

# 日本生理學雜誌

雜誌「條件反射」合併

第9卷 第7號

昭和19年7月13日發行

編輯幹事

浦本政三郎・久保盛徳・坂本嶋嶺・鈴木正夫  
戸塚武彦・林 謙・福田邦三

伊藤眞次：溫熱性全身無汗症患者に於ける觀察……………	493
高木俊藏・高橋キヨ：汗腺の組織生理學的研究(7) 猫足蹠汗腺の脂肪分泌の問題……………	500
高木俊藏・新田初雄：汗腺の組織生理學的研究(3) 人體汗腺の脂肪分泌……………	504
清原寛一・橋田敦綱：光力學的作用に關する研究 第7報 平滑筋(小腸)に就ての實驗……………	511
浦部小次郎・橋田敦綱：光力學的作用に關する研究 第8報 蛭蚪に就ての成長、致死時間並に血清の作用に就て……………	518
朝井 清：筋糖原質に就ての研究(1) 原位筋疲勞後に於ける糖原質の恢復過程……………	524
朝井 清：筋糖原質に就ての研究(2) 烏喙機筋に於ける糖原質量の消長……………	531
朝井 清：筋糖原質に就ての研究(3) 支配神經切斷後の骨骼筋糖原質量の消長……………	536
古川 誠：航空生理學的研究(8) 低壓環境に於ける電氣心臟圖……………	540
島崎 賢：航空生理學的研究(9) 上空耐性鍊成と體重變化(1)……………	546
島崎 賢：航空生理學的研究(10) 上空耐性鍊成と體重變化(2)……………	551
江上義之：神經纖維に於ける興奮波傳播に就ての模型的考察……………	556
江上義之：電流刺激に於ける“強度-持續時間關係”に就ての吟味……………	566

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 除倦覚醒劑

# ビロホ

製法特許

成分 2,1-Phenyl-2-methylamino-propyl-CH<sub>2</sub>-CH(NH<sub>2</sub>)-CH<sub>3</sub>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

100錠 10錠 500錠

散劑 (百倍稀釋)

100g 50g 100g

注射劑

1g 5mg 10mg 500mg

製造元 大日本製藥株式會社

支店 東京日本橋區本町

文獻申込次簡贈呈

# 腸胃整進劑

〔成分〕 納豆菌及細菌を用ひ、一種の植物種質を培養基として製出せるものにして蛋白質、脂肪、含水炭素等に對する消化酵素(アミラーゼ、マルターゼ、プロテアーゼ、リパーゼ)及びウイタミンA・B<sub>1</sub>・B<sub>2</sub>等を含有す。

〔適應症〕 各種食慾不振、殊に結核症の如き慢性病に於ける食慾不振には奏效を期待せらる(急性慢性胃酸カタル、宿醉、胃腸過多及減少症、便秘症、下痢症、消化不良、栄養障礙)

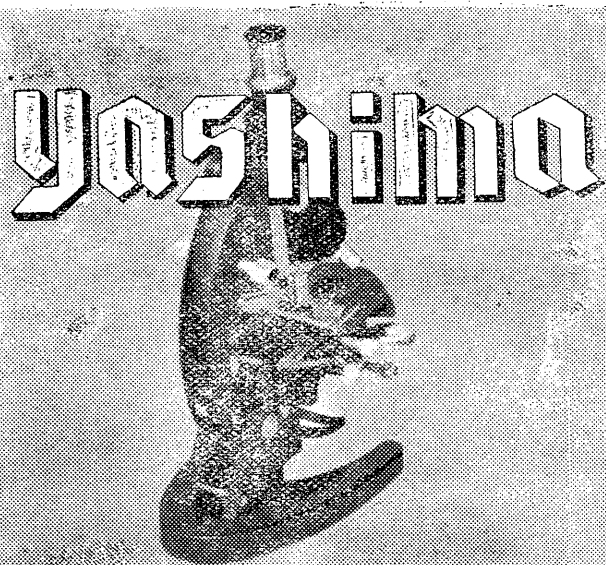
〔配合劑〕 各料配合劑として推薦さる(殊にアスピリン、スルファミン劑、カフェイン劑、チグマリヌ製劑等の如き食慾不振を招來すべき藥品と同時に使用するは極めて大切な事なりと稱せらる)

〔包裝〕

瓶本 100g 500g 錠劑 100錠 300錠

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

# 消化賦活劑 アスタセ



YASHIMA TOKYO ヤシマ顯微鏡

著名器械店へ 乞御照會 各種型錄謹呈

八洲光學工業株式會社

本社・工場 東京都杉並區方南町 電話 中野四一三五・四一三六

大阪營業所 大阪市北區堂ヱル二階 電北英名

## 溫熱性全身無汗症患者に於ける觀察 612.792.6

名古屋帝國大學醫學部生理學教室 (久野教授)

伊 藤 眞 次

Ito-Sinji

(昭和19年1月14日受付)

### I. 序 言

Loewy u. Wechselmann (7), Goeckermann (1), Richardson (10)等は先天性外胚葉缺陷症により汗腺自己の機能が缺損して全身無汗症となつた症例を報告してゐるが、これは極めて稀有の疾患である。本編に述べるのはそれとは全く原因を異にし、幼時脳炎と思はれる疾患に罹り發汗中樞の機能が喪失したために全身無汗症となつた1例であつて、調査の結果その犯されてゐるのは溫熱性發汗中樞だけであつて、精神性發汗は保存されてゐることが確かめられたので、特に之を溫熱性全身無汗症と題することとした。是亦稀有の例で、この患者に於ける觀察が從來の發汗生理學に關する 2~3 の問題に少からざる參考資料を與へることとなつたので、茲にその成績の概要を報告する。

### II. 病歴竝に現在症

石○嘉○ 16歳 男

遺傳歴 父方祖父は腦溢血、兄弟8名中、兄1名は離乳期に痙攣ありて死亡、他の1名は結核性腦膜炎にて18歳で死亡。又母方從弟にも腦膜炎で死亡したものがある。然し外葉缺陷の症狀を有する者はない。

本人歴 妊娠及び出産には異常なかつた。生後60日頃痙攣發作を頻發し、100日頃には40°C位の發熱があつて、屢々重態に陥つたと云ふ。又1½年頃にはひどい營養障礙になつた。3年8ヶ月の時下腿の畸形に氣付いた。生後2年頃から發熱時身體を包まないでおくといふ事に氣付き、生後3年の夏、非常に暑がるので水を浴びせてやると、以後自ら進んで水に入り、暑い時には夜でも水浴する様になつた。就學後、夏は何時も10時頃になると眞赤な顔をして早退して來るので、その時刻に母が鹽に水を汲んで待ち構へ、水に入れるのが例になつてしまつたと云ふ。水に入ると苦痛が去り、靜かになる。それで暑い中には殆ど水に浸り切りになる様になつた。就學以前は精神發育に餘り注意しなかつたが、學校成績が不良で發育の遲延してゐることに氣付いた。尋常3年頃から時々金錢を抜き出すことを覺えた。小學校卒業後働きに出たが、身體を勞することに堪えられず永續きしない。しかも屢々窃盜行爲があつて少年法による保護處分を受け現在に至る。

現在智能は7歳位に相當し、1桁の加算が辛じて可能な程度である。身體的には、内臓に異常を認めず、唯兩側下肢に畸形があるだけである。即ち右脛骨の1/3下の所が前方に、左足關節部が外側方に彎曲突出してゐる。頭蓋、毛髮、齒牙等の發育竝に形態に特殊の所見無く、外胚葉缺陷症特有の形貌を認めず、遺傳歴にもかゝる病者が無い點より、該症とは明かに區別される。本例は生後60~100日頃痙攣發作及び高熱があり重篤な状態に陥つたと云ふが、精神薄弱、性格異常兒である事より推測して、この幼少時の疾患は腦炎であり、而して2~3歳頃から氣付かれた無汗症もその後遺症の1つであると考へられる。

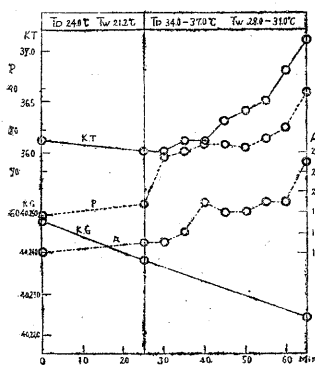
### III. 實驗成績

#### (1) 高温環境に於ける一般状態の觀察

先づ室温(乾球温度 $24.0^{\circ}\text{C}$ 、濕球温度 $21.2^{\circ}\text{C}$ )に於て25分間の體重減量を測定した後、乾球 $34\sim 37^{\circ}\text{C}$ 、濕球 $28\sim 31^{\circ}\text{C}$ の高温室に40分間在室せしめて、體温(腋窩温)、脈搏數、呼吸數、體重及び其他一般状態の變化を觀察した。

第1圖

KTは腋窩温。Pは脈搏數。Aは呼吸數。KGは體重。上段のTD及TWは乾球及濕球室温。



其成績は第1圖に示す如く、高温室内にて、體温は $36.0^{\circ}\text{C}$ より $37.1^{\circ}\text{C}$ まで $1.1^{\circ}\text{C}$ 上昇し、脈搏數は入室前62、終了時90で28増加し、呼吸數も入室前16であつたが終了時には24となり、之等3者には何れもかなり顯著的な變動を認めた。此の際患者は灼熱感、全身倦怠、頭痛等を訴へ、顔面の紅潮、結膜の充血等がみられた。體重は第1回測定に於て $40.247\text{kg}$ 、第2回 $40.238\text{kg}$ 、第3回 $40.224\text{kg}$ で、その減量は普通室内25分間に9g、高温室内40分間に14gであつて、一定時間に換算すれば、兩環境に於ける差異が認められない。即ちこの場合發汗が全く起らなかつたのである。

#### (2) 温熱性無汗の證明と體温の上昇

前項の實驗では、發汗室温が低く、汗の分泌を起すに足るだけの温度に達してゐない虞れがある。仍つて更に高温なる環境で、健康人を比較對照として、温熱性發汗の有無竝に直腸温の變動を觀察することとした。對照被験者は42歳の男子である。實驗室室温は乾球 $44\sim 45^{\circ}\text{C}$ 、濕球 $29\sim 36^{\circ}\text{C}$ である。汗量は局所法(久野)により、胸部に於て、直腸温は單線接合電氣檢温計を用ひて測定した。

成績は第2圖に示す如く、對照者(S2)では入室後15分にして既に中等度の發汗を見、50分後には $100\text{mg}$ (皮膚 $20\text{cm}^2$ に對する5分間の汗量)に達する高度の發汗状態に至つたが、之に反し本患者(S1)では實驗全期を通じ、全く汗の分泌が認められず、不感蒸泄の範圍に於ける水分の放散にとどまつた。一方本患者の直腸温(RT1)は入室時 $37.0^{\circ}\text{C}$ であつたが、漸次上昇し、

殊に入室40分以後に急激な上昇を示し、1時間後には38.8°Cとなり、在室中に1.8°C上昇した譯である。その後發汗室の扉を開き、溫度を低下せしめたが、直腸溫は尙若干上昇し、以後20分間に下降の傾向を認め得なかつた。然るに對照者(RT 2)では、入室前37.3°C、1時間後37.95°Cで、その上昇は緩慢で僅に0.65°Cに過ぎなかつた。室温低下後の上昇も極めて僅微(0.05°C)であり、20分後には下降し始めた。

以上の成績によつて、本例は温熱性發汗機能を缺除する事が明かに認められ、之がため放熱機轉が障礙され、高温環境に於て速に鬱熱状態に陥ることを知つた。發汗の缺如が如何に生活の脅威となるかがこの1實驗例だけでも充分理解されるのである。

(3) Pilocarpin 電流輸送

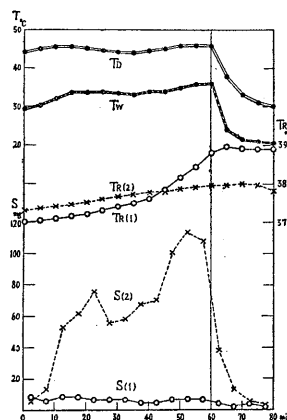
如上の實驗によつて確められたのは、本患者が普通の温熱刺戟に對し發汗發射を缺如すると云ふ事實である。これは發汗中樞機能の喪失者として當然の事であるが、茲に1つの問題となることは、斯様に發汗神経系の缺陷に對し汗腺自己の機能は如何なる状態に在るかと云ふ點である。之を檢査するために汗腺の直接刺戟法として Pilocarpin の電流輸送を試みた。試驗部位は前膊屈側で、Pilocarpin の1%溶液を用ひ、皮膚面1cm<sup>2</sup>に就き1/3 mAの強さで、7分間之を行つた。而してその後30分間の汗量を測定した。之を反對側對照部と比較するに(第1表)、兩者に大差なく、電流輸送部に僅微の増多を認めたに過ぎない。之より觀て、本例にあつては Pilocarpin の効果がなく、汗腺はその機能を喪失してゐるものと考へられる。かゝる現象は交感神経節別出手術後にも見られる所であつて、同手術によつて無汗となつた部位では手術後年月を経ると共に、Pilocarpin の効力が減退し、或は之を缺くに至ることが知られてゐる(松本 9)。從て本例の如く幼時發汗中樞の機能を失つた者が、その汗腺に退行性機能消失を呈するは當然のことと云ふべきである。

(4) 精神性發汗

温熱性及び構神性發汗中樞の局在は夫々異なるものと考へられてゐる(久野 5)。上述の如く、本例では温熱性發汗の缺如を確め得たが、精神性發汗の存否は別個の問題である。かゝる理由から、精神性發汗に就て檢索を行つた。

第2圖 正常者との比較實驗

TD及TWは乾球及濕球室温。RT(1)は本患者、RT(2)は正常者の直腸溫。S(1)は本患者、S(2)は正常者の胸部放散水量(皮膚20cm<sup>2</sup>より毎5分間に放散される量)。

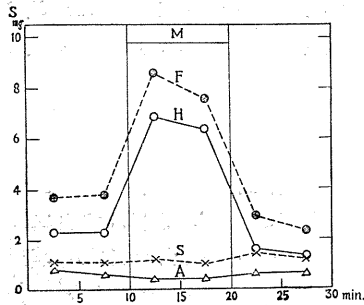


第1表 前膊に於ける Pilocarpin 電流輸送 (表中數字は皮膚 20cm<sup>2</sup> の5分間汗量)(室温 D.B.: 24°C, W.B.: 21.2°C)

時間 (分)	電流輸送部	對照部
5	2.0	0.5
10	0.9	0.3
15	0.6	0.3
20	0.5	0.1
25	0.3	0.2
30	0.4	0.1

第3圖 精神性發汗

Mの間精神作業(暗算を行はしむ),  
F 足蹠, H 手掌, S 前額, A 前膊.



