.2	46.4		32.9	10.6	35.4
67	24.8	44.9		30.7	9.5	35.4
68	23.9	42.1		26.0	15.1	27.0
69	20.7	40.0		32.8	12.4	27.6
平均	23.3	45.0		31.8	13.5	31.5

第 3 表 負傷標本(原長状態)

實驗番号	對照筋		時間経過(分)	被檢筋		磷原質消費量 mg %P
	ortho-磷酸塩	磷原質		ortho-磷酸塩	磷原質	
	mg %P	mg %P		mg %P	mg %P	
70	25.0	41.1	2	30.6	25.9	15.2
71	21.5	45.7		21.4	24.4	21.3
72	23.0	50.9		29.0	29.1	21.8
73	26.5	41.3		29.4	25.8	14.5
74	25.5	44.5		25.9	27.6	16.9
平均	24.3	44.7			28.1	26.8
75	24.5	40.0	5	33.4	21.6	10.4
76	24.1	51.0		12.2	18.7	32.3
77	29.9	50.5		33.4	21.5	29.2
78	20.5	44.5		31.7	18.7	25.8
79	25.9	48.8		22.1	32.4	16.4
平均	25.0	46.9			26.6	22.5
80	23.1	50.2	20	35.9	20.6	25.0
81	25.9	42.9		25.9	14.8	23.1
82	17.2	40.8		27.4	18.0	22.3
83	17.4	16.5		20.9	18.1	23.4
84	27.7	44.8		26.6	20.3	24.5
平均	22.2	45.0			28.1	19.4

第 4 表 負傷標本(30%短縮状態)

實驗番号	對照筋		時間経過(分)	被檢筋		磷原質消費量 mg %P
	ortho-磷酸塩	磷原質		ortho-磷酸塩	磷原質	
	mg %P	mg %P		mg %P	mg %P	
85	26.1	42.2	2	16.3	26.9	21.3
86	25.1	48.5		25.2	25.4	23.4
87	25.3	44.0		30.8	23.8	20.2
88	27.8	40.0		23.0	28.3	17.7
89	31.6	44.1		23.0	21.2	16.5
90	24.6	43.5		18.5	20.7	23.2
平均	27.3	44.8		22.8	25.0	19.8
91	24.2	51.5	5	32.1	24.7	26.8
92	24.0	50.2		26.3	25.7	24.5
93	25.7	45.7		25.7	26.5	19.2
94	23.6	45.3		30.1	20.9	24.4
95	25.1	51.0		34.3	15.3	35.7
96	24.5	49.6		24.5	25.3	24.3
平均	24.5	48.9		30.0	23.1	25.8
97	26.0	48.4	20	34.3	16.7	31.7
98	24.0	42.9		21.2	17.3	20.5
99	30.3	45.7		19.5	22.6	23.1
100	25.2	51.2		35.5	16.9	34.3
101	26.5	42.4		35.4	13.1	29.3
102	22.3	40.2		27.0	20.9	15.3
平均	26.6	45.1		28.6	17.2	27.5

第5表 攣縮(刺激頻度毎秒1回)

實驗番号	對照筋		刺激時間(分)	被檢筋		燐原質消費量
	ortho-燐酸鹽	燐原質		ortho-燐酸鹽	燐原質	
	mg % -P	mg % -P		mg % -P	mg % -P	
108	20.7	51.3	1	27.1	57.4	17.9
104	21.5	52.2		29.0	41.7	10.5
105	20.8	47.5		27.6	36.7	10.6
106	23.5	44.0		32.2	33.4	11.2
107	20.0	48.7		25.7	35.1	9.6
平均	21.3	48.8		29.1	50.8	12.0
108	22.8	49.9	2	31.3	29.4	20.5
109	19.8	51.1		27.1	35.8	15.5
110	20.5	42.3		31.0	31.7	10.6
111	20.4	52.6		30.8	37.3	15.3
112	17.4	50.0		27.2	51.7	18.3
平均	21.2	49.2		29.5	38.2	16.0
113	23.4	50.3	5	36.4	51.8	18.5
114	16.0	55.3		27.1	37.8	17.5
115	22.1	51.4		32.4	50.6	20.9
116	21.2	54.2		27.0	37.2	17.0
117	23.5	50.3		34.3	54.7	15.6
平均	21.5	52.3		31.2	34.4	17.9
118	23.2	47.8	10	39.8	26.5	21.3
119	18.4	60.0		29.9	39.7	21.3
120	24.8	41.6		33.4	18.7	23.1
121	18.5	57.5		33.4	31.4	25.7
122	20.6	48.7		33.6	25.1	23.6
平均	21.1	51.1		34.0	28.1	23.0

第6表 攣縮(刺激頻度毎秒2回)

實驗番号	對照筋		刺激時間(分)	被檢筋		燐原質消費量
	ortho-燐酸鹽	燐原質		ortho-燐酸鹽	燐原質	
	mg % -P	mg % -P		mg % -P	mg % -P	
123	22.3	48.9	1/4	27.4	41.1	7.8
124	24.3	44.9		31.0	37.1	7.8
125	23.1	49.0		25.5	42.0	7.0
126	24.3	42.9		28.3	40.8	2.1
127	22.6	52.6		23.6	48.3	4.3
平均	23.5	47.6		27.2	41.8	5.8
128	24.8	52.0	1/2	35.1	35.6	16.6
129	22.6	49.2		26.5	41.1	8.1
130	23.6	47.1		31.7	32.0	15.1
131	25.5	45.1		36.1	29.1	17.0
132	22.7	50.1		33.2	35.6	14.5
平均	23.9	48.7		32.5	34.5	14.2
133	22.5	47.0	1	32.0	51.6	15.4
134	22.1	55.7		29.5	40.6	15.1
135	22.4	43.6		35.2	24.1	19.5
136	25.0	52.1		37.7	50.6	21.6
137	24.6	48.1		34.3	33.8	14.3
平均	23.2	49.5		33.9	32.1	17.2
138	23.6	50.7	2	35.6	29.9	20.8
139	24.8	50.8		33.4	23.2	27.6
140	21.7	51.6		31.7	30.0	21.8
141	20.1	47.1		58.6	29.3	18.3
142	21.7	52.6		54.7	30.8	21.8
平均	22.4	50.6		34.8	28.5	22.1
143	21.7	51.1	5	30.7	27.1	24.0
144	21.0	47.0		43.4	16.6	30.4
145	20.9	47.6		43.4	9.7	37.9
146	23.9	51.7		35.3	24.4	27.3
147	24.6	63.0		39.2	28.0	25.0
平均	22.4	50.1		39.2	21.2	29.0
148	22.1	50.0	10	48.2	15.2	34.8
149	24.1	50.0		45.4	14.8	35.2
150	24.8	51.1		56.6	9.7	41.4
151	24.1	54.3		48.0	15.1	39.2
152	25.4	53.4		37.7	23.1	30.3
平均	24.1	51.8		47.2	15.8	36.0

實驗の4. この實驗は腓腸筋を材料として行つた余の前報告の實驗(2)と殆んど全く同じ條件を以て行つたものである。標本には無傷の烏喙鎖骨神經烏喙燒筋標本を用ひた。實驗は筋に5gの負荷を加へ、刺激頻度毎秒1回又は2回、刺激時間15, 30秒, 1, 2, 5,

10分の6種の實驗條件下に神經より間接に開放感應電擊を與へて等張性攣縮を營ましめ、各々の條件下の燐原質消費量を觀察した。

實驗の結果は第5, 第6表に示す如くである。

實驗の5. この實驗は以上4までの實驗に對する1つの對照的實驗となるものである。實驗は非緊張筋である縫匠筋を用ひ、中央部で横斷した負傷状態での燐原質の消費量を實驗3の(1)と同じ方法により觀察したのである。實驗は各4例であるが、燐原質の平均消費量は切斷後2分に於て20.3mg%-P, 5分では23.6mg%-P, 20分では25.0mg%-Pであつた。尙ortho-燐酸鹽の量は對照筋の靜止價に比し殆んどその増加を認めなかつた。

IV. 實驗成績に對する考案

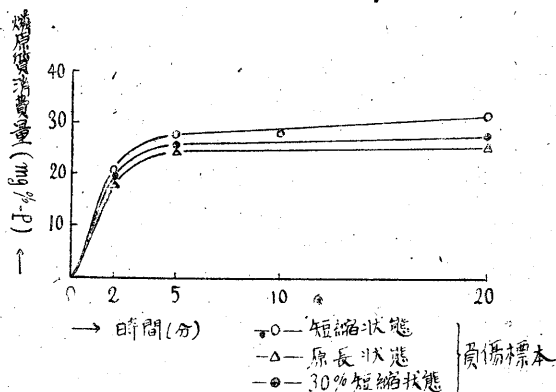
實驗の1の成績より烏喙燒筋は無傷のまま別出しても或は之に負傷刺激を與へても著明に短縮することが判る。即ちその短縮率は1分以内に略々極大に達し、無傷標本では41%, 負傷標本では約50%であつた(第1圖)。一方別出後5分間 Ringer 液中に放置し上記の如く短縮狀

態にある筋を原長に引き伸すための最小負荷重量を求めてみると、無傷標本では15~20g、負傷標本では150~200gであつた。

實驗の2の成績は無傷標本では剔出後短縮状態にあつても、また縮まぬように原長に固定し、或は原長の20%だけ引き伸した状態に於てもその磷原質量が對照筋の靜止價と殆んど變らないことを示した。即ち無傷標本の磷原質量は孰れの場合に於ても20分後に僅か、1.0~1.5mg %Pの減少がみられるのみであつた(第1表)。一方朝井(3)並に堀口(4)によれば、糖原質の消費及乳酸産生も殆んど認められぬと云ふ。してみると鳥喙橈筋は剔出後相當に短縮するが、その短縮には殆んど化學變化の關與しない事が判る。而もその短縮は外力により容易に解消せしめ得るのであるから最も單純にして經濟的な短縮であることが明らかである。即ち鳥喙橈筋は原位に於て既に或程度引き伸された状態になつてをり、臑部を切り離すと短縮して安定な状態に移るとも考へられる。但しその短縮の仕方は第1圖に示す如く負荷で引き伸された筋が縮む速度よりも遙かに緩慢であるから、何等かの内部條件の變化が起つてゐる筈であり、従つてそれに即應する化學變化が行はれるわけであるが、化學過程を殆んど伴はない點に於て特異性筋隆起時の短縮の仕方とよく似てゐることが留意される。

實驗の3の負傷標本に就ての成績を判り易くするため第2~第4表より磷原質消費量・時間曲線を求めると第2圖になる。圖より明らかな如く負傷刺激により持続性短縮を起してゐる状態、また縮まぬように原長に固定し、或は原長の30%だけ短縮した状態での磷原質の消費量は負傷刺激後2分以内に急速に増加し、その後は漸次増し方を減じて5~20分では略々恒常にな

第2圖



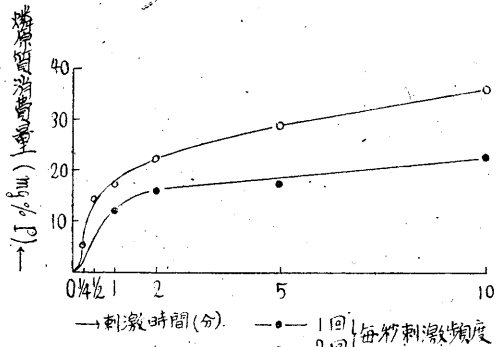
る。即ち負傷部があると強縮時の如く勢力消費の大なる短縮過程が起ることが判る。然し強縮時と異なる點は強縮時では磷原質の分解に伴ひ必ず ortho-磷酸鹽の増加を來たすが、負傷刺激による持続性短縮に於ては殆んど ortho-磷酸鹽の増加が認められない事である。即ち筋の化學過程がその短縮様式によつて機序を異にするものである事が判る。一方特異性筋隆起でも磷原質の消費に伴ふ ortho-磷酸鹽の増加が認められなかつた(1)。従つてこれ等の事柄は持続性短縮時の化學過程の特徴を示すもののやうに考へられる。

尙負傷によつて上述の如き化學變化を伴ふ持続性短縮が起る理由は明らかではないが、負傷刺激により短縮状態にある筋を原長に引き伸すためには無傷標本に較べ約10倍量の負荷を必要とするから、張力發生の仕方が無傷標本と負傷標本とでは著しく異なることが判る。即ち筋短縮

時の化學過程は外形的な短縮率にはそれ程關係なく内部的に働いてゐる張力の在り方に關係してゐることが注意されねばならぬ。

尙實驗5の縫匠筋の負傷標本に就ての成績も亦上述の事柄を裏付けてゐる。

第 3 圖



實驗の4の攣縮時に於ける磷原質の消費過程に就ての成績は殆んど全く腓腸筋に就ての余の前報告(2)と同じ結果であつた。また同じ關係が ortho-磷酸鹽に就ても認められた。即ちそれ等の成績を圖示せる第3圖より明らかな如く磷原質の消費量は刺激開始後2分以内に急速に増加し、その後の消費は極めて輕微である。ortho-磷酸鹽の増し方は刺激の初めに著しく、刺激時間の長くなるに従つて漸次減少する。但し磷原質消費量の絶對値は烏喙橈筋に於て腓腸筋よりも稍々多いことが注意される。

## V. 摘 要

1. 臺の烏喙橈筋を材料とし、先づその無傷標本及負傷標本の別出後の縮み方を觀察し、次でそれ等の標本の無傷状態、負傷状態及攣縮状態の磷原質の消費關係を觀察した。
2. 烏喙橈筋は無傷のまま別出し、或は之に負傷刺激を與へることにより著明に短縮する。その短縮率は1分以内に略々極大に達し、無傷標本では41%、負傷標本では約50%であつた。
3. 烏喙橈筋の磷原質靜止價は腓腸筋に比し稍少く42.2~52.3mg-Pであり、ortho-磷酸鹽は21.1~27.3mg%-Pの間にあつた。
4. 無傷のまま別出した烏喙橈筋の磷原質量は別出後短縮状態にあつても、また縮まぬように原長に固定し或は原長の20%だけ引き伸した状態に於ても、對照筋の夫れに比し殆んど變化をきたさなかつた。
5. 烏喙橈筋に負傷刺激を與へて持續性短縮を起さしめ、また縮まぬように原長に固定し或は原長の30%だけ短縮した状態での磷原質消費量は2分以内に急速に増加し、その後は漸次増し方を減じて5~20分では略々恒常になる。ortho-磷酸鹽の量は殆んど増加しない。以上の關係はまた縫匠筋に於ても認められた。
6. 刺激頻度毎秒1回又は2回の攣縮系列に於ける磷原質の消費量は刺激開始後2分以内に急速に増加し、その後の消費は極めて輕微である。ortho-磷酸鹽の増し方は刺激の初めに著しく、刺激時間の長くなるに従ひ漸減する。
7. 以上より筋短縮時の化學過程は外形的な短縮率とはそれ程關係なく、内部的に働いてゐる張力の發生の仕方に關係し、また筋の短縮様式によつてその機序を異にする事が判る。この

事は筋機構の究明に對し重要なる示唆を與へるものと思はれる。

擧筆するに臨み浦本教授の懇懇なる指導と校閲並に杉本助教授・名取講師の援助を深謝す。

文 獻

- 1) 阿部祐吉 (2603) 日本生理誌 8 36
- 2) 阿部祐吉 (2604) 日本生理誌 9 300
- 3) 朝井 清 (2604) 日本生理誌 9
- 4) 堀口正史 (2604) 日本生理誌 9 296

## 低酸素空氣吸入時に於ける人體肺胞空氣

並びに呼吸狀態に就て 612.223.1

### (人體肺胞空氣の研究 II)

京都帝國大學醫學部生理學教室

吉 村 正 太

Yoshimura-Masata

(昭和18年10月2日受付)

#### I. 緒 言

人體が低酸素空氣を吸入するときは、吸入氣の酸素分壓の低下に伴ひて肺胞空氣の酸素張力が低下することは當然であるが、此兩者の比は常に一定ではなく、酸素缺乏に伴ひて呼吸が促進して肺の換氣を増すから、此比の値も亦之れに伴ひて變化することが豫想せらる。Haldane & Priestley (4) が初めて人體肺胞空氣採取法を報告せし論文に於て、Haldane 自體に就て再呼吸法によりて吸入氣の  $O_2$  が 80.24% より 6.23% まで低下する間の種々の時期に其吸入氣並びに肺胞空氣を採取して其組成を報告してゐるが、同氏等は肺胞空氣の  $O_2$  % の變化に對して特別の説明を加へず、其  $CO_2$  % に就て、吸入氣の  $O_2$  約 13% 迄は一定に保たるとも、それ以下にては呼吸促進の爲に之れが低下することを、 $CO_2$  による呼吸調節説の根據の1つとして強調してゐる。今其肺胞空氣及び吸入氣の  $O_2$  % を各其  $O_2$  分壓に換算して、前者を後者に對し圖上に描點するときは、一の曲率甚だ緩なる曲線を得、肺胞空氣の  $O_2$  張力の低下率は吸入氣の  $O_2$  分壓の低下に従ひて漸次減少することを見る。然れども元來此研究は上記の如く肺胞空氣の  $CO_2$  % の研究を主眼とせしものであつて、各採取時の吸入氣の  $O_2$  % の分布一樣ならず、肺胞空氣の  $O_2$  % の測定値は滑かなる曲線より著しく偏倚するものありて、之れによりて確實なる斷定を下し難い。其後 Lutz & Schneider (6) は低壓室實驗に於て、氣壓 760~352 mm (高度 0~20000 呎) の間に於て多數の被験者に就て測定せし肺胞空氣の組成を報告し、更に Schneider & Clarke (7) は飛行機によりて 15000 呎迄上昇し、其間の種々の高さに於て 4 名の搭乗者に就て肺胞空氣を採取して其組成を報告してゐる。又 Barcroft は各地の高山上にて行はれたる肺胞空氣の分析値を蒐集し、各高度に於ける其平均値を高度に對して描點したる圖を其著書 (1) 中に掲載してゐる。本邦にては當教室の藤本 (2) は同一被験者に就て  $O_2$  含有量 16.73~5.86% の間の種々の低酸素空氣吸入 3~6 分後の肺胞空氣の組成を報告してゐる。又最近吉村玄三 (9) は低壓室實驗 (16 例) 並びに飛行機上昇實驗 (9 例) に於て、高度 5km に至る迄の各 km ごとに其肺胞空氣を採取して其組成の平均値を報告してゐる。

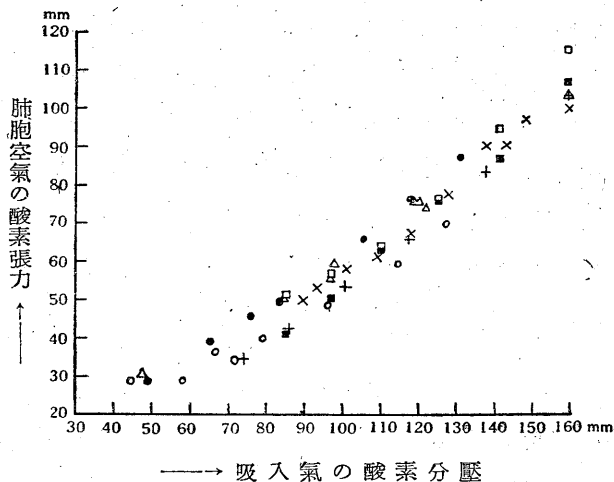
上記各種の報告に於て、其  $O_2$  缺乏の條件は、或は吸入氣の  $O_2$  %を以て示され、或は氣壓又は高度を以て與へられて一樣でないから、比較の便宜上すべて之れを標準大氣に於て其  $O_2$  を 20.95 %とした時の吸入氣の  $O_2$  分壓 (空氣中に含まるゝ水蒸氣の分壓を無視する) に換算して同一圖上に描記するときは第 1 圖を得、(Barcroft の曲線は其數値が掲載せられてゐぬから此圖には省略する) 各報告者

は各多少其曲線の位置及び傾斜を異にするも、大體に於て同一性状の曲線を示してゐる。然し乍ら個々の測定點は必ずしも正しく一曲線上に位置せず、可なり之れより偏倚せるものもある。此測定誤差の主因は肺胞空氣採取の方法にありと考へらる。即ち此等の實驗に於て、肺胞空氣の採取はすべて Haldane-Priestley 法又は其變法によつたものであるから、各回の採取毎に呼吸状態は深呼出の爲に

攪亂せらるゝのみならず、低壓室實驗、飛行機上昇實驗又は再呼吸法實驗に於て、氣壓又は吸入氣の  $O_2$  分壓の低下速度が急なる時は、採取時の肺胞空氣は未だ其條件に對する平衡状態に達せざる爲に若干の誤差を生ずる恐れがある。上記 Haldane、藤本等の成績に見る如く、同一被験者に就て行ひたる實驗に於て往々肺胞空氣の  $O_2$  が吸入氣の  $O_2$  %の低下に逆行する値を示せるは此爲なりと考へらる。Schneider、吉村等の成績を見るに、低壓室實驗の測定値(平均値)は略滑かなる曲線をなせど、飛行機上昇實驗の測定値(平均値)は往々著しく平滑なる曲線より偏倚せるものあるを見る。又吉村の成績に於て、同一高度に對する上昇時の値は常に下降時の値よりも高いが、これは上昇又は下降の速度大にして各採取時に肺胞空氣は未だ其高度に對する平衡状態に達せざるが爲なりと考へ、第 1 圖には此兩者の値の平均値を描記した。

著者は前報告(10)に記述したる人體肺胞空氣自動採取裝置を使用して此問題を再檢した。此裝置を用ゆるときは、深呼出によりて呼吸状態を攪亂することが無いから、同一被験者に就いて低酸素空気を吸入するときに連續呼出する肺胞空氣を反復採取して、其平衡状態に達せし時期を確かめ、此状態に於ける肺胞空氣の組成と吸入氣の  $O_2$  分壓との關係を求め、併せて之れに伴ふ呼吸状態並びにガス交換状態を研究したから、茲に其成績を報告する。

第 1 圖



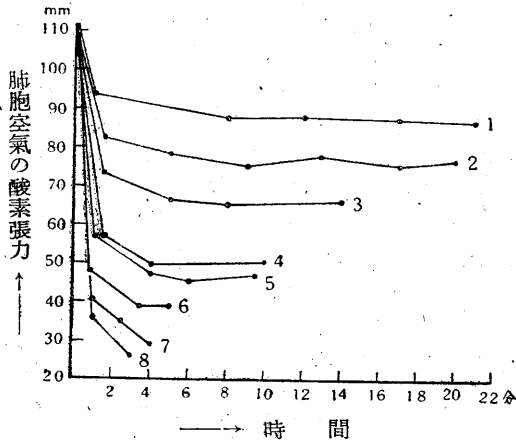
△ Haldane 等, + Schneider 等(低壓室), × 同(飛行機),  
○ 藤本, ■ 吉村(低壓室), □ 吉村(飛行機), ● 著者.

## II. 實驗方法

被験者は 39 歳の健康なる男子にして、當教室に於て種々の呼吸實驗の被験者としてよく實

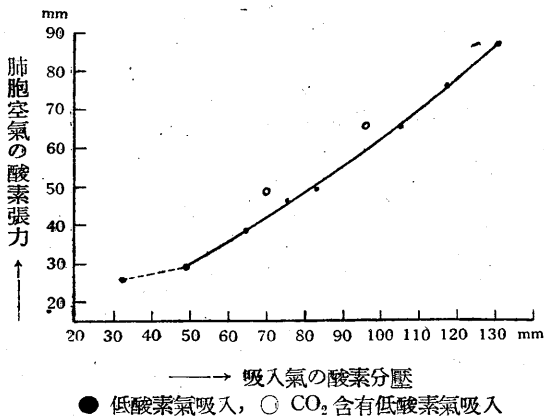
験に慣れたる者である。先づ被験者を椅子に静坐せしめ、20~30分を経て身體諸状態が安定し  
 たる後、豫め準備調製せし一定の低酸素空氣を吸入せしむる。此吸入氣は教室にて作製せし容  
 量約900lのゴム引絹布製氣囊中に容れて使用する。呼吸装置は前報告(10)に記述せし著者考案  
 の人體肺胞空氣自動採取装置を使用して、時間を追ひて肺胞空氣を採取する。此装置の吸入管  
 (前報告第2圖I')に三方活栓を介して上記の吸氣囊を連結し、初め外氣を吸入せしめたる後、  
 所望の時期に三方活栓を廻轉して氣囊内の低酸素空氣を吸入せしむる。又該装置の呼出管(同  
 圖E')に三方活栓を介して採氣囊を連結し、藤本(2, 3)の記載せし當教室常用の方法によりて  
 呼氣を採取し、呼吸の諸因子を測定する。實驗成績として記載せる値は、換氣量(呼吸分時量)  
 は體温に於て水蒸氣飽和状態に換算せし値であり、 $O_2$  吸収量及び  $CO_2$  排出量は乾燥標準状態  
 に換算せし値である。航空醫學上の利用に便する爲に、吸入せる低酸素空氣の  $O_2$  分壓と共に  
 標準大氣の相當高度を記載する。

第 2 圖



吸入氣の酸素分壓：(1) 130.9mm, (2) 117.5mm, (3) 105.2mm,  
 (4) 83.3mm, (5) 75.5mm, (6) 64.8mm, (7) 48.8mm, (8) 32.3mm.