第2表 手掌に於ける Pilocarpin 電流輸送

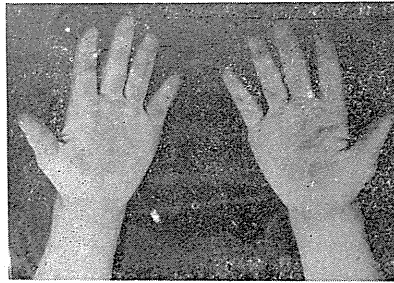
(1側手掌に之を行ひたる直後より、  
兩側手掌の汗量を測定す)

室温: 乾球 23.5°C, 濕球 22.0°C.

時間 (分)	放散水 量 (毎5分間 mg)	
	輸送處 置側	對 稱 側
5	23.6	1.6
10	17.6	1.0
15	8.5	0.9
20	14.4	5.8
25	14.6	5.7
30	4.2	0.7
35	4.0	0.8

}こ暗行  
の算ふ  
間を

第4圖 手掌の精神性發汗  
(黒染の部が發汗)



第5圖 腋窩の精  
神性發汗



先づ手掌, 足蹠, 前額, 前膊の4部位を選び, 局所法によつて, 毎5分間の汗量を測定しつつ, 暗算を行はしめた. その成績は第3圖に示す如く, 手掌と足蹠とでは暗算に際して軽皮乍ら明かに發汗が認められた. 對照部たる前額及び前膊では何等變化がみられなかつた. 之より本例は温熱性發汗を缺如するが, 精神性發汗は存在することを知り得た. この事は Minor 法によつても亦確め得た. 第4圖及び第5圖は手掌並に腋窩の精神性發汗を示す寫眞である.

前項に於て一般皮膚部に Pilocarpin 効果が見られず, 該部汗腺の退行を證明したが, 精神性發汗の認められる部分に Pilocarpin 電流輸送を行つた成績は, 第2表の如く發汗の出現を確め得た.

(5) 顔面の發汗

顔面の汗腺の神経支配は身體他部と異り, 二重支配を受けると云ふ (Guttmann 2, 3 ; List 6 ; Wilson 11). 即ち頸部交感神経節の別出後も, 味覺性刺激によつて發汗が見られる場合があるので, 顔面では交感神経以外に副次的な汗分泌纖維が恐らく三叉神経の知覺枝に混在してゐるものと云ふのである. しかし一方に於ては交感神経を切除された人では, その側の顔面が全く無汗となり味覺刺激でも反應を起さぬ者が大多數を占めてゐることも事實であるから, 以上の如き二重支配が正常の事實であるか否かは確實でない. 併しながら顔面は局所多汗症の頻發する部位であり又上述の如く味覺刺激により茲に局所性發汗を起す人も少なくないから, 神経支配の問題は兎も角とし, 顔面の汗腺に對しては獨立した1つの發汗中樞があるのではないかと云ふ疑問もある.

本患者は上述の諸實驗により一般皮膚面に對する發汗中樞(即ち温熱性發汗中樞)の機能消失と, 手掌, 足蹠及腋窩に對する精神性發汗中樞の機能實在とが證明されたものであるから, この

患者が顔面に發汗し得るや否やを確かめ得たならば、上述の疑問に對し有力な1つの答案を與へ得ることとなるのである。

そこで種々の發汗動機を用ひて顔面の發汗を檢查した。その結果、高温では全くこれが現はれないが、精神作業(綴方)を約30°Cの室温の下で行はせるか、又は1%醋酸溶液を脱脂綿に浸して口中に入れた場合に少量ながら發汗の起ることが確かめられた。この發汗を Minor 氏着色法を以て檢查した成績が第6圖の寫真である。即ち鼻下に最も著しく、下部にも少許の汗滴があり、頬部にも散在性の發汗がある。寫真では不鮮明であるが前額にも痕跡ながら之を認めることができた。

この成績は一般の温熱性發汗中樞以外に顔面の汗腺を支配する中樞の存在することを確證するものと云ふことが出来る。そして其中樞は普通の温熱性刺激には反應せず、精神性竝に味覺刺激に反應する性質のものである。但しこれが掌蹠又は腋窩に對する中樞と別個の獨立したものなりや否やは確實でないけれども、味覺に特に反應する事實はそれが別個のものであるとの推定の助けとなる。又その分泌神経が交感神経であるか或は特殊な腦性神経であるかの點は本實驗では確言することが出来ない。

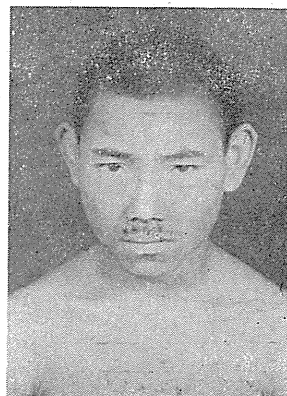
(6) 不感蒸泄量 (附) 皮膚電氣傳導度の測定

患者の身體各部位(20ヶ所)に於ける不感蒸泄量を測定した。第3表に示すのが其成績で該數字は20cm<sup>2</sup>の皮膚面、30分間の値である。是に據れば足蹠、手掌に最も多く、顔面、手背、足背等の露出部位が之に次ぎ、腹部及び腰部が最も少なかつた。此の成績は池内及久野(4)の健常者に於ける報告と一致して居る。

手掌及足蹠の蒸泄量の多なることは、その部に限り汗腺に不斷の分泌が行はれてゐるためとされてゐるが、本患者でも此部の汗腺は分泌力を持つてゐるから矢張り同一の理由を以て之を説明することが出来る。然るに顔面手背足背等の露出部の量の多いことに對しては從來その説明が決定してゐなかつた。想像としては是等の皮膚面では皮膚血行が他の皮膚に於けるよりも盛なこと、又は汗腺が水分の放散に關係を有することがその原因と思はれてゐたが、本患者は汗腺の機能が缺如してゐるのに、矢張り是等の部の蒸泄が大であるから、恐らく前者の推定が正しいものと認められる。

次に不感蒸泄が環境温度によつて如何なる影響を受けるかを試験した。この實驗にも本患者

第6圖 顔面の發汗



第3表 身體各部位の不感蒸泄量

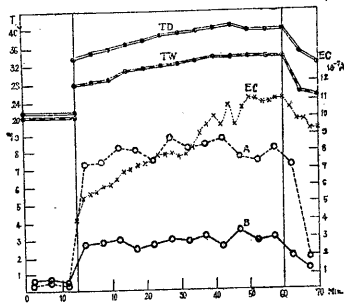
(20cm<sup>2</sup> 30分値, 室温 D.B.: 22~24°C, W.B.: 20~22°C)

前額	11.4
頬部	11.9
頸部	6.5
胸部	9.2
背部	7.4
腹部	4.2
腰部	4.2
膝部	6.5
上肢	(屈側) 10.4
	(伸側) 10.5
前腕	(屈側) 9.9
	(伸側) 9.9
手背	12.3
手掌	18.3
大腿	(前面) 8.6
	(後面) 7.9
下腿	(前面) 7.5
	(後面) 7.0
足背	10.9
足蹠	26.9

は誠に好都合な條件を備へた者である。何となれば正常者では高温となれば發汗が起るから一定度以上の温度に於ける實驗は行ふことが出來ず、それ以下でも發汗の混入して成績を混亂する惧があるのであるが、本患者では全くその危険がなく廣い範圍の温度の變化による不感蒸泄の變動を觀察することが出来るからである。そこで普通室温(乾球 21.0°C, 濕球 20.0°C)と高

第7圖 不感蒸泄の環境温度による變化及皮膚電導度

TD 乾球室温, TW 濕球室温,  
EC 皮膚電導度, A 前膊の不感蒸泄, B 胸部の不感蒸泄。



温(33.5~40.5°C, 濕球 27.5~33.5°C)に於ける不感蒸泄量の變動を前膊伸側及胸部に於て測定した。その成績は第7圖に見る如く、高温室に入ると共に不感蒸泄量が増加したが、その増加度が兩部に於て同じでない、前膊では普通室内5分間値が0.3~0.5mgであつたものが2.5~3.4mgとなり、胸部では0.5~0.7mgのものが2.5~3.4mgとなつた。即ち前者は約20倍、後者は約5倍の増加である。室温の上昇は水の蒸發を速かにするものであるが、その意味に於ける影響は兩部に於て大差なき筈である。又この速度の増進は本實驗條件に於ける如く20°C以内の温差により斯の如く著しい變化を起す筈がない。故にこの成績に現はれた蒸泄

量の劇變は恐らく皮膚内に於ける生物學的の條件變化、即ち主として皮膚血行の變化に起因する表皮内の淋巴液の浸潤度及其の壓力等の變化が原因となつてゐるものと察せられる。この推定が當つてゐるとすれば上述の胸と前膊とに於ける成績の差異はこれ等の部の皮膚血管の高温に對する反應に相違のあることを推定せしめるものであつて、この點は今後更に精査を要する興味ある問題である。

本實驗に用ひられた高温は正常者では發汗を起すべき温度であるから、その際汗のため皮膚面は濕潤し、從て不感蒸泄の條件は一變すべき筈である。故に上述の如き不感蒸泄の高温時の劇増は本患者に於ける特有のものであつて、之をそのまま正常者の場合に適用することは出來ぬものである。しかし此事は上述の皮膚血管反應の部位的差異の推定に對しては妨げとなるものではない。

此實驗に際し、皮膚の電氣傳導度を前膊伸側に於て測定した。測定方法竝に發汗に對する電導度の意義は増井(8)の論文に詳述されてゐる。成績は圖の如く、發汗室入室後徐々に上昇したが、發汗に際し現れる電流強度の急昇(増井の所謂第2段の變化)は認められなかつた。増井の説明によればこの第2段の變化は表皮内汗腺排泄管の發汗による濕潤に原因するものとされてゐるが、發汗を缺如した本患者にこの變化の無いことはこの説明の正しきことを證するものである。増井も本患者に就き既に實驗を行ひ同様の成績を報告してゐるので茲には詳細の説述を省略する。

#### IV. 摘 要

幼少時腦炎と推測される疾病により無汗症となつた少年に就て、發汗検査を爲つた結果次の如き成績が擧げられた。

(1) 高温室内に於て、體溫、脈搏數、呼吸數等は速かに且著明に上昇或は増加し、灼熱感、倦怠、頭痛等を訴へ顔面の紅潮、結膜の充血が見られる。同一條件にある健常者が高度に發汗する場合にも、全く發汗せず、その爲體溫が急昇する。又皮膚電氣傳導度は徐々に上昇するが、發汗に際して見られる第2段の急激な上昇は見られない。

Pilocarpin の效力も一般皮膚面には認められない。

(2) 之に反し、精神性發汗は手掌及び足蹠に於て明かに、腋窩に於ては輕微乍ら證明された。又手掌に Pilocarpin を作用せしめて、中等度の發汗を認め得た。

(3) 暖室内にて精神作業を行はしめ、或は味覺刺激を與ふることに依つて、顔面に輕度の發汗を見た。

(4) 身體各部位の不感蒸泄量は、健常者のそれと大差ない。その値は環境溫度の上昇と共に増加し、その増加度が胸に於けるよりも前膊に於て遙かに大である。

以上の成績によつて次の推論が可能である。即ち本例は腦炎?によつて、溫熱性發汗中樞が障礙され、その機能を喪失したもので、之が爲一般皮膚面の汗腺は退行し廢棄状態に陥つたと考へられる。Pilocarpin に反應しないのは、汗腺自身も最早完全に退行せることを示してゐる。之に反し精神性發汗が正常なことは、其中樞が溫熱性發汗とは別個に獨立した局在を占める事を立證するものである。又顔面に於て精神性發汗以外に味覺刺激によつて輕微乍ら汗の分泌が認められることは、この味覺性發汗の反射中樞が溫熱性發汗中樞とその局在を異にする爲と考へられる。

本實驗に際し種々便宜を賜つた精神神経科杉田教授並に堀講師に深謝す。

#### 文 獻

- 1) Goeckermann, W. H. (1920) Arch. dermat. 1 396
- 2) Guttmann, L. u. C. F. List, (1928) Z. neurol. 116 504
- 3) Guttmann, L. (1931) Z. neurol. 135 1
- 4) 池内廣紀・久野 寧 (1927) 滿州醫誌 7 665
- 5) 久野 寧 (1938) 第10回日本醫學會誌 38
- 6) List, C. F. & M. M. Peet, (1938) Arch. neurol. psychiat. 40 443
- 7) Loewy, A. u. W. Wechselsmann, (1911) Virchow's Arch. 206 79
- 8) 増井市郎 (1942) 日本生理誌 7 448
- 9) 松本榮吉 (1942) 日本生理誌 7 84
- 10) Richardson, H. B. (1926) J. biol. chem. 67 397
- 11) Wilson, W. C. (1936) Clin. Science. 2

## 汗腺の組織生理學的研究 (7) 612.792.5

### 猫足蹠汗腺の脂肪分泌の問題

名古屋帝國大學醫學部生理學教室 (久野教授)

高木俊藏・高橋キヨ

Takagi-Syunzô・Takahasi-Kiyo

(昭和19年1月28日受付)

#### I. 研究の目的

人體の通常の汗腺即ち eccrine 汗腺が脂肪を分泌するや否やは古くからの問題であつた。而して別篇(8)に於て論述する如く高木及び新田はそれを肯定すべき一確證を得たのであるが、人體汗腺の脂肪分泌の問題は派生的に猫足蹠汗腺が脂肪を分泌するや否やの問題を随伴して行く。蓋しそれは發汗現象の古典的實驗對象であるのみならず、Ledermann(5)はその脂肪分泌を證明し得たりと稱し之を以て人體汗腺の脂肪分泌の傍證となしたからである。

彼は pilocarpine を以て發汗せしめたる猫の足蹠皮膚を切り formalin を以て固定し celloidin に包埋して切片とし Sudan III を以て染色した。而して汗腺排出管のうちに内腔を充填するに足る大きさの脂肪球が列在するのみならず、時に脂肪柱となつて内腔を栓塞するを見たと言ひ、之を以て汗腺の脂肪分泌を證明し得たりと信じたのである。彼は當時の研究者として研究方法に相當な顧慮を拂つたことは我々も認めるに吝かではないが、然し彼の所見は後述する如く明かに人爲的産物である。

本研究の目的は人體汗腺の脂肪分泌の研究と平行して猫足蹠汗腺に果して Ledermann の言ふ如き脂肪分泌の事實ありや否やを決定することを主眼とした。而して脂肪分泌の事實は證明し得られずとの結論に達したが汗腺細胞が少量ながら脂肪粒を含むことを知つたから、組織化學的反應によつて其の化學的性質を決定するに努め皮下脂肪との差異を明かにした。これによつて一方に於て Ledermann の主張の誤は一層確實となり、他方に於て猫汗腺脂肪と人體汗腺脂肪を比較し後者には二種の異なる脂肪粒あることを發見する手掛りを得たのである。

#### II. 實驗及び考察

猫の足蹠汗腺は皮下脂肪膜の脂肪組織の中に埋没して存在すると言つても過言ではない。(猫足蹠汗腺の構造に就いては高木及び堀(7)；高木及び原田(6)を参照されたい)。皮下脂肪は周知の如く最も流動性に富み切片製作の時に刀の刃に引きすられて移動し不自然な位置を取りやすい。試に formalin 固定材料を凍結切片とし Sudan III 染色の標本を製するに脂肪は脂肪組織外の真皮結締組織にも表皮組織にも甚しき血管内腔或は淋巴間隙にも見出される。Ledermann

が言ふやうに時には汗腺排出管にも見出されるのである。然し脂肪のかやうな不規則配置は注意して見れば脂肪組織に近い程多くまたそれが壊れてゐるほど著しい。Ledermann の論文の附圖を見ると附近の脂肪組織が壊れて脂肪が流失した跡が歴然と圖示されてゐる。彼は脂肪の人爲的移動を避ける目的を以てわざわざ celloidin 切片を用ひたのであるが、結果は逆で却つて我等の製した凍結切片の方が寧ろ自然に近い像を示したのである。

もし脂肪が大きな脂肪粒或は脂肪柱として汗腺排出管を通過するものならば、充分に發汗しつゝある猫の足蹠皮膚の厚い凍結切片を作り脂肪染色を施せば、切片の厚みの中に完全に包括せられたる排出管の内腔に脂肪が発見せられる筈である。試に夏期に於いて胴部熱氣浴を施して強く發汗せしめた猫の足蹠から厚い凍結切片を作つて Sudan III 染色を施したが排出管内腔に脂肪粒を見つけることが出来なかつた。これによつても所謂排出管内腔脂肪は排出管が縦斷せられたるとき人爲的に移動せられし脂肪がその内腔に充填せられたものであることが判明する。

次に汗腺分泌管内腔及び同上皮の脂肪は如何といふ問題に移る。以上の論述によつても切片に於ける脂肪染色標本は過誤に導き易いことが明かであるから我々は細裂組織を脂肪染色することとした。その方法は足蹠皮膚の皮下組織を含む一片をとり表皮の部分切除し殘餘を指頭に載せ Ringer 液の少量を加へつゝ鋭利なる小剪刀を以て反復切斷して糜爛状とする。之を被蓋硝子に塗りつけ少しく乾かして 20% formalin にて約 1 時間固定し川村—矢崎氏脂肪染色 (4) を施す。Sudan III 染色後 methylene 青で薄く對染色を施してもよい。この細裂標本は切片標本とは異り鏡檢に不利であることは當然であるが、汗腺自體は比較的透明でありまた都合よく汗腺の分泌管のみが脂肪組織から完全に分離されてゐる場合もあつて、少しく慣熟すれば分泌管内腔の状態を観察することが出来る。この標本で分泌管内腔に脂肪を見たことは 1 例を除いて他にはなかつた(その 1 例では橙黄色を呈せる小脂肪粒が 1 個のみ内腔に存在した)。分泌管内腔に脂肪が存在しないのは組織を細裂する時脂肪が押し出されたものであるとする想像は不可能ではないが、若し Ledermann の言ふ如く脂肪が多量に充たされてゐたとするならば、汗腺分泌管の如き長い管から之が完全に押し出されるといふ事は考へ難い。汗腺の如き盲管状の腺を含む組織を所を定めず細斷するとき、腺腔の内容が外方に向けてのみ移動すると考へることは困難であるからである。この實驗は胴部熱氣浴で強く發汗中の動物で行つたが以上の觀察は不充分乍ら發汗中に於ける脂肪の分泌がまづ無に近いことの 1 つの證據となる。

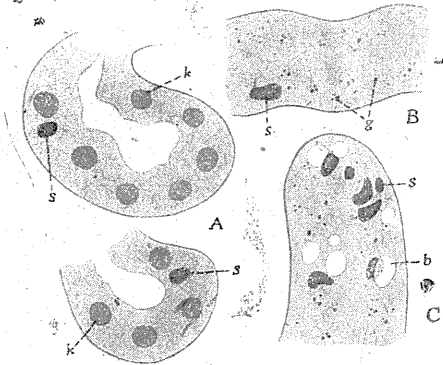
尙此の標本に於て皮下組織の豊富なる脂肪は赤色に染まり分泌管上皮細胞内の脂肪粒は橙黄色に染まる。これは化學的性状を異にするを示す。上皮細胞内の脂肪粒がそのまゝ排出されて排出管内に現れたとすればそれは橙黄色を呈するのが當然である。然るに Ledermann は排出管内の脂肪粒が赤色に染まれるを述べまたそれを附圖に示してゐる。これをみても彼が皮下脂肪の人爲的移動を観察して誤れる立論をなしたといふ筆者等の推定は一層確實なものとなる。

分泌管上皮細胞内には大型の脂肪粒が少数存在しこれが上記の如く橙黄色に染まる。その他に極めて微細な顆粒が染め出されるが、これはその形が繊細なる絲状を呈する傾向あること、細胞内の分布の上から見て通常の脂肪と考へることは困難である。後者の本性に就ては別に考へる處があるが今後の研究を俟つて意見を述べることにし、此處では猫足蹠汗腺の脂肪として前者だけを問題とし之を單に脂肪粒と呼ぶ。

第1圖 猫足蹠汗腺の脂肪粒の所在及び形態を示す

- A. 分泌管上皮に少數の脂肪粒が存在するを示す (Champy 固定及び鍍 osmium 法) ×950  
 B. Nile 靑染色により脂肪粒を検出す、生體可染顆粒及び Krinpm も現れてゐる。  
 C. 中性赤染色により脂肪粒を検出す、脂肪粒がこのやうに多いことは稀である。生體可染顆粒も現れてゐるが Krinom は未だ出現せず。k……核、s……脂肪粒、g……生體可染顆粒、b……分泌小管。

第1圖 (寫本原稿)



を帯びたる靑色に染まり(第1圖B)皮下脂肪は靑色を帯びた赤色に染まる。脂肪の Nile 靑染色の慣用手法たる formalin 固定、凍結切片、飽和 Nile 靑液染色、1%醋酸による分色の手續を取つても分泌管上皮細胞の脂肪粒は靑色に、皮下脂肪は赤色に染まり前の成績と大差がない。同様に組織細裂法により中性赤に對する反應を検した。これにより分泌管上皮細胞内脂肪粒は赤く染まり(第1圖C)、皮下脂肪は無色である。またそれぞれの慣用手法によつて検するに兩者共に myelin 像を生ぜず膨化せず、また重屈光性を示すことがない。

以上の如き反應を呈する分泌管上皮細胞内脂肪粒は化學的に見て如何なる脂肪であらうか。之を川村(2)の脂肪類屬反應に照して考察するにそれは明かに中性脂肪ではなく他種の脂肪即ち膽固醇脂肪、類脂肪、脂酸、石鹼等より成るべく特に脂酸を多量に含むものと考へられるが明確なことは言へぬ。之に反し皮下脂肪が中性脂肪であることは明白でありこれは既に定説と

此の脂肪粒が如何なる化學的性質のものであるかを知るため著者等は、2, 3の反應を試みた。先づ Champy 液にて固定し 1% osmium 液中で1週間 37°C に保つた標本では此の脂肪粒は灰色を呈するに止まり(第1圖A)、同一標本中の皮下脂肪の如く眞黒にはならない。即ちそれは皮下脂肪の如き單純な中性脂肪ではない。Beatty(1)は猫の足蹠皮膚を Müller 液で固定し osmium で染めても細胞内にも内腔にも黒染するものを見なかつたと言ふがこれは我々の觀察と一致する。次に Nile 靑の反應を試みた。それには前述の如き方法で組織を細裂し之を Ringer 液稀釋4萬分の1の Nile 靑液に約20分間浸してもよく、また Ringer 稀釋1萬分の1の Nile 靑液を足蹠皮下に注入し後にその組織を切り取つて細裂し Ringer 液に封じて鏡檢してもよい。分泌管上皮細胞内の脂肪粒は靑色

見做すべきであらう(Unna u. Golodetz 9, 川村及び山口 3).

以上の脂肪の諸反應は發汗中の汗腺及び發汗せざるものゝ兩方に就いて檢したが反應は兩方とも同じやうに現れ脂肪粒が發汗中に減少すると見るべき證據はない。また脂肪粒が分泌管内腔または排出管内腔に出現した例はなかつた。これによつて見れば先に Sudan III 染色に於て一脂肪粒が分泌管内腔に現れたと見たのは寧ろ觀察の誤であつたかも知れぬ。

いつれにせよ猫足蹠汗腺の分泌管上皮には少量の脂肪が含まれ居るに過ぎず、それがそのまゝの形で分泌管内腔に排出せらるゝことは極めて稀であるか或は全く起らぬと言はねばならぬ。脂肪粒の數は個々の汗腺に就いては時には多いこともあるが一般には甚だ少數であることよりみれば上皮細胞自身の物質代謝の副産物と見るべきであらうと思ふ。その脂肪粒はたとへ少量の中性脂肪を含むとしても中性脂肪としての反應は呈しないのであるから、Ledermann の言ふやうに皮下脂肪と同じ染色反應を示す脂肪粒が排出管内に前後踵を接するが如く出現したり、尻んや脂肪柱を形成するが如きことがあるべき筈がない。もし彼の言が眞ならば猫足蹠の發汗中その汗を濾紙にて拭ひ之に osmium 酸の蒸氣をあてれば黒斑を生じ、また Sudan III にて染色すれば赤斑を生ずべしと考へられるが、斯様な試はすべて陰性に終つた。要するに彼の誤謬は切片製作時に於ける脂肪の人為的移動を考慮に入れ乍らもなほその配慮が充分でなかつたことに起因する。

### III. 結 論

1. 猫の足蹠汗腺細胞(正確に言へば分泌管上皮細胞)には少量の脂肪粒が存在するが分泌(細胞外に排出)せられる證明は得られぬ。Ledermann は大量の脂肪の分泌を主張したがそれは標本製作に際し皮下の中性脂肪が microtome の刃に附着して人為的に移動し排出管内に充填したのを誤つて解釋したためである。

2. 汗腺細胞内の脂肪粒は Sudan III にて橙黄色、osmium により灰色、Nile 青にて紫青色、中性赤にて赤色を呈し myelin 像を生ぜず重屈光性を示さず皮下脂肪組織の中性脂肪とは明らかに區別せられる。

3. 該脂肪粒は個體により汗腺により量的に差異はあるが概して少量であり、發汗による減少は認め難い。恐らく汗腺細胞の物質代謝の副産物と見做すべきであらう。

本研究は文部省科學研究費を以て行はれたものである。

### 文 獻

- 1) Beatty, W. (1892) Brit. Jour. Derm. 5 97
- 2) Kawamura, R. (1911) Die Cholesterinyerfettung (Cholestrinsteatose) Jena.
- 3) 川村麟也・山口正道 (1920) 日本病理學誌 10 480
- 4) 川村麟也・矢崎俊明 (1933) 日本病理學誌 23 215
- 5) Ledermann, R. (1901) Arch. Derm. Syph. 58 159
- 6) 高木俊藏・原田文雄 (1942) 日本生理誌 7 137
- 7) 高木俊藏・堀 三造 (1941) 日本生理誌 6 667
- 8) 高木俊藏・新田初雄 (1944) 日本生理誌 9
- 9) Unna, P. G. u. L. Golodetz, (1909) Bioch. Zeits. 20 469, 492

汗腺の組織生理學的研究。(8) 612.792.5

人體汗腺の脂肪分泌

名古屋帝國大學醫學部生理學教室 (久野教授)

高木俊藏・新田初雄

Takagi-Syunzō・Nitta-Hatuo

(昭和19年1月28日受付)