第 3 圖



● 低酸素氣吸入, ○  $CO_2$  含有低酸素氣吸入

### III. 實驗成績及び其考察

實驗に用ゐたる低酸素空氣は、 $O_2$  17.24% (分壓130.9mm, 相當高度1.62 km) より 4.25% (分壓 32.3mm, 相當高度 11.62km) に至る間の 8 種である。其成績を別表の實驗記録に示す。

此表に就て各實驗に於ける肺胞空氣の  $O_2$  張力の經過を見るに、其値は低酸素空氣の吸入によりて初めの數分内に急に低下するも、4~5分以後の値は第2圖に示す如く、吸入持續時間の長短に關せず略一定である。即ち肺胞空氣の  $O_2$  張力は低酸素空氣吸入 4~5分にて平衡に達する。肺胞空氣の  $CO_2$  張力の低下は更に速かにして、吸入開始後 1~1.5 分にて既に略一定値に低下するも、其後にも若干の動搖を示し、殊に高度の低酸素空氣(實驗第4, 5, 6等)にては、一度略平衡値に達したる後更に再度の低下を示す。故に肺胞空氣の  $CO_2$  張力は  $O_2$  張力の如く一定の平衡値を擧ぐることを得ぬ。其所

以は既に Haldane によりて推定せられたる如く、血液の酸素缺乏によりて呼吸促進を生じ、爲に二次的に血液の  $\text{CO}_2$  を呼出して其量を減ずるによるものと考へらるる。

今上記の如く一定の低酸素空氣の吸入に對して平衡に達したときの肺胞空氣の  $\text{O}_2$  張力を其吸入氣の  $\text{O}_2$  分壓に對して描點するときは、第3圖に示す如く、吸入氣の  $\text{O}_2$  分壓 48.8mm 相當高度 8.93km に至る迄は滑かなる一の曲線を示す。而して其最低點 (肺胞空氣の  $\text{O}_2$  張力 28.8mm) は當該低酸素空氣 ( $\text{O}_2$  分壓 48.8mm) 吸入開始後4分にて得たる値にして、此時に被験者の意識溷濁が始まりて實驗の繼續不可能となりしを以て、此時の測定は1回のみなれど、其點がよく曲線上にあることによりて此時の肺胞空氣は既に吸入氣に對して平衡せるものと認めらるる。

然るに  $\text{O}_2$  分壓 32.3mm (相當高度 11.62km) の極低酸素空氣吸入の場合には、吸入3分間にて意識を失ひて實驗の繼續不可能となつた。其限界時の肺胞空氣の  $\text{O}_2$  張力は 26.0mm にして、此點は上記曲線の延長線よりも上方に偏倚する。故に此場合には其肺胞空氣は未だ吸入氣に對して平衡に達するに至らざる間に既に危險域に入りたることを知る。而して此等の意識障礙を發したる2回の實驗に於て、其時の肺胞空氣の  $\text{CO}_2$  張力は共に約 20 mm なることを認めた。

別表の實驗記録に示す如く、實驗第3及び第4に於て低酸素空氣吸入10分後又はそれ以上を經過したる後、低酸素空氣に若干の  $\text{CO}_2$  (分壓約 20mm) を加へたるものを吸入せしめたるに、其肺胞空氣の  $\text{CO}_2$  張力が若干上昇する (但し未だ正常値に回復せぬ) と共に其  $\text{O}_2$  張力も亦若干の上昇を見る。其實験に於て後の吸入氣の  $\text{O}_2$  分壓が前の吸入氣よりも低かりし爲に、表に於ては肺胞空氣の  $\text{O}_2$  張力の上昇は一見明かでないが、之れを第2圖上に描點するときは其上昇明瞭である。

上記肺胞空氣の測定と同時に行ひたる他の呼吸因子の變化に就て2,3の注意すべき事實を下に記述する。

低壓又は低酸素空氣吸入時に、其  $\text{O}_2$  缺乏の度が或る程度以上に強きときは呼吸換氣量の増大することは Haldane 以來總ての研究結果の一致する所であるが、それが主として呼吸の深さの増大によつて行はるゝが、呼吸數の増加も亦之れに顯著に加はるかば個々の場合に於て異なる。多くの實驗報告には前者の場合が多い。藤本(3)の報告は其著明なる1例である。然るに本實驗例に於ては、吸入氣の  $\text{O}_2$  約 15.5% (別表實驗第2) 迄は呼吸數及び深さ共に一定の變化を示さぬが、吸入氣の  $\text{O}_2$  約 14% (別表實驗第3) に至りて僅小なる呼吸の深さの減少と著明なる呼吸數の増加を示し、吸入氣の  $\text{O}_2$  約 11% (實驗第4) 以降約 8.5% (實驗第6) に至る迄略同様の呼吸數の増加に加ふるに、 $\text{O}_2$  %の低下に伴ひて漸次高度となる呼吸の深さの増大を以て其換氣量を増す。然るに吸入氣の  $\text{O}_2$  が更に減じて 6.4% (實驗第7) 及び 4.25% (實驗第8) に至るときは、呼吸の深さは最早増大することを得ずして呼吸數の異常なる増加のみを以て其代償に努むるも、到底代償不充分にして  $\text{O}_2$  缺乏の爲に數分にて意識障礙を生ずるを見る。

吸入氣に  $\text{CO}_2$  を加へたる 2 例を見るに、孰れも呼吸数は殆んど變化せざるも主として呼吸の深さの増大によりて換氣量の著しき増加を示す。これは素より當然の結果である。

呼吸の目的なるガス交換状態を見るに、何れの實驗例に於ても低酸素空気が吸入の初めに一時  $\text{O}_2$  吸収量の減少を見るも、これは速かに回復して數分後以降略正常値を維持するを見る。此成績は Hasselbalch u. Lindhard (5), Schneider, Truesdell & Clarke (8) の成績と一致する。但し極度の低酸素空気が吸入 ( $\text{O}_2$  6.4% 實驗第 7 及び  $\text{O}_2$  4.3% 實驗第 8) の場合には、初めの間は  $\text{O}_2$  吸収量は (-) となる。即ち  $\text{O}_2$  は肺に流れ來りたる靜脈血より逆に肺胞内に擴散するを見る。而して實驗第 7 に於てはこれが (+) の値に回復するも未だ正常値に回復するに至らざる間に危險域に達する。實驗第 8 に於ては吸入氣の  $\text{O}_2$  更に低き爲に、 $\text{O}_2$  は盛んに靜脈血より肺胞空気に逆行擴散し、 $\text{O}_2$  吸収量は未だ (-) の値を示しつつある間に既に危險域に到達することをを見る。

$\text{CO}_2$  排出量は、著明なる換氣量の増加を示せし例に於ては殆んど常に若干の増加を示してゐるが、これは體內にて産出する  $\text{CO}_2$  の外に體液中にある豫備アルカリを呼出するによるものにして、豫期せらるゝ事實である。

吸入氣に  $\text{CO}_2$  を加へたる 2 例に於ても、 $\text{O}_2$  吸収量並びに  $\text{CO}_2$  排出量には特別の變化を認めなかつた。

#### IV. 結 論

1. 人體が低酸素空気を吸入するときは、其肺胞空気の酸素張力は吸入後 4~5 分にて之れに對して一の平衡値に達する。
2. 上記の平衡値は吸入氣の酸素分壓に伴ひて低下する。前者を後者に對して描點するときは直線に近き一の滑かなる曲線を得る。本實驗の被験者 (39 歳の健康なる男子) に於ては此曲線は肺胞空気の酸素張力約 29mm に於て危險域 (意識障碍) に到達して終る。
3. 低酸素空気を吸入するときは、其吸入の初めに於て一時體內酸素吸収量が減少するも、これは速かに回復して正常値に復する。但し高度の低酸素空気を吸入して數分内に危險域に入る場合には、肺に於て酸素が靜脈血より肺胞空気に逆行することを認める。
4. 中等度の低酸素空気に若干の  $\text{CO}_2$  を加へたるものを吸入するときは、主として呼吸の深さを増大することによりて肺の換氣を促進し、肺胞空気の酸素張力を上昇せしむる。此際體內酸素吸収量及び  $\text{CO}_2$  排出量には著しき變化を示さぬ。

#### 文 獻

- 1) Barcroft, J. (1925) The respiratory function of the blood. Part I. Lessons from high altitude. Appendix IV 199
- 2) 藤本富太郎 (2598) 京都醫學誌 34 406
- 3) 藤本富太郎 (2598) 京都醫學誌 34 619
- 4) Haldane, J. S. & J. G. Priestley (1905) J. of Physiol. 32 225

- 5) Hasselbalch, K. A. u. J. Lindhard (1914) Biochem. Zs. 68 265, 295 do. 74 1
- 6) Lutz, B. R. & E. C. Schneider (1919) Amer. J. of Physiol. 50 280
- 7) Schneider, E. C. & R. W. Clarke (1926) Amer. J. of Physiol. 76 354
- 8) Schneider, E. C., D. Truesdell & R. W. Clarke (1924) Amer. J. of Physiol. 70 283
- 9) 吉村玄三 (2602) 日本生理誌 7 702
- 10) 吉村正太 (2603) 日本生理誌 9 71

實驗記録

番号 (通順)	吸入 O <sub>2</sub> 時間 (相當高度) 分	呼吸			ガス交換		肺胞空気				備考		
		数 回	呼吸 CC	時間 秒	O <sub>2</sub> 吸収 CC/分	CO <sub>2</sub> 排出 CC/分	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>				
							%	mmHg	%	mmHg			
1 (25°C)	空 氣	15.0	504	8.07	240	219	15.05	111.5	4.88	34.8			
	17.24 % = 130.9 mm (1.82 km)	1	18.7	457	6.38	197	225	13.12	93.5	4.70	33.6		
		8	18.1	445	6.08	223	218	12.28	87.5	4.28	34.6		
		12	18.1	481	7.17	206	201	12.30	88.1	4.71	33.6		
		17	16.2	452	7.33	213	202	12.31	87.7	4.32	34.3		
	21	17.2	491	8.44	248	217	12.19	86.9	4.70	33.9			
						平均	87.8						
2 (21°C)	空 氣	17.0	462	7.95	241	203	15.17	108.3	4.97	35.5			
	15.44 % = 117.3 mm (2.49 km)	1	19.7	516	10.17	205	257	11.87	82.8	4.83	33.1		
		6	18.9	480	5.11	213	207	10.96	79.3	4.72	33.7		
		9	15.4	513	7.24	231	212	10.53	75.2	4.24	35.3		
		13	21.0	355	7.45	187	175	10.89	77.9	4.71	37.8		
	17	18.8	417	7.76	195	200	10.91	75.8	4.52	34.4			
	20	19.9	329	5.53	116	132	10.76	76.3	4.62	33.0			
						平均	76.8						
3 (24°C)	空 氣	16.8	535	8.98	261	221	15.47	110.2	5.05	36.0			
	13.85 % = 105.2 mm (3.37 km)	1	19.9	600	8.58	218	237	10.31	73.5	4.34	30.9		
		5	220.1	340	6.96	191	165	9.30	66.3	4.33	32.2		
		9	15.0	485	5.24	261	223	9.16	65.3	4.41	31.6		
		14	23.1	498	11.50	238	231	9.28	66.0	4.23	30.1		
	22	12.93 % = 99.0 mm 132 2.82% = 99.3 mm	1	21.9	607	13.31	298	171	9.25	65.9	5.02	35.5	15' 吸入酸素 加量 - 相當高度 4.08 km
		3	24.4	608	14.03	277	201	9.75	69.5	4.88	34.8		
		5	25.0	584	14.60	292	188	9.29	66.2	5.08	36.2		
4 (21.5-23°C)	空 氣	15.0	490	7.18	233	186	15.33	104.5	5.33	37.9			
	10.28 % = 81.3 mm (2.14 km)	1	17.3	606	10.52	209	294	8.03	57.1	4.46	31.7		
		4	15.8	584	10.60	248	267	6.94	49.4	4.34	30.9		
		7.5	23.1	544	12.55	303	290		-	4.27	30.4		
		10	24.0	521	12.50	227	230	7.06	50.2	3.85	28.1		
	22	9.20 % = 69.8 mm 202 2.82% = 21.4 mm	1	20.1	770	15.46	218	175	6.72	47.8	4.90	34.9	10' 吸入酸素 加量 - 相當高度 6.43 km
		3	22.3	874	19.49	251	252	6.89	49.0	4.98	35.4		
5 (24°C)	空 氣	16.5	399	6.59	210	145	15.01	106.7	4.93	35.1			
	9.95 % = 75.5 mm (5.35 km)	1	19.6	665	13.04	119	330	8.04	57.2	4.31	30.6		
		4	23.2	609	14.13	213	300	6.63	47.2	3.92	27.9		
		5	23.3	594	13.84	180	260	6.39	45.4	3.64	27.3		
		9.5	25.0	572	14.31	233	262	6.59	46.9	3.47	24.7		
						平均	48.0						
6 (23°C)	空 氣	17.2	619	10.65	309	264	15.07	107.3	4.99	35.5			
	8.53 % = 64.5 mm (6.98 km)	50"	16.7	840	13.19	119	342	6.79	48.4	4.16	29.6		
		3' 20"	13.9	596	12.45	107	319	5.43	38.0	4.18	26.8		
		5'	21.9	1102	24.14	363	530	6.16	38.9	3.70	26.4		
						平均	35.0						
7 (22.5-26°C)	空 氣	17.2	442	7.61	239	179	15.17	108.0	4.97	35.4			
	5.43 % = 48.3 mm (8.98 km)	1	40.0	433	17.31	-23	314	5.67	40.4	3.16	24.8		
		2.5	54.5	297	16.20	79	241	4.24	35.2	3.06	21.9		
		4	101.7	293	29.77	123	393	4.04	28.8	3.01	21.4	午 蒸気 潤湿した	
8 (25°C)	空 氣	17.3	443	7.66	241	180	15.17	108.0	4.97	35.4			
	4.25 % = 32.3 mm (11.82 km)	1	39.7	512	20.31	-134	380	5.08	26.2	2.57	25.1	3' 47"- 蒸気潤湿 した	
		3	65.9	382	23.96	-430	285	3.85	26.3	2.20	20.7		

通氣抵抗に因る人體の呼吸状態の變化に就て 612.222

(人體肺胞空氣の研究 III)

京都帝國大學醫學部生理學教室

吉 村 正 太

Yoshimura-Masata

(昭和18年10月2日受付)

I. 序 説

吸息又は呼息に通氣抵抗を生ずるときに起る人體の呼吸状態の變化に就ては、或は防毒面特に其吸收罐に基く吸息抵抗の増加に關し、又は臨床上氣管支喘息發作時の換氣障碍の實驗的研究として、既に歐洲に多數の報告がある〔Morawitz u. Schiebeck (11 1909), Davies, Haldane & Priestley (4 1919), Bass (2 1926), Anthony (1 1928), Thiel (13 1929), Thiel u. Quednau (14 1929), Englmann u. Quednau (5 1929), Bruns (3 1929), Lippert (9 1932), Herbst u. Schellenberg (6 1932), Killick (7 1935), Ludwig (10 1939) 等〕。本邦に於ても鈴木 (12 2600) は防毒面の通氣抵抗に關する實驗的研究を行ひ、又近藤等 (8 2601) は多數の被験者に就て其呼息に耐え得る抵抗の限度と時間とに關して詳細なる研究を施行してゐる。此等の研究の大部分は主として抵抗挿入時に於ける呼吸及びガス交換量の變化に就いて研究せしものであるが、其成績區々にして、或は呼吸分時量の増大を報する者あり又は其減少を認むるものあり、其呼吸數及び深さの増減に關しても著しき差ありて一致せず、又其  $O_2$  吸收量及び  $CO_2$  排出量の變化に關しても、或は其増量を主張するものあり又は其減量を報告するものありて頗る其一致を缺く。斯くの如き混雜不一致を生ずる原因としては、實驗條件の差異の外に著しき個人差あることが認められ (Killick 7)、又其呼吸に變化を起す原因に關しても抵抗によつて生ずる反射機轉とガス交換障碍に因る呼吸中樞の化學的刺戟の變化との2種の作用が考へられ、又其反應の時間的經過に伴ふ變化にも呼吸中樞の疲勞と呼吸筋の疲勞との2様に起り得ること等、其起因甚だ複雑である。

然るに斯くの如き複雑なる問題に對して、其重要な一因子となる肺胞空氣の組成の變化に就て研究せるものは極めて少なく、其實験的研究は僅かに Morawitz u. Siebeck (11), Haldane 等 (4), Killick (7) の3者に止まり且つ何れも皆簡單不備なる實驗である。Morawitz u. Siebeck は、抵抗小なときは肺胞空氣の  $CO_2$  % に影響なきも、抵抗大にして之れに對して大なる苦痛感を生ずるときは其  $CO_2$  は上昇することを認め、Haldane 等及び Killick は抵抗の挿入によりて其  $CO_2$  % の上昇を認めてゐるが、Haldane 等の實驗が其際の吸息陰壓 4.5~

25cm H<sub>2</sub>O, 呼息陽壓 1.5~14cm H<sub>2</sub>O なることを記載せる外は何れも其呼吸壓を明記してゐぬから、其抵抗の大小を比較して其成績を検討することを得ぬ。又實際の肺胞空氣の O<sub>2</sub> 張力に關しては何等記載する所が無い。

著者は既報(15)の人體肺胞空氣自動採取装置を用ひて、吸息に抵抗の加はりたる場合の呼吸並びにガス交換狀態の變化と肺胞空氣の組成の變化との關係を、大小種々の抵抗に就て各時間の經過を追ひて精査研究を行つた。

## II. 實驗方法

本研究は先づ健康なる 54 歳の男子(正路教授)に就いて若干の豫備實驗を行ひたる後、主要實驗は次の實驗成績の項に於て述ぶる理由によりて、健康なる 40 歳の男子にして既に當教室に於て多數の呼吸實驗に慣れたる者(山岸)を被験者として施行した。

實驗方法は既報せし著者(15)の人體肺胞空氣自動採取装置を用ひ、其吸氣管に種々の太さ及び長さの硝子細管を連結して抵抗とした。其抵抗の強さは毎吸息時に氣道に生ずる陰壓を以て之れを比較する。此陰壓は、肺胞空氣採取装置の吸氣瓣の内方の空間に側管を附し、之れを水銀檢壓計及びタンブールに導き、毎吸息時の陰壓を描記測定した。但し急に激しき吸息をなすときは、初めの一瞬時に示す陰壓は水銀の慣性によつて正しき値を示さぬから、吸息期の大部分に亘りて略一定値を示す陰壓の値を採つた。其他の呼吸狀態、ガス交換量及び肺胞空氣組成の測定法は總て前報告(15)に記載せし方法と同一である。

## III. 實驗成績

實驗の測定値は末尾に附したる實驗記録に集載する。其各例に於ける經過を見るに、大體に於て抵抗を挿入するときは直ちに呼吸に著しき變化を生じ、最初は若干の動搖を示すも數分にして略之れに對する平衡狀態に達する。故に各例に於て略此狀態に達したりと認めらるゝ最後の 2 回又は 3 回の平均値を取り、之れを抵抗挿入前の正常値と比較して其増減を觀察することとした。但し呼吸狀態に就ては呼吸數、呼吸の深さ及び分時量の 3 者に就いて各別に其平均値を取つたから、呼吸數と深さとの各平均値の積と分時量の平均値との間に幾分の齟齬があることを斷つておく。

本實驗の被験者は後述する如く、吸息抵抗の挿入に對して常に呼吸の深さを減じ其數を増す。豫備實驗の被験者は之れに反して、抵抗に對して呼吸の深さを増すも其數には著しき變化を示さぬが又は幾分減少の傾向を示した。Killick(7)の實驗成績によれば、抵抗に對する呼吸型の變化は人によりて異り、多數は其深さを増し數を減するものにして、本研究の被験者の如く其深さを減じ數を増すものは比較的少數であるといふ。然るに後者は呼吸換氣上不用空間の影響大となるを以て不利益にして、Haldane 等(4)の所說によれば、此型の變化が進行するときは、淺薄なる呼吸は酸素不足を生じ、酸素不足は更に呼吸を淺薄として茲に不利なる因果循環を生じ、終に生命の危機に臨むに至るといふ。若し斯くの如き因果循環が起るならば實際肺

胞空氣の組成に著しき變化を生すべきことを期待して、本被験者に就いて種々に抵抗の強さを變じて其現はす變化を時間を追ひて精密に測定したのであるが、本實驗に於ては Haldane 等の云ふ如き因果循環の現象を生することなく、大體に於て豫備實驗の被験者と同様の反應を呈した。尙ほ此被験者は、吸息陰壓 42mmHg の抵抗に對して約 10 分間之れに耐え得るも、同陰壓 45mmHg の抵抗に對しては 5 分以上之れに耐え得なかつた。故に下記の實驗成績に於て吸息陰壓 42mmHg の時の測定値は略此被験者の耐え得る極限状態に於ける値と見做し得る。

### 圖1. ガス交換

吸息抵抗挿入時のガス交換量の結果(上記平衡状態に於ける平均値)を第1表に示す。此表を

第1表 ガス交換に及ぼす吸息抵抗の影響

吸息 陰壓 mmHg	O <sub>2</sub> 吸 収			CO <sub>2</sub> 排 出			呼 吸 商		
	正常時 CC/分	抵抗挿入 CC/分	増 減	正常時 CC/分	抵抗挿入 CC/分	増 減	正常時	抵抗挿入	増 減
11	258	176	- 80	144	148	+ 4	0.56	0.63	+ 0.27
15	278	260	- 18	195	200	+ 5	0.70	0.77	+ 0.07
17	201	250	+ 49	164	237	+ 73	0.62	0.95	+ 0.13
21	215	252	+ 43	209	257	+ 48	0.97	1.00	+ 0.03
28	294	291	- 3	192	166	- 26	0.65	0.57	- 0.08
34	236	328	+ 92	211	225	+ 14	0.68	0.69	- 0.20
39	218	256	+ 37	202	199	- 3	0.93	0.78	- 0.15
40	161	216	+ 55	147	181	+ 34	0.91	0.64	- 0.07
42	209	272	+ 63	194	239	+ 45	0.93	0.68	- 0.05

見るに、抵抗を挿入するときは多くの場合に O<sub>2</sub> 吸収量も CO<sub>2</sub> 排出量も共に増加する。(表中最小の抵抗に對して著しき O<sub>2</sub> 吸収量の減少を示せる原因は不明である。或は實驗上の誤差によるものであらう)。而して此兩者の比(呼吸商)は、抵抗が比較的小なる場合(吸息陰壓 21mmHg 以下)にては抵抗の挿入によつて大となり、CO<sub>2</sub> の排出量が O<sub>2</sub> の吸収量に比して更に増加せることを示す。之れに反して抵抗大なる場合(吸息陰壓 28mmHg 以上)に於ては此比は抵抗の挿入によりて減少し、Killick の云ふ如く此際 CO<sub>2</sub> の体内蓄積を起せることを示す。(呼吸商の減少は脂肪酸化の増量としても一應説明し得るも、此場合の如く呼吸筋が急に強き作業を営む場合には、上記の呼吸商の減少は CO<sub>2</sub> の排出不充分に因ると考ふるが妥當である)。

### 2. 呼吸の數、深さ及び分時量

實驗の結果を第2表に示す。既記の如く本被験者は抵抗の挿入に對して常に呼吸數の増加と其深さの減少とを示す。然れども其増減の程度は必ずしも其時の吸息陰壓の大小即ち挿入せし抵抗の大小に伴はぬ。而して其分時量は、抵抗比較的小なるときには増減常なく、抵抗大なる時には常に減少するも、其程度は正常値の約 5~17% の間に動搖し、抵抗の大小に伴はずして寧ろ之れに逆行する傾向を示す。即ち抵抗の挿入に對して努力性呼吸をなし且つ必要に應じて其數を増し、以て身體の需要する酸素の吸収に必要なだけの肺の換氣を維持するものと考へら

るる。

第2表 呼吸に及ぼす吸息抵抗の影響

吸息 陰壓 mmHg	呼吸数			呼吸の深さ			呼吸分時量		
	正常時	抵抗挿入	増減	正常時	抵抗挿入	増減	正常時	抵抗挿入	増減
				CC.	CC.		ℓ	ℓ	
11	16.3	21.7	+ 5.4	497	346	- 151	6.08	7.49	- 0.60
15	17.2	19.0	+ 1.8	466	438	- 46	8.36	8.25	- 0.11
17	15.9	19.1	+ 3.2	434	380	- 54	6.89	7.20	+ 0.31
21	13.3	15.6	+ 2.3	581	535	- 46	7.75	8.34	+ 0.59
28	15.3	18.6	+ 3.3	477	276	- 201	7.29	5.19	- 2.10
34	12.3	17.9	+ 5.6	466	281	- 185	5.74	5.00	- 0.74
39	11.4	20.4	+ 9.0	546	312	- 234	6.23	6.35	+ 0.12
40	16.4	19.1	+ 2.7	404	291	- 113	6.62	5.46	- 1.16
42	15.5	17.6	+ 2.2	436	431	- 5	6.80	7.56	+ 0.76

## 3. 肺胞空氣

其結果は第3表に示す如く、吸息抵抗小なるときは、肺胞空気の CO<sub>2</sub> 張力は抵抗の挿入によりて低下することあるも、抵抗稍大なる時は常に抵抗の挿入によりて上昇する。但し其上昇の程度は、吸息陰壓 28mmHg 以上の抵抗に於ては抵抗の大小に關せず之れを 10mmHg 以内

第3表 肺胞空気に及ぼす吸息抵抗の影響

吸息 陰壓 mmHg	肺胞空気の O <sub>2</sub> 張力			肺胞空気の CO <sub>2</sub> 張力		
	正常時	抵抗挿入	増減	正常時	抵抗挿入	増減
	mmHg	mmHg		mmHg	mmHg	
11	107.7	118.6	+ 11.1	32.4	29.6	- 2.8
15	109.8	108.6	- 1.3	33.0	32.1	- 0.9
17	109.3	111.9	+ 2.6	34.4	35.4	+ 1.0
21	114.9	115.6	+ 1.6	32.4	35.0	+ 2.6
28	104.0	88.6	- 17.5	34.8	43.7	+ 8.9
34	104.2	94.9	- 9.3	35.8	44.7	+ 8.9
39	109.8	95.7	- 14.1	36.4	46.0	+ 9.6
40	110.7	104.9	- 5.8	33.0	39.8	+ 6.8
42	109.8	104.9	- 4.9	31.4	39.2	+ 7.8

(絶対値 46mmHg 以下) に保つ。即ち抵抗を挿入するときは肺胞空気の CO<sub>2</sub> 張力は上昇するも、此上昇を一定限度内に止むる如き調節作用が行はれてゐる。又其 O<sub>2</sub> 張力は、抵抗小なる場合には稍上昇の傾向を認むるも、抵抗大なる時は常に若干の低下を示す。但し其程度は、低下度 17.5mmHg 以内 (絶対値 86.5mmHg 以上) にして、血液の酸素解離曲線より考ふるときは、此程度の O<sub>2</sub> 張力の低下は血液の酸素飽和度に著しき低下を來さず、従つて組織に對する酸素の供給に大なる障碍を及ぼさざるものと考へらる。尙ほ其低下は第3表に見る如く吸息陰壓 28mmHg のときに最大にして、堪え得る限度の最大抵抗(吸息陰壓 42mmHg) に於ては却つて減少して僅かに 4.9mmHg (絶対値 104.9mmHg) に止まることも亦、抵抗の挿入が組織に對する酸素の供給に著しき不足を生ぜざるものと考ふる一根據となる。

## 4. 筋作業時に吸息抵抗を挿入せし場合

實驗記録第10及び第11は、中等度の筋作業(582及び561m-kg/分)をなすに、其開始10分後に稍高度の吸息抵抗を挿入して更に約10分間持續せし實驗例である。其各10分間の平均値を第4表に示す。此表を見る

第4表 筋作業時に於ける吸息抵抗の影響

に、其 $O_2$ 吸収量及び $CO_2$ 排出量は作業によりて増大すること勿論であるが、其作業中に吸息抵抗を挿入するも其値は殆んど變化せず、即ち抵抗に耐え得る限り必要なだけのガス交換を行ひつゝあることを示す。此際に呼吸の深さは減少し、呼吸數の増加を以て其代償に努むるも尙ほ分時量は若干減少することを認める。而して肺胞空氣の $CO_2$ 張力は著しく上昇して其絶

	實驗例	守靜時	作業時			備考	
			抵抗無し	抵抗挿入	増減		
呼吸數	A	13.9	17.5	18.4	+0.9	實驗例 A 作業 582 m-Kg/分 抵抗吸息圧 36.5 mmHg	
	B	12.7	17.6	17.3	-1.4		
呼吸の深さ C.C.	A	562	1175	941	-234		
	B	504	1393	1042	-351		
呼吸分時量	A	7.51	20.52	17.26	-3.27		
	B	7.64	24.80	20.46	-4.41		
$O_2$ 吸収量 C.C./分	A	267	864	873	+6		
	B	276	1067	1022	-45		
$CO_2$ 排出量 C.C./分	A	237	861	793	-68		實驗例 B 作業 561 m-Kg/分 抵抗吸息圧 39 mmHg
	B	247	1019	1076	+57		
肺胞空氣 $O_2$ 張力 mmHg	A	108.7	104.2	97.4	-6.9		
	B	108.9	103.8	96.0	-7.6		
肺胞空氣 $CO_2$ 張力 mmHg	A	37.4	44.6	49.1	+4.2		
	B	37.2	43.8	50.1	+6.3		

對値 50mmHg 内外に上り、 $O_2$ 張力は之れと反對に低下せることを見る。故に肺の換氣は明かに若干の障碍を被つてゐるのであるが、此際尙ほ必要なだけのガス交換を保つ代償機能は恐らく循環の促進によつて行はれてゐるものと想像せらるゝが、本實驗に循環の測定を行ひ得なかつたから、之れを斷言することを憚る。

## 5. 抵抗除去後の回復

實驗例第5～第7(實驗記録其2)に於て抵抗除去後の経過を見るに、抵抗除去の直後(1～2分間)に著しき呼吸分時量の増大(主として呼吸の深さの増大に因る)を示したる後、漸次沈靜して10分内外にて略初めの状態に歸る。此爲に肺胞の換氣は著しく増進し、抵抗挿入中上昇せし肺胞空氣の $CO_2$ 張力は一舉に初めの値より以下に低下し其 $O_2$ 張力は上昇したる後、漸次回復して正常値に復す。此現象は、抵抗挿入中に呼吸中樞は著しく興奮して深さを増さんとせるも、實際上抵抗によりて之れが阻まれつゝあることを示す。而して此際肺胞空氣の $CO_2$ 張力は肺胞換氣の増進によりて二次的に低下するものにして、其低下は呼吸中樞の興奮の減退を起せるものに非ざること明かである。

筋作業中に抵抗を挿入せし實驗例第10、第11(實驗記録其4)に於ても其抵抗除去(同時に作業を中止)に際して同様の現象を認める。但し此場合には、作業中並びに之れに抵抗を挿入せし時に既に著しく呼吸の深さを増大せる爲に、作業を中止して抵抗を除去せし直後の呼吸の深さ並びに呼吸分時量は、新たなる増大を示すことなくして直ちに減少に向ふことが、上記の安

靜狀態に於ける實驗の場合と異なる。

#### IV. 結 論

吸息に抵抗を挿入するときは、其呼吸の變化は人により異なるも、其深さを減少する場合には呼吸數を増して代償に努め、呼吸分時量に著しき減少を起さぬやうに調節する。而して其  $O_2$  吸收量と  $CO_2$  排出量とは共に増加する。然し乍ら此ガス交換の増量は抵抗の大小に伴はず、抵抗を甚だ大とするも略一定値以内に維持せらるる。又其肺胞空氣のガス張力は、抵抗比較的小なる場合には著しき増減なく、抵抗大なる場合には  $O_2$  張力は低下し、 $CO_2$  張力は上昇する。但し其變化も亦抵抗の大小に伴はずして、肺胞空氣のガス張力値は常に一定の限度内に保たれる。

中等度の作業時に稍大なる吸息抵抗を挿入するときは、呼吸の深さの減少の爲に分時量は減少するも、尙ほ必要なるガス交換は維持せらるる。此際肺胞空氣の  $CO_2$  張力は更に上昇し、 $O_2$  張力は更に低下する。

挿入せる抵抗を除去するときは、一過性に肺の換氣を増進して肺胞空氣の  $CO_2$  張力を低下せしめ、其  $O_2$  張力を上昇せしめたる後、漸次沈靜して常態に復する。

#### 文 獻

- 1) Anthony, A. J. (1928) Beitr. Klin. Tbk. 70 452
- 2) Bass, E. (1926) Zs. ges. exper. Med. 51 158
- 3) Bruns, O. (1929) Dtsch. med. Wschr. 55 I 902
- 4) Davies, H. W., J. S. Haldane & J. G. Priestley (1919) J. Physiol. 53 60
- 5) Englmann u. Quednau (1929) Arbeitsphysiol. 1 625
- 6) Herbst, R. u. P. Schellenberg (1932) Zs. klin. Med. 120 587
- 7) Killick, E. M. (1935) J. Physiol. 84 162
- 8) 近藤治三郎 (2601) 陸軍科學研究所報告 (公表せず)
- 9) Lippert, H. (1932) Beitr. Klin. Tbk. 81 520
- 10) Ludwig, W. (1939) Arbeitsphysiol. 10 406
- 11) Morawitz, P. u. R. Siebeck (1909) Dtsch. A. klin. Med. 97 201
- 12) 鈴木幸夫 (2600) 厚生科學 1 244
- 13) Thiel, K. (1929) Zs. ges. exper. Med. 67 810
- 14) Thiel u. Quednau (1929) Zs. ges. exper. Med. 65 604
- 15) 吉村正太 (2603) 日本生理誌 9 71