I. 緒 言

人體の皮膚に脂肪の浸潤があり以て皮膚を滑脱ならしめ水による濕潤及びその浸透を防止してゐることは誰しも認めるところであらう。然し皮膚脂肪の起源に就いては未だ必ずしも明瞭ならざる點が残されてゐる。毛囊に附屬する皮脂腺が脂肪を分泌することは異論がないが、表皮細胞の死滅によつて供給せられる cholesterinester が主要なものであつて皮脂腺の脂肪は寧ろ副次的であるとの説もあつた(Liebreich 15)。然し Linser (16) や Beatty (1) の如く皮脂腺を主なものとするのが普通であらう。ところが一般にはあまり知られてゐないことではあるが肝臓が脂肪を分泌するといふ議論も古くから行はれ、Krause (12)、Meissner (18)、Henle (6)、Kölliker (11) 等は皮脂腺と汗腺を共に脂肪の供給者と見做してゐる。一般皮膚面の汗腺が脂肪を分泌するといふ意見は稍意外の觀を與へるが、毛が無く隨つて皮脂腺の無い手掌、足蹠の汗腺が脂肪を分泌するといふ説は受け容れられ易い。Unna u. Golodetz (4, 5) は總ての汗腺に脂肪分泌あることを主張する論者であるが、手掌足蹠の汗を分析して暗褐色にして溶融點低く比較的 cholesterinester に乏しき脂肪を得たといふ。然しこれは未だ決定的な證明ではない。何となればこの時代に於ては手掌足蹠が精神性動機によつてのみ充分なる發汗をなすことの認識を缺き、手足をつつみ體を溫保して手袋及び靴下に浸潤せるものを分析したに過ぎないからである。Beatty は Unna に反對し手掌の汗は脂肪を含まずと言つたが、これも後者と同様の催汗方法を採用し脂肪の検査法も陳腐であつて今日では既に論述する價值がない。汗腺の脂肪分泌の問題に關し汗の化學的分析は徹底的手段の如く見えるが必ずしも然らず、皮脂腺の分泌物及び表皮細胞の脂肪の混入を嚴密に避けることは不可能である。故にもし組織學的或は細胞學的に脂肪分泌の證明が得られるならば化學的分析に比し優るとも劣らぬ證明となるのである。勿論、汗腺細胞(正確に言へば汗腺分泌管上皮細胞、以下之に準ず)の含有する脂肪の検索は多くの研究者により幾回となく試みられた。之等は後頁に於て觸れる機會があるが我等の所見よりみれば次の二大缺點を持つてゐる。即ち、(1) 人體の汗腺細胞には2種類の異なる脂肪粒あるに拘らず之に言及せるものなきこと、(2) 汗腺細胞に脂肪の存在を證明せるも

その分泌(細胞外への排出)を證明せるものなきこと、である。

著者の一人(高木)は高橋との共同研究(21)に於て猫足蹠の汗腺細胞には明かに脂肪粒を認め得るも、先人の所見に反しその分泌を證明し得ず言はば不活動性の脂肪なりとの結論に達した。よつて人體汗腺の脂肪は果して分泌せらるるや否やの疑をいだき新田と共に本研究に着手したのである。本研究の主要なる結論は(1)人體の汗腺細胞は2種の脂肪粒を含有しその1は猫のそれと同様に不活動性のものであるが、他は化學的性質も前者とは異り明かに分泌せられるものである。(2)第2種の脂肪は Golgi 装置の消長と週期的關係あり細胞外に排出せられることが明かに證明せられる。

## II. 材料及び方法

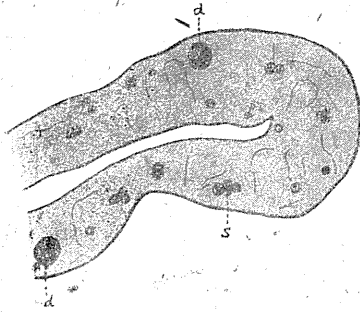
次に本研究の主要點を報告する。研究に使用せる材料は外科手術に際し切除せられたもので腋窩、鼠蹠部、右下腹部、肩胛骨部、右側胸部の皮膚片である。何れも皮膚そのものは正常なりと見做し得る。但し腋窩の皮膚は腋臭者のものであるが少くとも此處で問題とする eccrine 汗腺に就いてはこれを正常なりと見做し得る(腋臭は現在の通説として apocrine 腺の發達よく機能また旺盛にして eccrine 腺の發達劣り機能また盛ならざるものと考へられるが、その eccrine 腺が正常にあらずと見るべき理由はない)。

研究方法の詳細は後の本報告に譲るか採用した方法の大きな特徴は凍結 microtome の使用を避け汗腺を含む真皮或は皮下組織の細裂片を作りこれに諸種の脂肪染色を施したことである。細裂片を製するには組織小片を指頭にのせ Ringer 液を加へつつ鋭利なる小剪刀を以て何回となく細断し細織粥を作るのである。これを被蓋硝子に附着せしめ formalin で固定して Sudan III 染色(川村・矢崎法, methylene 青對染色)を施し、或は直接 Nile 青或は中性赤の Ringer 液を以てせる溶液(Nile 青は4萬分の1, 中性赤は1萬分の1)中に投入し後に之を拾ひ集めて Ringer 液に封じて鏡檢した。この方法では切片に非るが故に組織細裂片と言つても尙甚だ粗大であつて觀察に困難を伴ふことを免かれぬが汗腺は比較的透明であるから熟練すれば正確な觀察ができる。我等が敢へて凍結 microtome の使用を避けたのは microtome の刀に附着して脂肪粒が移動することがあるからである。Ledermann(14)が猫足蹠汗腺の脂肪分泌の研究に際し之によつて重大な錯誤を冒したことは別篇(高木及び高橋 21)に於て詳細に指摘した。尙改めて言ふまでもなく汗腺細胞の Golgi 装置の研究には普通の如く paraffin 切片を用ひた。この種の標本の如く脂肪並びに組織の固定が充分である時は microtome の刀によつて脂肪が移動することはない。それは皮下組織の脂肪球が薄く切られて何枚かの切片に分たれてゐる事實を見ても明かである。之に反し formalin 固定の組織を凍結 microtome で切るときは少くとも中性脂肪は甚だ容易に移動するものである。

## III. 所 見

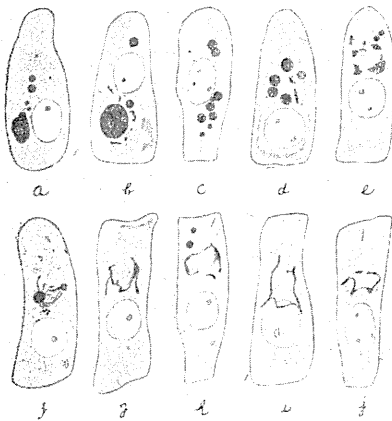
先づ人體汗腺細胞に2種類の脂肪粒が存在する事實は Sudan III 染色を以て見るのが便宜で

第1圖 川村・矢崎氏 Sudan III 染色により2種の脂肪粒を示す。下腹部 eccrine 汗腺の分泌管上皮に於けるもの。d…大脂肪粒, s…小脂肪粒。



第2圖 脂肪粒特に小脂肪粒と Golgi 装置との關係を示す。腋窩 eccrine 汗腺に於けるもの。Kolatschew 法。

a 及び b は大脂肪粒の各個を含む細胞。c~g は小脂肪粒の減少及び Golgi 装置の出現完成の順位に細胞を排列す。c…細胞は多数の小脂肪粒を含むが Golgi 装置は現れてゐない。d, e, f…細胞は夫々若干の小脂肪粒を含み Golgi 装置の發達は未だ著しくない。g~j…型的なる Golgi 装置の發達があり小脂肪粒は無きか或は少数。×2300



す細胞には小脂肪粒が殆んど存在せず、逆に小脂肪粒が多い細胞には Golgi 装置が現れてゐないか或は痕跡的な小片が見えるのみである(c, d)。更に Golgi 装置形成の中間過程と見られる時期もある(d, e)。要するに小脂肪粒の量の増減と Golgi 装置の發達との間には一定の關係があることが明かである。Golgi 装置の本態が何であるにもせよ、Golgi 装置の消長と細胞の分

ある。此處に汗腺細胞といふのは前述の如く正確にいへば汗腺糸維の始部を構成する分泌管(排出管と區別する)の上皮細胞である。Sudan III 染色によれば脂肪粒は美麗に黄赤色に染まる(第1圖)。脂肪粒には大小の別あり、夫々大脂肪粒及び小脂肪粒の名を以て呼べば、この染色では區別し得ないが前者は不規則形にして單獨に存在し後者は球形にして數個づつ群をなす傾向が著しい。圖では大脂肪粒は細胞基底に在るがこれは必ずしも常に然りとは言へぬ。また此の標本では細胞の境界は明瞭でなく隨つて圖にも描かれてゐないが、大脂肪粒は少数の細胞にのみ含まれ居り圖の如く

その數は寥々たるものである。之に反し小脂肪粒は1細胞に數個含まれる場合が多く全體としても數が多い。尤も後述する如く或る細胞は1~2個を持つに過ぎず、また全く持たぬ細胞もある。

次に Champy 液にて固定し鍍 osmium 法を施した標本(Kolatschew 法)に就いて見ると兩種の脂肪粒は共に osmium で黒變するが、然しそれは概して表面陽性反應たるに止まるか或は適度の漂白を施した標本に就いて見れば全體として灰色である(漂白には0.1%過マンガン酸加里を用ひ0.1%蓚酸を以て後處理す)。同じ標本に現はれる皮下脂肪の強烈なる黒變とは明瞭な差がある(第2圖)。Golgi 装置はいづれの細胞に於ても量的に大なる發達を示さぬが、然し疑もなくその特徴を具へた形態を示す細胞がある(第2圖g~j): 面白いことには Golgi 装置が型的な形態を示

泌(細胞學的に用ひて細胞内に於ける有形物質の生産を意味す)及び排出(同じく細胞外への排除を意味す)の週期的活動の間には密接なる關係があることは一般に承認せられるところである。随つて上記の Golgi 装置と小脂肪粒の關係は Golgi 装置が一指標として現示する如き細胞の週期的活動によつて小脂肪粒が汗腺細胞内に生産せられ且つ排出せられることを明示するものと解釋できる。また Golgi 装置と小脂肪粒との間の關係を形態の上から吟味すれば Golgi 装置が未だ痕跡的であるか或は形成の中間過程にある時には小脂肪粒と Golgi 装置の間には連絡が認められる場合がある。即ち Golgi 装置の 1 片が小脂肪粒より發出し或は Golgi 装置が小脂肪粒の間を連絡するとき位置的關係が認められる(第 2 圖 e, f)。

次に Nile 青に對する反應を見ると兩種の脂肪粒は明瞭なる差異を示す。即ち大脂肪粒は赤紫色に染まるに反し小脂肪粒はただ薄青く染るのみである。よつて兩種の脂肪粒は大きさ、形のみならず化學的組成に於ても差異あることを知る。このことは更に中性赤染色によつても裏書きせられる。中性赤染色では大脂肪粒は赤色に染るが小脂肪粒は黄色に染るからである。此處に附言して置くが小脂肪粒は新鮮状態に於て僅に黄色を帯びてゐるのであるが、中性赤の附加によつてその色調を増すことが確認せられる。

以上の如く兩種の脂肪粒は Sudan III と osmium に對する反應は共通であるが Nile 青及び中性赤に對する反應は兩者に於て明白な差異がある。川村氏の脂肪類屬反應に照らし兩者共に中性脂肪でないことだけは斷言できる。然し他の如何なる種類の脂肪であるかはこれだけでは明言できぬ。ただ此處で注意すべきは大脂肪粒はその反應に於て前篇(高木及び高橋 21)に於て述べたる猫足蹠汗腺の脂肪粒に類似することであり、それと同様に恐らく脂肪酸を多量に含むものではないかと思はれる。小脂肪粒はこれとは異り主に類脂肪より成るものではないかと想像せられる。兩種の脂肪粒が化學的に如何なる脂肪であるかはなほ今後の精密なる研究を要するが、此處では人體汗腺細胞には明瞭に 2 種の異なる脂肪粒が存在することを強調したい。そのうち大脂肪粒は細胞外への排出が證明せられず猫足蹠汗腺の脂肪粒と同様に不活動性のものであると想像せられるが、小脂肪粒は Golgi 装置の變化により證明される如く明かに細胞外に排出せられ汗に伴つて汗孔より出で皮膚面に浸潤するものと考へねばならぬ。かくして eccrine 汗腺は單に汗の水及び之に伴ふ水溶性諸成分を分泌するのみに非ず、また併せて脂肪をも分泌することが證明せられるのである。しかして前者の分泌は恐らく Golgi 装置の變化とは直接の關係がなく同一汗腺に屬する總ての細胞(分泌管上皮細胞)が同時に營む働きであらう。然るに後者の分泌はそれとは異り細胞各自が獨立に營む働きであると考へられる。それは同一汗腺の隣接細胞といへども Golgi 装置の現れ方はそれぞれ異つて居り、Golgi 装置により標示される細胞活動の週期が同時的ではないからである。

#### IV. 考 察

汗腺細胞に含まれる兩種の脂肪粒のうち小脂肪粒が細胞外に排出せられ汗の成分となること

は前章の所見によつて疑の餘地が無い。兩種の脂肪粒は検査した總ての皮膚部位に存在したから、脂肪の分泌は成人の全皮膚部位の eccrine 腺によつて營まれるものと類推してもよいと思ふ。但し汗腺の脂肪分泌は決して大量のものとは考へられない。そのことは1細胞内に蓄積せられる小脂肪粒の数が多くないこと、その排出せられる時の数の減少が急激でないことから察知することができる。このことは汗の化學的分析の成績とも一致するやうである。例へば Linser (16) は全身の熱氣浴發汗によりゴム囊に集められた汗 15 l から 1.8 g 即ち約 0.01% に當る ether 抽出物を得たといふことである。彼はかくの如き微量のものは皮膚面の汚染物に過ぎずとし汗腺の分泌物とは認めてゐないが、我等の所見よりみればそのうちには汗腺の分泌せる脂肪も含まれてゐたと考へられる。また汗腺の水分の分泌と脂肪の分泌は量的に平行關係があるとは思へぬから一時に多量の發汗あるときは脂肪の含有率は低くなるとも考へられる。隨つて緩漫な發汗に於ては脂肪の含有量は Linser の値よりは高いかも知れぬとも考へられよう。然しいづれにしても汗の脂肪は大量のものでないことは確かである。

小脂肪粒の排出は多くの細胞を通覽してその数の多少からも略想像し得るけれどもそれと同時に Golgi 装置の變化を確め得なかつたならば我等はそれを斷行するに躊躇したであらう。eccrine 汗腺の Golgi 装置の檢出は後にも述べる如く甚だ困難であつてその適確な檢出方法は尙今後の幾多の試練を経なければならぬと思はれる程である。我等もそれをただ腋窩の eccrine 腺のみに就て成功することができた。幸にして大小兩種脂肪粒の所見は腋窩 eccrine 腺も他皮膚部位のそれと全く同じであるから、腋窩 eccrine 腺に就て確められた判斷を他に推し擴めることに大なる危虞を感じない次第である。然し結論をもつと安定な基礎の上に置くためには eccrine 腺の Golgi 装置の研究は今後も推進するに努めなければならぬ。

汗腺分泌管上皮に脂肪粒の存在することは多くの研究者によつて確められてゐる。然しその化學的性質に就ては所見が必ずしも一致してゐない。此處に彼等の結論を簡單に列擧すれば次の如くなる。

osmium 黒染小粒 (Heynold 7, Unna 22, Sata 20); Sudan III 陽性小粒 (Löwenbach 17, Sata 20, Carol 3, Wahl 26), 微量の單屈光性 Smith-Ciaccio 陽性 lipid 顆粒 (小山 12), 多量の粗太單屈光性類脂肪顆粒 (藤卷 8), Nile 青にて青色或は帶赤青色にして屢々重屈光性の小滴 (Wahl 26), lecithin 小滴 (Ciaccio 4), cholesterin の單獨或は群をなせる小球狀粒 (Golodetz u. Unna 5).