## 實驗記録 其 1

番号 (温度) (湿度)	時間 分	呼吸 除壓 mmHg	呼 吸			ガス交換		肺胞空氣 O <sub>2</sub>		肺胞空氣 CO <sub>2</sub>		
			数	示さ CC	分 り量 l	O <sub>2</sub> 吸収 CC/分	CO <sub>2</sub> 排出 %	濃度 %	張力 mmHg	濃度 %	張力 mmHg	
1 (26°C 75.8 mmHg)	無抵抗	—	16.3	497	8.08	256	196	15.12	107.7	4.56	32.4	
	抵抗 挿入	1.5	10	16.6	378	6.27	133	144	13.75	112.0	4.47	31.3
		5.5	11	17.2	383	6.61	181	149	15.78	112.1	4.53	32.3
		9	12	19.3	346	6.68	186	133	15.02	114.0	4.20	29.2
		12.5	12	22.0	345	7.58	175	141	16.79	119.3	4.17	29.7
		16	11	21.3	346	7.37	180	155	16.63	118.2	4.14	29.4
		平均	11	21.7	346	7.46	175	148	16.91	118.8	4.16	29.5
2 (26°C 75.8 mmHg)	無抵抗	—	17.2	486	8.36	278	195	15.15	109.8	4.64	33.0	
	抵抗 挿入	1.5	(10)	16.4	469	8.02	292	208	14.76	105.0	4.80	34.2
		4.5	1	16.8	457	7.68	258	194	15.02	106.8	4.61	32.8
		7.5	15	17.7	472	8.34	271	208	15.11	107.5	4.54	32.5
		10.5	15	20.2	404	8.16	248	192	15.41	109.5	4.47	31.6
		平均	15	19.0	438	8.25	260	200	15.26	108.5	4.51	32.1
3 (25°C 75.85 mmHg)	無抵抗	—	15.9	434	6.99	201	164	15.37	109.3	4.84	34.4	
	抵抗 挿入	1	14	15.2	453	6.37	238	202	15.14	107.8	5.16	36.7
		4	18	15.9	449	7.13	215	202	15.29	108.7	5.05	35.9
		6.5	17	18.0	483	6.68	280	250	15.55	110.7	4.98	35.4
		11	15	18.3	419	7.66	224	218	16.04	114.2	4.84	34.4
		13.5	21	19.6	340	6.73	276	255	15.40	109.3	5.12	36.1
平均	17	19.1	380	7.20	250	237	15.72	111.9	4.98	35.4		
4 (22°C~23°C 75.8 mmHg)	無抵抗	—	13.3	581	7.75	215	209	16.02	114.0	4.56	32.4	
	抵抗 挿入	1	18	13.7	536	7.35	270	235	15.28	108.6	4.35	34.5
		4.5	22	13.4	517	6.91	221	213	15.02	114.0	4.90	34.9
		6.5	21	13.9	530	7.36	239	224	15.95	112.7	4.99	34.3
		9	20	15.9	553	8.78	254	257	15.17	115.0	4.91	34.9
		11	23	15.3	517	7.99	232	256	15.32	116.1	4.94	35.1
平均	21	15.6	535	8.24	258	257	16.25	115.6	4.93	35.0		

備考：左側の傍線は其部分のみを平均せしことを示し、括弧中の数字は平均より除外せしことを示す、以下倣之。

## 實驗記錄其2

番号 (温度 氣壓)	時間 分	吸息 除壓 mmHg	呼 吸			ガス交換		肺胞空氣 O <sub>2</sub>		肺胞空氣 CO <sub>2</sub>		
			数	深さ Cc	分時量 l	O <sub>2</sub> 吸収 CC/m	CO <sub>2</sub> 排出 CC/m	深 度 %	張力 mmHg	深 度 %	張力 mmHg	
5 (16°C 763 mmHg)	無抵抗	—	15.3	477	7.28	294	192	14.51	104.0	4.86	34.8	
	抵抗 挿入	1	(20)	18.0	278	4.62	286	140	11.48	82.2	5.84	40.4
		4	28	19.0	278	5.53	308	176	11.95	85.5	6.06	43.4
		8	28	17.7	274	4.95	274	156	12.22	87.5	6.13	43.9
		平均	28	18.9	273	5.19	291	166	12.09	86.8	6.10	43.7
	抵抗 除去	1	—	19.9	550	10.93	260	248	15.81	113.2	4.60	32.9
		5	—	18.5	367	6.79	204	161	14.54	104.1	4.67	33.4
		10	—	17.7	322	5.70	212	133	14.43	103.3	4.96	35.5
		20	—	15.8	445	7.02	303	184	15.04	107.7	6.06	38.4
	6 (14.5°C~15.0°C 763 mmHg)	無抵抗	—	12.3	466	6.74	236	211	14.57	104.2	5.01	35.8
		抵抗 挿入	1.5	(28)	13.3	316	4.20	300	171	11.96	85.5	6.10
5			33	14.2	305	4.30	272	190	13.31	95.4	5.87	42.0
10			34	16.7	302	5.08	349	234	13.32	95.5	6.07	43.5
14			36	19.0	280	4.94	300	216	13.17	94.3	6.40	45.8
平均		34	17.9	281	5.00	325	225	13.25	94.9	6.24	44.7	
抵抗 除去		1	—	18.0	718	12.91	407	435	15.93	114.0	4.74	33.9
		4	—	11.9	655	7.91	228	212	15.73	115.8	4.37	31.3
		10	—	11.3	427	5.04	273	164	14.37	105.0	5.22	37.4
7 (14.0°C~14.5°C 760 mmHg)		無抵抗	—	11.4	546	6.23	216	202	15.40	109.8	5.10	36.4
	抵抗 挿入	1	(25)	16.7	263	4.39	212	136	12.66	91.6	6.13	43.7
		4	39	18.3	294	5.39	255	175	13.22	94.3	6.24	44.5
		7	37	20.0	306	6.13	275	227	13.40	95.8	6.40	45.0
		10	42	20.7	317	6.87	230	171	13.42	95.7	6.49	46.3
	平均	39	20.4	312	6.35	255	199	13.41	95.7	6.45	46.0	
	抵抗 除去	1.5	—	19.1	614	12.25	243	241	17.76	128.6	4.61	32.8
		5.5	—	19.0	405	7.71	166	243	16.48	117.4	4.36	31.1
		13	—	15.4	410	6.31	201	201	16.41	117.0	4.27	30.4
	18	—	13.3	423	5.61	228	168	14.68	104.5	5.11	35.4	

實驗記錄其3

番号 (温度)	時間 分	吸息 除壓 mmHg	呼 吸			ガス交換		肺胞空氣 O <sub>2</sub>		肺胞空氣 CO <sub>2</sub>	
			数	深さ CC	分時量 ℓ	O <sub>2</sub> 吸収 CC/分	CO <sub>2</sub> 排出 CC/分	濃度 %	張力 %	濃度 %	張力 mmHg
8 (23.0°C 75.8 mmHg)	無抵抗	—	16.4	404	6.62	161	147	14.56	110.7	4.64	34.4
	1.5	(20)	16.7	256	4.28	182	125	15.65	111.4	4.60	32.7
	4	38	17.1	343	5.08	252	181	14.82	105.4	4.74	33.7
	0.5	44	21.2	348	7.35	293	245	14.34	102.0	4.54	35.4
	10	40	19.1	288	5.50	217	198	14.57	103.5	4.47	35.9
	13	40	19.9	308	5.82	242	193	14.07	105.7	4.73	40.8
	15	38	18.2	277	5.05	190	157	14.83	105.5	4.57	39.6
	平均	40	19.1	291	5.46	216	181	14.76	104.9	4.59	39.5
9 (23.0°C 75.8 mmHg)	無抵抗	—	15.6	436	6.80	209	194	15.42	103.5	4.41	34.4
	1.5	40	15.9	332	5.28	226	149	13.12	83.3	3.05	40.2
	3.5	41	16.7	442	7.38	297	237	14.23	101.2	4.60	39.8
	6	42	17.6	398	7.07	249	222	14.90	106.3	4.39	35.4
	8	45	18.1	454	8.24	270	253	15.09	107.1	4.55	39.5
	平均	42	17.5	431	7.56	272	239	14.76	104.9	4.61	39.2

實驗記錄其4

番号 (温度)	實驗 條件	時間 分	吸息 除壓 mmHg	呼 吸			ガス交換		肺胞空氣 O <sub>2</sub>		肺胞空氣 CO <sub>2</sub>		
				数	深さ CC	分時量 ℓ	O <sub>2</sub> 吸収 CC/分	CO <sub>2</sub> 排出 CC/分	濃度 %	張力 mmHg	濃度 %	張力 mmHg	
10 (16.0~17.0°C 76.1 mmHg)	安静	—	—	13.9	562	7.81	267	237	15.36	109.7	5.23	37.4	
	無抵抗 作業 5.82 mmHg/分	5	—	17.4	1225	21.30	917	922	14.55	103.9	4.43	45.9	
		10	—	17.5	1125	19.74	810	800	14.65	104.6	4.14	43.9	
		平均	—	17.5	1175	20.52	864	861	14.60	104.2	4.29	44.9	
		3	30	19.7	874	17.20	901	783	13.52	96.5	4.73	48.0	
		6	33	18.1	954	17.26	846	779	13.66	97.5	4.89	49.2	
	抵抗挿入 作業 5.61 mmHg/分	10	40	17.4	996	17.31	871	817	13.70	97.7	4.01	50.0	
		平均	34	18.4	941	17.25	873	793	13.63	97.4	4.08	49.1	
	抵抗除去	2	—	—	18.6	691	12.97	306	382	17.06	121.7	4.83	34.5
		5	—	—	17.0	453	7.69	219	225	15.13	108.0	4.95	35.3
16	—	—	13.4	388	5.20	190	160	15.22	108.7	5.24	37.4		
11 (14.0~15.0°C 76.0 mmHg)	安静	—	—	12.7	604	7.64	276	247	15.24	108.9	5.21	37.2	
	無抵抗 作業 5.61 mmHg/分	5	—	18.1	1181	21.41	975	916	14.45	103.0	4.24	44.5	
		10	—	17.7	1604	28.39	1168	1121	14.66	104.5	4.04	43.0	
		平均	—	17.9	1393	24.90	1067	1019	14.56	103.6	4.14	43.8	
	抵抗挿入 作業 5.61 mmHg/分	4	40	18.4	1062	19.50	994	894	13.37	95.3	4.90	49.2	
		6	40	18.1	1023	18.52	974	876	13.37	95.3	4.06	40.4	
		9	40	22.5	1040	23.46	1097	1075	13.64	96.6	4.10	50.6	
		平均	40	19.3	1042	20.49	1022	949	13.46	96.0	4.02	50.1	
	抵抗除去	1	—	—	22.2	876	19.46	383	560	17.01	121.2	5.08	36.2
		5	—	—	15.0	528	8.28	234	324	15.65	113.0	5.04	35.9
17	—	—	14.9	394	5.88	178	146	14.84	105.8	5.37	38.2		

## 50サイクル除去用濾波器 621:612.014.42

東北帝國大學工學部電氣工學教室  
東北帝國大學醫學部生理學教室

永井健三・本川弘一

Nagai-Kenzō ・ Motokawa-Kōiti

(昭和18年10月7日受付)

### I. 緒 言

近來腦波の研究が益々盛んになると共に極めて微小(例へば數 $\mu V$ 程度)の電位變動が問題となつて來た。従つて其研究には高利得の増幅器の使用が絶対に必要である。しかも問題となる現象は多くは低周波のものであるから其記録に當つて電力線の周波數が妨害となること夥しい。勿論此等の妨害も遮蔽其他の條件を充分に吟味すれば防ぐことは不可能でないが、それには相當の資材が必要であり、又實驗操作がそれだけ面倒になる。殊に強い電力線が來てゐる建築物では遮蔽其他の設備を充分に整へても、もう少しと云ふ所で交流が完全に除去出來なくて困ることがある。斯様な場合に50サイクル除去用濾波器によつて現象に混入する交流を除くことが出來れば甚だ便利である。

又濾波器の生理學的應用は漸次廣くなりつゝあり、腦波だけに就て考へても $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ 等種々の周波數の波の混合であるから、其各成分を詳しく研究するには濾波器を應用することが得策である。

茲では先づ吾々が製作して實際生理學的研究に有效に使用してゐる50サイクル除去用濾波器に就て報告する。此濾波器はオツシログラフの振動子を負荷として増幅器の出力側に接続して使用する。

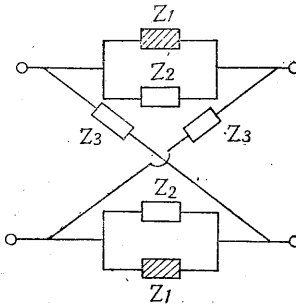
### II. 理 論

#### A. 50サイクル除去用濾波器考案の基礎

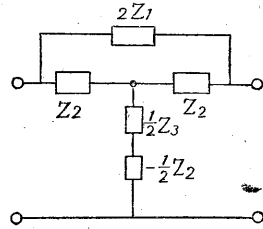
50サイクルのみを除去し、他は凡て通過せしめたいのであるから、普通のホキートストーン橋を使用し50サイクルに對して平衡を取ればその周波數の勢力は容易に $1/100$ 程度にする事が出来る。この場合に他の周波數に對して減衰が餘り大とならない様に出來れば誠に好都合である。然しながらホキートストーン橋は同じ素子を2つづつ必要とするので素子の數から云つて面白くない。かゝる場合に之を他の回路に導く。例へば第1圖ホキートストーン橋(格子形回路 lattice type network)を第2圖の橋絡丁形回路(Bridged-T-type network)に變形して使用すると便利である。

B. 格子形回路と等価な橋絡丁形回路

等価であると云ふは外部から見て其作用が全く等しい場合を云ふのである。この爲めには傳播定數  $\theta = \alpha + j\beta$  と特性インピーダンス  $Z_{01}$  とが等しければよろしい。茲に  $\alpha$  は回路通過中に生ずる振幅の減衰を示し、 $\beta$  は位相の回轉を示す。

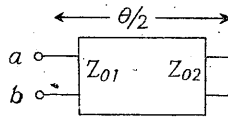


第 1 圖

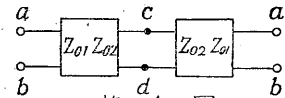


第 2 圖

第 3 圖に示す一般四端子回路に於て (特性インピーダンス  $Z_{01}, Z_{02}$  は等しい必要は無い) 傳播定數を  $\theta/2$  とする。此場合には  $c-d$  端を開路として  $a-b$  端子より測定したインピーダンスを  $Z_{if}$  とし、同様  $c-d$  端を短絡して測定せるインピーダンスを  $Z_{is}$  とすると、之等は  $Z_{01}, \theta$  と次の關係がある (2)。

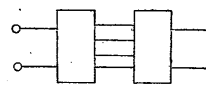


第 3 圖

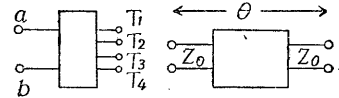


第 4 圖

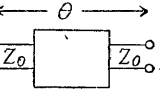
$$\left. \begin{aligned} Z_{if} &= Z_{01} \coth \frac{\theta}{2} \\ Z_{is} &= Z_{01} \tanh \frac{\theta}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$



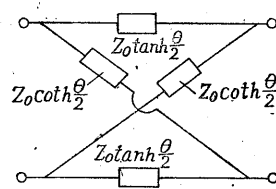
第 5 圖



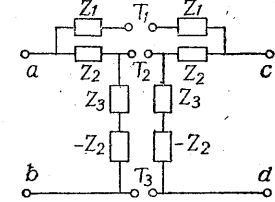
第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖

第 3 圖の回路を第 4 圖の如く脊中

合せに 2 個つなぐならば、 $c-d$  端に於ては完全にインピーダンスが合つてゐるから傳播定數に加法則が成立し

$$\frac{\theta}{2} + \frac{\theta}{2} = \theta$$

となる。逆に第 4 圖の如き對稱な回路がある場合には、全體の  $\theta$  に就て考へる必要はなく半分の第 3 圖に就て考察を進めて  $Z_{01}$ 、及び  $\theta/2$  を求めれば第 4 圖の回路の特性を明らかにする事が出来る。即ち (1) 式から

$$\left. \begin{aligned} Z_{01} &= \sqrt{Z_{if} Z_{is}} \\ \tanh \frac{\theta}{2} &= \sqrt{\frac{Z_{is}}{Z_{if}}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

となり半分の回路から全體の回路の特性を知り得るのである。之を二等分の定理と云ふ。

Bartlett (1) は之を擴張して第 4 圖  $c-d$  端が 2 つ以上の端子よりなる第 5 圖の如き場合にも、やはり之を半分に分け第 6 圖の回路を考へて  $T_1, T_2, T_3, T_4$  等の端子を全部解放し或は全部

短絡することに依つて第(1)式と全く同じ式が成立することを証明した。

次に第7圖の如き特性インピーダンス  $Z_0$ 、傳播定數  $\theta$  なる對稱回路がある場合に之と等價な格子形回路を求める。

このために先づ第8圖の様な回路を考へる。第8圖の特性インピーダンスを  $Z_0'$  とし、傳播定數を  $\Theta$  とする。然る時は

$$\left. \begin{aligned} Z_{if} &= \frac{1}{2} Z_0 \left( \tanh \frac{\theta}{2} + \coth \frac{\theta}{2} \right) = Z_0 \coth \theta \\ Z_{is} &= \frac{2}{\frac{1}{Z_0 \tanh \frac{\theta}{2}} + \frac{1}{Z_0 \coth \frac{\theta}{2}}} = Z_0 \tanh \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

であるから

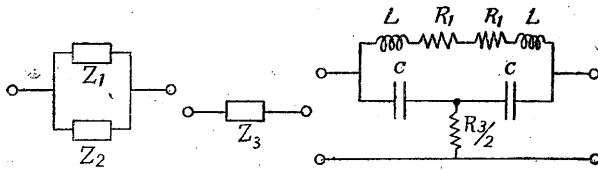
$$\left. \begin{aligned} Z_0' &= \sqrt{Z_{if} Z_{is}} = Z_0 \\ \tanh \Theta &= \sqrt{Z_{is}/Z_{if}} = \tanh \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

従つて

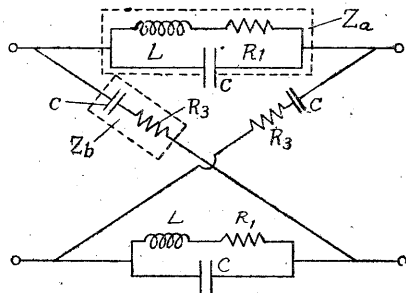
$$Z_0' = Z_0, \quad \Theta = \theta$$

となるから第7圖と第8圖と全く等價となる。第8圖の  $Z_0 \tanh \frac{\theta}{2}$  及び  $Z_0 \coth \frac{\theta}{2}$  は第7圖が對稱回路であるから之を第6圖の如き半分づつに分けて考へれば上述の事から  $Z_0 \coth \frac{\theta}{2}$  は半段の開放インピーダンスであり、 $Z_0 \tanh \frac{\theta}{2}$  は半段の短絡インピーダンスであることが(1)式から了解出来る。即ち任意の對稱回路の等價格子形回路を求めるには半段の開放インピーダンス  $Z_{if}$  及び短絡インピーダンス  $Z_{is}$  を求め、之を素子とする格子形回路を求めればよい。

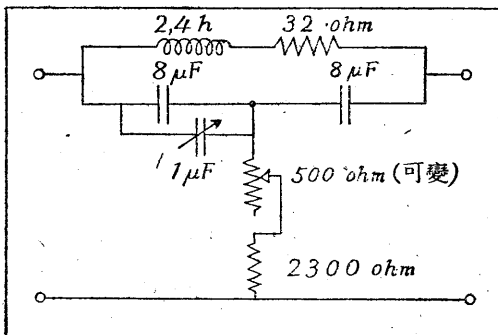
第2圖の對稱回路を二等分すれば第9圖を得る。従つて  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  を短絡したインピーダンスは第10圖の如く  $Z_1$  と  $Z_2$  の並列回路となり、之を開放したものは  $Z_3$ 。



第10圖 第11圖 第12圖



第13圖



第14圖 50 サイクル除去用濾波器

だけとなり第11圖の如くなる。従つて第9圖の等價回路は第8圖によつて第1圖となる。

C. 50 サイクル除去用橋絡丁形回路

第12圖の等價なる格子形回路を求めると第13圖となる。第13圖は第1圖の

$$Z_1 = R_1 + j\omega L, \quad Z_2 = \frac{1}{j\omega C}, \quad Z_3 = R_3 + \frac{1}{j\omega C} \dots\dots\dots (5)$$

となつた場合でホキートストール橋である。之のインピーダンスを計算するに

$$Z_a = \frac{1}{\frac{1}{R_1 + j\omega L} + j\omega C} = \frac{R_1 + j\omega L}{(1 - \omega^2 LC) + j\omega CR_1} = \frac{R_1}{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 R_1^2} - j \frac{\omega [CR_1^2 - L(1 - \omega^2 LC)]}{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 R_1^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$Z_b = R_3 - j \frac{1}{\omega C} \dots\dots\dots (7)$$

である。之が平衡するためには  $Z_a = Z_b$  でなければならないから

$$\left. \begin{aligned} R_3 &= \frac{R_1}{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 R_1^2} \\ C &= \frac{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 C^2 R_1^2}{\omega^2 [CR_1^2 - L(1 - \omega^2 LC)]} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

である。

$\omega_0$  なる角周波で平衡するとする。その角速度で

$$1 - \omega_0^2 LC = 0 \dots\dots\dots (9)$$

とすれば (8) 式は

$$\left. \begin{aligned} R_3 &= \frac{L}{CR_1} \quad \text{或は} \quad L = CR_1 R_3 \\ \omega_0^2 &= \frac{1}{LC} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

なる関係が成立せねばならない。

III. 設 計

此濾波器は 50 サイクルで尖鋭に平衡せねばならぬ。50 サイクル以外は出来るだけ通過せしめ度い。使用状態では増幅器の最終段の真空管の内部抵抗と負荷との値を一致せしめれば最大の出力を得る譯である。格子形回路の比例邊を計算に入れて  $R_3 \approx 5000$  程度ととつてみる。線輪の損失係數を  $\delta$  とすれば  $\delta$  は 5~10% 附近で一定である故

$$R_1 = \delta \omega_0 L \dots\dots\dots (11)$$

となる。  $R_3$  を與へたので (10) 式から

$$\left. \begin{aligned} L &= \frac{R_1 R_3}{\omega_0^2 L} = \frac{\delta R_3}{\omega_0} \\ R_1 &= \delta \omega_0 L \\ C &= \frac{1}{\omega_0^2 L} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

として  $L, C, R_1$  を決定する事が出来る。

(設計例)

$$R_3 = 5000 \text{ オーム}, \delta = 7\% \text{ とおく. (12) 式より}$$

$$L = \frac{\delta R_3}{\omega_0} = \frac{0.07 \times 5000}{2\pi \cdot 50} = 1.13 \text{ henry}$$

$$R_1 = \delta \omega_0 L = 0.07 \times 2\pi \times 50 \times 1.13 = 24 \text{ ohm}$$

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 (50)^2 \times 1.13} = 9.0 \times 10^{-6} \text{ Farad.}$$

實際 inductance coil を B.S 28 番線に捲き磁路の途中に空隙を入れれば  $L = 1.2 \text{ henry}$ ,  $R_1 = 16 \text{ ohm}$  となつたが大體満足によい結果と思ふ。

#### IV. 實驗結果

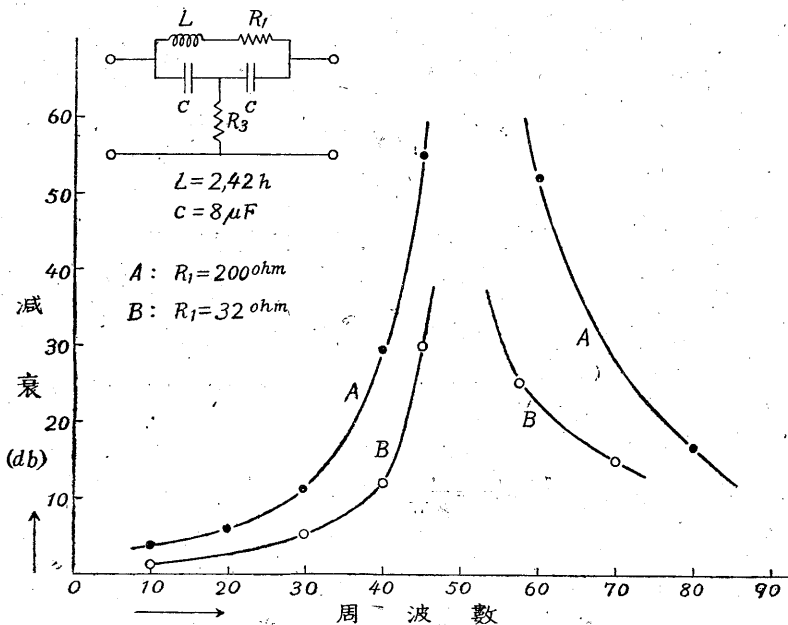
實際の配線は第 14 圖である。多少の周波數の變化を補償出来る様に  $1 \mu F$  を 4 つに切りかへて  $0.2 \mu F$  變化出来る様にした。抵抗は 2300 オームの固定抵抗の他に 500 オームが入れてある。周波數に對する減衰特性を知るには

$$\cosh \theta = 1 + \frac{\frac{1}{j\omega C} (R_1 + j\omega L)}{-\frac{1}{\omega^2 C^2} + 2 \frac{1}{j\omega C} R_3 + R_3 (R_1 + j\omega L)} \dots \dots \dots (13)$$

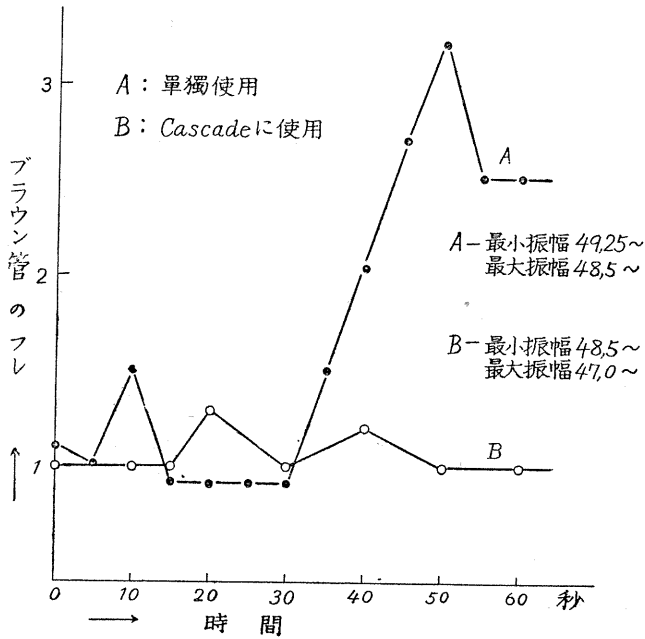
より計算すればよい。計算せる  $|\theta|$  の値は第 15 圖に示す。圖は  $R_1 = 32 \text{ ohm}$ ,  $R_1 = 200 \text{ ohm}$  の 2 つの場合についてその鋭さを示したものである。

最近の電力線の周波數は 46 乃至 49 サイクルの間を變化する故に此濾波器を單獨に使用して

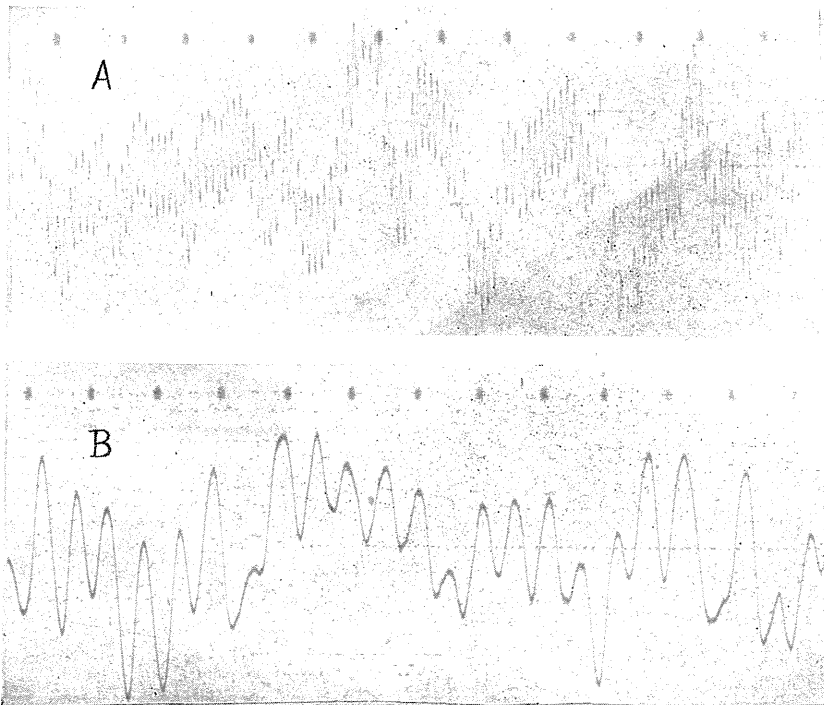
第 15 圖



第 16 圖



第 17 圖



満足な結果は得られなかつた。例へば電力線電壓を 5Volt に下げて濾波器に印加し、此回路の出力に依るブラウン管の振れ(振幅)の時間的變化を検べて見ると第 16 圖 A 曲線の様になり可