之等の所見を通覽すると研究者の多くは小脂肪粒或は大脂肪粒の一方にのみ着眼したものと思はれ、稀に兩方を見た人もあるやうであるが差異に特に注目した人はないやうである。汗腺脂肪の化學的類別につき意見が錯雜し未だ定説と認むべきものを見出すことが出來ぬのは兩種の脂肪粒の區別が知られてゐなかつたことに由ることが少なくないと思はれる。我等の研究も化學的類別を明言するには未だ不充分であるが、今後の研究は兩脂肪粒の區別を認識した上で進

められなければならぬ。

上述の諸研究者の所見は第1のものを除けば特に異議を挟むべきものが無い。それ等は少くとも部分的に真相を傳へてゐるものかと思はれる。我等の所見より見れば他の混在物も含まれるであらうが大脂肪粒は主として脂肪酸を含み小脂肪粒は主として類脂肪より成るものではないかと思はれる。汗腺の脂肪粒は中性脂肪とは異り osmium で眞黒に染るものではないから、上述の osmium 黒染小粒といふのはそのまゝでは承認できぬ。黒く染つたやうであつても概して表面のみが黒くなつてゐるに止まる。だから osmium 處理が弱度であれば Beatty (1) が言ふやうに osmium で黒染するものを認め得なかつたといふ場合も起り得る。osmium 處理が強度の場合でも適度に漂白すれば皮下の中性脂肪の強烈な黒染とは明瞭に差異が現れる。なほ組織としての固定が悪い場合には汗腺腺管の破壊個所より皮下脂肪が流入し或は Golgi 装置の破壊せるものが黒染小粒として現れ得べきことが考へられるから注意を要する。

汗腺脂肪の個體發生に於ける出現時期如何も残された問題である。出現時期は Sata (20) は胎生8個月以後の胎兒に、藤卷(8)は24cm 以上の胎兒に證明し得ると言ふが、小山(11)は思春期に至つて初めて微量の脂肪を證明し高年に至るまで不變であると言ひ甚しい差異ある意見を出してゐる。この問題も脂肪粒に2種ありといふ見地から新しく吟味する必要がある。

eccrine 腺の Golgi 装置に就ては古く Bizzozero u. Botteselle (2) の研究があり完成した Golgi 装置の形態が如何なるものかを良く示してゐる。後に出た Melczer (19) の研究結果は奇怪なる形態の嗜 osmium 性球状塊を Golgi 装置なりと呼稱して居り同意し得ぬ。最近伊藤(9)は完全或は不完全な網状をなせるもの及び短い紐状或は半月状半環状をなせるものを檢出し之を Golgi 装置に屬せるものとしたのは正しいと考へる。また同氏が Melczer の嗜 osmium 性小體を脂肪粒に外ならずと指摘したのも正當であらう。但し同氏が短紐状等を呈する Golgi 要素より脂肪粒が變成されると考へたのは我等の同意せざる處である。我等の見解としては脂肪粒が先づ生じそれが細胞外に排出されるまでの間に或る變化を受ける(これを成熟過程と呼んでもよい)、その變化に伴ひ脂肪粒より放出される物質或はその變化に伴ふ細胞質の活動により生起する物質によつて Golgi 装置が形成せられるものと考へる。Golgi 装置の問題は他に關聯する處が多いから此處では深く論ぜず別に適當の機會に譲りたいと思ふ。

## V. 結 論

人體 eccrine 汗腺の分泌管上皮細胞には大なる脂肪粒と小なる脂肪粒が含まれてゐる。大脂肪粒は數少く單獨に存在し、小脂肪粒は數多く一細胞内に多數存在することあり小群をなす傾向が認められる。兩者は Sudan III により黄赤色を呈し、osmium により表面のみ陽性反應を呈するか或は灰色を呈する點は共通する。然し Nile 青に對し大脂肪粒は赤紫色に染るが小脂肪粒は薄青く染るのみであり、中性赤に對し大脂肪粒は赤色に染るが小脂肪粒は黄色に染るのみであつて兩者は化學的性状を異にすることを知る。大脂肪粒が細胞外に排出せられる證明

は得られぬ。小脂肪粒に就いてはその細胞内に於ける數量と Golgi 装置の發達との間に相關關係あり、細胞外に排出せられ汗の成分として出現すべきことが證明せられる。

本研究は文部省科學研究費を以て行はれたものである。

#### 文 獻

- 1) Beatty, W. (1893) Brit. Jour. Dermat. 5 97
- 2) Bizzozero u. Botteselle (1909) Arch. per le scieoz. med. 33 (Melzer 1931 による)
- 3) Carol, W. L. L. (1916) Derm. Wsch. 63 843
- 4) Ciaccio (古賀賢二 1934 による)
- 5) Golodetz, L. u. P. G. Unna, (1908) Monatsch. f. prakt. Derm. 47 179, 242
- 6) Henle (Unna 1898 b による)
- 7) Heynold, H. (1874) Virchows Arch. 61 77
- 8) Huzimaki, S. (1937) Mitt. path. Inst. Niigata H. 57 1
- 9) Ito, T. (1943) Okajimas Fol. Anat. Jap. 22 273
- 10) 古賀賢二 (1934) 福岡醫大誌 27 2371
- 11) Kölliker, A. (1889) Handb. d. Gewebelehre des Menschen 1 u. 3 (Sata 1900 による)
- 12) 小山正道 (19 8) 新潟醫大病理學教室研究報告 第7輯 1
- 13) Krause (1844) (Unna 1898 b による)
- 14) Ledermann, R. (1901) Arch. f. Derm. u. Syph. 58 159
- 15) Liebreich, O. (1894) Verhdl. d. Deutsch. dermat. Ges. 4 Kongr. 42
- 16) Linser, P. (1904) Deutsch. Arch. F. klin. Med. 80 201
- 17) Löwenbach, G. (1899) Münch. med. Wsch. 46 750
- 18) Meissner (1856) Physiol. Jahresber. (Sata 1900 による)
- 19) Melzer, N. (1931) Derm. Wsch. 101 1108
- 20) Sata, A. (1900) Beitr. z. path. Anat. u. z. allg. Path. 27 555
- 21) 高木俊藏・高橋キヨ (1944) 日本生理誌 9 500
- 22) Unna, P. G. (1898 a) Monatsh. f. prakt. Derm. 26 601
- 23) Unna, P. G. (1898 b) Verhdl. d. anat. Ges. 12 Vers. Kiel. 16
- 24) Unna, P. G. u. L. Golodetz, (1909) Bioch. Zeits. 20 469, 492
- 25) Unna, P. G. u. L. Golodetz, (1910) Monatsch. f. prakt. Derm. 51 1
- 26) Wahl (古賀 1934 による)

## 光力學的作用に関する研究 612.73

### 第7報 平滑筋(小腸)に就ての實驗

(文部省科學研究費に依る研究)

長崎醫科大學生理學教室

清原 寛一・橋田 敖綱

Kiyohara-Kan-iti・Hasida-Yasutuna

(昭和19年1月18日受付)

#### I. 緒 言

平滑筋に對する光力學的作用に関する文獻を見るに最初詳細なる研究を發表せるのは Adler (1)で彼は家兎小腸を使用して Phloxin を以て感作後照射し其の結果著明なる緊張の上昇を認め Atropin 及び Pilocarpin を使用し、更に又自働中樞の附着せざる輪狀筋に就て追究の結果、該作用は迷走神經末端の興奮性の變化 Auerbach 神經叢の障碍更に最も重要なものは筋自己に對する直接の作用に起因すると主張してゐる。彼より少し後れて Kolm 及び Pick (3)は猫、家兎及びモルモット等の腸に就て Eosin 感作腸管の照射に因り緊張の變化は起らずして單に自働運動の顯著なる減弱を認め其の作用點は迷走神經末端又は筋自己に非ずして自働中樞の障碍であると。次で小原 (4)は家兎腸管に就て自働運動の減弱は先人の結果と同様であるが緊張は多く下降するを認め其の作用點は Kolm 及び Pick と同様自働中樞であると結論してゐる。Supniewski (6)は又自働運動の減弱及び緊張の上昇を認め Cuzin (2)も亦同様の實驗を報告してゐる。崎元 (5)は同様家兎小腸に就き同じく緊張の上昇及び自働運動の減弱を確認して Atropin 應用の結果作用點は迷走神經末端と結論してゐる。著者等は第6報(日本生理誌 9 355)に記載の如く分離骨骼筋纖維に就て短縮と共に之に伴て組織學的に顯著なる原形質の變化を鏡見し得る事實より出發し、平滑筋に在ても運動又は緊張の變化に就て筋自己の直接の關係の可能性を想像し追究を行ひたる處下記の如き結果を得た。

#### II. 實驗材料及び方法

自働運動の觀察描記に關しては家兎に遠く及ばぬが一面容積小なる爲使用溶液中の色素並に光線の透過の點で合理的と思はるゝ Maus の剔出小腸を材料とした。尚縱走筋の剝離は Maus に於ては極めて困難なる爲家兎小腸を使用した。實驗裝置は大略第5報(日本生理誌 9 83)に準じたが體溫に保持する爲腸管を容るゝ小硝子瓶は大なる硝子圓筒内に固定し外筒内には 38°C に保温した溫湯を滿たし標本を容るゝ Tyrode 液は絶えず酸素を以て飽和した。感作用色素は Rose bengale の 0.005 乃至 0.002 % のものを使用し光源は白色電球で第5報の場合と全く

同様である。

### III. 實驗結果

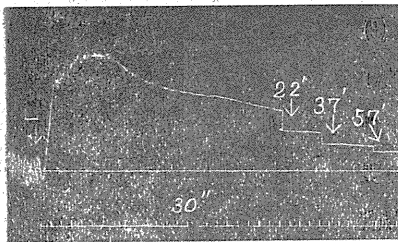
#### A. 對照實驗

Maus の小腸では家兎の如き規則正しき振幅の一定せる振子運動を見ることは割に稀で、單なる酸素で飽和せる Tyrode 液中でも振幅の大いさは可なり大なる動搖を示し同時に緊張も軽度の動搖を來す故極めて微細なる變化の有無は判定に苦しむ例が尠くない。従て照射を行ふことなく單に色素溶液中に於て運動せしむる場合竝に色素を含有せざる Tyrode 液中に於て照射する場合共に多少の變動は免れぬ、但し之等の場合の變化が明かに生理的動搖より著明である例は全く見當らぬ。尙後記の光力學的的作用に對する反應は著しく強烈なる爲對照實驗に於ける動搖との間に相異有無の判別に困難を感じる如き例は殆んど全く見當らぬ。

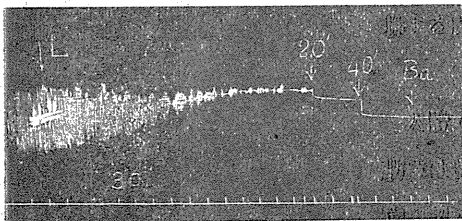
#### B. 感作腸管の照射

色素溶液中に數分間浸漬感作後照射を行つた全60例共例外なく自働運動竝に緊張に著明なる變化を認めた。潜伏時は各例によつて可なり動搖を示し短きは數秒、長きは數十秒を算する。變化の主なるものは緊張の上昇竝に自働運動の減弱であるが、各例に就て見れば或は緊張の上昇を主とし或は自働運動の減弱を主とし、或は又兩者略々同程度に發現するものの3群に分類し得る。緊張上昇の著明なる群では多くは始め急激なる上昇に始まり間もなく極度の上昇に達