なり時間的に變化することが認められる。

そこで同調を少しずらして更にもう1つの回路を作り、之を直列に接続して同様の試験を行へば同圖 B 曲線の如くなり、相當一樣な出力が出て来る。此多少残留する出力は電力線中に含まれる 50 サイクルの高調波によるものである。斯様に電力線の周波数の時間的變化による濾波の不完全さは濾波器を2個重ねることによつて除くことが出来た。

第17圖 A は増幅器並びに被檢者を遮蔽することなく撮影した脳波であつて著明な 50 サイクルの交流が  $\alpha$  波に重疊してゐるのが見られる。同圖 B は上述の濾波器を用ひた場合の記録であつて 50 サイクルは完全に除かれてゐる。

#### V. 摘 要

電気生理學的實驗殊に高利得の増幅器を使用する實驗には電力線の周波数が甚だしく障碍となるから 50 サイクル除去用濾波器を設計試作し、之が實際脳波其他の研究に役立つことを示した。

#### 文 獻

- 1) Bartlett, the theory of Elect. Artificial lines and Filters.
- 2) 永井・神谷 傳送回路網學 78

光力學的的作用に關する研究 612.741

(第6報) 剔出單一骨骼筋纖維に就て血清の抑制作用

竝に組織學的及び光學的研究

(文部省科學研究費による研究)

長崎醫科大學生理學教室

清原 寬一・橋田 敖綱

Kiyohara-Kan-iti・Hasida-Yasutuna

(昭和18年10月7日受付)

I. 緒 言

光力學的的作用の發現には酸素の存在が必要である、從て酸化過程を抑制する如き條件は光力學的的作用の發現を抑制する理であり實驗的にも多くの證明がある。これと竝んで抑制作用に關して重大な意義を有することは細胞と色素との結合を阻害することで、此に屬するものと想像されてゐるものに血清の抑制作用がある。始め Busck(1) が此の問題に就て研究し其の抑制は血清蛋白と色素との結合に起因すると言つてゐる。Schmidt 及び Norman (7) は光力學的の溶血作用が Amino 酸によつて阻止さるゝことを見、蛋白の作用は結局其の中に含まれる Amino 酸の還元作用に因ると主張してゐる。Rask 及び Howell (6) は血清 Albumin の作用を主張し其他 Dognon (2), Jancsó (3), Szörényi (8), Jirovec 及び Ziegler (4), Wastl (9) 等も亦此の問題に就て研究してゐる。此の如く此の問題に關しては可なり多くの實驗があり、其の結果血清の抑制作用を有する事に異説を唱ふる人はないが更に詳細なる點、殊に機序に就ては未だ一致した定説がない。教室の芦塚及び古賀(近日發表の豫定)は此の點の追究を進めてゐるが、かゝる問題に關しては組織の種類、色素の種類及び濃度其他種々條件を異にした多くの實驗を必要とするもので、著者は此の意味より今日迄未だ報告を見ない分離單一筋標本に就て血清の抑制作用を検討した。

次に骨骼筋に見らるゝ光力學的的作用と關聯して組織學的變化に注目した人は意外に少く、古賀(近日發表の豫定)は固定標本に就て種々興味ある所見を得てゐるが、著者はこれを殘生單一筋標本について顯微鏡下に觀察しつゝ正常標本が光力學的的作用に對して現はす反應を時間的に追究した結果前報(日本生理誌 9 83)に記載した短縮と深い關係を有すると思はるゝ所見を得たので此に併せ報告する。

II. 實驗材料及び方法

材料は夏蓋の腓腸筋より分離した單一筋纖維で長さ5乃至10mm程度の無傷のものを選んで使用した。血清の作用に關する實驗の裝置光源等總て前報と全く同様であり、色素は Rose ben-

gale の 0.005 % のものを使用した。血清は専ら家兎の耳靜脈より採取した血液より遠心器によつて分離したものである。

組織學的研究に在ては筋纖維標本を載物硝子上に持ち來し兩端を軽く固定して移動を防ぎ、Ringer 液又は色素含有 Ringer 液を以て浸漬し前記同一の光源を反射して照射を行つた。

### III. 實驗結果

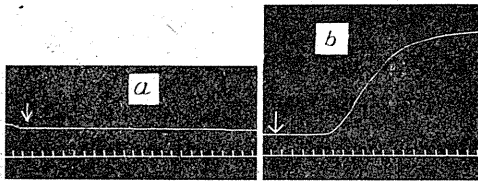
#### 血清の影響

##### A. 正常血清の場合

##### 1. 5%血清含有色素 Ringer 液

0.005 % Rose bengale 含有 Ringer 液内に 5 % の割合に家兎血清を混和した液内に標本を浸して後照射すると全 5 例共約 40' 迄は何等の反應を現はさぬ。同濃度の色素溶液のみでは前報に記載の如く平均 2'31'' の後著明なる短縮を起す。全 12 例中最も潜伏時の長いのは 3'30'' で 3' を超過する例は僅かに 3 例に過ぎぬ。又前報の實驗の中最も稀薄な 0.00005 % のものでは潜伏期も最も長く平均 10'28'' を算する、此等を参考にして本實驗では反應の起らぬ場合は大凡 30' 乃至 60' 間觀察する事にした。従て觀察した時間内では短縮が起らなくとも更に長時間後には短縮の起る可能性は勿論あるが上記の数値と比較すれば少くとも高度の潜伏時の遅延乃至は高度の抑制作用の存することは明かである。

第 1 圖 3%血清, ↓印照射, 時標 30'',  
a 血清, b 色素

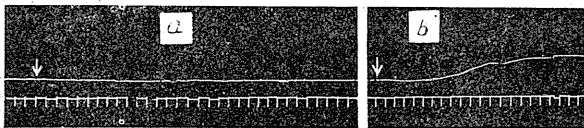


此の如く 40' に至るも反應の現はれぬものに就き色素含有 Ringer 液(血清を含まぬ)と交換後照射すると確實著明なる短縮を見る、其の潜伏時は全例略々 3' 前後の一致した値を呈する、即ち血清によつて強度に抑制さるゝことは確實である。

##### 2. 3%血清含有液

全 4 例共 20' 以上に亘つて反應現はれぬ、これを色素溶液に交換後照射したところ 1 例は 2'30'' (第 1 圖参照)、2 例は 1'30''、1 例は 20'' の潜伏時の後短縮を起した。第 1 圖は此の 1 例で矢印で照射開始をしたものであるが、血清含有の a では反應現はれぬが色素のみの溶液に交換すると照射後約 2'30'' にして明かなる短縮を來してゐる。

第 2 圖 2%血清, ↓印照射, 時標 30'', a 血清, b 色素



##### 3. 2%血清含有液

9 例中 1 例に於て照射後 10' で輕度(高さ 3mm)の短縮を見たが他の 8 例は 20' 乃至 40' 迄は全く反應を示さぬ。此等を色素溶液に交換後照射したところ早いものは照射直後、遅いものは 5' 後多くは 2' 乃至 3' 後明かなる短縮を見た。第 2 圖は此の 1 例で血清含有の場合は 30' 迄反應がないのに對

し色素溶液中では約 3' の潜伏時の後短縮を起してゐる。

#### 4. 1%血清含有液

前記濃度のものに比し抑制作用弱きものと想像さるゝ爲少しく長時間観察したが全9例の中5例に在て短縮を見た、短縮の大きさは1~6mm 平均2.8mm で潜伏時も著しく長く12'乃至40' 平均25'に達する。他の4例は何れも40'以上に亘り全く反應を認めぬがこれを色素のみの溶液に交換後照射すると全部例外なく短縮を起し潜伏時は30''乃至2' 平均1'15''を算する。

此の實驗例の中血清溶液中で反應を呈した5例に於て充

分の反應が現はれた時期に色素溶液に交換後照射したところ2例に在ては再び反應して短縮を起し他の3例は既に全く反應を見なかつた。第3圖は血清溶液中反應なく色素溶液中で短縮する例を示し、第4圖は血清溶液中で一旦短縮し色素溶液中で再度短縮を來した例、第5圖は血清溶液中で一旦反應を起すのみで色素溶液中では最早短縮を來さぬ例を示す。

#### 5. 0.5%血清含有液

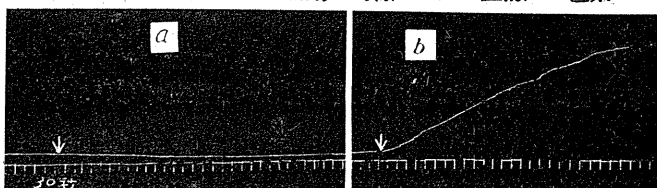
1%血清含有液では以上の如く抑制作用は著しく微弱であるが更に稀薄な0.5%に在ては抑制作用は益々減弱するものゝ様である、即ち9例中例外なく血清溶液中で既に明かなる短縮を起す。但し潜伏時は5~15' 平均11'、短縮の高さは2~9mm、平均6mmであつて色素のみの場合の夫々平均2'31'及び26.5mmに比すれば尙可なり抑制するものと思はれる。第6圖は此の1例を示す。

#### 6. 0.25%血清含有液

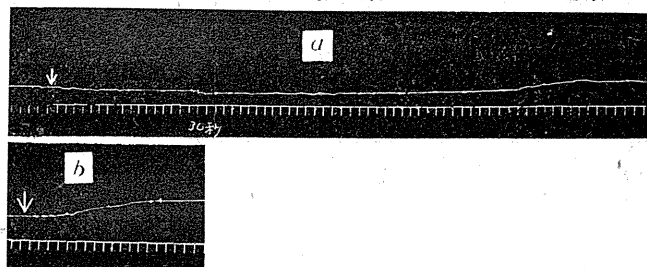
本濃度に於ては抑制作用は更に減弱し全5例共血清溶液中で短縮する、潜伏時は平均4'30''(3'30''乃至5')、短縮の高さは3~16mm、平均8mmを示す。色素のみの溶液の場合に比すれば尙輕度の抑制が存する。

#### B. 非働性血清の場合

第3圖 1%血清, ↓印照射, 時標 30'', a 血清, b 色素



第4圖 1%血清, ↓印照射, 時標 30'', a 血清, b 色素



第5圖 1%血清, 時標 30'', a 血清, b 色素



第6圖 0.5%血清, 時標 5'

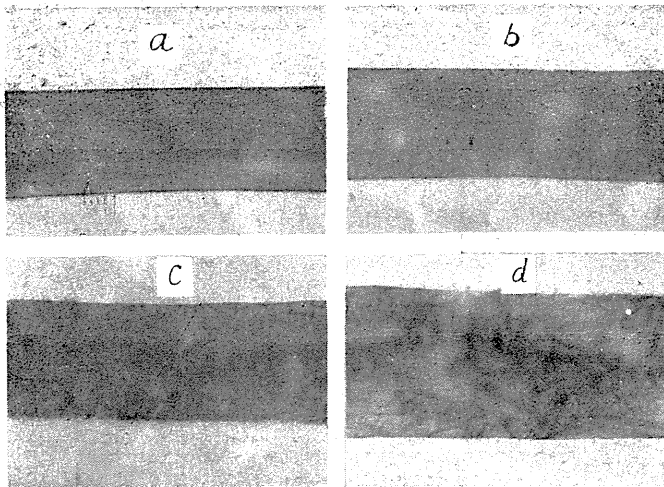


家兔血清採取後例に倣つて之を非働性と爲し正常血清との間に抑制作用の強弱の差異有無を實驗した。血清の濃度は2%及び1%の2種で前者8例、後者5例の結果に就て見るに抑制作用の程度は正常血清の場合に比し認むべき差異はない。

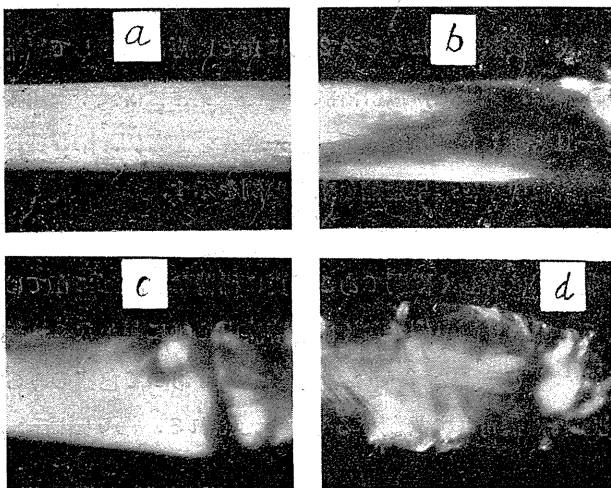
### 組織學的變化

筋纖維の無傷のものは單なる Ringer 液中に浸し照射しても顯微鏡下では 1~2 時間に亘つ

第7圖 0.005%色素溶液. a 照射前, b 15', c 22', d 35'



第8圖 0.0025%色素溶液, a 照射前, b 25', c 40', d 60'



ても何等特筆すべき變化を見ないのが通例である。又色素溶液中に於て暗所に靜置する時も同様である。これに反し色素溶液中で照射を行ふ時は極めて著明なる變化を起し其の變化と機能的變化を併せ考ふる時は甚だ興味ある關係を見出し得る。此に使用した Rose bengale の濃度は上記同様 0.005%のものである。照射後早いものは數分後先づ纖維内に極めて微細なる顆粒が無數に出現し之と同時に横紋は不鮮明となり遂に全く見えなくなる、所謂溷濁腫脹の像を呈する。次で或場合は顆粒が其の大きさを増し大小不同の顆粒が出現し、原形質は各所より移動を始め暫く不定方向の動搖を續けた後各部は不均一となり遂に原形質は各所に散在性に塊狀に集合する、所謂團塊狀變性の像を呈するに至る。或場合は溷濁腫脹の像を呈した後大なる顆粒の發現著明ならざるまゝ變化が進行し團塊狀變性の像を呈するに至つて靜止する。かゝる變性を起したものを Ringer 液に移すも最早何等の恢復も起らぬ。

一面筋纖維の幅も以上の變化に伴ひて次第に増大し著しい場合は照射前の2倍にも達する。次に光學的性質の變化を見る爲以上の経過を偏光顯微鏡下で觀察したところ照射前鮮明な光

學的構造が濁濁腫脹に相當する時期に於ては多少鮮明度を缺き以後或は偏光をよく透過せしめて明くなり或は反對に偏光の透過不良となつて暗くなる、かゝることを各所に於て繰り返して遂に光學的無構造の状態になる。第7圖は15'、22'、35'後の變化を現はす顯微鏡寫眞、第8圖は25'、40'、60'後の偏光顯微鏡寫眞を示す。

#### IV. 摘 要

血清が光力學的作用を抑制する事は多くの學者が認めて居り、著者も筋纖維に就て強力なる抑制作用を有することを見た。即ち0.005%の色素溶液内で照射すれば短縮が起り其の高さは平均2.65mm、潜伏時は平均2'30"であるが2%の割に家兎血清を混入すれば唯1例に於て10'の潜伏時の後軽度の短縮を見たが、他の例では20'乃至40'に至るも全く短縮は現はれぬ。更に濃厚なる場合も同様であつて血清によつて光力學的作用が抑制されることは略々明白である。尚かゝる例に就て色素溶液に交換後照射するに大凡3'程度の潜伏時の後例外なく短縮を起す事は更に抑制作用を確認するものである。又1%血清溶液の實驗例の一部で血清中で軽度の短縮を來したものを色素溶液に交換後再び照射することにより再度の短縮を起す例を見ることも血清の抑制を確認するものと見ることが出来る。

1%溶液中では約半数例に於て血清中で既に短縮を起し0.5%及び0.25%では例外なく短縮を起し其の高さ及び潜伏期は夫々平均2.8mm、6mm、8mm及び25'、11'、4'30"で血清の濃度が稀薄になるに從て短縮の高さは増大し潜伏時は短縮する傾向が明かに認められる。即ち血清の抑制作用は血清の含有量が減少するに從て減弱するものゝ様で、0.25%に於ては短縮の高さ及び潜伏時の長さより見て抑制作用は極めて微弱である。

組織學的及び光學的檢索によれば先づ最初に濁濁腫脹の像を呈し次第に原形質構造の破壊は進行し遂に團塊狀變性の像を呈する、同時に筋纖維の幅は著明に増大する。此の所見は筋の機械曲線に見らるゝ短縮及び其の不可逆性並に興奮性の變化の起因に極めて明解なる説明の根據を呈供するものと言へる。即ちLippay (5)及び著者の前報に記載した緩慢なる短縮は纖維の幅の増大が少くとも最も重大な原因の1つであると考へて差支へない。而して其の不可逆性は原形質構造の強度の破壊を考ふれば當然の事であり、又興奮性が短縮の初期及び其の直前に於て充進する事は濁濁腫脹の時期に相當するものゝすれば自明の事に屬する。Lippay (5)は興奮性は照射後不良となり遂に全く消失すると言つて居り著者の認めた一時的に短縮の初期に現はるゝ興奮性の充進は認めて居らぬ。組織學的に濁濁腫脹が現はるゝ以上一時的に機能の充進が見らるゝ筈であり、此の點彼の所見は妥當を缺く譏を免れぬ。彼の使用した標本は菲薄ではあつても全纖維が時間的に同時に同様の變化を起すことは極めて困難な事に屬する故詳細な點では或程度の不正確は免れなかつたものと想像する。

#### V. 結 語

蓋腓腸筋より分離した單一筋纖維標本に就て光力學的作用として現はるゝ短縮を目標として

家兎血清の影響を觀察し、併せて光力學的作用の現はるゝ時期の組織學的及び光學的の觀察を行つた結果を要約すれば次の通りである。

1. 筋纖維に於ける光力學的作用は色素溶液に1%以上の割に家兎血清を加ふることにより確實に著明なる抑制を受ける。

2. 血清の抑制作用は血清が稀薄なるに従ひ減弱し0.25%溶液では辛じて輕度の抑制を示すに止まる。

3. 感作筋纖維を照射する時は組織學的に極めて著明なる變化を呈する、溷濁腫脹に始まり遂には團塊狀變性の像を呈し原形質は全く其の構造破壊さるゝに至り、筋纖維の幅は著しく増大する。此の所見は機械曲線に見らるゝ緩慢に進行する不可逆性の短縮、短縮初期附近に於て一時的に見らるゝ興奮性の亢進及び遂に興奮性が完全に消失する事の説明の極めて重要な根據となる。

4. 組織學的變化と同様光學的にも構造漸次不鮮明となり遂に光學的無構造に陥る。

擧筆にあたり組織學的所見に就て御助言を頂いた長崎醫科大學東亞風土病研究所金子教授に深謝の意を表す。

#### 文 獻

- 1) Busck, G. (1906) Biochem. Z. 1
- 2) Dognon, A. (1928) C. R. de la Soc. de biol. 98
- 3) Jancsó, N. (1931) Zentralbl. Bakt. Parasitenk. 122, 123
- 4) Jirovec, O. und Z. Ziegler (1933) Z. ges. exp. Med. 90
- 5) Lippay, F. (1930) Pflügers Arch. 224
- 6) Rask, E. N. und W. H. Howell (1928) Amer. J. Physiol. 84
- 7) Schmidt, C. L. A. und G. H. Norman (1922) J. gen. Physiol. 4
- 8) Szörényi, E. (1932) Biochem. Z. 252
- 9) Wastl, H. (1926) Arch. f. exp. Pathol. 114

## 肝臟組織に因る 2, 3呼吸基質の酸素分解

竝に其膽汁酸による阻止 612, 353 : 357, 14

### 肝臟機能に對する膽汁成分の影響 (第3報)

日本醫科大學生化學教室

佐藤正文

Satoo-Masahumi

(昭和18年10月12日受付)

肝臟の組織呼吸は膽汁酸により概して抑制されるが、稀薄な濃度に於ては幾分促進的な効果も見受けられる(佐藤 1555, 2160)。この抑制又は促進作用は肝臟組織に於ける脫水素機構のいつれかに阻止的又は促進的影響を與へることによつて考へられるが、それがどの様な性質の反應であるかは不明である。本報告に於ては、この點を吟味するために、2, 3の糖中間體の肝臟組織による分解に對して、膽汁酸の影響がどの様に現れるかを調べた。これらの糖中間體分解の機構は、肝臟組織に關しては未だ充分系統的に發展を見るに至つてゐない模様であるが、これら物質に對する脫水素機構は、筋肉に於ける機構の如く其呼吸反應に於ける水素傳達系の重要な一環をなしてゐるものと考へられる。従つて膽汁酸による呼吸阻止が、單に之等の部分的基質酵素系に對するものであるか、或は呼吸酵素系に對するものであるか、或は又全般的に非特異的な酵素阻害劑として作用するのであるかを、酸素消費量の測定のみから斷定することは困難であらうと考へられる。併しながらこれらの中間基質の分解による酸素消費の増加と、これに對する膽汁酸の阻止作用とを對照させて考へるならば、その間に若干の推定材料を提供することが出来るかもしれない。

#### 實驗方法

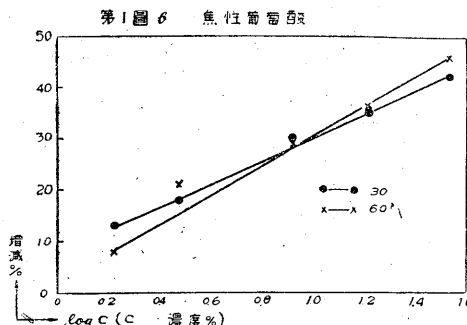
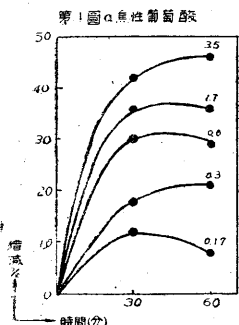
焦性葡萄糖、琥珀酸、枸橼酸等を基質として、白鼠肝臟組織の保生切片による分解を、専ら Warburg の測壓装置によつて、酸素消費量の上から觀測した。基質の分解量を目標とするので、其濃度は生理的な濃度を超へた大量を用ひた。以下記載する濃度は、それぞれ添加後の媒液中に於ける最終濃度を表はす。膽汁酸は阻止効果の點から代表的なものとして Desoxychol 酸の曹達鹽溶液を用ひ、これも又添加最終濃度として記載する。便宜上酸素消費量はすべて酸素係數  $Q_{O_2}$  を以て扱ひ、對照實驗値に對する百分比をとつて呼吸増減率とし、これを分解量の數値に代用した。以下の圖に示すのはいずれも6乃至9例の觀測から平均を求めたものである。呼吸槽中の組織切片媒體液は常に Ringer 液を用ひ、添加物質による pH 値の變化を出来るだけ補正した。

實驗順序は大體以下の方針に従つた。先づ焦性葡萄糖、琥珀酸及枸橼酸の各種濃度に就て、肝臓保生切片による分解のための酸素消費量或は呼吸増進と解すべき量的觀測を行ひ、肝臓切片によるこれ等物質の酸化分解を比較し、それによつて個々の基質の意義を求め、更らに膽汁酸による阻止現象が、これらの機構と如何なる關係に立つやを檢討した。

實驗成績

其 1. 焦性葡萄糖

焦性葡萄糖の肝臓組織による分解は其濃度に完全に比例する。第1圖 a 及 b に其結果を示す。

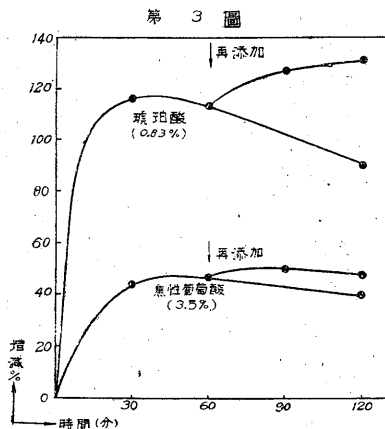
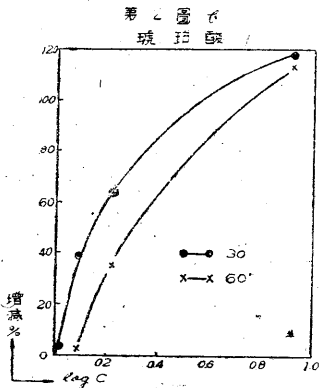
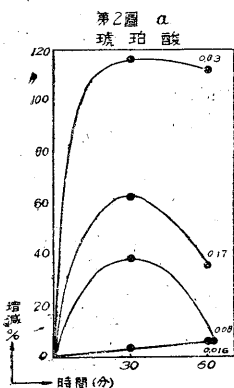


添加した焦性葡萄糖の濃度は0.17, 0.3, 0.8, 1.7及3.5%の5種の濃度であつた。後に述べる琥珀酸の場合に比べて、一般に各濃度共その分解が緩慢であつて作用が持続

する様に見える。更らに最高  $Q_{O_2}$  を持続してゐる時期に同じ濃度の基質を再添加すると、 $Q_{O_2}$  も又更らに上昇して同じ傾向の曲線を以て推移する(第3圖)。

其 2. 琥珀酸

琥珀酸の場合も上記焦性葡萄糖の場合と質的には同じ傾向が見られるが、其分解速度は後者に較べて遙に大きく、量的にも著しい増加が見られ、しかも60分目に於ける値は既に著しく低下してゐる。此場合も分解量は其濃度に比例してゐる。此場合の實驗に用ひた琥珀酸の濃度は焦性葡萄糖の場合に較べて遙かに低く、最高濃度に於てすら後者の3.5%に對し0.83%、最低濃度も又  $1/10$  程度に過ぎなかつた。しかも其酸素消費量は比較にならぬ程大きい。結果は第



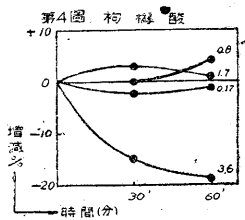
2圖 a, b に示す通である。第3圖にも其比較で明らかに示されてゐる。

此場合注意してよい事は、琥珀酸の最低濃度 0.016 % は、生理的な濃度に近いものと考ふべく、この濃度では分解といふよりも、組織の呼吸を維持する力として現はれてゐる様に思はれる。

更らに此場合も再添加實驗を試みた。即 0.83 % の濃度に於て高い  $Q_{O_2}$  値を維持してゐる時期に、同じ濃度の基質を再添加すると、 $Q_{O_2}$  は更らに一層の上昇を示すのを見た(第3圖)。此場合も再添加の影響は焦性葡萄糖の場合に比し遙に大きい。

### 其 3. 枸 櫞 酸

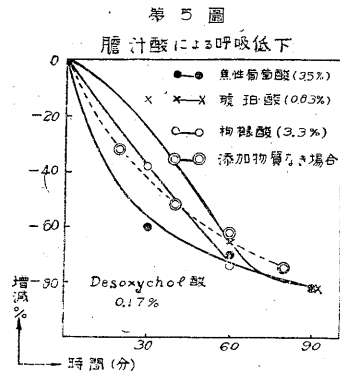
枸櫞酸の場合は前記二物質とは稍其趣を異にし、比較的低い濃度に於ては(琥珀酸の場合の最高濃度に比敵する)僅かに呼吸促進乃至單に呼吸を維持する程度の作用が認められるが、高い濃度(3.6%)では明らかに呼吸が抑制される。此の様子は第4圖に示した。



### 其 4. 胆汁酸による呼吸低下

前報にも述べた様に、組織呼吸は胆汁酸の添加により顯著に抑制され、これは特に Desoxychol 酸に於て著しい。しかもこの抑制は時間の進むにつれて漸進的に顯著となる様な性質のものである(第5圖對照曲線)。

今それぞれ前記三基質を添加した呼吸槽に、それぞれ Desoxychol 酸鹽を 0.17% に追加すると、いつれの場合にも顯著な抑制が現はれ、それらの各曲線は其性質上大體に於て對照曲線に一致する。即、分解度の差異は相當顯著であつても、胆汁酸による抑制現象の質も量も殆んど差別なく實現されるのである。この事はこの問題を考へる上に於て極めて興味ある材料であらうと考へられる。



### 實驗の結果に就て

實驗成績の示す様に、焦性葡萄糖も琥珀酸も、共に比較的速やかに肝臓切片によつて酸化分解される。枸櫞酸の方は、肝臓切片によつて分解を蒙る程度が極めて少ない。少なくとも切片組織によつてこの物質が著しい酸素消費を伴ふ分解を受けるものとは認め難いのである。従つて著者は焦性葡萄糖及琥珀酸を肝臓切片に對する呼吸基質とする一般の考に従ふべきものとするが、枸櫞酸の呼吸基質としての意義は、少なくとも肝臓に於てはむしろ疑はるべきであらうと考へる。

焦性葡萄糖と琥珀酸との間の主要な差別は、前者に比し後者の方が遙に酸素消費が高く、且分解の速度も著しく大きいといふ事である。

以上の様に、この三種の基質の存在による肝臓切片の酸素消費は、質的に或は量的にそれぞ

れ相異なる點がある。そしてこれに対する膽汁酸の呼吸阻止現象は、基質の相違にもかかはらず殆んど同じ性質の推移を以て實現されるのである。即、膽汁酸の呼吸阻止現象は、基質の種類とは無關係に現はれる。この事は恐らく膽汁酸の組織呼吸阻止の機轉が、これらの部分的な脱水素酵素系に即して行はれるのではなくて、もつと酸素活性化系即呼吸酵素系に近く行はれるものと解すべきか、或は普遍的に、酵素の蛋白擔體部に何等かの阻止的効果を実現してゐるものと解すべきであらう。膽汁酸による呼吸阻止の經過が、時間的に漸進推移してゆく様な性質である事も、恐らく其反應が單なるイオンの反應ではなくて、もつと緩漫に推移する蛋白體の非働化の様な反應であるためと解されるのである。この事は膽汁酸の持つ高度の表面活性に原因してゐるのかも知れない。