第1圖 長時間照射、緊張上昇著明、恢復著明なる例、Lは照射開始



第2圖 長時間照射、自働運動障礙を主とする例



するが、此の際運動は緊張上昇に伴て減弱し極度の緊張上昇に達せる後は極めて微弱なる運動を繼續するか又は殆んど全く運動は停止する。但し緊張上昇の初期に在ては一時的ではあれど運動の振幅明かに増大する例亦尠くない。運動の減弱を主徴とする例では緊張上昇は微弱であり、照射時間の経過に伴ひて振幅益々縮小するもの多きも少數例に於ては前記同様照射初期に在りて振幅の一時的増大を認むる。尙此の群に於ても殆んど全く緊張上昇の見られざるものは極めて稀で大多數に於ては軽度の上昇を伴ふ。第1圖は緊張上昇を主とし第2圖は振幅の減少を主とする例を示す。

即ち Maus の感作小腸を照射すれば著明なる緊張の上昇或は運動の減弱を招來する。但し其の程

度は各例によりて勿論種々であり且屢々照射初期に於て一時的に運動増強するを認むる。

#### C. 照射時間の長短と恢復狀況竝に再度照射

照射を長時間繼續し其の間の経過を觀察するに緊張上昇は最初の數分間に極度に達し其の後

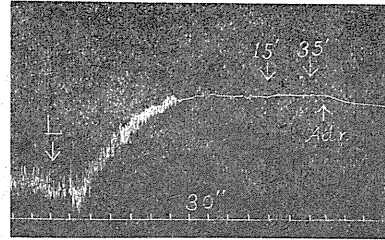
多くは次第に軽度の下降を來す。少數例に在りては數十分後殆んど照射前に近き緊張状態に恢復するも大多數に於ては緊張下降は極輕度に止まる。第1圖は前者の好適例で3~4分後極度の緊張上昇に達し以後次第に下降に移り約60分後には略々照射前に近き状態に恢復せる例である。第3圖は後者に屬し4分後極度の緊張上昇を示し、35分以上を經過するも緊張の恢復は殆んど全く認められぬ。自動運動は一旦停止したる後再び現はれ來る例は極めて稀である。

之に對し照射時間を短時間に止むるときは恢復は著しく顯著である。特に緊張上昇の途上又は遅くとも極度の緊張上昇に達したる直後照射を停止する場合にそうである。自動運動の恢復は緊張に比すれば著しく困難で極めて短時間の照射の例では一時的に振幅の増大を來すも、結局は再び次第に減弱し多くの場合は一時的のしかる増大を來すことなく或程度減弱したるまゝ長時間に亘りて微弱なる運動を繼續する。第4圖は此の例で照射後約1分で緊張上昇の途上に於て照射停止を行へるもので、緊張上昇は更に進行して4~5分後極度の緊張上昇を示すも間もなく可なり急速なる下降に移行し10分にして

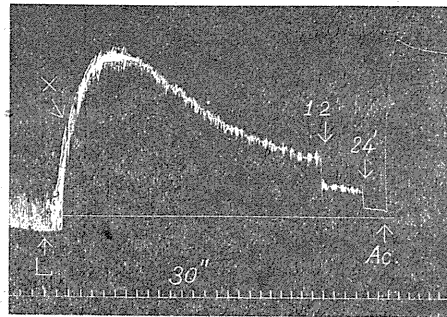
既に約半下降し更に益々下降は進行する。自動運動は緊張の極度の上昇時期に至るも大なる減弱はなく其後の減弱も著明ではなく、35分後に至るも尙相當旺盛なる運動を繼續する。緊張上昇並に運動減弱が充分に發現せる後に照射停止を行ふ場合は上例の如き顯著なる緊張の恢復並に旺盛なる運動の繼續は認められぬ。

一旦照射を停止し一定時間の後再度の照射を行ふに其の反應は最初の照射時間の長短により著しく相異なる。早期に照射を停止し緊張の下降著明で可なり旺盛なる運動を繼續せるものに再度の照射を行へば顯著なる緊張の上昇並に運動の減弱を以て反應するが、一旦極度の反應の現はるゝ迄照射せるものに就て再度の照射を行ふも反應は極めて微弱なるか又は全く現はれぬ。第5圖は約2分の照射後停止し約18分後再び照射せるもので緊張上昇並に運動減弱は共に極めて著しい。

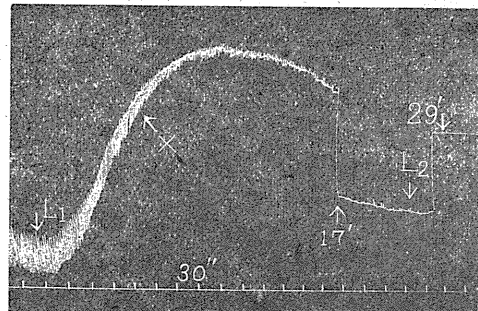
第3圖 緊張の恢復認められぬ例



第4圖 早期に照射停止(×印), 恢復並に Acetylcholin (Ac.) の作用著明



第5圖 早期照射停止(×印)後再度照射を行へる例

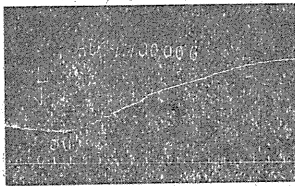


即ち長時間照射後は恢復は殆んど全く不能で所謂不可逆性で且つ再度の照射に對して反應を現はさぬが短時間照射のものは恢復も可なり確實で即ち可逆性であり且つ再照射に對する反應も著しい。

#### D. Atropin, Nicotin 及び Cocain による前處置の影響

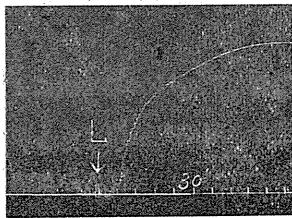
緒言に記載せる如く小腸に對する光力學的的作用の作用點に關して實驗者の多くは自働中樞又は迷走神經末端を擧げ筋自己の直接の關係に注目せるのは獨り Adler のみである。此の點の闡明の根據の一端を得んが爲例に倣ひて種々の藥物の應用を試みた。

第6圖 Atropin (0.001%) 前處置後  
照射せる例、緊張上昇著明



先づ Atropin に就ては副交感神經末端の麻痺に適當と認められた 0.001 % 程度の溶液を以て前處置を行つた。Atropin 溶液に浸漬すれば多くは軽度の自働運動の減弱及び軽度の緊張の低下を起し來る。其の安定せる後に於て照射せる處全 9 例に在りて例外なく著明なる緊張の上昇並に運動の障礙を認めた。而して其の反應の程度は Atropin を作用せしめざる感作小腸の反應に比し多少輕微なる傾向を有する以外著變を認めぬ。即ち此の結果は迷走神經末端の關係はさほど重要ならざるものと想像される。Atropin の濃度を増し 0.002 乃至 0.01 % のものを以て處置するに運動障礙は著しく多くは極微弱なる運動を繼續するか、又は殆んど全く停止し自働中樞の障礙は確實に認められ、之を照射するに始め自動運動を繼續せるものは運動全く停止し始めより自働運動停止せる例と同様明かなる緊張上昇を起し來る。此の際の潜伏時は Atropin の作用せざる場合と異なる處がない。従て緊張上昇に對しては自働中樞の關與も亦重要ならざるものと想像することを得る。但し此の濃度の Atropin 前處置のものゝ緊張上昇度は單なる感作腸片に比し概して輕度なる點は又無視出來ぬ。更に 0.02 乃至 0.05 % の濃厚溶液を以て處置すれば運動の減弱及び緊張の下降甚だしく之を照射すれば輕度の緊張上昇を以て反應するが、一面 Papaverin 又は Barium を作用せしめても反應極めて微弱なる點より見て Atropin により既に筋自己も尠からず麻痺に陥れるものと思はれる。

第7圖 Nicotin (0.1%) 前處置後照  
射せる例、緊張上昇著明



Nicotin は 0.01, 0.05 及び 0.1 % の 3 種の濃度に就て實驗したが稀薄なる溶液を以て處置すれば自働運動は増強し緊張も可なり上昇する場合多く、之を照射すれば緊張は上昇し運動も亦増強し照射により自働中樞が刺戟せらるゝものと想像するゝが、一面筋自己の反應をも併せ考ふる時は何れが主役を演ずるかの判定は困難である。0.05 及び 0.1 % の濃度に於ては自働中樞の興奮を想はしむる運動の増強は殆んど認められず、且之を照射すれば單に緊張の上昇のみを以て反應し運動の促進は認めぬ。第7圖は 0.1 % 溶液を以て前處置せる例で可なる緊張の上昇は自働中樞の關係は重要ならざるものと考えふべ

きである。

次に Cocain の 0.01%, 0.02% 及び 0.03% のものを以て處置せるに間もなく緊張の下降と共に著しき運動障碍乃至運動停止を來し, これを照射すれば運動は停止のまま經過し單に緊張上昇のみ現はれ來る. 此の結果も緊張の上昇と自働中樞の關係密接ならざる事を想はしめる.

**E. Papaverin 及び Barium の影響**

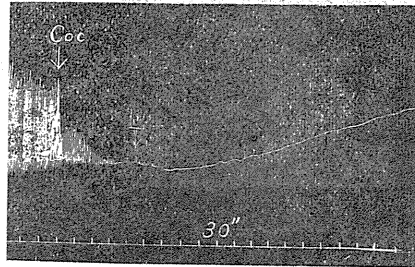
前記の如く小腸の現はす反應としての自働運動の一時的の増強は自働中樞と密接なる關係に在りとするも, 緊張上昇に對しては迷走神經の關係は尠く又自働中樞の關係もあまり密接ではないと想像出來る. 從て之に最も重要なる關係を有するのは交感神經或は筋自己とすべきであるが交感神經は此の際考慮の要なく結局筋自己を考ふべきである. 此の點に就き更に検討を加ふる爲平滑筋自己に作用する Papaverin 及び Barium を利用した. 此等藥物の濃度は共に 0.02 乃至 0.002 % である.

數十分間の長時間繼續照射により極度の反應の現はれたるものに此等藥物を作用せしむるも, 殆んど全く反應は認められぬ (第2圖及び第9圖參照). 之に對し充分の光力學的的作用は發現して居ても短時間照射後のものに在りては兩藥品の何れに對しても反應顯著で第10圖は此の1例を示す. 又短時間の照射後照射を停止し恢復の明かなるものでは數十分の長時間後に於ても尙此等藥物の作用は極めて明かに發現する. 第11圖は3分餘の照射により高度の反應の現はれたる後照射を停止し30分以上經過後 Ba の作用著明なる例を示す.

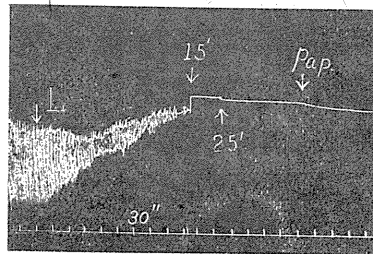
此の如く照射短時間のもの又は短時間照射後消光の場合は長時間後と雖も筋自己の受くる障碍は輕微であるが長時間繼續照射後は筋自己は高度の障碍を蒙ることを知る.

**F. 家兔の分離小腸縱走筋に就ての實驗**

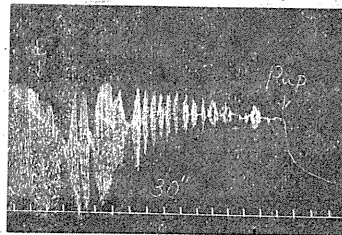
第8圖 Cocain (0.02%) 前處置後照射せる例, 緊張上昇著明



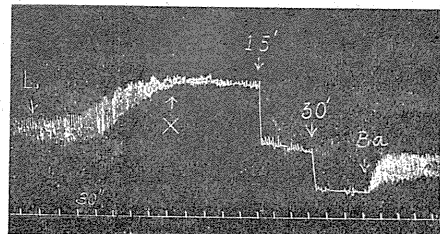
第9圖 長時間照射後 Papaverin (Pap.印) の影響微弱なる例



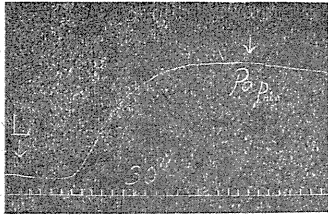
第10圖 短時間照射後 Papaverin の作用顯著なる例



第11圖 短時間照射後 (×印にて停止) Barium (Ba.印) の作用著明なる例



第12圖 家兎小腸の縦走筋の照射



小腸に對する作用點殊に筋自己の直接の反應を確證する爲には筋のみを剝離して實驗するのを理想とするが、剝離の容易なる點より著者は家兎の小腸より漿液膜と共に縦走筋を分離し自働運動の全く見られざる標本に就き緊張の變化を目標として實驗を行つた。かゝる標本に就き前記の諸實驗と同様感作後照射を行ふに例外なく自働運動は現はれず、單に緊張の上昇のみを以て反應する。此の場合の潜伏時は前記諸實驗の結果と同様の値を示し緊張上昇の程度竝に經過と共に Maus 小腸に於けると大差ない。此の如く自働運動は照射の前後共に認められぬ故以上の反應は大凡筋の直接の反應と見做し得るが、更に標本に含まるゝとせらるゝ神経系の麻痺の目的の爲 0.01 乃至 0.05 % の Atropin 及び 0.02 % Cocain を以て前處置したる後照射せるも同様緊張上昇のみを以て反應する。第12圖は Atropin 處置後照射せる例で著明なる緊張上昇が認められる。

此の結果は筋に對する直接の作用により著明なる緊張上昇の起り得る事を示す。

#### IV. 摘 要

Kolm 及び Pick (3) は猫及び家兎の小腸を使用し 0.001 乃至 0.002 % の Eosin 溶液を以て感作後照射したる結果冷血動物は顯著なる緊張上昇を以て反應するに對し此等哺乳動物の小腸は自働運動の障礙を起すのみで緊張の上昇は認めぬと。又小原 (4) は家兎小腸に就て緊張下降を認めてゐるに反し他の實驗者は何れも自働運動の障礙竝に著明なる緊張の上昇を認めてゐる。著者は Maus の小腸60例に就て例外なく顯著なる緊張上昇竝に自働運動障礙を認めた。尤も例によりては或は緊張上昇を主とし或は運動減弱を主とし或は又兩者略々平行して現はるゝ事は前記の通りである。尙小數例ではあるが家兎小腸片に就ても全く同様の結果を得たる故 Kolm 及び Pick の實驗結果竝に小原の結果に就ては全く諒解に苦しむ。自働運動は但し照射初期に在りて一時的に促進さるゝ例も亦尠くない。