### 結 び

1) 焦性葡萄糖、琥珀酸及び枸橼酸の肝臓切片による費酸素的分解の量を比較し、琥珀酸の分解が最も著しい事と、枸橼酸が豫想外に分解を受けない事等を認めた。

2) 膽汁酸による組織呼吸の阻止現象は、之等の基質の存否にかかはらず、常に質的にも量的にも、著しい差別なくして實現される。

3) 以上の事から、膽汁酸による組織呼吸の阻止が、どの様な性質のものと推定されるかといふ事に就て考へた。

附記 この實驗は上代教授の指導により、又文部省科學研究費の補助によつて行はれた。

### 文 獻

1) 佐藤正文 (1942) 日本生理誌 7

2) 佐藤正文 (1943) 日本生理誌 8

胆汁中の組織呼吸促進物質 612.353:26  
肝臓機能に對する胆汁成分の影響 (第4報)

日本醫科大學生化學教室

佐藤正文

Satoo-Masahumi

(昭和18年10月12日受付)

組織切片を含む呼吸槽に人の胆汁を加へると屢々著しい呼吸の増進が見られる。著者は偶然の機會にこの事に氣付いたので、この問題に就ての實驗を試みた。この呼吸促進物質の主體を明らかにする事は出来なかつたが以下この問題に關して扱つた幾つかの實驗結果を報告しよう。今までのところでは、反應過程から見てこれを單純な酵素反應と認めるには疑があり、この物質にどれ程の生理的意義を歸せしめるべきかは判然しない。

観 察

前報告(佐藤 1 555, 2 160, 3 341)で述べた様に胆汁酸鹽の稀薄な水溶液を呼吸槽に加へると、組織呼吸は顯著な影響をうけ、胆汁酸鹽の濃度が或程度以上に達すると完全に酸素消費が停止される。これは胆汁酸鹽の種類により量的には著しい差異が見られるのであつて、或場合には多少質的の差異をも認めねばならないかと思はれる。そこで著者は試みに、採取後十數時間室温に放置してあつた人間の胆汁を稀釋して呼吸槽に加へて見たところ、意外にも顯著な呼吸促進が認められた。しかしこの促進量は胆汁の個別によつて甚だ不定であつて、或場合には全く促進効果が見られないのに、他の或場合には40%もの増加を見た。實際は後に實驗した様に100%の増加を見る場合もある。特に顯著な事實は、家兎の胆汁の場合には決してこの様な促進は認められないといふ事である。尙この様な促進の程度は、其胆汁中に含有される胆汁酸の濃度とは互に無關係である。

著者はこの様な觀察を出發として、實驗的にこの事實の性質を明らかにしようと試みた。

實 驗

肝臓切片の酸素消費量を Warburg の壓力計によつて測定し、これに諸種の條件に置いた胆汁の一定量を添加して呼吸量の變化を記録した。組織切片は必要に應じて肝臓以外の臓器のものをも用ひた。呼吸促進因子の性質を調べるために其の生成條件を検討し且其濃縮をも試みた。

1. 人間胆汁添加による肝臓呼吸量の變化

胆汁試料は主として病理解剖屍體から採取し、一部は外科的手術の際に採取した。必ずしも無菌的に扱つたのでないから、嚴密に細菌感染を防ぐ事は出来なかつたが、この點に關しては

後に實驗的に扱つた。

先づ呼吸槽副室に稀釋した膽汁の0.1 ccを入れて置き、主室の肝臟切片による酸素消費の20分間値を測定し、次で副室の膽汁を添加した直後から20分間隔で酸素消費量を測定する。この値を同時に行つた無添加對照切片の酸素消費量との差によつて呼吸増減の判定を行ひ、其値は百分比的に、即添加前の値を100とし、其後の値をこれに準じて實測値から計算した。以下の表並に圖に示した増減の数値はすべてこの値である。

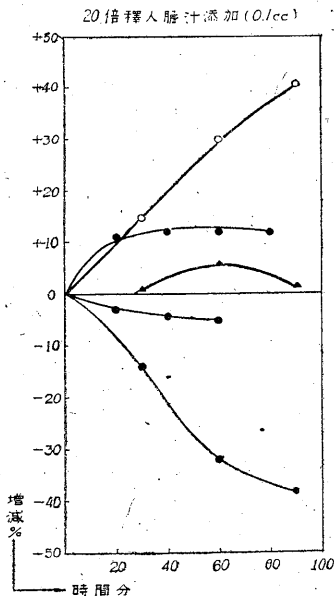
(a) 添加量

第1表に示す様に、確實に呼吸促進効果のある膽汁に就て調べたところによれば、膽汁濃度の低い場合には其効果は見られず、一定の濃度以上のものを加へた場合にのみ其効果が見られる。これにより以下の諸實驗は大體この濃度に従ふ事とした(あまり濃くなると膽汁酸其ものの抑制効果が現はれる筈であるから)。測定は便宜上20分毎に行つた。即20分を時間區として、初期呼吸量を100で表はした場合の毎時間區に於ける呼吸量を示した。

第 1 表

時間(分)	200倍人膽汁0.1cc添加					100倍膽汁同前					20倍膽汁同前				
	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
呼吸量百分値	(100 100 100 93 89)	(100 100 97 93 87)	(100 94 94 85 81)												
( )内數は對照値	(100 93 86 80 73)	(100 97 100 95 90)	(100 87 83 83 76)												
	(100 92 85 81 75)	(100 100 100 95 90)	(100 95 93 93 115)												
	(100 87 83 78 73)	(100 93 90 90 87)	(100 98 87 83 80)												
	(100 90 85 77 74)	(100 90 88 85 85)	(100 95 90 108 115)												
平均増減%		-1	-2	-1	-1	0	-1	-2	0		+5	+5	+16	+33	

第1圖



(b) 膽汁の個別差

冒頭に述べた様に、人の膽汁の個別差により、上記の様な効果が必ずしも一定の方向にばかりには現はれず、或場合には、添加によつて反つて呼吸の抑制をうける場合もあつた。其模様は第1圖に示した。この様に効果の不定である事は、促進因子の量的差異と、含有膽汁酸の量に於ける差異との、兩方の關係によつて現はれた結果と考へられる。特に抑制的な効果の模様は前報告に於ける膽汁酸の抑制曲線と近似である。この抑制の様子は次項の家兎の膽汁の添加によつて起る抑制に於て一層膽汁酸のそれに近似である。

2. 家兎の膽汁の場合

家兎の膽汁では人間の膽汁に見られた様な促進的な効果を見る事が全然出来なかつた。これは後の項にある様に實驗的に効果因子を高める様な條件を與へた場合にも全く認められなかつた。この事は極めて顯著な

事實である。家兔の膽汁では次圖に示す様に10倍稀釋以上の濃度では常に明らかな抑制効果が見られ、しかも其抑制は時間と共に著しく増大して来る、この事は其抑制が含有膽汁酸によつて行はれてゐる事を充分推定させる。しかも非常に稀い場合には極めて僅かではあるが幾分促進的な相のある事も一層この考へに合致する。

3. 促進効果發生の條件

上に述べ來つた様に、人間の膽汁に含まれてゐる呼吸促進的な効果因子の量は、個別的に非常にまちまちであるがこれに一定の処理を加へた場合に、この因子の濃度に變化を與へる事が出來ないであらうか。一般的に言つて、手術時に採取した新しい膽汁では、比較的其効果量が低く、それは保存によつて屢々効果量が高まる様に思はれる。

著者は比較的效果量の低い膽汁を選び、これに室溫に於て數時間酸素瓦斯を通氣して、その前後に於ける効果量を比較して見た。その結果によれば第3圖に示す様に、通氣後は明らかに効果量が高まつてゐる。

更に同様の膽汁を 38°C に於て 13~15 時間保存した後にそれぞれ其効果量を比較した。これも第4圖に示した様に著明に効果量が高まる事實が見られた。圖に示したのは最極端なものと同程度のもものを選んである。兎に角保存前に較べると殆んど例外なく増加する。しかし圖に示した 90分目に於て 100%も増加する様な例は稀であつて、多くは40~50%の増加に止まる。

この様な保存による變化の程度は豫め稀釋して置いた膽汁に就ての方が著明で、濃厚な膽汁を保存後稀釋した場合にはあまり影響が顯著でない。

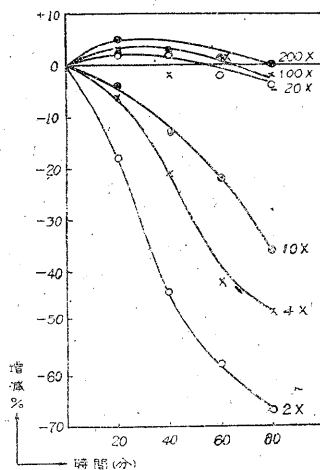
4. 白鼠の小腸及腦の呼吸に對する影響

前項の様に處理した膽汁による作用を、白鼠の小腸及腦に對しても調

べた。其結果は第5圖に示した様に、矢張り肝臟に對すると同様に呼吸促進効果を持つてゐる。

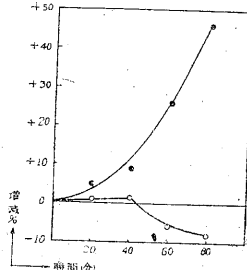
第2圖

家兔膽汁 + 添加 = 30%  
呼吸量變化 (%) 平均

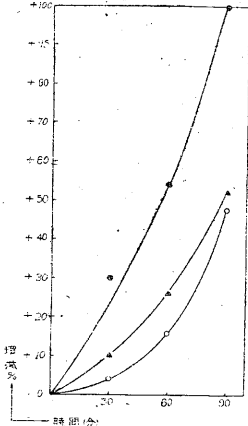


第3圖

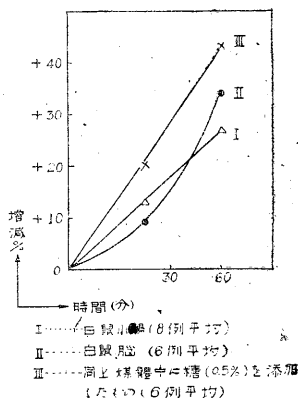
豚草通氣前後の比較



第4圖  
36°C、13~15時間保存  
20倍人膽汁外液の比較



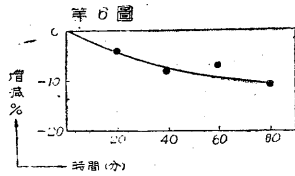
第5圖



I.....白鼠小腸 (6例平均)  
II.....白鼠腦 (6例平均)  
III.....同上様膽汁中白糖 (0.5%) を添加した (6例平均)

## 5. 細菌感染に就て

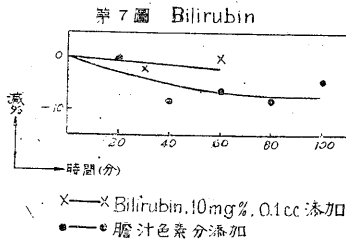
上記の効果は胆汁を煮沸すると失はれる(後述)。又呼吸上昇曲線から見ても、一應感染細菌の増殖による酸素消費を、効果の本體として疑つて見なければならぬ。事實採集胆汁は必ずしも悉く無菌的であるといふわけでもなく、又保存中細菌感染の機会も少くなかつたので、特に呼吸促進効果の高い胆汁から感染細菌の培養を行ひ、この培養細菌を集めて浮游液を造り、



これの酸素消費量を測定したのみならず、更に肝臓切片の呼吸に對する影響の有無をも調べた。其結果によれば、細菌浮游液のみではあまり著しい酸素消費を示さず、先づ上記實驗に於て求めた計測値に關係すると考へるには遠く及ばない程度に留まつた。更に肝臓切片の呼吸に對する浮游液添加の影響も殆んど問題にし得る程には至らない事を知り得た(實際には各例とも呼吸の増加を示さなかつた、第6圖)。

かくして前記の効果を細菌そのものの酸素消費と認める事は困難である。

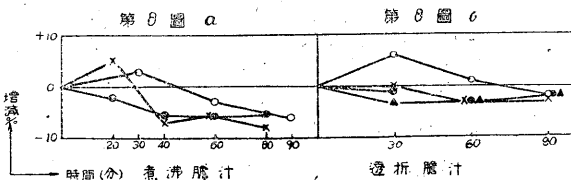
## 6. Bilirubin の作用



前報告に述べた様に一般に胆汁酸は組織の呼吸に對して大體抑制的に作用し、稀い濃度の場合には僅かな促進を示すが、その程度は今著者が扱つてゐる問題を説明するには遠く足りない。従つて著者は一應 Bilirubin に於て其作用を調べてみたが、これ又組織呼吸に對して殆んど見るべき影響を與へない(第7圖)。

影響を與へない(第7圖)。

## 7. 効果物質の性質に就ての實驗



## (a) 熱による不活性化

促進効果の明らかな胆汁を煮沸すると其効果は失はれ、又 50°C に 2 時間放置しても、既に其作用は消失する(第8圖 a)。

## (b) 透析の影響

明らかに促進効果のある胆汁を透析すると、其効果は全く失はれる(第8圖 b)。

## (c) 透析したものに煮沸胆汁を添加することによる効果の再現

透析によつて失はれた効果は、これに煮沸した胆汁を添加することによつて殆んど完全に再現される。此際も添加した透析胆汁は大體原胆汁の 20 倍稀釋のもの 0.1cc であり、これに加へた煮沸胆汁も同様 20 倍稀釋のもの 0.1cc であつた(第9圖)。

## (d) 硫酸安門による鹽析

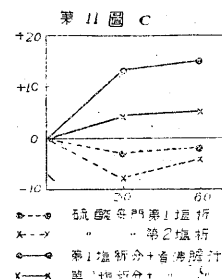
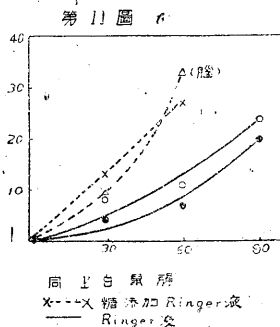
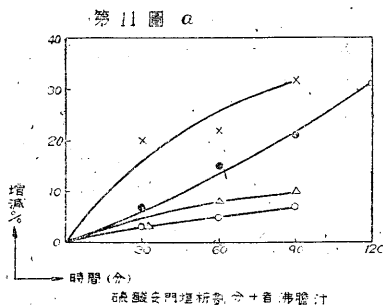
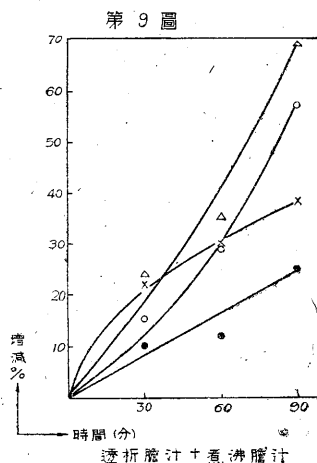
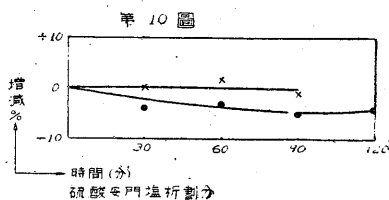
有效胆汁を硫酸安門を以て飽和すると、胆汁酸が鹽析されるが、比重の關係で其上層部に浮

游して別の析出物が得られる。この部分を注意して胆汁酸層と分離し、このものを再び水に溶かし、流水に対して透析した後効果を檢した。この部分には全く効果がない(第10圖)。

併しこれに再び前項の様に煮沸胆汁を加へると効果が再現出来るが、その程度は前項のものに較べると遙かに

劣つてゐる(第11圖 a)。この實驗は白鼠の腸に就ても行つたが、全く同様の結果を見た(第11圖 b)。硫酸安門による鹽析は、半飽和程度の方がよい様である。飽和度が高いと胆汁酸の混含量が多くなるために抑制されるのであらう(第11圖 c)。

鹽析の殘留液には効果がない。



(e) 肝臟エキスの作用

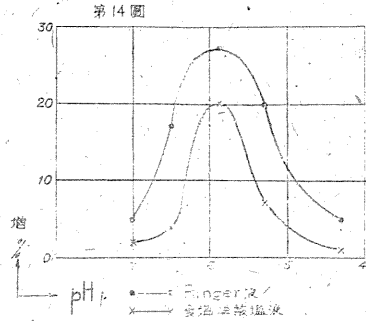
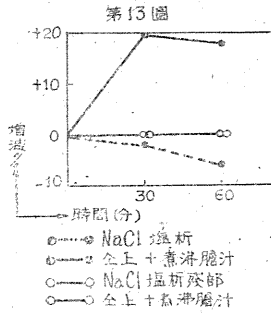
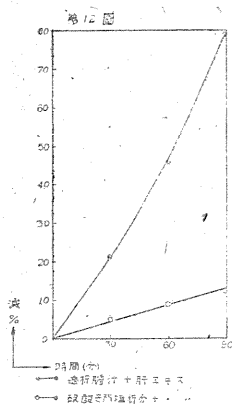
煮沸胆汁の代りに肝臟エキスの添加を試みた。この場合も煮沸胆汁の場合と同様に透析した胆汁に對し、又硫酸安門で鹽析した胆汁に對し、効果を再現させる力が見られた。これ又前項同様に、硫酸安門によつて鹽析された劃分からは、其効果再現の力が微弱であつた(第12圖)。

(f) 食鹽による鹽析

食鹽による鹽析の實驗結果も大體硫酸安門の場合と同様である(第13圖)。

(g) 水素イオン濃度の影響

効果が不定であるのは水素イオン濃度の影響をうける事にもよるかと思はれ、かたがた効果量に對する媒體液水素イオン濃度を調節してしらべてみた。媒體液としては通常の Ringer 液の外に、食鹽を加へた磷酸鹽緩衝液を用ひ、それぞれ數種の pH 値に調整して實驗を行つて効果量を比較した。その結果によれば、pH 5.9 のものに於て最も効果量が大きく現はれ、大體 pH 6 附近に最も都合のよい點がある様に見うけられる(第14圖)。實驗胆汁は特に pH 7.0 附近に於て作用力の少なかつたものである。



總 括

- 1) 人間の胆汁を加へると、屢々肝臓の組織呼吸が高まる事がある。人間の胆汁を 38°C に十數時間放置すると、この作用が殆んど例外なく現はれる様になる。或は酸素瓦斯を通氣しても現はれる。しかし家兎の胆汁ではこの様な現象は起らない。
- 2) この様な作用のある胆汁を煮沸すると、この作用は失はれる。50°C で 2 時間程度放置しても其作用は既に大半失はれる。
- 3) この現象は、感染細菌それ自身による酸素消費の現はれではない。又感染細菌それ自身が、組織の呼吸を高めるのでもない。
- 4) 作用力のある胆汁を透析すると、其作用力は失はれる。しかるに、これに煮沸した胆汁又は肝臓エキスを加へると再び作用力が得られる。
- 5) 作用力のある胆汁を、硫酸安門又は食鹽で鹽析すると、其鹽析分には作用力がないが、これに煮沸胆汁又は肝臓エキスを加へると再び作用力が現はれる。併しこの現はれ方は前項のものに較べると遙に低い。鹽析の残留物には效果物質は存在しない。
- 6) 上記の様な作用力は水素イオン濃度の影響をうけ、pH 6.0 附近に最適な點がある。
- 7) 上記の様な組織呼吸の促進は、單に肝臓に限らず、腦髓や小腸に就ても認められる。
- 8) 呼吸増加の様子は、時間に伴つて漸増してゆく様なものであるから、これを單純な酵素反應によるものとは考へ難い。
- 9) 上記の様な現象の本質は未だ不明であり、作用因子が何であるかも判らない。勿論生理的な意味等も今のところ明らかでない。

結 び

- 1) 人間の胆汁には、組織呼吸を著しく高める力をもつた物質が含まれてゐる。
  - 2) この因子の發生條件や、性質等に就て調べた。
- 〔附記〕 この實驗は上代教授の指導によつて行はれ、文部省科學研究費の補助をうけた。

文 獻

- 1) 佐藤正文 (1942) 日本生理誌 7
- 2) 佐藤正文 (1943) 日本生理誌 8
- 3) 佐藤正文 (1943) 日本生理誌 8

## 犬膀胱の等長性收縮 612.467.1

北京大學醫學院生理學教室

横山正松

Yokoyama-Syōmatu

(昭和18年10月13日受付)

### I. 緒言

骨盤筋(1)、心臓(3)、小腸(4)、輸尿管(7)が伸展の程度によつて收縮力を異にし、一定の伸展度のもとで最も大きい收縮力を示すことは、既に詳しく研究されてゐるが、膀胱に就ては Buresti がモルモットの膀胱を液體で充滿し、之を電氣的に刺激し、充滿度が大きければ大きい程膀胱の收縮力が大きくなると述べてゐるのを Bocci(2)が簡単に紹介してゐるのみであり、未だ詳しくは研究されてゐない。そこで私は犬の膀胱の内容の大小、即ち膀胱筋の伸展の大小が、膀胱の收縮力に如何に影響するかをしらべ、多少の新知見を得たので次に報告することにする。

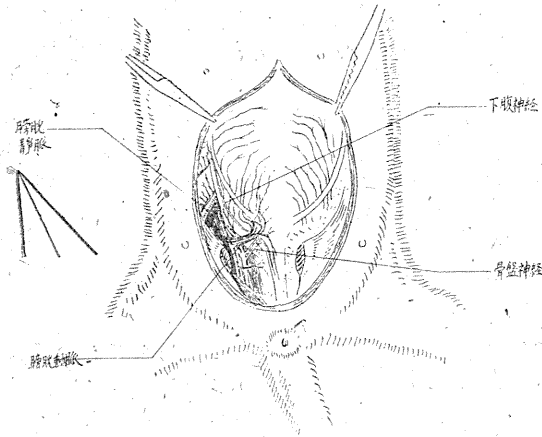
### II. 實驗方法

膀胱の收縮力を見るには膀胱の容積を變らぬ様にして置て骨盤神経を刺激し、その時に現はれる内壓のたかまりを見ればよい。即ち膀胱に等長性收縮を營ませればよい。いろいろの容積のもとでかかる等長性收縮を膀胱に營ませることによつて、膀胱筋の伸展の大小と膀胱の收縮力との關係を追求することができる。

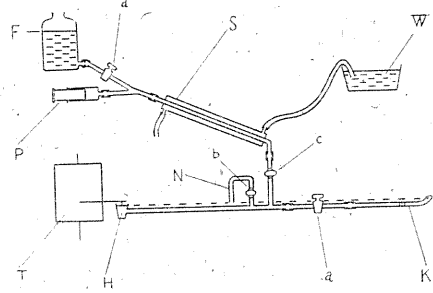
Morphin は後に述べるごとく膀胱の收縮力を弱めるから、Morphin による基礎麻酔を施さず、Ether のみで 10~14kg の牝犬を麻酔し、先づ腹位に固定し、第7胸椎の高さで脊髓を切斷し、その後の實驗中の出血を防ぐ爲に 58°C 熔融點の Paraffin をとがして脊髓の切斷箇所を詰めて置く。かくすれば下半身の骨盤筋の運動はなくなり、又切斷箇所より上部にある中樞神経の膀胱への影響も除かれる。この手術が終つた後は Ether 麻酔を施さず實驗を行つた。

骨盤神経の露出方法は次の如く梶田(5)の記載に従つた。犬を背位にし兩側の恥骨上枝及び下枝を切除し、之に附着する下肢筋を側方にわけ、骨盤腔内の結腸を少し左方によせると第1圖のごとく膀胱に行く膀胱動脈に沿ふて、右側骨盤神経が走つてゐるのが見られる。この骨盤神経をできるだけ中心側で切斷し、これに Ludwig の深部電導子を装置した後、この電導子をワゼリンを塗布した綿で包み更に薄ゴム膜で之を覆ふ。かくすることによつて骨盤神経の周圍に電流が滑走するのをさけた。左側の骨盤神経にも同様な操作をして電導子をあてて置く。

第1圖 牝犬の右側骨盤神経の走行  
膀胱を液體で極度に充滿し神経、動脈、静脈をわかりやすくして置た



第2圖 犬膀胱の等長性収縮の實驗装置  
K カテーテル, H Hürthle の膜壓力計, N 側管, T 描記圓筒, F 生理的食鹽水貯藏瓶, P 20cm<sup>3</sup> の注射筒, S 蛇管, W 39°C の水を入れた水槽, a, b, c, d 二方活栓.



實驗装置は第2圖に示されるごとくである。先端に小さい孔を持ち頸部に輪狀の溝がつけられてあるカテーテル K に生理的食鹽水を滿し、腔より尿道を通して膀胱に入れる。尿道をその中間部に於て木綿糸で固くしぼる。その際カテーテルの頸部にある輪狀の溝でしぼればカテーテルはしつかりと尿道に固定される。カテーテルの他端は活栓 a を介して Hürthle の膜壓力計 H に連絡される。膜壓力計の描記槓杆の長さは 12cm, 膜の直径は 7mm であり, 2m の水壓にも耐え得る厚いゴム膜が用ひられ, 各實驗毎に新しいものにはりかへられた。この膜壓力計には 2つの金屬管が附屬し, 活栓 b 及び c によつて側管 N と膀胱充滿装置につらなる。膀胱充滿装置は 39°C の水を入れた水槽 W より常に温水を供給される蛇管 S, 及び生理的食鹽水溶液 1l を貯藏する瓶 F と 20cm<sup>3</sup> の注射筒 P よりなる。之等の間にはガラス Y 字管及び活栓 d を圖示のごとく装置して置く。各管を連絡する場合には管の端と端を密につけ, 厚ゴム管で之を覆ひ太い糸でしつかりしぼつて置く。

あらかじめ各管の中に液體を滿す, もし空氣があれば側管 N の開口部より出して置く。活栓 a, b を開き活栓 c を閉ぢ, 側管 N の開口部の高さ と Hürthle の膜壓力計の膜面及びカテーテルの小孔の高さを同一水平面上に置けば, 膀胱内にたまつてゐる尿が側管 N より流れ出る。尿が流れ出なくなつた時の膀胱内壓及び膀胱容積は零である。この内壓の零線を描記圓筒に描記して置く。活栓 c を閉ぢたまま活栓 d を開けば貯藏瓶 F 内の液體は注射筒 P の中に流れる。注射筒に 20cm<sup>3</sup> の液體が入つた時活栓 d を閉ぢる。

神経刺激には頻數感應電撃を用ひ, 兩側の骨盤神経を同時に刺激し, あらかじめ 20cm<sup>3</sup> の充滿度のもとで極大刺激を定めて置く。

先づ膀胱の容積を零, 内壓を零とし活栓 b, c を閉ぢ骨盤神経を刺激してその時の膀胱内壓のたかまりをのろく廻轉する描記圓筒にかかせる。神経刺激を中止した後内壓が下降し一定の

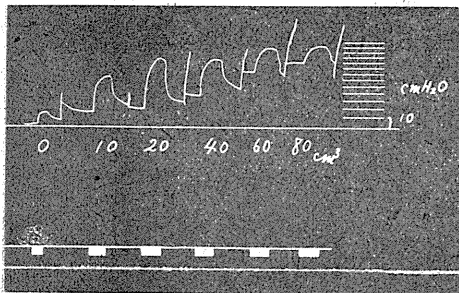
高さになった後活栓cを開き、注射筒P内の液體20cm<sup>3</sup>を膀胱内に押しこみ活栓cを閉ぢる。膀胱内に液體を充滿した時は内壓は急に上昇するが、後次第に低下し約5分待てば内壓は略々一定となる。この容積のもとで神経を刺激し、内壓のたかまりを描記圓筒に描記する。以下膀胱の充滿と神経刺激をくりかへす。

實驗終了後 Hürthle の膜壓力計の檢定をなして置く。

### III. 實驗成績

無麻酔である爲に犬は上半身を動かし又吠えるが、この状態のもとで、前肢及び頭部を固定しこれ等の部の動搖を描記装置に影響させぬ様に注意しながら、いろいろの容積のもとで骨盤神経を刺激し内壓の變化を描記する。第3圖及び第5圖は定型的な例である。

第3圖 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮曲線  
子, 10kg, 2602. III. 2. 曲線の下に水平直線は零線, その下の數字は膀胱を充滿する液の容積, 下部の線は骨盤神経刺激時を示す。コイル間距離8cm, 曲線の右方にある平行線は膜壓力計の檢定線, 各平行線間の間隔は10cmH<sub>2</sub>Oに相當する。



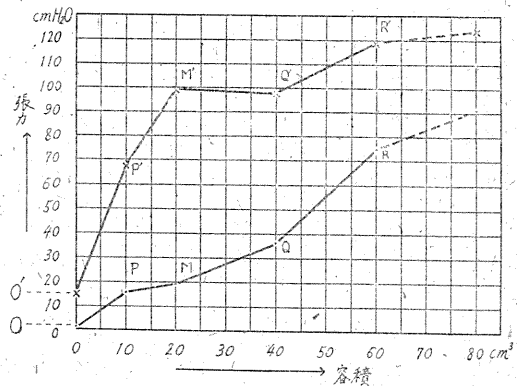
第1表 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮に於ける膀胱の容積と初張力、全張力、發生張力との關係(第3圖による)

子, 體重10kg, 2602. III. 2. \*は極大全張力, \*\*は極大發生張力を示す。

容 積 cm <sup>3</sup>	初張力 cmH <sub>2</sub> O	全張力 cmH <sub>2</sub> O	發生張力 cmH <sub>2</sub> O
0	1.7	14.5	12.8
10	15.2	65.3	50.1
20	19.7	98.8*	79.1**
40	36.3	97.6	61.3
60	74.7	118.8	44.1
80	91.2	123.8	82.6

第4圖 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮に於ける充滿容積と張力との關係(第3圖による)

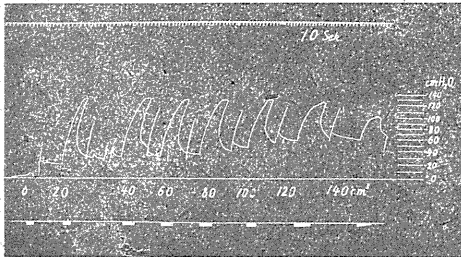
横軸は容積を cm<sup>3</sup> で示し, 縦軸は張力を cmH<sub>2</sub>O で示す。上方の曲線は全張力曲線, 下方の曲線は初張力曲線。



骨盤神経を刺激すると數秒の潛刺激時の後内壓が初め急に上昇し, 次にゆるやかに上昇し一定の高さに達する。この高さに達した時刺激を中止すると内壓は初め急に後ゆるやかに下降し, 刺激前の内壓即ち一定の膀胱容積のもとに生じてゐる所謂初張力の近く迄下降するが之と全く等しくなるには約5分を要する。

いろいろの容積のもとに於ける初張力, 骨盤神経刺激により現はれる全張力及び兩者の差である發生張力を, 曲線の右方に描かれた膜壓力計の檢定線より計算すると第1表及び第2表の様になる。理解し易くする爲に第3圖及び第5

第5圖 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮曲線  
 ♀, 10kg, 2602. II. 10. 上部に描かれた時標は10秒, 曲線の下に描かれた水平直線は零線, その下の数字は膀胱を充滿する液の容積, 下部の線は骨盤神経刺激時を示す. コイル間距離 8 cm, 曲線の右方にある平行線は膜壓力計の檢定線, 各平行線間の間隔は10cmH<sub>2</sub>Oに相當する.