此の如く小腸の反應は報告者により可なり相異なるが特に其の作用點に關しては結論は區々として一定しない。著者は此の問題を主なる目標として數多の實驗を行つた。小腸の運動及び緊張の變化を招來する爲には迷走神経、交感神経、自働中樞或は筋の何れかに作用すべきで先づ迷走神経の關係の有無は適度の濃度の Atropin の利用により大凡決定出来る理で著者は 0.001 % 程度の溶液を以て麻痺せしめたる後照射の結果反應は多少減弱する傾向はあるが概して大差なく著明なる緊張上昇及び運動の減弱を認めた故迷走神経末端の關係はあまり重要ならざるものと思ふ。崎元 (5) は家兎小腸に就て同様の實驗の結果反應は Atropin 處置後甚だしく減弱する故迷走神経末端の關係を重視してゐるが、使用せる Atropin の濃度大なる爲筋も亦或程度麻痺せる可能性を充分に考慮する要があらう。

次に自働中樞の關係を知る爲少しく濃厚なる溶液を以て處置し運動停止、緊張下降等中樞の

麻痺を想はしむる徴候の現はれたるものに就き照射すれば緊張の上昇のみは依然として認められる。但し多少の反應の減弱は免れぬ。Nicotin の稀薄溶液を以て中樞を刺戟し運動の増強竝に緊張上昇を來せるものを照射するに緊張の上昇運動の促進は共に明かに招來される。然るに濃厚なる場合運動は停止し中樞の麻痺を想はしむる例に就て照射を行へば單に緊張上昇のみを以て反應する。從て緊張上昇に關しては自働中樞も亦重要な關係は有しないものゝ如くである。又 Cocain を以て運動停止に陥らしめたる標本に在ても同様緊張上昇のみを以て反應する。かくて照射の初期に於て屢々見らるゝ一時的の運動の亢進は自働中樞の刺戟に歸せしめ得るが、緊張上昇に就ては中樞の關與も亦あまり重要とは見做し難い。從て緊張上昇は主として筋自體の直接の反應に歸せしむべきであるが其の積極的の確證は甚だ困難である。長時間照射後は Barium 及び Papaverin の作用が現はれない事及び不可逆性である事、自働運動の全く見られぬ分離縱走筋に在りても潜伏時或は大いさ等に大差なき緊張の上昇が認めらるゝ事等は此の間の有力なる根據の一部と見做し得る。

## V. 結 語

Maus の別出小腸及び家兎小腸より分離せる縱走筋に對する光力學的作用を研究したる結果次の如き結論を得た。

1. Maus の感作小腸は白色光線の照射により著明なる緊張の上昇を起し自働運動は次第に減弱し遂に停止する。但し照射初期に於ては一時的に屢々軽度の運動の亢進を來す。
2. 短時間照射のものは照射停止後次第に緊張は恢復し再照射に對しては初回と同様の反應を呈する。即ち可逆性であるが長時間繼續照射後は既に恢復不能となる、即ち不可逆性で再照射に對しても亦全く反應しない。
3. 短時間照射のものは Papaverin 及び Barium に對する反應確實であるが長時間照射後は此等藥物に對する反應は消失し筋の障礙は著しい。
4. Atropin により副交感神經末端を麻痺せるもの及び Atropin, Nicotin 或は Cocain により自働中樞を麻痺せしめたるものに在りても明かなる緊張の上昇を以て反應する。
5. 家兎小腸より剝離せる縱走筋の自働運動を全く有しない標本に就ても緊張の上昇は著明に起り來る。
6. 小腸の光力學的作用に對する反應に就ては副交感神經末端の關係は尠く、又緊張上昇に關する限り自働中樞も亦關係尠く寧ろ筋自體に對する直接の作用が最も重要である。

## 文 獻

- 1) Adler, L. (1920) Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 85
- 2) Cuzin, J. (1931) Zit. nach Ber. ges. Physiol. 61
- 3) Kolm, R. u. E. Pick (1920) Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 86
- 4) 小原信行 (大正14年) 京都醫會誌 22
- 5) 崎元行夫 (昭和17年) 長崎醫會誌 20
- 6) Supniewski, J. V. (1927) J. Physiol. 64

光力學的作用に關する研究 612.014.44

第8報 蝌蚪に就ての成長、致死時間竝に血清の作用に就て

(文部省科學研究費に依る研究)

長崎醫科大學生理學教室

浦部小次郎・橋田敖綱

Urabe-Kojiro・Hasida-Yasutuna

(昭和19年1月28日受付)

I. 緒言

生物の成長と光線の關係が極めて密接なることは古來幾多の研究報告があり今日では既に周知の事に屬する。一面之に關係はあるが又一面可なり立場を異にする光力學的作用に就て近年多くの研究が行はれつゝあるが、之と成長との關係に就ては未だ確實なる結果の報告は極めて尠い。殊に蝌蚪を使用せるのは Merker (5) が濕潤なる皮膚を有する小なる多くの下等動物と共に蛙の蝌蚪に就て研究報告をせるのみである。然し彼は豫め色素溶液 (Neutralrot) 中で生體染色を行ひ、之に太陽光線の直射を行へば致死時間が著しく短縮する事を實驗するに止め成長との關係には全く言及してゐない。

色素の濃度が著しく稀薄なる時は光力學的作用の發現も亦極めて軽度なることは一般に認めらるゝ處で、成長途上の動物を不可逆性の致死的の障礙を來さぬ程度の稀薄溶液中で照射し長時間の觀察により成長の變化の有無を窺ふことは又興味あることで、著者の實驗企圖は此の點に發する。尙多少濃厚なる溶液中で照射後の致死時間の變化に就ても追加した。更に血清の添加により光力學的作用が著しく抑制さるゝ事は既に Busck (1), Schmidt 及び Norman (7), Rask 及び Howell (6), Dognon (2), Jancsó (3), Szörényi (8), Jirovec 及び Ziegler (4), Wastl (9) 等の報告があり、更に最近清原及び橋田 (日本生理誌 9 355), 芦塚竝に古賀 (何れも未發表) 等により詳細に研究が進められて居り同様の實驗を蝌蚪に就ても追加した。

II. 實驗材料及び方法

材料としては長崎地方産の墓の卵を採取し水中で孵化せしめて得たる蝌蚪を使用した。同一實驗群の蝌蚪は同一墓より同時期に産卵せる卵より得たるもので孵化後水中游泳開始直後のものより數日以内の幼弱なるものである。

飼育實驗に於ては硝子皿に 200 cc宛の水道水を容れ其の各々に所期の濃度となる如く Rose bengale の原液を注入し、色素の濃度は 0.0005 %より 0.000001 %の間を 11階段に分ち 1個の

皿内には10匹の使用動物を入れ屋外の晝間極めてよく太陽光線の直射する場所に放置し3, 5, 7, 9, 10日目の5期に體重及び身長を測定し, 色素を含まぬ水中に於ける同一條件のものを對照として比較した. 本實驗は3月末より4月上旬にかけて行つたが正午頃照度は最大で晴天の場合には最高6000乃至10000 lxに達するが, 實驗期間中2日は曇天で僅かに500 lxに過ぎぬ. 又1日間の時刻により照度の著しい差があるのは勿論であるが總て同一條件下の對照を標準とせる爲之等の點より生ずる誤差は大凡除外し得たものと信ずる.

致死時間の測定は小皿中に10 cc宛の色素溶液を満たし其の中に10匹宛の試験動物を入れ前記同様の照射を行つた. 血清の作用の觀察に際しても之と同様の方法により血清は墓血より採取せるものを使用した.

### III. 實驗結果

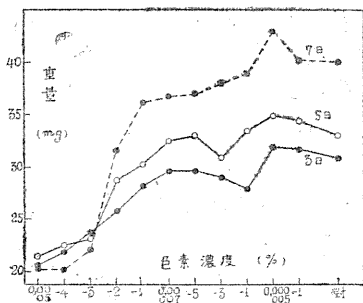
#### A. 飼育實驗

色素溶液中で照射3日のものでは第1表上欄及び第1圖に見る如く最も濃厚なる0.0005%溶

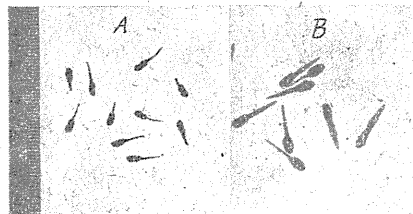
第1表 飼育實驗 (色素濃度は%, 重量はg)

濃度 日数	0,005	-4	-3	-2	-1	0,00007	-5	-3	-1	0,000005	-1	對照
	16,3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
5	20,6	21,8	23,7	25,6	28,1	29,6	29,6	29	27,9	31,9	31,7	30,9
5	21,6	22,1	23,1	28,7	30,2	32,4	32,9	30,2	33,4	34,6	34,3	33
7	20,1	20,1	22	31,6	36	36,6	36,8	37,6	38,8	43	40,1	40
9	/	20,1	23,8	30,8	36	35,2	37,6	39,2	38,4	39,6	36,8	36,4
11	/	/	/	29,3	33,4	35,7	35,3	37,4	39,4	39,7	39,6	40,2
0	6	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	7,7	8,5	8,4	9,5	13,5	12,5	12,8	12,6	13,6	13,8	/	14,1
4	/	8	8,6	9,6	14	14,4	15,3	15,2	16	15,8	/	17,7
7	/	/	12,8	15	20,3	22,3	25,4	23,3	22,5	21,9	/	23,6
9	/	/	14,4	20	23,2	24,6	26,7	24,3	23,8	22	/	24,2

第1圖



第2圖 7日間飼育, Aは0.0003%色素溶液, Bは對照



液中のもの10例の平均體重は20.6gで3日前の水中での16gに比し4.6gの増加を示す, 色素

の濃度小なるに従ひ體重の増加は益々著明となり此の關係を曲線に就て見れば0.00007%迄は大略直線的に増加する。更に稀薄なるに従て輕度なるも體重は減少し0.000005及び0.000001%に於ては再び著しき増加を示す。單なる水中(對照)に在ては30.9mgで之に比すれば最も稀薄なる二液中では夫々31.9及び31.7mgで數的には成長は輕度の促進の傾向を示すがこれより濃厚なる液中では總て成長は抑制を蒙る。其の抑制の程度は前記の通り濃厚なるに従ひ顯著なる傾向が明かである。但し詳細に見れば0.00007乃至0.00001%の間に在ては此の關係は逆轉する。

5日後では對照33mg, 最も濃厚なる0.0005%では21.4mgで3日目のものに比して極めて僅か成長せるに過ぎぬ。0.0004及び0.0003%でも尙著しき抑制を示す。之より稀薄なるに従て成長も益々著明となり抑制作用は益々軽減する。0.00001%以下の稀薄溶液中では何れも成長抑制は認められぬ。寧ろ微弱ではあるが成長の促進を見る。

7日目では對照は可なり著明に成長して40mgを算するに對し濃厚なる0.0003%以上の溶液中では何れも22mg以内で5日目のものより全く成長を見ないのみならず寧ろ輕度の體重の減少を呈する。但し之より稀薄となるに従ひ成長抑制は益々減弱し0.000005%以下では對照より輕度の體重増加を示す。第2圖は此の實驗群の1例を示す。

9日後では最も濃厚なる液中では動物は總て死亡した。0.0004及び0.0003%溶液中では成長は著しく抑制さるゝが、之より稀薄なるに従ひ抑制作用は甚だしく軽減し0.0001%以下のものでは總て抑制作用は全く認められぬ。0.00003乃至0.000005%に於ては最高39.8mgを示し、對照の36.4mgに比し成長は可なり佳良なる傾向が明かである。11日後では0.0003%以上のものでは總て死亡し0.0002乃至0.00003%のものでは抑制明かであるが、之以下の濃度のものでは殆んど影響を認めぬ。

第1表の下欄に示したのは他の墓卵より得たる游泳開始直後のものに就ての實驗結果で、0.0002乃至0.0003%以上の濃厚溶液中での成長抑制は顯著で稀薄となるに従て抑制は軽減し尙稀薄なる場合に多少成長が促進さるゝ傾向がある點等上述の場合に一致する。

尙身長に就ての測定結果も全く同様で詳細は省略する。

即ち蝌蚪の成長に對し0.0003%以上のRose bengaleの溶液は著明なる抑制作用を現はすが0.0001%以下の濃度では此の作用は著しく減弱し極めて稀薄なるものは寧ろ成長促進の傾向を示す。

#### B. 致死時間

0.0003%より濃厚なる溶液内に於ては蝌蚪の成長は著しく阻害さるゝに止まらず約10日後には死亡する事實より見て更に著しく濃厚なる溶液内では短時間内に死亡する事は當然豫想さるゝところである。従て本實驗では0.05乃至0.001%の間を9種に分ち太陽光線の直射による致死時間を測定した。對照としては色素溶液に游泳せしめ暗室内に放置せるものを以てした。此の場合は24時間迄は何れの濃度に於ても死亡せぬ。尙色素を含まぬ水中に於て照射した結果は

前記成長に關する實驗の對照に見る如く少くとも1日間は死亡せぬ。

第2表 色素濃度と死亡時間(分)

濃度 番号	0,05	0,025	0,01	0,0075	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
1	18	/	28	/	32	/	/	/	170
2	19	22	28	31	40	43	62	81	147
3	18	18	24	27	30	31	42	52	139
4	19	22	28	28	36	37	47	57	/
5	43	43	95	99	/	/	/	/	/
6	50	58	88	87	119	127	207	339	/
7	51	58	88	89	153	152	207	351	/
8	/	32	73	71	/	129	/	/	/
9	/	25	31	47	/	73	/	154	/
10	/	26	32	47	/	79	/	161	/