第2表 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮に於ける膀胱の容積と初張力, 全張力, 發生張力との關係(第5圖による).

♀, 體重10kg, 2662. II. 10. \*は極大全張力, \*\*は極大發生張力を示す.

容 積 cm <sup>3</sup>	初張力 cmH <sub>2</sub> O	全張力 cmH <sub>2</sub> O	發生張力 cmH <sub>2</sub> O
0	3.0	7.6	4.6
20	20.7	137.0*	116.3**
40	32.9	135.7	102.7
60	33.7	129.4	95.7
80	37.1	129.4	92.3
100	47.8	132.1	84.3
120	59.3	126.1	66.8
140	61.3	104.4	43.0

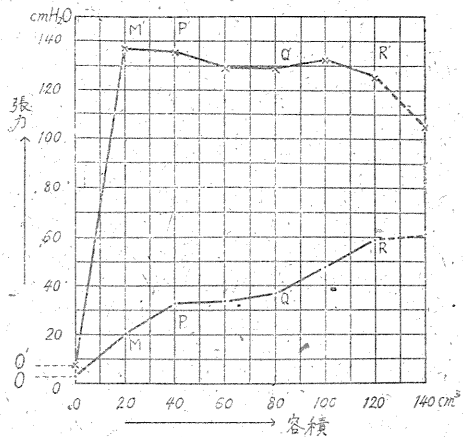
られた.

第4圖及び第6圖の初張力曲線に於てRより右方の破線よりなる線は, 膀胱の極度の充滿に際して内壓のたかまりが一時的にゆるやかになつたことを示し, この現象はおそらく膀胱の状態が不良になつた爲と考へられる.

膀胱の充滿度が零の時の全張力は非常に小さい(OO'). このことは心臓(福原 武 6309)と性質を同じくし, 小腸(Hukuhara, T. 7 333)や輸尿管(横山正松 7 415)とは性質を異にする.

膀胱は心臓の様に内壓零の時は内容を全然持たぬ爲, その場合に膀胱を刺激しても内壓の上昇

第6圖 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮に於ける充滿容積と張力との關係(第5圖による). 以下説明は第4圖の説明に同じ.



圖を元にし, 膀胱の容積を横軸に膀胱の張力を縦軸にとつて之を圖式に示すと第4圖及び第6圖のごとくなる.

先づ初張力容積曲線を見るに, 福原のしらべた小腸の等長性収縮に見られた初張力曲線(Hukuhara, T. 7 333)と甚だ似てゐるのが認められる. 膀胱を充滿してゆくと初張力曲線は急にたかまり(OP), 更に充滿を増してゆくと曲線のたかまりかたはゆるやかとなり(PQ), 又再び急に上昇するにいたる(QR). 即ち膀胱を液體で充滿する場合には初め伸展されにくく(第1相), 次に伸展されやすく(第2相), 遂に再び伸展されにくくなる(第3相)といふ3つの相がある. この3つの相はすべての例に就て見

は極く軽度にかき起らぬものと考へられる。

膀胱を充滿してゆく時の全張力-容積曲線を見ると3つの相が認められる。即ち先づ急に曲線がたかまり極大點に達する第1相(第4圖 O'P'M', 第6圖 O'M'P'), 次に一時的に低くなる第2相(第4圖 M'Q', 第6圖 P'Q'); 遂に再び急にたかまる第3相(第4圖 Q'R')である。之等の3つの相はそれぞれ初張力-容積曲線の第1, 第2, 第3相に略々相應する。

全張力-容積曲線の第3相はすべての例に於て見られるとは限らず, 膀胱を極度に充滿すれば全張力がますます減つてくる場合がある(第6圖 Q'R' 及びその右方の破線)。かかる現象も膀胱の状態が不良であることを示すものである。

膀胱を極度に充滿すれば初張力はますますたかまり, 膀胱の状態がよければ初張力のたかまりに相應して全張力もますますたかまる。かかる例では全張力の最大な點は極度の充滿度の際に現はれる。全張力の極大點はかかる全張力の最大なる點を意味するのではなく, 充滿の初期即ち膀胱の容積の比較的小さいところで見られる相對的極大點である(第4圖及び第6圖M')。この極大點をこえると全張力曲線は一時的に下る(5例中4例)。上記の第2相である。之の經過は骨骼筋に就て Beck, O. (193 518) のしらべた全張力曲線の經過とよく一致してゐる。しかしこの第2相が同じ高さでとどまり遂に第3相に移行するのも見られた(5例中1例)。

全張力の極大値は個體によつて差があり, 私の見た數例の實驗例では 90cmH<sub>2</sub>O 乃至 137cmH<sub>2</sub>O の値を示してゐる(第3表)。

第3表 無麻酔犬の膀胱の等長性収縮に於ける至適初張力, 極大全張力, 極大發生張力及び至適容積-許容最大容積比

動物體重 kg	實驗年月日	至適初張力 cmH <sub>2</sub> O	極大全張力 cmH <sub>2</sub> O	極大發生張力 cmH <sub>2</sub> O	至適容積-許容最大容積比 %
12	2602, I. 5	30.0	89.0	59.0	33
11	2602, I. 19	23.0	101.0	78.0	16
10	2602, II. 10	20.7	137.0	116.3	14
10	2602, III. 2	19.7	98.8	79.1	25
10	2602, III. 2	33.0	92.0	59.0	25
平均		25.5	103.6	78.3	22.6

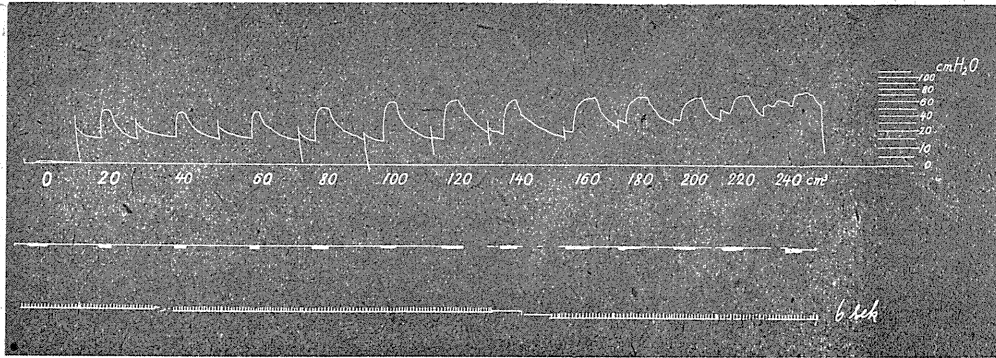
全張力と初張力との差である發生張力を以て膀胱が収縮する時の力と考へることができる。この發生張力と容積との關係を見るに, 容積零の時の發生張力は非常に小さいが(OO'), 膀胱の充滿を増すと急に増大し(PP'), 極大の發生張力を示すに至り(MM'), 更に充滿を増すと少し減少し(Q'Q'), 遂に急に減少する(RR')。數例に就てこの發生張力と容積との關係を見るに大體に於て上記の3つの相は初張力-容積曲線に見られた第1, 第2, 第3の相に相應してゐる。

發生張力の極大値も個體によつて差があり、60~116cmH<sub>2</sub>Oの値を示してゐる(第3表)。極大の發生張力を現はす膀胱の容積、又この容積のもとに生じてゐる初張力を福原(7 310)、Beck(193 518)に従つて至適容積、至適初張力と名づける。この至適容積のもとに於ける全張力も又すべての例に於て極大となつてゐる。換言すれば極大の全張力は發生張力が極大となることによつて得られる。數例に就て至適初張力、極大全張力、極大發生張力及び至適容積と膀胱の許容最大容積比との比を表に現はすと第3表の様になる。この表からわかることは、極大の全張力、極大の發生張力は個體によつて差があるが、至適初張力は略々一定の値即ち20~30 cmH<sub>2</sub>Oの値を示してゐることである。

膀胱の至適容積と膀胱の許容最大容積との比は平均22.6%である。このことは膀胱の充満度

第7圖 Morphin 麻醉犬の膀胱の等長性収縮曲線

♀, 14kg, 2601. XI. 15. 曲線の下の水平直線は零線, その下の數字は膀胱を充満する液の容積, 下部の線は骨盤神經刺激時を示し, コイル間距離7cm, 最下部の線は時標6秒, 曲線の右方にある平行線は膜壓力計の檢定線, 各平行線間の間隔は5 cmH<sub>2</sub>Oに相當する。



第4表 Morphin 麻醉犬の膀胱の等長性収縮に於ける膀胱の容積と初張力, 全張力, 發生張力との關係(第7圖による)  
♀, 體重14kg, 2601. XI. 15. \*は極大全張力, \*\*は極大發生張力を示す。

容積 cm <sup>3</sup>	初張力 cmH <sub>2</sub> O	全張力 cmH <sub>2</sub> O	發生張力 cmH <sub>2</sub> O
0	0	0.7	0.7
20	15.0	32.5	17.5
40	19.7	30.8	21.1
60	15.0	31.1	16.1
80	12.5	35.0	22.5
100	12.5	38.0	25.5
120	14.0	40.0*	26.0**
140	17.5	40.0	22.5
160	18.0	40.0	22.0
180	25.5	42.0	16.5
200	26.0	42.0	16.0
220	30.0	42.5	12.5
240	37.5	46.0	8.5

が比較的小さい時に収縮力が極大となることを示し、この性質は心臟(福原 武 7 310)の性質と異なるが、小腸(Hukuhara, T. 7 333)の性質とよく似てゐる。

附. Morphin の膀胱の伸展性及び収縮力に對する影響

私はこの實驗の初期に基礎麻醉として鹽酸Morphin 1%溶液 1 cm<sup>3</sup>/kgを犬に皮下注射して實驗したのであるが、かかる犬に於ては膀胱は異常量の液體を容れることができ、且つ極度の充満度の際にも初張力の上昇は甚だ輕度であり、又いろいろの充満度のもとに於ける骨盤神經刺激による全張力、發生張力の値も甚だ小さ

第5表 Morphine 麻醉犬の膀胱の等長性収縮に於ける至適初張力、  
極大全張力、極大發生張力及び至適容積-許容最大容積比

動物體重 kg	實驗年月日	至適初張力 cmH <sub>2</sub> O	極大全張力 cmH <sub>2</sub> O	極大發生張力 cmH <sub>2</sub> O	至適容積-許容最大容積比 %
14	2601, XI. 13	9.0	36.3	27.3	42
14	2601, XI. 15	14.0	40.0	26.0	52
12	2601, XII. 1	12.5	38.0	15.5	62
13	2601, XII. 6	13.1	28.0	14.9	63
	平均	12.1	35.6	20.9	54

かつた。しかも極大の發生張力を示す膀胱容積の許容最大容積に對する比は平均 54 % の値を呈し、上記無麻醉犬に見られた値に比べて遙かに大きいことが知られた。第7圖はその1例であり、この圖からいろいろの充満度と初張力、全張力、發生張力との關係を數字で表はすと第4表の様になる。又數例に就て至適初張力、極大全張力、極大發生張力及び至適容積の膀胱許容最大容積に對する比を表示すれば第5表の様になる。

Morphine は膀胱を非常に伸展しやすくし、しかも骨盤神經刺激により發生する張力即ち膀胱の収縮を著明に減弱することがわかる。

#### IV. 考 察

排尿機轉に關しては今日なほ徹底的に明らかになつてはゐないが、動物實驗に於ても人體實驗に於ても排尿前内壓上昇なる現象が見られる事は、すべての研究者の發表せる膀胱内壓曲線に見られ、この排尿前内壓上昇が骨盤神經によつて起される事も疑のない事である。

Schwarz (6) は排尿過程を3つの時期即ち a) 緊張期, b) 驅出期, c) 弛緩期に區別してゐる。緊張期は骨盤筋に見られる後負荷収縮の型式を以て行はれる。即ち膀胱に於ては骨盤筋の負荷に相當するものは膀胱の充満であり後負荷に相當するものは括約筋の閉鎖である。排尿が行はれんとする時は、骨盤神經が興奮し膀胱内壓を等長的にたかめる。その際發生する張力と豫め一定の膀胱の充満度のもとに生じてゐる初張力との和である全張力が括約筋の閉鎖による抵抗に打ちかてば、括約筋は開かれ、次の驅出期に入る。

この緊張期の等長性収縮に於ける發生張力ひいては全張力を決定するものは、膀胱を充満する液の容積及びその容積のもとに生じてゐる初張力である。

犬の膀胱に於ては膀胱の許容最大容積の約20%の容積のもとで既に極大の發生張力並びに極大の全張力が得られることが上述の實驗によつて明らかにせられた。このことは膀胱の充満度が比較的小さい場合でも排尿が行はれ得ることを示唆するものである。しかし膀胱の充満度が極度に小さい場合には全張力の値も小さく、之が括約筋の抵抗に打ち勝つことができなく排尿

は行はれ得ないであらう。

## V. 結 論

無麻酔犬の膀胱の充満度が膀胱の等長性収縮に及ぼす影響を研究し次の様な成績を得た。

1. 膀胱を体温に迄温めた液體で充満してゆくと、初張力のかかり方は初め急に(第1相)、次にゆるやかになり(第2相)、末期に再び急になる。換言すれば膀胱は液體で充満される場合、初め伸展されにくく、次に伸展されやすく、遂に再び伸展されにくくなる。
2. 膀胱のいろいろの充満度のもとで骨盤神経を刺激した際に見られる全張力は1.に述べた各相に相應して次の如く経過する。全張力は第1相に於ては急に増大して極大値に達し、第2相に於ては少し減少するか或はそのままとどまり、第3相に於ては再び増大する。
3. 全張力と初張力との差即ち膀胱の収縮力を示す發生張力も上述の各相に相應して次の如く経過する。即ち第1相に於て急に増大して極大値に達し、第2相に於て少し減少し、第3相に於て急に減少するにいたる。
4. 極大の發生張力を現はす所謂至適容積では全張力も極大となつてゐる。至適容積と膀胱の許容最大容積との比は約 20 %である。即ち膀胱は比較的小さい充満度のもとで極大の全張力を現はすといふことができる。
5. 極大全張力、極大發生張力は個體によつて差があるが至適容積のもとに生じてゐる所謂至適初張力は略々一定し 20cmH<sub>2</sub>O 乃至 30cmH<sub>2</sub>O の値を呈してゐる。
6. 以上により排尿前内壓上昇の意味を力學的に考察して見た。

本研究に於て福原教授の絶えざる御指導をいただいた、ここに感謝の意を捧げる。

## 文 献

- 1) Beck, O. (1922) Pflügers Arch. 193 495
- 2) Bocci (1913) Pflügers Arch. 155 168
- 3) 福原 武 (1941) 日本生理誌 6 305
- 4) Hukuhara, T. (1941) Jap. J. Med. Sci. Part III. Biophysics. 7 327
- 5) 榊田龜次郎 (1937) 日本生理誌 2 321
- 6) Schwarz (1926) Handb. d. Urol. Bd. I. Allgemeine Urol. 413
- 7) 横山正松 (1942) 日本生理誌 7.407

## 熱的測定による遊離エネルギーの計測

### I. 1(+) Glutamin 酸の低温度に於ける比熱、

### エントロピー及び遊離エネルギー

大阪帝國大學醫學部第1生理學教室

岡 芳 包

Oka-Yosikane

(昭和18年10月26日受付)

## I. 緒 言

生体内の酸化還元過程をエネルギー論的な立場から究明しようとするに當つて、遊離エネルギーが最も妥當な量的指標の1つと考へられる。我々の教室では従來酸化還元電位Eを測定し

$$\Delta F = -n\tau E$$

の関係から遊離エネルギー  $\Delta F$  を知る方法を執つて來た。茲に  $n$  は瓦當量數、 $\tau$  はファラデー常數である。

ところが所謂代謝物質の大多數は電動能を有さないため、その儘、上のEを測定し得ない。しかし、これに適當な酵素を加へ且つ他の電動能系例へば酸化還元可逆性色素と反應を共軛せしめることに依つて酸化還元電位の測定が可能となる。但しこの際、酵素を純粹に抽出するには多少の困難さが附隨してゐる場合が多く電位を測定し得ない場合が一般である。

そこでこの方法と並んで互に他の及ばぬ點を補ひつゝ全く別の道筋から遊離エネルギーを求める方法が要請される。その1つとして反應に伴ふ熱含量の變化(恒壓反應熱)  $\Delta H$  及びエントロピーの變化  $\Delta S$  を熱的に測定し

$$\Delta F = \Delta H - T\Delta S$$

の関係から遊離エネルギーを計測する方法を採ることができる。この目的で私は他方に於て代謝物質の生成熱を測定しつゝその生成エントロピーの熱的測定を企てた。

温度Tに於けるある化學物質のエントロピー  $S_T$  は熱力學第2法則から

$$S_T = \int_0^T dS = \int_0^T \frac{C_p}{T} dT - S_0$$

で與へられるが、茲に  $S_0$  なる積分常數即ち絶對零度に於けるエントロピーは Nernst の熱定理に依れば結晶状態の純粹物質では零である。従つて

$$S_T = \int_0^T \frac{C_p}{T} dT = \int_0^T C_p d \ln T$$

となり、熱容量(恒壓比熱  $C_p$ )を温度の函数として實測すればエントロピーが求められる。

## II. 實驗方法

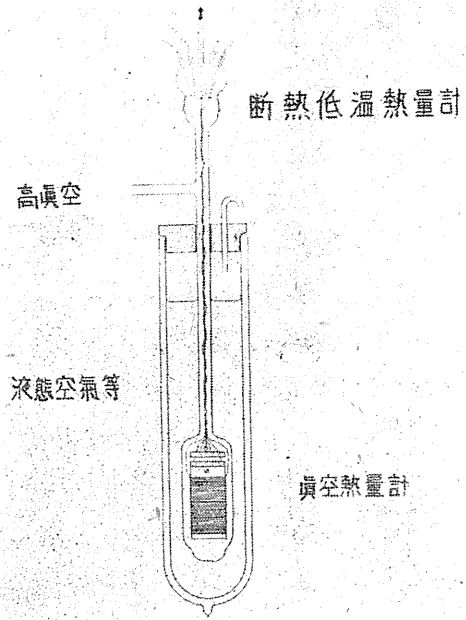
常温以下できる限りの低温に亘る各温度で化學物質の比熱を實測するため私は青山・神田

(1) に倣ひ且つ自分の目的に応じて若干の工夫を加へて低温断熱熱量計を組立てた。構造の概略は第1圖の通りで上端は六對の導線を封入した磨り合せを設けた硝子管の中に熱量計を吊して底を封じ、水銀擴散ポンプを用ひた真空装置に連結してできる限り高度の真空 ( $10^{-6}$  mm Hg 以上) に保ちつゝ全體をデュワー壺に充した液態酸素其他適宜の寒剤に浸す。熱量計の主要部分を縦斷擴大して内部を示すと第2圖の通りである。外側の眞鍮套管の側面にはマンガニン線を非感應的に捲いて加熱コイルとし、内部には測定試料物質を容れる銅製の小罐を糸で吊し、その側面にもコンスタンタン線を加熱コイルとして同じく非感應的に捲いてある。材料の銅板はできる限り純粹のものを選び又全體の熱量をなるべく小とするため極めて薄いものを使用した。第2圖の左側はその内部構造を横斷及び縦斷面

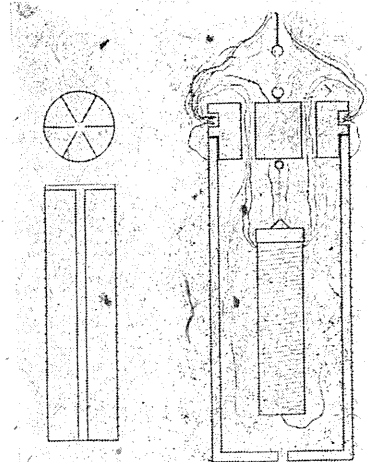
で示したもので、測定の対象たる物質が殆ど全て熱傳導の悪い粉末状のものであるから内部全體の温度分布をなるべく速に一樣にするため長軸に沿ひ放射状に配列して銅板を入れてある。試料の温度を測る銅コンスタンタン熱電對は東北帝國大學金屬材料研究所低温研究室で恒容水素瓦斯寒暖計に對して檢定したものを使用した。この銅容器に測定試料物質を充分に固く填め込み、圖の如き蓋を被せ熱電對はその中央の小孔から出す。側面に捲いた加熱コイルの兩端には各2本宛の細い絹卷銅線を絡ぎ、その一對を以て測定物質を加熱するための電流を通

じ、他の一對は其の際コイルの兩端に於ける電位降下を測つて興へた熱エネルギー量を知るための導線とする。この銅容器を圖の如く眞鍮套管の中に糸で吊し、尙套管との微細な温度差をも認め得るやうに兩者を圖の如く示差熱電對で絡いで置く。これ等の導線や熱電對は全て眞鍮

第 1 圖

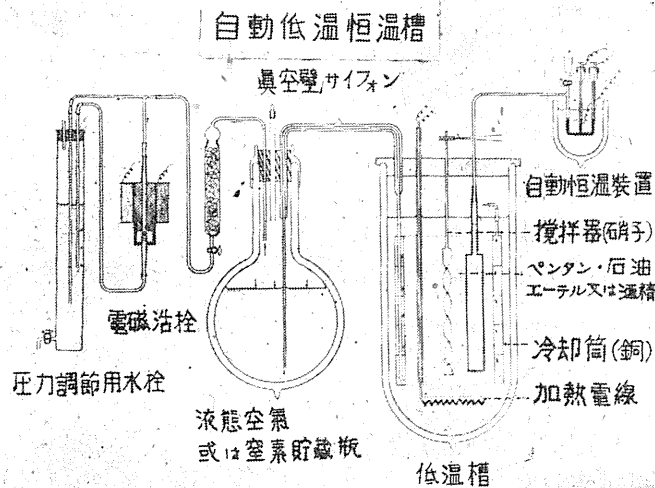


第 2 圖



套管の蓋に穿つた孔を通して別々に引出し、套管自身の加熱コイルの導線と共に蓋の周囲に作つた溝に數回捲き付けて熱的に接觸せしめてから套管を吊すニツケル線に沿つて硝子管の上端に至り、磨り合せになつてゐる蓋の導線の封入を通して別々に外部に導き出す。封入には de Khotinsky セメント或は Picein を用ひた。導線を全て眞鍮套管の蓋の周囲に捲き付けた理由は充分細い導線を使つてはゐるが尙且外部からこれを傳はつて來る熱をかなり熱容量の大なる套管で喰ひ止めて内部の測定物質に届かぬやうにするためである。さて、この眞鍮套管の役割は輻射・傳導に依る内外の熱交換を遮蔽防遏し、硝子管内の高真空に依り空氣の對流傳熱が殆んど消失することゝ相俟つて内部に充分な斷熱状態を確保するにあり、従つてその熱容量を充分大きく作ると共に加熱コイルを具へてゐる。測定溫度即ち試料物質の溫度が寒劑の溫度と懸隔して高い場合には試料容器と套管との間の溫度差をなくするやう示差熱傳對を手掛りとしな

第 3 圖



から套管に適宜の大きさの加熱電流を送れば同様の斷熱状態が得られ、或は完全に恒溫とならなくても溫度の時間的變化が直線的となつて比熱の測定が可能となる。然し溫度の時間的變化の勾配が餘りに大きい場合には正確な比熱の測定が困難となるので、これに對して青山・神田(2)に従ひ約  $-120^{\circ}\text{C}$  迄の自動低溫恒溫槽を組立てた。その構造の概略は第3圖の通りであ

る。説明は省く。

測定試料物質中に挿入してある熱傳對の動電力を電位差計(横河電機製件所製の低電壓用電位差計に電壓感度  $10^{-7}\text{V}$  の鋭感檢流計を組合せて使用した)で適宜の時間毎に測り、測定試料物質の溫度の時間的變化が充分に直線的になつた時にこれに短時間加熱電流を通じ、加熱コイルに於ける電位降下を別の電位差計で測り、併せて電流の大きさを回路に直列した標準抵抗に於ける電位降下から求め、かくしてその際與へたジュール熱を測知する。一方試料の溫度を刻々に測定し、熱量測定の通例に従ひ溫度の時間的經過から圖形的に補正を加へて眞の溫度上昇を求める。今回の測定では約  $20\text{ワット}\cdot\text{秒}$  のジュール熱を與へ、溫度の上昇は攝氏目盛で  $2^{\circ}$  以下であつたから、かくして求めた比熱は充分微分的と考へられる。尙ジュール熱をカロリー單位に換算するには仕事の熱當量として  $0.2390\left(\frac{\text{Cal}}{\text{Watt}\cdot\text{秒}}\right)$  を使つた。

以上の装置と方法によつて 1(+)-Glutamin 酸の低溫度に於ける比熱を測定してエントロピ

及び遊離エネルギーを計測した。

使用した l(+)-Glutamin 酸は Merck 製のもので測定試料容器に固く充填した量は 11.3558 g であつた。充填迄に約 6 ヶ月間鹽化石灰排氣で乾燥した。寒劑としては液態酸素と固態炭酸を使用した。

### III. 實 驗 成 績

測定の結果を表示すれば次の通りである、

入手し得る寒劑の關係で液態酸素の沸點即ち 90°K 以下の低温での比熱の實測ができないので、これ以上の温度に於ける實測値から外挿法的に求める外はない。通常この目的には恒容比熱  $C_v$  に就て Einstein や Debye の比熱温度函数(8)例へば

$$C_v = \frac{12\pi^4}{5} R \left( \frac{T}{\Theta_0} \right)^3 = aT^3$$

が用ひられるがこれは嚴密に云へば結晶が單一正方格子の場合に成立するものであり、又分子が 1 個の振動體として比熱に寄與するやうな

$$T = \frac{\Theta_p}{20}$$

の近くの低温度迄比熱の實測を要するものとされてゐる。従つて 90°K 迄の實測値からの外挿には用ひ難いので、寧ろ Parks 及び Huffman 等(5)に従ひ當分は稍々大膽ではあるが今迄に僅か乍ら 90°K 以下で比熱の測定されてゐる鎖状有機化合物の分子熱の値から標準値とも云ふべきものを求め、その値  $C_p^\circ$  と實測値  $C_p$  との間に温度に関する一次の關係

$$C_p = (A + BT) C_p^\circ$$

を假定して外挿法を行ふと次の如くなる。

温 度 T K°	分子熱標準値 $C_p^\circ$ (鎖状化合物)	分子熱實測値 $C_p$ l(+)-Glutamin
90	9.64	17.1
120	11.7	21.2

$$C_p(A + BT) C_p^\circ \quad \text{より}$$

$$A = 1.65$$

$$B = 1.3 \times 10^{-3} \quad \text{が得られる}$$

そして

$$S_{90} = \int_0^{90} \frac{C_p}{T} dT = A \int_0^{90} \frac{C_p^\circ}{T} dT + B \int_0^{90} C_p^\circ dT$$

$$\int_0^{90} \frac{C_p^\circ}{T} dT = 8.05 \quad \text{E.U.}$$

$$\int_0^{90} C_p^\circ dT = 432 \text{ cal}$$

を用ひて

$$\int_0^{90} \frac{C_p}{T} dT = 13.9 \text{ E.U.}$$

となる。従つて

$$\begin{aligned} \int_0^{298.1} \frac{C_p}{T} dT &= \int_0^{90} \frac{C_p}{T} dT + \int_{90}^{298.1} \frac{C_p}{T} dT \\ &= 13.9 + 31.3 \\ &= 45.2 \end{aligned}$$

即ち 298.1°K に於ける 1(+)-Glutamin 酸のエントロピーとして  
 $S_{298.1} = 45.2 \text{ E.U.}$

を得た。

元素のエントロピーとして夫々の 1 瓦原子に對して

	C	H	O	N	
S. 298.1	1.3	15.615	22.98	24.52	E.U.

なる値(7)を用ひると

1(+)-Glutamin 酸  $C_5H_9NO_4$  の元素よりの分子生成エントロピーとして

$$\begin{aligned} S^\circ_{298.1} &= 45.2 - (1.3 \times 5 + 15.615 \times 9 + 22.89 \times 4 + 24.52) \\ &= 45.2 - 268.0 \\ &= -222.8 \text{ E.U.} \end{aligned}$$

を得た。

別に實測によつて 1(+)-Glutamin 酸の元素よりの分子生成熱として

$$H^\circ = -241.7 \text{ Cal}$$

を得たので (6)

$$\Delta F = \Delta H - T\Delta S$$

の関係から

1(+)-Glutamin 酸の分子生成遊離エネルギーとして

$$\begin{aligned} \Delta F^\circ_{298.1} &= -241.7 - (-66.4) \\ &= -175.3 \text{ Cal} \end{aligned}$$

を得た。

1(+)-Glutamin 酸に就ては今迄に Huffman 及び Borsook (3) の實測値が見當るのみであ

る。これを比較すれば

	$\Delta S^{\circ}_{298.1}$ E.U.	$\Delta H^{\circ}_{298.1}$	$\Delta F^{\circ}_{298.1}$
岡	-222.8	-236.6	-175.3
Huffman & Borsook	-222.3	-241.7	-170.4

即ち生成エントロピーの値は殆んど一致してゐるが、生成遊離エネルギーの値は異つてゐる。

これはその算出に用ひた生成熱の差に基づき、自分が自分の實測値を用ひたのに反し、Huffman 及び Borsook は International Critical Tables V. 167 に掲載の値を用ひてゐる。

尙 Huffman, Ellis & Fox (4) は新に

l(+)-Glutamin 酸の  $\Delta H$  を實測して

$$\Delta H_f^{\circ} = -241.30 \frac{\text{Cal}}{\text{mol}}$$

を得、これを用ひて

$$\Delta F_f^{\circ} = -174.94 \frac{\text{Cal}}{\text{mol}}$$

なる値を報告してゐる。

この測定値から  $\frac{C_p}{T}$  を T の函數として曲線に圖示し、プランメーターを用ひて、所謂圖形積分法によつて

$$\int_{90}^{298.1} \frac{C_p}{T} dT = 31.3 \text{ E.U.}$$

を得た。

l(+)-Gintamin 酸

$C_5H_9NO_4$  分子量 147.13

測定温度 T °K	比熱實測値 $C_p \frac{\text{Cal}}{\text{度} \cdot \text{mol}}$	分子熱 $C_p \frac{\text{Cal}}{\text{度} \cdot \text{mol}}$	$\frac{C_p}{T}$
300.5	0.227	42.2	0.140
285.5	0.274	40.3	0.141
258.8	0.251	36.9	0.143
243.0	0.240	35.3	0.145
226.0	0.224	33.0	0.146
201.5	0.208	30.6	0.152
183.0	0.195	28.7	0.157
166.8	0.182	26.8	0.161
140.5	0.161	23.7	0.169
120.1	0.144	21.2	0.177
101.8	0.127	18.7	0.184

## 文 献

- 1) 青山・神田 (1935) Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Ser. I, 24 116  
Kanda, (1937) Bull. Chem. Soc. Japan, 12 511
- 2) 青山, 低温實驗法 (實驗化學講座 15. A) 17
- 3) Huffman H. M. & H. Borsook (1932) J. Am. Chem. Soc., 54 4297
- 4) Huffman, H. M. E. L. Ellis & S. W. Fox (1936) J. Am. Chem. Soc., 58 1728
- 5) Kelley, K. K. G. S. Parks & H. M. Huffman (1929) J. phys. Chem., 33 1802
- 6) 岡 芳包 (1944) 日本生理誌 9
- 7) Parks G. S. & H. M. Huffman (1932) The Free Energies of Some Organic Compounds, New York, 46
- 8) Wien-Harms, Handb. d. Exp.-physik, VIII-1. 225

## 代謝物質の生成熱

### I. 1(+)-Glutamin 酸, 1(-)-Asparagin 酸

#### 1(-)-Tyrosin の生成熱

大阪帝國大學醫學部第1生理學教室

岡 芳 包

Oka-Yosikane

(昭和18年10月26日受付)

### I. 緒 言

熱的測定によつて

$$\Delta F = \Delta H - T \Delta S$$

の關係から遊離エネルギーを計測するためエントロピー  $\Delta S$  の熱的測定を行つてゐるが、一方これと組合せて遊離エネルギー  $\Delta F$  を算出すべき熱含量或は生成熱  $\Delta H$  に就ては Berthelot 以來種々の有機物質に對して種々の目的から測定されてゐる。然し精度に於て或は信頼度に於て今の目的に副ひかねるものも多いので、できる限り細心な注意を拂ひつゝ測定することにした。

### II. 實 驗 方 法

燃燒熱の測定には千野製作所製の Berthelot-Mahler のボンベ熱量計を使用した。外槽溫度が調節し難いので室温の日々變化の少い季節を選び毎日同時刻に測定を規則正しく行つた。熱量計の水當量決定のための標定物質としては燃料研究所檢定の安息香酸を用ひ、水當量の決定は全10回を5回宛に分ち、1つの物質に就ての1群(約10回)の測定の前後に行つて測定の反復に伴ふ水當量の變化を相殺するやうにした。試料物質と安息香酸は充分に乾燥せしめたものを壓搾器で點火用ニツケル線を封入して固めて錠とし、尙經驗上完全燃燒を容易とするためコロヂオンの薄膜で包み、又酸素は40氣壓に充填した。又熱量計の攪拌速度は毎分80回に一定して置いた。標定物質其他に對する燃燒熱の値としては次の數値を用ひた。

安息香酸	$-\Delta U_B = 6324$	cal/g	15°C
ニツケル線	775	cal/g	
コロヂオン	4185	cal/g	

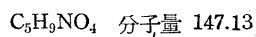
但しジメチルグリオキシムを用ひて定量分析した結果、使用のニツケル線には平均20%の鐵を含むことが判つたので、鐵の燃燒熱1600cal/gを比例配分して940cal/gの値を用ひた。

尙一般に測定條件が恒定となるやうに特に注意した。

## III. 實驗成績

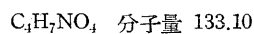
實測した燃焼及びこれに種々の換算を加へて得る燃焼熱及び生成熱の値を一括表示すれば次の通りである。尤も燃焼の不完全、其他實驗條件に些少の異常を認めたものは何等躊躇なく除外し、例へば 1(+)-Glutamin 酸の如きは 22 回の測定申から残つた 10 回の測定値である。

## 1(+)-Glutamin 酸



測定 番号	試料重量 g	試料モル数 mol	比燃焼熱 $-\Delta U_B \frac{Cal}{g}$	恒容分子燃焼熱 $-\Delta U_R \frac{Cal}{mol}$	恒圧分子燃焼熱 $-\Delta H_R \frac{Cal}{mol}$
1	0.6643	0.004515	3625	533.3	533.1
2	6081	4133	3644	536.2	530.0
4	5842	3971	3638	535.3	535.1
7	5816	3952	3646	536.4	536.2
8	5887	4001	3656	537.9	537.7
9	5789	3935	3671	540.1	539.9
10	5810	3949	3677	541.0	540.6
11	5845	3973	3637	535.1	534.9
12	5538	3764	3654	537.6	537.4
13	5737	3899	3658	538.2	535.0
平均			3651	537.1	535.9
			$\pm 3.4$	$\pm 0.42$	$\pm 0.49$

## 1(-)-Asparagin 酸



測定 番号	試料重量 g	試料モル数 mol	比燃焼熱 $-\Delta U_B \frac{Cal}{g}$	恒容分子燃焼熱 $-\Delta U_R \frac{Cal}{mol}$	恒圧分子燃焼熱 $-\Delta H_R \frac{Cal}{mol}$
1	0.5775	0.004339	2886	384.2	383.7
3	6630	5131	2895	385.3	384.8
5	6782	5095	2909	387.2	386.7
6	5987	4498	2898	385.7	385.2
7	6790	5101	2890	384.7	384.2
8	6831	5132	2884	384.5	384.0
9	6059	4552	2914	387.8	387.3
10	6750	5071	2909	387.1	386.6
11	6408	4814	2887	384.3	383.8
12	6642	4990	2885	384.0	383.5
平均			2896	385.5	385.0
			$\pm 7.6$	$\pm 0.95$	$\pm 0.95$

l(-) Tyrosin

C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>3</sub> 分子量 181.19

測定 番号	試料重量 g	試料モル数 mol	比燃焼熱 -ΔU <sub>B</sub> Cal g	恒容分子燃焼熱 -ΔU <sub>R</sub> Cal mol	恒壓分子燃焼熱 -ΔH <sub>R</sub> Cal mol
2	0.3876	0.003795	5859	1061.5	1060.4
3	7795	4302	5872	1063.9	1062.8
4	7654	4224	5869	1063.4	1062.3
5	7654	4175	5865	1062.8	1061.7
7	7298	4028	5855	1060.9	1059.8
8	7769	4226	5861	1061.9	1060.8
9	7524	4042	5851	1060.1	1059.0
11	7567	4167	5844	1058.8	1057.7
平均			5859	1061.7	1060.6
			± 2.2	± 0.41	± 0.41

試料物質	測定温度	恒壓分子生成熱 -ΔH <sub>f</sub> Cal mol
l(+)-Glutamin 酸	298.7°K	241.7±0.49
l(-)-Asparagin 酸	305.7°K	231.1±0.95
l(-)-Tyrosin	304.2°K	162.2±0.41

比較的最近にこれらの物質に就ての實測は H. M. Huffman, E. L. Ellis & S. W. Fox(1) によつて行はれた。彼等の測定値と比較すれば次の通りである。

	-ΔHR [Cal/mol]	
	岡 (1942)	Huffman, Ellis & Fox (1936)
l(+)-Glutamin 酸	536.9±0.49	537.31±0.28
l(-)-Asparagin 酸	385.0±0.95	382.57±0.19
l(-)-Tyrosin	1061.7±0.41	—

文 献

- 1) Huffman, H. M. E. L. Ellis & S. W. Fox (1936) J. Am. Chem. Soc., 58 1728

## 神經の充電曲線に就いて 612.813.3

京都帝國大學醫學部生理學教室

大谷卓造

Otani-Takuzo

(昭和18年11月4日受付)

### I. 緒言

神經に直角流を通じた際の陰極下に於ける電氣緊張生成の時間的經過は夙に Bogue & Rosenberg (1) 並びに Schmitz u. Schaefer (4, 5) によつて實驗的に研究されてをり、この經過を示す曲線を後者等は神經の充電曲線 (Ladekurve) と呼んでゐる。Schaefer 等によればこの曲線は單純な指數函數曲線となり、その半値時は神經の時値に一致し、刺戟強度の如何に拘らず充電電壓が一定の値に達した瞬間に活動電壓が生起すると云ふ。その後 Eichler (2) はこの研究の重要性を認めて、精密な實驗を行ひ、Schaefer 等の得た實驗結果に幾多の訂正を加へて従來の諸家の刺戟理論を否定すると共に、これを独自の刺戟理論の實驗的證明に役立てゝる。陰極電氣緊張の生成は神經に興奮の生起する多少とも直接的な前提と見做されるから、この充電曲線は神經の被刺戟性を規定する重要な曲線であり、その測定は神經生理學にとつて甚だ興味ある研究方法として種々の方面の研究に應用せられ得ることと考へられる。然るに既述の如く先人達の實驗結果に甚しい不一致が認められる現状であるから、余は先づこれらの實驗を追試することとした。

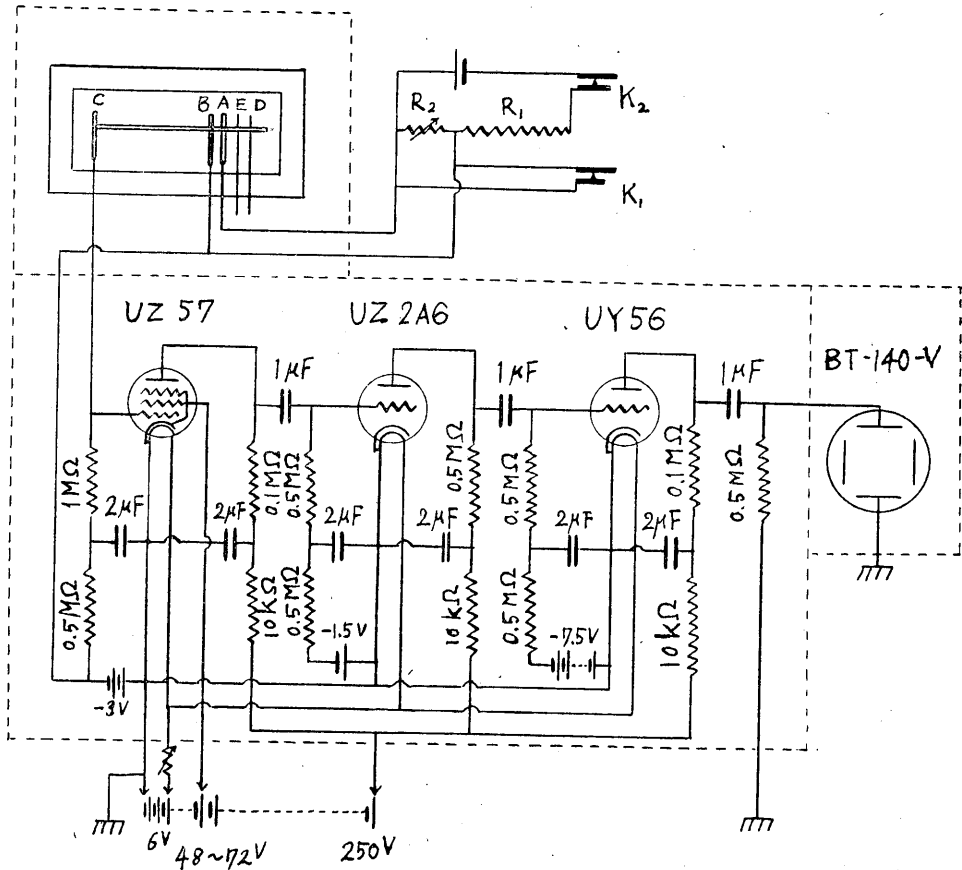
### II. 實驗方法

鼠の第9脊髄神經前根を剔出し、之を第1圖に示されたペイクライト製濕室に装置する。濕室内には2本の白金電極 (E, D 直徑 0.5mm) 及び3本の銀-鹽化銀電極 (A, B, C 直徑 0.5mm) があり、各電極間の距離は ED 間 2mm, EA 間 2.5mm, AB 間 2mm, BC 間 20mm, 電極 A, B, C の上には夫々 Ringer 液にて潤した濾紙の小片 (恰度電極を蔽ふ大さ、幅約 0.5mm, 長さ約 7mm) を載せ、その上に神經を横へる。

電極 AB より直角流を下向性に與へる。電源には 2V 蓄電池、圖の  $R_1$  (2000 $\Omega$  或は 4000 $\Omega$ ) 及び  $R_2$  (可變, 200 $\Omega$ ) の無誘導抵抗を用ひ、分壓法により所要の電壓を神經に與へた。通電の開始は短絡路内の電鍵  $K_1$  の開放によつた。電鍵  $K_1, K_2$  の開放には石川式 3重刺戟装置を行ひた。E, D 兩極は感應コイルに連絡され、不應期にある神經に於ける研究のために豫め挿入されるものであつて、本編の研究には概ね無關係である。

直角流による陰極電氣緊張の生成過程は B, C 兩極に現はるゝ電壓變化として檢出される。か

第1圖 實驗裝置配線圖



ゝる電極の配置は Schmitz u. Schaefer の所謂3 點法である。B, C 兩極間の電壓變化は増幅器を通じ BT-140-V 型マツダ陰極線 Oscillograph に導いた。刺戟電鍵と機械的に連繫された時間軸掃引装置によつて移動する Braun 管の輝點を、接寫用補助レンズを附した Ciné-exacta (レンズ口径  $f : 1.9$ ) により、主として富士レントゲン間接撮影用フィルムを用ひて、螢光板より 40cm の距離から撮影した。

増幅器は配線圖の示す如くマツダ UZ 57, UZ 2A6, UY 56 の抵抗容量結合である。問題の性質上、直流増幅器使用の望ましいのは云ふ迄もないが、比較的強度の増幅を要する點に技術上の困難を感じたので、上記の増幅器を以つてし、得られた曲線に補正を加へることゝした。但し上記増幅器の入力側に直角電壓を加へた際、10msec の後に約 3% 電壓降下を示すのみであつて、3~4msec 殊に最初の 1msec の間の時間的経過が主要な問題となる本研究では殆んど無視し得る程度である(第2圖b 参照)。曲線には更に時間軸掃引の不等速性に對する補正を加へた。

實驗は 1940/41 年の冬期に行はれ、室溫  $12^{\circ}$  乃至  $15^{\circ}\text{C}$  であつた。

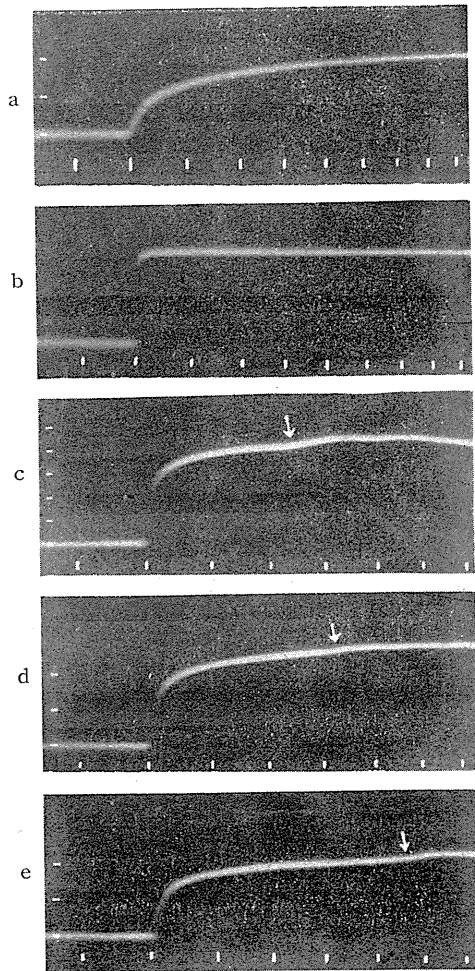
### III. 実験成績

#### A. 剔出した儘の神経の充電曲線

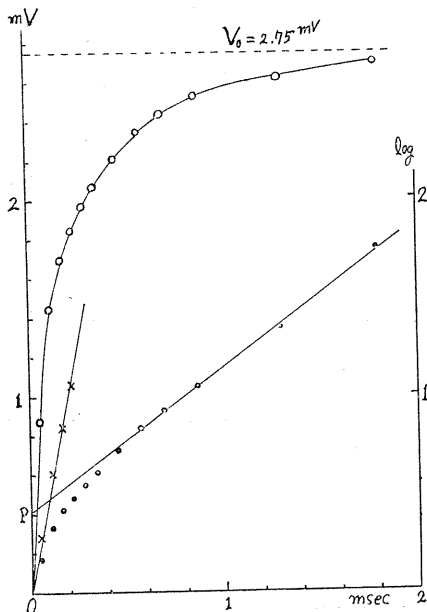
充電曲線を描くための直角流は閾値より僅かに弱い強度とした。閾値以上の強度の直角流を用ひると、充電曲線の上に活動電圧が——直角流が強い程早期に——加重する。かゝる曲線は閾充電電圧を知るためには必要であるが、單に、充電経過を知る上には勿論不便である。撮影した充電曲線を擴大焼付けたものが第2圖、a, c, d, e である。a は神経を2回分割したもの（後述参照）に閾下の直角流を加へた場合の充電曲線、c 以下は、a とは別個の1標本に於て、c に於ては未分割の神経に就き、d に於ては1回分割後、e に於ては2回分割後の神経に就いて、夫々閾刺激強度と思はれる直角流を與へた際の充電曲線であつて、圖中矢印の點より微弱な活動電圧が始つてゐるのが認められる。この微弱な振れが活動電圧なることは、直角流を更に少しく増強すると之が顯著な周知の活動電圧の波形を示すこと、更にまた、直角流に約 10~15

第2圖 神経の充電曲線

- a. 2回分割せる神経、刺激電壓 11mV (閾下)
  - b. 増幅器入力側に 2.4mV 直角流を加ふ
  - c. 未分割神経、刺激電壓 22mV
  - d. 同上神経を1回分割せる後、刺激電壓 24mV
  - e. 同上神経を2回分割せる後、刺激電壓 28mV
- c, d, e に於ては矢印の所より活動電壓生ず。  
時間示標 0.5msec., 縦軸 1 目盛 1mV.



第3圖 充電曲線(o)と  $\log \frac{V_0}{V_0-V}$  (o),  $\log \frac{V_1}{V_1-v}$  (x)



msec 先だつて AB 電極より單一極大感應電撃刺激を加へ神経を相對不應期の状態に置いた場合には、直角流による充電曲線は略従前通りの

滑かな曲線を示し、活動電圧のみは拂拭されることによつて確定される。

上述の補正を加へた充電曲線の1例を第3圖に示す。横軸は時間、縦軸は電圧である。曲線の示す如く充電電圧  $V$  は最初は急激に、後には漸次に緩徐に上昇して最終電圧  $V_0$  に接近する。しかしこの充電曲線は決して單純な指數函數曲線ではない。即ち縦軸に  $\log \frac{V_0}{V_0-V}$  をとり、それと時間  $t$  との關係を求めると、圖に示す如く、直線とはならない。 $t$  の比較的大なる部分では直線的であるが、 $t$  の小なる部分に於ては上方に凸なる曲線を畫いて急激に下降する。又充電曲線の半値時は Schaefer (6) の理論によれば該被刺戟形體の時値と一致すべきであり、また實際に Schaefer 等の實驗結果によれば正常なる神経に於ては大體これと一致した値が得られてゐるが、本研究の結果では充電曲線の半値時は標本によつて著しい差が認められ、最大のものも 0.1msec 程度、小なるものでは 0.04msec であつて、多くの場合本實驗の條件の下に於ける蓋神経の時値に比較すると遙かに小である。この點から見ても上記の充電曲線を以つて、直ちにこれを被刺戟性形體そのものの陰極電氣緊張生成經過を示すものと見做すことは妥當と思はれない。さて  $\log \frac{V_0}{V_0-V} - t$  曲線の  $t$  の大なる部分が直線をなす點から考へて、充電曲線を時間常數を異にする2つの指數函數曲線の和と見做すと、次式 (1) によつて比較的良好く充電曲線を表現することが出来る。

$$V = V_1(1 - e^{-\frac{t}{\alpha}}) + V_2(1 - e^{-\frac{t}{\beta}}) \dots \dots \dots (1)$$

但、 $V_0 = V_1 + V_2$        $\alpha < \beta$

即ち充電曲線を急速に充電される成分 ( $\alpha$  成分) と緩徐に充電される成分 ( $\beta$  成分) とに分ち、それぞれの  $\log \frac{V_1}{V_1-v}$ ,  $\log \frac{V_2}{V_2-v'}$  ( $V_1, V_2$  はそれぞれ  $\alpha$  成分及び  $\beta$  成分の最終充電電圧;  $v, v'$  はそれぞれ時間  $t$  に於ける  $\alpha$  成分及び  $\beta$  成分の充電電圧) と  $t$  との關係を求めると、圖に示す如く共に直線となる。 $\beta$  成分のみの半値時 ( $\beta \times 0.693$ ) は多くは 0.4~0.6msec であり、該神経の時値よりは常に幾らか大であるが(理由後出)、充電曲線全體としての半値時の如く著しい個體差を見ず、いづれの場合にもほぼ一定した値を示す。このことから  $\beta$  成分が神経の被刺戟性を持つ膜に對する充電の時間的經過を示すものと考へることが出来る。急速に充電せられる方、即ち  $\alpha$  成分は寧ろ神経の結締織性被膜が關係してゐるものと推測される。又此の推測は次に述べる神経の分割實驗によつて一層確からしくなる。

充電曲線を  $\alpha, \beta$  兩成分に分つには次の方法を探つた。先づ方眼紙上に充電曲線と  $\log \frac{V_0}{V_0-V} - t$  曲線とを畫き、後者の  $t$  の大なる部分が示す直線的關係(即ちこの部分では  $v = V_1 = \text{konst.}$ ) をそのまま直線的に延長して縦軸に交はる點を P とすれば、P の縦座標は  $\log \frac{V_0}{V_2}$  に相當する。 $V_0$  は既知であるから  $V_2$  が求められ、従つて又  $V_1$  が求められる。又この直線の傾斜から  $\beta$  が求められる。次に  $t$  の小なる部分の  $\beta$  成分の大きさ ( $v'$ ) を計算し、之を實測充電曲線より減すれば、殘餘は  $\alpha$  成分 ( $v$ ) を示すこととなる。かくして  $\log \frac{V_1}{V_1-v}$  と  $t$  との關係を求めると、これ亦大凡直線的となり、式 (1) によつて曩の充電曲線を表現し得ることが判明する。

## B. 神経幹の分割による充電曲線の變化

前節に於て $\alpha$ 成分と神経の結締織性被膜との関係を推測したが、その証明として、神経幹を分割し、分割前後の充電曲線を比較する実験を行つた。元來前根は脊柱外の末梢神経幹に比すればその被膜は遙かに薄いのであるが、それでも双眼顕微鏡でこれを観察すると、可成の厚さを持つてゐる。Ringer液内にて神経の斷端をピンセットにて2分し、その各をピンセットにて挟んで引き割いてゆくと、神経を蔽つてゐる結締織の被膜は恰度股引を脱がせるやうに至つて簡単に剝離されるのが、双眼顕微鏡によつてよく観察される。一度分割したものを更に猶一度分割すると、再び或程度の被膜が剝離される。かくして2分或は3分された神経のうち牽引、屈曲等の機械的侵害の比較的軽度と目せられる方を選んで、再び温室内に持ち來して実験に供する。

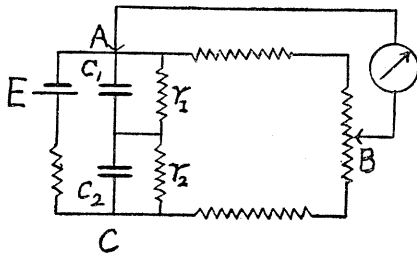
第 1 表

實驗番号	刺激電圧 mV	$V_0$ mV	$V_2/V_0$ %	$V_2$ mV	$V_1$ mV	$\alpha$ mSec	$\beta$ mSec	HWZ(分)	HWZ(全)	時 値 mSec	備 考
No. 6	20	5.18	25.0	1.30	3.88	0.05	0.83	0.58	0.04	0.37	未分割
No. 9	11	1.94	64.5	1.25	0.65	0.12	0.85	0.58	0.28	-	1回分割
No. 10	15	2.90	64.5	1.87	1.05	0.14	0.74	0.51	0.23	-	2回分割
No. 14	15	1.67	49.0	0.82	0.85	0.09	0.96	0.68	0.14	0.36	2回分割
No. 11	18	2.75	21.6	0.60	2.13	0.07	0.91	0.63	0.06	0.24	未分割
	32	2.69	29.5	0.78	2.13	0.09	0.60	0.43	0.08	-	1回分割
No. 12	22	4.45	27.6	1.26	3.19	0.06	0.60	0.42	0.09	0.28	未分割
	26	2.92	38.4	0.98	1.94	0.06	0.82	0.67	0.09	0.30	1回分割
	26	1.92	39.8	0.76	1.16	0.07	0.54	0.38	0.09	0.29	2回分割
No. 13	14	2.75	39.0	1.07	1.68	0.08	0.70	0.41	0.10	0.32	未分割
	17	2.40	45.6	1.66	1.35	0.10	0.77	0.55	0.14	0.27	2回分割

かく分割された神経の充電曲線の特徴は、一見したところ充電電圧が低下し充電の経過が永引くことである(第2圖 c, d, e)。しかし實測によると、 $\alpha$ 及び $\beta$ の値には著しい變化を認め得ず、寧ろ $\alpha$ 成分の充電電圧 $V_1$ (乃至 $v$ )が $V_2$ に對し相對的に著しく減少すること、即ち $\frac{V_2}{V_0}$ の値が大となること、が全體としての充電経過の延長を來さしめる主因である。(第1表實驗例 No. 11, No. 12, No. 13 参照)。猶第1表 No. 6, No. 9, No. 10, No. 14は同一標本に於ける分割前後の比較ではないが、分割後のものは $\frac{V_2}{V_0}$ の値大きく、別出した儘の不分割のものに於てはその値は小さい。其他充電曲線を撮影して分析するに至らなかつた多數の例に於ても、同様の關係を、螢光板上の輝線の觀察から明白に確認し得た。かゝる $V_1$ の減少は結締織性被膜の剝離に原因すると考へねばならないから、惹いては不分割の神経に於ても、 $\alpha$ 成分は結締織性被膜の充電過程を表現せるものと考へられる。

今、第4圖の如き神経の模型圖を考へ、Aを陰極に觸るゝ神経の外表面、Cをそれに対する内面とする。分極性被膜を $C_1, C_2, r_1, r_2$ なる構造を有するものとし、 $c_1 r_1$ は神経の結締織性被

第4圖 神経の模型的表現



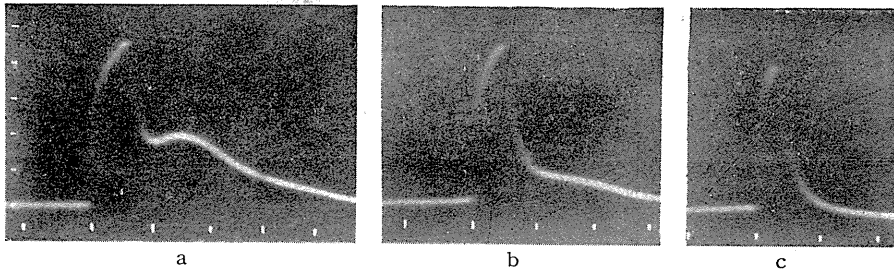
膜,  $c_2 r_2$  は眞に被刺戟性を有する神経膜とすれば充電曲線は電源 E によつて  $c_1 c_2$  が充電さるゝ際の A, B 2 點間の電壓變化の経過を示すものと云ふことが出来る。さて神経の分割によつて結締織性被膜が非薄となる結果は,  $c_1$  の増大,  $r_1$  の減少を來すわけである。これら兩要素の變化は時間常數  $\alpha$  に対しては互にその効果を相殺するが,  $r_1$  の

減少は  $V_1$  の減少を來すべく, これが實驗的に上述の結果を招來する所以と考へられる。

C. 充電曲線と時値との關係

Schaefer の理論並びに實驗によれば, 刺戟強度の如何に拘らず, 神経の充電電壓が該神経の被刺戟性によつて定まる一定の値に達することが興奮を起すための必要且充分な條件であると云ふ。従つて時値は任意の強さの電流による神経の充電曲線の半値時に一致することゝなるのである。併し上節に述べた結果によると, 神経の充電曲線には被膜に基く  $\alpha$  成分が含まれてゐるのであるから, 單に全體としての充電曲線に就て Schaefer の所論が妥當するとは考へられない。又充電曲線全體としての半値時が時値に一致しないことは既述の通りである。この點を更に實驗的に確かめるために余は時値に相當する期間を持つ平流による閾充電電壓と其電流刺戟による閾充電電壓を比較した。即ち先づ神経の認め得る最小の活動電壓を目標として基電流及び時値を求め, その間, 基電流刺戟及び時値刺戟の充電曲線を撮影して置く。第5圖は基

第5圖 1 回分割後の神経に直角流 (52mV) を通ず。直角流期間: a, 0.28ms; b, 0.24ms; c, 0.20ms. a 及び b に於ては活動電壓を認む。  
(時間示標 0.5msec, 縦軸 1 目盛 1 mV)



電流の略 2 倍の電流をそれぞれ 0.28msec (a), 0.24msec (b), 0.20msec (c) の期間だけ神経に通じた際の充電曲線であつて, a にあつては可成の大きさの活動電壓を認め, b にあつては微弱的な活動電壓を認めるが, c に於ては既に之を認め得ない。かゝる曲線によつて時値を測定し得ると共に, 時値刺戟による閾充電電壓を知ることが出来る。

實驗成績を一括して第2表に掲げる。同表第1列乃至第3列の示す如く, 基電流刺戟の閾充電電壓  $V_s(\infty)$  と時値刺戟の閾充電電壓  $V_s(\tau)$  とは, Schaefer の云ふ如くには一致せず, 後者は常に前者よりも大, その比は 1.51~1.76 である。これは充電曲線を  $\alpha, \beta$  兩成分に分解

第 2 表

實 驗 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	$V_s(\infty)$ 基電流刺戟 閾充電電圧 (mV)	$V_s(\tau)$ 刺戟刺戟 閾充電電圧 (mV)	$V_s(\tau)$ $V_s(\infty)$	$V_T$ +T 刺戟 基電流刺戟 閾充電電 (mV)	$V_s(\tau)$ $V_T$	$V_s(\infty)$ 基電流刺戟 閾充電電圧 (mV)	$V_s(\tau)$ 刺戟刺戟 閾充電電圧 (mV)	$V_s(\tau)$ $V_s(\infty)$ 實測値	$V_s(\tau)$ $V_s(\infty)$ 計算値	HWZ( $\beta$ ) $\beta$ 成分 半値時 (mSec)	T 時 値 (mSec)	$\frac{T}{HWZ(\beta)}$
12 未分刺	4.23	6.38	1.51	3.62	0.88	1.04	0.83	0.60	0.74	0.47	0.28	0.67
12 1回分刺	2.60	4.32	1.66	2.18	0.99	0.66	0.53	0.80	0.61	0.37	0.30	0.53
12 2回分刺	1.68	3.27	1.74	1.47	1.11	0.72	0.64	0.69	0.84	0.37	0.29	0.78
13 未分刺	2.70	4.76	1.76	2.18	1.09	1.02	0.93	0.81	0.84	0.41	0.32	0.73
13 2回分刺	2.15	3.26	1.61	1.68	1.03	0.75	0.64	0.72	0.61	0.31	0.27	0.53

する見地からすれば當然のことであつて、充電経過の速かな $\alpha$ 成分は既に時値の間に大凡充電を完了するため、時値刺戟に於ては刺戟電圧が大なるだけ、全體としての閾充電電圧は基電流刺戟のそれよりも大となるわけである。然らば眞の被刺戟性形體の充電経過を示す $\beta$ 成分の閾充電電圧に就いて比較すれば如何であらうか。實測された  $V_s(\infty)$  及び  $V_s(\tau)$  から、第1節に述べた様式の計算によつて容易にそれらの $\beta$ 成分閾充電電圧  $V_{2s}(\infty)$  及び  $V_{2s}(\tau)$  を知ることが出来る。同表第6~8列はこの關係を示すのであつて、 $V_{2s}(\tau)$  は  $V_{2s}(\infty)$  の値の 0.7~0.9 倍を示してゐる。即ち時値刺戟に於ては基電流刺戟に於けるよりも眞の被刺戟性成分の充電が少なくて既に興奮が生起するのである。このことは實測された時値が $\beta$ 成分の半値時よりも常に小なる値をとること(第2表, 第10~12列)とよく符合する。

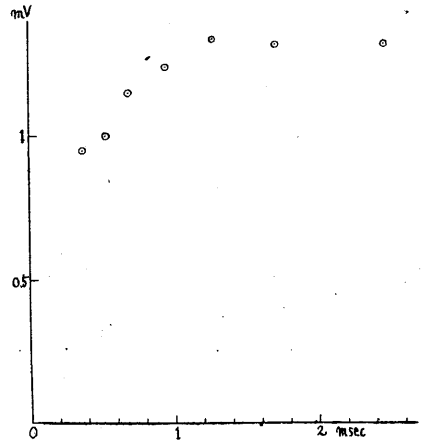
一定期間(4.5msec)の刺戟電流の強度を閾値よりその2倍に至るまで漸次に増加し、各回の刺戟の充電曲線を

撮影して、曲線に就いて $\beta$ 成分閾充電電圧と閾充電時間(潜伏時)及び刺戟強度との關係を求めると、第3表に示す如く、刺戟強度大なるほど、換言すれば閾充電時間小なるほど、 $\beta$ 成分閾充電電圧は小である(第3表, 第6圖)。

第 3 表

刺戟強度 (mV)	閾充電時間 (msec)	$\beta$ -閾充電電圧 (mV)
20	2.45	1.32
28	1.70	1.32
24	1.27	1.34
26	0.95	1.24
28	0.69	1.16
30	0.53	1.00
40	0.37	0.95

第6圖 閾充電時間(横軸)と $\beta$ 成分閾充電電圧(縦軸)との關係(第3表参照)



IV. 考 察

緒言に述べたやうに、Rosenberg 及び Schaefer 等は神経の充電曲線を單純な指數函数曲線と見做してゐる。Eichler は之を追試して、充電曲線はほぼ指數函数曲線の経過をとるが、

終に近づくとつれて電圧上昇が幾分か遅延すると云ふ。しかし彼はそれ以上この曲線进行分析してゐない。余の得た結果も Eichler と同様、曲線は一見したところ終に至つて幾分か平坦となる指數函數曲線と見做し得る。しかし一層之を精査した結果は、之は (1) 式に示す如く  $\alpha$ ,  $\beta$  兩成分に區分さるべきことが明かにされた。神経の結締織性被膜が分極性を有する以上、斯くの如き結果は當然豫想さるべきである。

擬、余は充電曲線の  $\beta$  成分を神経本來の被刺戟性形體の充電経過と考へた。Schaefer は充電曲線の半値時は時値と一致すると云ふが、この結果は既に Eichler によつても否定され、Eichler は刺戟電圧大なるほど、活動電壓の生起する時點に於ける充電電圧は大きいと云ふ結果を得てゐる。この結果に對する Eichler の解釋は後に譲るが、實驗結果そのものは余の得た結果と一致してゐる。しかし余の得た結果では、充電曲線全體としての半値時のみならず  $\beta$  成分の半値時も亦時値と一致しない。この間の事情は次の考察によつて判明する。 $\beta$  成分の充電電圧が或値 ( $V_{2s}$ ) に達したときに興奮の生起することは明白である。今暫く一步譲つて、Schaefer の理論を救ふべく、 $\beta$  成分の充電電圧を彼の云ふ神経の充電電圧と考へよう。Schaefer はこの閾充電電圧が刺戟電流の強度並びに期間には無關係に一定であると假定して、電圧期間曲線を理論的に誘導した。かく假定すれば必然的に時値は充電曲線の半値時でなければならぬのである。然るに余の結果によると、 $\beta$  成分の閾充電電圧 ( $V_{2s}$ ) は刺戟期間に無關係に一定であるのではなく、明かに閾充電時間の函數である。第3表(第6圖)に示す如く、 $V_{2s}$  は刺戟電流の期間短き程減少する。これは神経の Akkommodation を表はしてゐると見ることも出来るであらう。又、かくの如く  $V_{2s}(\tau)$  が  $V_{2s}(\infty)$  より小なれば、それだけ時値  $\tau$  は  $\beta$  成分の半値時よりも小とならねばならない。今實測せられた時値  $\tau$  の間に  $\beta$  成分が  $xV_2$  (但し  $V_2$  は最終充電電圧) まで充電されるものとすれば、

$$v' = xV_2 = V_2 \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\beta}}\right)$$

$$\therefore \tau = \beta \ln \frac{1}{1-x}$$

従つて既知の  $\beta$  を用ひて  $x$  を計算し得る。而して時値刺戟即ち基電流の2倍の強度の電流が用ひられた場合には

$$V_2 = 2V_{2s}(\infty), \quad xV_2 = V_{2s}(\tau)$$

$$\therefore \frac{V_{2s}(\tau)}{V_{2s}(\infty)} = 2x$$

かやうに計算された  $V_{2s}(\tau)$  の  $V_{2s}(\infty)$  に對する比が第2表第9列の計算値である。實測値に比較するといづれも計算値が幾分か低いが、これは恐らく基電流測定値が幾分か過大に失つたため時値測定値が過小となつたことに由來すると思はれる。孰れにせよ、 $V_{2s}$  を時間の函數と見做すことによつて、實驗の結果は齊合的に理解せられ、同時に Schaefer の理論の成立し

得ざる所以が明かとなる。Eichler (2) の結果は質的には余の結果と全く相等しい。しかし彼は充電曲線の分析を行はず、しかも刺戟電流の強度如何に拘らず一定の充電電圧に達することを以つて興奮を惹起するための(充分ではないが)必要な条件と見做したために、充電の半値時が時値よりも甚しく小なること(即ち、刺戟電圧大なるほど大なる閾充電電圧を必要とすること)の説明に、充電電圧が一定の所要電圧 ( $V_s$ ) に達した後興奮の生起するまでに多大の潜伏時の経過することを想定しなければならなかつた。しかもこれに引續いて要請せられる假定、即ち潜伏時に於ける充電電圧の「過剰」が活動の開始を促進すると云ふ假定によつて、實驗結果を説明してゐる。しかし Eichler にあつては、基電流刺戟の閾充電電圧を興奮を惹起するに必要な所要電圧  $V_s$  と見做す他なきために、基電流刺戟に於ける潜伏時の問題に於て自己撞着に陥つてゐる。然るに逆にかゝる假定が Eichler (2, 3) に於ては Nernst 以來 A. V. Hill に至る所謂興奮の Auslösehypothese に對する反駁となつてゐるのであるが、同じ實驗結果が余の分析によると全く異つた結論に導くのであり、従つて Auslösehypothese に對する Eichler の駁論も全く無力と化するのである。

問題の要點は、充電曲線の  $\alpha$  成分が、果して余の考へた如く神経の結締織性被膜にのみ關係するものであり、神経の興奮性に對して何等本質的影響を與へ得ざるものと見做し得るや否やにある。これに對する證明としては、上述の神経分割實驗の外に次の諸事實を援用することが出来る。第1に、從來知られてゐる如く神経の時値は個體差が少いにも拘らず充電曲線全體の半値時には著しい個體差が認められること(これは Schaefer, Eichler も亦認めてゐる)、然るに之を  $\alpha, \beta$  兩成分に分てば、 $\beta$  成分の半値時は時値と同じく著しき個體差を認め得ぬことである。第2に Eichler の實驗結果によれば、神経全體の半値時が温度 ( $4^\circ \sim 14^\circ \text{C}$ ) に無關係なことである。これは大多數の神経に於て充電曲線の半値時を左右するものは  $\alpha$  成分である ( $V_1 > V_2$ ) と云ふ余の實驗結果と符合するものである。

これらの事實によつて  $\alpha$  成分を結締織性被膜の分極に歸することは既に充分の根據を有してゐるが、之を確定するには更に幾多の實驗的研究を必要とすることと思ふ。

## V. 摘 要

1. 剔出した莖の第9脊髓神経前根に直角流を通じ、その陰極及び末梢切断端の電極より通電開始後數 msec 間の電壓變化を誘導して、陰極下に於ける電氣緊張生成の時間的経過(充電曲線)を追求した。

2. 充電曲線は比較的小なる時間常數を有する指數函數曲線( $\alpha$ 成分)と大なる時間常數を有する指數函數曲線の和として表現される。神経を分割してその結締織性被膜を菲薄となすと  $\alpha$  成分の充電電圧が相對的に著しく減少する。この點から  $\alpha$  成分は神経の結締織性被膜に關係し、 $\beta$  成分が本來の被刺戟性を有する神経膜の充電経過と考へられる。充電曲線全體としての半値時は多くは時値よりも著しく小であり、 $\beta$  成分の半値時は時値より僅に大である。

3. 神經の閾充電電壓は基電流に於て最小, 刺戟電流が強大となるにつれて増大する. 之に反して  $\beta$  成分の閾充電電壓は基電流に於て最大, 刺戟電流の増強さるるにつれて却つて減少する.

4. 以上の實驗結果は Schaefer 等の得た成績と一致せず, 又 Eichler の主張をも否定する.

(本研究費用の一部は文部省自然科学奨励金によつた)

#### 文 獻

- 1) Bogue, J. Y., & H. Rosenberg (1934) J. Physiol. 82 353
- 2) Eichler, W. (1939) Pflügers Arch. 242 468
- 3) Eichler, W. (1939) Pflügers Arch. 242 557
- 4) Schmitz, W., u. H. Schaefer (1934) Pflügers Arch. 233 299
- 5) Schaefer, H., u. W. Schmitz (1934) Pflügers Arch. 233 700
- 6) Schaefer, H. (1936) Pflügers Arch. 237 722

# 大日本生理學會々則

1. 本會ハ大日本生理學會ト稱ス。
2. 本會ノ目的ハ同學者相ヨリ斯學ノ進歩發展ヲ期スルニアリ。
3. 本會々員ハ本會ノ主旨ニ賛成ナル同學者ニシテ評議員ノ紹介アルモノヨリナル。
4. 本會ハ毎年1回大會ヲ開キ會員ノ業績ヲ發表討議スル他評議員會及ビ會員總會ヲ開ク。
5. 本會ハ雜誌“日本生理學雜誌”ヲ發行ス。  
本雜誌ハ會員業績發表機關トシ兼テ日本ニ於ケル生理學ノ總覽トス。從ツテ會員ハ如何ナル形式ニ於テ發表シタル生理學業績ト雖モ、原則トシテ本雜誌ニ其ノ抄録ヲ投稿シ且ツ次期ノ大會ニ於テ之ガ質議應答ヲナス義務アルモノトス。雜誌發行ニ關スル規定ハ別ニ之ヲ定ム。
6. 會員ハ會費年額8圓ヲ負擔スベキモノニシテ本會雜誌ニ寄稿シ、ソノ配布ヲ受ケ、且ツ大會ニ學術報告ヲナス事ヲ得。
7. 本會ニ評議員、常任幹事及ビ當番幹事ヲ置ク。
8. 評議員ハ各大學専門學校ノ生理學ノ專任教授及ビ評議員會ノ推薦スルモノヲ以テ之ニ充ツ。
9. 評議員會ハ次期大會開催校ヲ決定スル他本會一般ノ事務ヲ評議ス。
10. 常任幹事ハ若干名トシ庶務・會計・編輯ヲ司ル他評議員會開催ノ時期以外ノ緊急事務ヲ處理ス。
11. 常任幹事ノ任期ヲ3年トシ改選ハ評議員會ノ互選ニヨル。但シ重任ヲ妨ゲズ。
12. 當番幹事ハ本會大會開催ノ評議員ヲ以テ之ニ充テ大會開催ノ事務ヲ取扱フ。
13. 本會ノ事務報告ハ總會ノ他日本生理學雜誌々上ニ發表ス。
14. 本會ノ事務所ヲ當分ノ内東京帝國大學醫學部生理學教室ニ置ク。

## 日本生理學雜誌投稿規定

1. 原稿ハ平假名交リノ口語體で、句讀及括弧ハ一字ニ相當スル空間ニ明瞭に書かれたい。
2. 原著ハ一題に就テ組上リ10ページ(約18000字)ヲ超過セぬ事。一題ヲ無理に割ツテ規定内ノ數篇トスル事ハお断リス。費用ハ當分ノ内全額ヲ著者ノ負擔トス。別刷ノ部數ハ紙ノ供給ヲ考慮シテ編輯會議で査定ス。
3. 學會(地方部會を含む)發表演說要旨ノ掲載ハ無料トス。但シ一題に就キ組上リ1ページヲ超過セぬ事。
4. 原稿ノ第一枚目にはその下半分に表題、著者名(ローマ字ヲ附ける)及びその所屬、國際十進分類法による分類番號、表及挿圖ノ數等ヲ次ノ形式に從ツテ書き

(原著) (圖3表1)

末梢神經の不應期の電氣緊張による變化に就て, 612. 813. 3

慈惠會醫科大學生理學教室

瓦 田 只 二

Kawarada-Tadazi

- 上部の餘白には別刷希望部數その他編輯者への注意ヲ朱書せられたい。
5. 原稿ノ項目分けハ第1章、第1節等トスル事なく次ノ順に從ツテ分けられたい。  
I .....  
A .....  
1 .....  
a .....  
i .....  
α .....
  6. 脚註ハなる可ク遠慮せられ度い。
  7. 挿圖原稿及ビ表ハ必ず別紙に認め、本文中にはその挿入す可き個所ヲ明瞭に指定せられ度い。挿圖も表も距離凸凹とするから、その儘寫眞に撮り得る様に整理記入して出され度い。特に網目版を必要とする物は成る可ク避けられ度い。圖ノ縮小率ハ編輯部に委せられ度い。
  8. 外國語、外國人名ハ明瞭な(成る可クタイプライタ)ローマ字體を以テ書かれ度い。外來語ハ片假名にてよらし。
  9. 數詞ハ原則的にアラビア數字を用ひる。單位符號ハ別に定める處に從はれ度い。
  10. 引用著者名ハ末尾文獻表の番號又は年號、必要の際ハ引用のページヲ括弧に入れて附記せられたい。  
〔例〕 (Hofmann, F. B. 3 226) 又は.....F. B. Hofmann (1895) によれば.....
  11. 末尾引用文獻ハ A B C 順に配列ス。本文中に引用個所のない文獻ハ必要がない。孫引きハ特に之ヲ明記せられ度い。  
〔例〕 文 獻  
1) Gaskell, W. H. (1883) J. Physiol. 4  
2) Heidenhain, H. (1854) Dissertation, Berlin (Hofmann 1895 による)  
3) Hofmann, F. B. (1895) Pflügers Arch. 60  
4) 高野瑞枝 (1932) 東醫雜 46  
5) Tigerstedt, R. (1921) Die Physiologie des Kreislaufes I, Berlin u. Leipzig  
6) Usher, F. L. and J. H. Priestly (1906) Proc. Roy. Soc. 77 B
- 〔注意〕 文獻中、番號、雜誌名等の書き方並に著者名頭文字の位置、讀點、コマ等の付け方に注意せられ度い。太文字の指定ハ字の下に波線ヲ附せられたい。例へば、東醫雜 46

# 會 報

**林 泉氏** (本會評議員・青島東亞醫科學院教授) は3月下旬病を獲て歸國、東京康樂病院にて加療中4月16日病革まり俄に永眠せられた。享年43歳。前途春秋に富む學者を喪ひ學界の損失惜しむ可きである。茲に謹んで弔する。

氏は明治35年静岡縣駿東郡高根村上小林、林木之進氏の長男として生れ、御殿場農學校より東京帝大農學部實科卒業、昭和2年、京都帝大農學部農林生物學科卒業、京大助手(農學部勤務)被命、湯淺八郎教授に就て研鑽、昭和7年、京大大学院入學、醫學部石川日出鶴九教授の指導を受けて研究、昭和8年ウメケムシの趨光性に關する研究論文を提出、農學博士の學位を授與せられた。同年大阪高等醫學專門學校講師を囑託せられ、昭和10年京大助手(醫學部勤務)被命、同13年、同學醫學部講師囑託、同14年青島東亞醫科學院教授に就任、青島に赴き生物學及び生理學を擔任して現在に及んだ。昨年濟南醫學校開設せられるや、同講師を兼任し供覽器械を携行して出張、青島に歸つては學院長代理として校務に従ひ發病後も病軀を押して育英に盡瘁した。尙山東理化學研究所長を兼ね、又陸軍被服本廠の囑託として農業藥劑の生理學方面の研究をも行つた。氏の研究生活はウメケムシの生態を以て始まり、寄生昆蟲との關係よりする生物學的驅除方法、動物の趨性特に光に對する反應に就て研究、又京大生理の刺戟生理學研究に従事し、後オツシログラフを用ひて昆蟲藥理學の方面の開拓に志した。研究業績は東京帝大農學部雜誌、大日本生理學會、「植物及び動物」にて報告した。著書に「動物趨性學」(養賢堂發行)がある。

## 會 員 移 動 (6月30日まで)

### 入 會 (9名)

	所 屬	住 所	紹 介 者
齋藤 十 六	日本大學醫學科内科	東京都本郷區西片町10番の 6	戸塚 武 彦氏
鹽谷 外 男	金澤醫大生理	金澤市上本多町1番丁7の2 吉田方	上野 一 晴氏
井手 一 郎	九州帝大醫學部放射線	久留米市莊島町東立丁 25	瀬尾 愛三 郎氏
古賀 彦次 郎	長崎醫大生理		清原 寛 一氏
大木 誠 止	千葉醫大生理		鈴木 正 夫氏
中村 英 彦	日本醫大生理	東京都本郷區駒込迫分町69初音館内	戸塚 武 彦氏
谷 内 清	同 上	東京都本郷區根津須賀町7 日本醫大寮	同 上
宮川 忠 夫	同 上	東京都本郷區駒込千駄木町 58	同 上
藤澤 正 輝	同 上	東京都下谷區上野櫻木町 19	同 上

### 轉任・轉居 (5名)

佐々木 謙 三	山口市宮野區河原町 (舊東京)
中野 敏 信	滿洲國錦州鐵道局保健院現業指導科
上岡 文 雄	東京都北多摩郡保谷町下保谷 211
矢野 眞 琴	滿洲開拓青年義勇隊訓練本部増健科 (舊新京醫大)
東 田 巖	青島東亞醫科學院生理學教室 (舊日本醫大)

### 退 會 (2名)

西山 正 吉 (京 都)	枝松 辰 朔 (臺 北)
--------------	--------------

昭和 19 年 5 月 5 日 印刷  
昭和 19 年 5 月 13 日 發行

編輯兼發行者

戶塚 武彦

東京都本郷區元富士町  
東京帝國大學醫學部生理學教室  
電話小石川(85) 5588

印刷者

武藤 龜吉

東京都王子區堀船町1ノ785  
(東京 654)

印刷所

文友社

東京都王子區堀船町1ノ785

配給元 東京都神田區  
淡路町二丁目九番地

日本生理學雜誌第9卷第4號

定價 1 圓

發行所

大日本生理學會

事務所 東京帝國大學醫學部生理學教室  
振替東京 86430 番 電小石川 5588  
會員番號 216029 番

發賣所

岩波書店

東京都神田區一ツ橋通町  
電話九段(33) 代表番號 0187 (4)  
振替口座 東京 26240 番  
承認番號 40 號

日本出版配給株式會社



塩野義製薬株式会社

大阪市東區道修町

# アカシドール

【成分】

フェニールアゾ、  
アセチルアミノ、  
オキシナフタリン  
トリスルホン酸ソ  
ーダ及びフェニ  
ルアゾ、ジアミノ  
ピリジン、メタン  
スルホン酸ソーダ  
の二成分よりなる  
赤色アゾ色素剤

注射液  
2cc 5cc  
各 5A 10A 50A

312

【適應症】 連鎖状球菌性諸感染（丹毒、産褥熱、關節炎、猩紅熱、敗血症等）連鎖状及葡萄状球菌に基因する諸疾患、癰、疔、瘰癧、扁桃腺炎、中耳炎、淋巴腺炎、淋疾、眼瞼炎、口内炎等

## 結核新劑

最高度組織内酸化増強劑（副作用一切なし）

（白金パラチウム・ベルオキソターゼ）

結核全般

肺結核・咽喉結核・ルイレキ・腸結核・  
腎臓結核・腹膜結核。

オキシドールは特殊装置により製作されたる白金・パラチウム電化液にて従來のものと同免疫學上、治療學上根本的に其趣を異にし、腦及び肺臟を主とし、諸臓器組織内深く沈着し、其強力なる接媒性能により組織内酸化工作を最高度に増強し、其寄生する結核菌を酸化撲滅するものなり、また豫防に用ひて効果顯著なり。

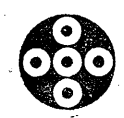
定價十管入金十圓（文献贈呈）

山内製薬所

東京市赤坂區青山南町五ノ七九  
電話青山(36)二六三八番  
振替東京四五八一



# オキシドール



出血性  
素質の  
徹底的  
治療に

劑 K ニミタビ

# スクッテンジ

プロトロンビン減少に基因する各種出血性疾患、殊に早・新生児の出血性素質は死亡率極めて高くその治療は従來頗る困難とされてゐたがビタミンKたるジテツクスは劃期的新止血劑として此等諸疾患に賞用せられる

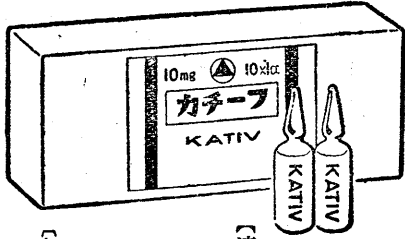
包装 注 1cc(100瓶) 100管

3-18

製造販売元・大阪市東區道修町 田邊製薬株式会社  
東京取買元・東京市東區本町 東京田邊製薬株式会社

武田發賣品

製造發賣元 大阪 武田藥品工業株式會社



【包裝】  
5瓶 180円  
10瓶 300円  
ほかに錠剤(錠)

【適應症】  
嗜血、血症、傳染性疾患  
の腸出血、腎臓性貧血、  
膽汁癆、肝硬變症、  
新生兒出血性素質、新産  
兒重症貧血、早産兒、人  
工發賣元の出血性傾向の  
豫防

- ☆ 2・メチル・1・4  
—ナフトキノンの水  
溶液なり。
- ☆ 吸収極めて佳良にし  
て油劑の如き赤發腫  
張等の副作用なし。
- ☆ プロトロンビン量・  
血小板減少を速かに  
恢復せしむ。

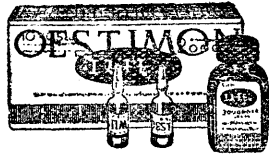
V・K水溶液

# カチーフ

431

## 内服効果を誇る

ステルベン系・卵胞ホルモン劑



錠	0.1錠	0.5錠	1.0錠
各(0.6cc)	10錠	50錠	
末(0.1錠)	100錠	500錠	
錠(0.1錠)	50錠	100錠	500錠

本劑は合成品なるため力價均齊、奏効迅速にして、確實なる内服効果の特徴とするもので凡ゆる卵胞ホルモン適應症に賞用される。殊に特有の末梢血管擴張作用は末梢血流を改善して新陳代謝を旺盛ならしめ凍傷・凍瘡・凍瘍の新治療劑として益々好評である。

3-116

製造發賣元・大阪市東區道修町  
田邊製藥株式會社

東京發賣元・東京都日本橋區本町  
東京田邊製藥株式會社

### 優良國産

久保田式

久保田式

超短波治療機

超音波發生裝置

特長

應用

特に高周波電流計(同調度指示計)並に電流調整器を整備しある故機器の生命たる管球の負荷を最低に保ちつゝ、最大の効果を擧げ得

細菌血清等の處理・實驗  
研究より膠質化學・光學  
方面或は金屬研究等各方  
面に於て活用さる

### 御納入先

陸海軍・厚生省・各大學  
民間・一般臨床醫家

型錄文獻進呈

### 株式會社 久保田製作所

東京都豊島區西巢鴨1丁目3,277番地  
電話 大塚(86) 5,348・6,775番  
福岡營業所 福岡市箱崎宮松町2,580番地  
電話 東 867番