實驗の結果は第2表及び其の一部は第3圖に示す通りである。即ち第1群は使用溶液の種類が爲詳細なる點は明確でないが0.05, 0.01及び0.005%に於ては何れも32'以内に死亡するが0.001%に於ては致死時間著しく延長し170'を要した。稀薄なるに從て致死時間が延長することは明かである。

第2群及び第3群は約5000lxの下に照射せるもので第3圖に見る如く共によく類似の経過を示す。即ち0.05%より0.004%に至る迄は大凡濃度に反比例して致死時間は延長し、0.003及び0.002%では可なり急激なる延長を來し、0.001%に於ては延長は特に顯著である。第4群も同照度の下に行つたもので略々同様の経過を示す。

第6及び第7群は共に照度弱く約1000lxで前記の群に比すれば同一濃度に於ける致死時間は著しく長い、然し濃度と致死時間との關係は他の諸群と同様の結果を示す。

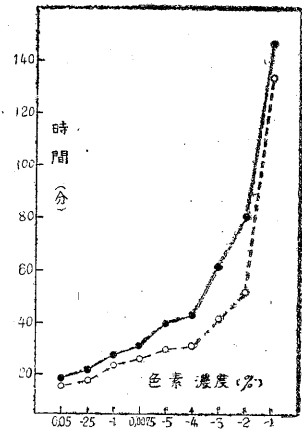
第8, 9, 10の諸群は溶液の種類が少いが大凡の経過が前記の場合に類似することは明かである。

C. 血清の影響

墓血を採取し遠心沈澱を行つた後血清をとり0.1乃至1.2%の間を7種に分ち又1.2乃至4%の間を4種に分つたものに就き照射後の致死時間の變化を觀察した。色素の濃度はすべて0.005%とした。

第1群は6000lxの下に照射を行つたもので對照即ち血清を含まぬ色素のみの溶液中での致

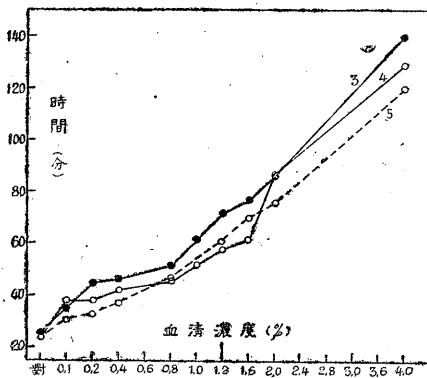
第3圖



第3表 血清の作用 (血清濃度は%, 死亡時間は分)

濃度 番号	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	4,0	對照
1	62	72	69	75	77	80	77	87	97	133	44
2	38	55	64	51	95	92	144	157	/	/	25
3	35	45	47	/	52	62	72	77	86	140	26
4	38	38	42	/	46	52	58	62	87	129	24
5	31	33	37	/	47	/	61	70	76	120	24
6	28	38	40	/	48	/	52	58	65	123	24

第4圖



死時間は平均 44' なるに對し 0.1% 血清を含有するものでは平均 62' で可なりの延長を見る。血清の濃度の増加に從て致死時間も益々延長し血清濃度の増加と致死時間の延長は大凡平行する。第 2 群も同様照度は約 6000 lx で 0.1% 血清含有液内で既に可なり延長し 1.2% 以上で延長は極めて著明である。他の諸群に於ても多くは 0.1% で既に軽度の延長を來し血清が濃厚なるに從て延長も次第に増大し、血清濃度と致死時間の延長の間には大凡平行關係を見る。第 3 表及び第 4 圖は之等の結果を示す。

結果を示す。

即ち蓋血清を 0.1% の割に色素溶液に加ふることに由り既に軽度の致死時間の延長を來し血清濃度の増加に伴ひ延長も益々著明となり兩者の間には略々平行關係が存在する。

#### IV. 摘 要

光力學的作用は使用色素及び照射光線の種類或は強さ等條件異なるに從て其の發現の強さ等も相異なるのは勿論である。從來行はれたる研究の多くは生體の機能に對し障蔽的に作用する條件下のもので、殊に下等動物に就ての實驗は照射後やがて死亡する場合を取り扱へるものが多く、蝌蚪を使用せるのは Merker (5) が致死時間の短縮を観察せる以外未だ報告は見當らぬ。

著者は成長の實驗に當り先づ先人同様致死時間の測定を行つたが Rose bengale で感作後太陽光線の直射を行へば致死時間は確實に短縮するのを見た。照度 6000 lx の下では色素の濃度 0.001% で確實に認め得る短縮を示し 0.002 乃至 0.003% に至れば著しく短縮し以後色素濃度の増加と短縮は略々平行するのを知つた。

次に血清が抑制的に作用することは緒言に述べた如く、實驗者の總てが認むるところで蝌蚪の致死時間に對しても顯著なる抑制作用を有することを知つた。即ち蓋血清は 0.1% で既に確實なる致死時間の延長を來し血清の増量と略々平行して致死時間も延長する。

前記の如く下等動物に就て色素の濃度及び光線の加減によりては致死時間の短縮を起さぬのみならず寧ろ成長を促進する如き場合の可能を豫想し、之には色素濃度を低下し長期間の觀察を行ひ成長の變化を測定した。色素濃度は致死時間測定の例に比して著しく稀薄なもので最高 0.0005 %、最低 0.000001%の間の種々の濃度のものに就て行つた。濃厚なる側即ち 0.0004及び 0.0005 %に在ては 3乃至7日間は何れも體重は 20乃至 22mgの範圍内で全く成長の傾向は認められぬのみならず 9乃至11日目には死亡する例が尠くない。かゝる成長の障碍は 0.0002%以下では著しく減弱し 0.0001乃至 0.00001%では極めて微弱なる抑制を見るに過ぎぬ。更に稀薄なる 0.000005乃至 0.000001%では成長の抑制は全く認めぬのみならず軽度なるも大多數に於ては對照に比して成長は佳良である。且 0.000005%に於て促進の傾向濃厚なる事は注目を要する。

### V. 結 語

著者は幼弱なる蠶蛹料に就て *Rose bengale*の種々の濃度の溶液中で太陽光線の直射を行ひ成長に對する影響致死時間の變化並に血清の影響を觀察し上記の如き結果を得た。之を要約すれば

1. 3日乃至11日間の飼育の結果 0.0003%以上の濃度の溶液では著しく成長を阻害し甚だしき場合は途中死亡するに對し 0.0001乃至 0.00001%では成長障碍は軽度である。更に稀薄なる 0.000005及び 0.000001%では軽度の成長促進の傾向を認むる。
2. 0.05乃至 0.001%溶液中では短時間内に死亡し其の致死時間は 0.003%以上の濃度では急激に短縮し其の短縮は大凡濃度の増加と平行する。
3. 蒸血清は 0.1%の濃度で既に軽度ではあるが確實なる致死時間の延長を來し血清の濃度の増加に伴て致死時間の延長も亦著明となり 0.1乃至 4%の間に於ては兩者は略々平行する。

本業績發表に際し懇篤なる指導を賜つた清原教授に深謝する。

### 文 獻

- 1) Busck, G. (1906) *Biochem. Z.* 1
- 2) Dognon, A. (1928) *C. r. soc. Biol.* 98
- 3) Jancsó, N. (1931) *Zbl. Bakt. Parasitenk.* 122 u. 123
- 4) Jirovec, O. u. Z. Ziegler (1933) *Z. ges. exp. Med.* 90
- 5) Merker, E. (1923) *Zool. Anz.* 57
- 6) Rask, E. N. u. W. H. Howell (1928) *Amer. J. Physiol.* 84
- 7) Schmidt, C. L. A. u. G. H. Norman (1922) *J. gen. Physiol.* 4
- 8) Szörényi, E. (1932) *Biochem. Z.* 252
- 9) Wastl (1926) *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.* 114

## 筋糖原質に就ての研究 (1) 612.744.2

### 原位筋疲勞後に於ける糖原質の恢復過程

(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

朝 井 清

Asai-Kiyosi

(昭和19年2月5日受付)

#### I. 緒 言

この報告は我々の教室に於ける筋化學の研究の一環として筋活動後に於ける糖原の恢復過程を観察した實驗である。實驗動物に麁を用ひ、腓腸筋を被験筋とし、血行を保存する場合と然らざる場合とに就て行つた。

尙又筋の糖原含有量には季節的變化の他、季節により消費し得る量や筋の活動後に恢復する仕方なども異なるべきことを豫想し、實驗は夏期、秋期及び冬眠期の麁に就て行つた。

實驗は昭和16年10月より約1年に亘つて行つた。

#### II. 實 驗 方 法

麁は250g前後の雄麁を用ひた。之を實驗前夜2晝夜の間4°C前後の冷蔵庫に圍つた後之を取出して軽く Ether 麻酔を施し、標本作製時の刺激に応じて筋肉内の糖原を消費せぬやうに注意し乍ら、兩脚の皮膚を背位に於て Achilles 腱部より大腿の上部迄切り開き、對照筋側では大腿部に於て坐骨神經を切斷し、實驗筋側では大腿部の後面中央部に於て坐骨神經を剝離しその上部を結紮し、後に結紮下に於て電氣刺激を與へるやうに準備した。尙又血行の有無による糖原質恢復状態を調べるため坐骨動脈をも周圍の組織より剝離し何時でも結紮し得るやう準備した。筋を活動せしめるための刺激には毎秒20回の頻度をもつた正極大感應電撃を30分間(攣縮回数約36000回)與へた。尙その際の攣縮は Achilles 腱部をピンで固定して等尺性攣縮を營ましめた。30分間の刺激によりどの程度に疲勞するかははつきり測定し得ないが、大抵の標本は30分後には殆ど肉眼的に攣縮を見得ぬ状態に達した。従つて相當程度に疲勞した状態と稱して差支へない程度であつた。斯様にして刺激を中止した後種々の経過で糖原質の含有量を測定した。経過は刺激中止の直後より最長12時間に及んだ。對照筋には勿論刺激を與へないのであるが、その糖原質含有量は實驗筋と同じ時間を経過した處で同時に取出して測定した。實驗は概ね同じ時間経過に就て5例づつ行つた。一方血行なき状態の實驗は刺激直前に坐骨動脈を結紮し、以下全く前記するところと同様にして實驗した。

次に糖原質の定量はその前半は、C. A. Good, H. Kramer 及び M. Somogy 等の Pflüger 法の變法を用ひ、後半は Hagedorn-Jensen 法に依つた。今極めて簡単に上記の定量法を述べれば次の如くである。筋は切り出すや直ちに液體空氣で固定し、叶山案出(2)の鐵製の臼と杵で之を細挫した後なるべく迅速に秤量し、その約1gを目盛附試験管に入れ、60%苛性加里液を每1gに就き1ccの割に加へ、堅く栓を閉ち沸騰する重湯煎中で2時間半加熱する。苛性加里の處理後倍量の蒸溜水で内容を薄め、更に95%の酒精を1.2倍容量加へてよく混和し、次に試験管底を加温して内容が沸騰し初めたならば是を室溫に放置して冷却するを待ち、遠心沈澱器に掛けて充分沈澱し、然る後上清を棄てて更に蒸溜水で沈澱物及び試験管内壁を洗ひ、再び95%の酒精を1.2倍容量加へて充分に混和し再沈澱を行つた。斯くすること兩3回にして最後に得た沈澱物を沸騰する湯に入れて水分及び酒精を蒸發させ、次に2.2%の鹽酸を沈澱物0.1ccに對し約4cc加へて更に沸騰する重湯煎で1時間加熱する。鹽酸處理終了後この液を乾燥した濾紙で濾過しつゝ一定容積の器に移し、尙蒸溜水を以て試験管内及び濾紙を洗つて是を全部該容器に注入して得た一定容量の液に含有する全糖量を H-J 法に依つて定量した。この糖量に0.927を乘じた値を以て被檢物中の全糖原量とし、被檢材料の重量に對する%としてこの糖原質を表示した。

### III. 實驗成績

上に述べた實驗を行ふ前に基礎實驗として腓腸筋の糖原質量の左右差を測定した。その結果は第1表の如くである。次に6月より7月に至る夏墓の成績は第2表、10月より11月上旬に至る秋墓の成績は第3表、11月中旬より翌年3月に至る冬眠墓の成績は第4表に示した。次に血行なき場合に就ての實驗は2月より5月の間に於ける墓を材料としたのであつたがその成績は第5表に示す結果となつた。尙表に於て筋重量下の數値は糖原定量に供した重量である。

以上の成績に關しては章を改めて考察する。

### IV. 實驗結果に對する考察

前章の成績に於て先づ第1に第1表より墓の左右の腓腸筋に於て糖原量の差は平均0.001%であり、この値は誤差の範圍にあることが判つた。實際腓腸筋そのものの重量も左右で殆んど變りがなかつた。

第2に糖原質の靜止價は夏期では0.80%、秋期では0.97%、冬期では1.22%であり、夏期に最も少く冬期に最も多かつた。

第3に夏墓及び冬墓に於て筋活動後の糖原の恢復状態は第1圖に示す關係となつた。ここで興味あることは血行保有の場合では恢復經過120~150分の處で一度恢復が遅くなり亦除々に恢復速度が増す形を示したが、血行なき場合に於ては第2圖の如くこの變化が現はれなかつたことである。従てこの變化は血行が保有される場合にのみ見られるものであつた。

第4に夏墓、秋墓、冬墓に就き恢復經過2時間だけの範圍に於て恢復の仕方を見ると第3圖

第1表 腓腸筋糖原質静止價(左右兩側の差)

實驗 番号	左 腓 腸 筋		右 腓 腸 筋		差 (%)
	筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
1	1.157	0.765	1.162	0.770	0.005
2	1.207	1.036	1.280	1.014	0.022
3	1.225	0.568	1.337	0.565	0.003
4	1.088	1.337	1.135	1.310	0.027
5	1.029	0.756	1.119	0.770	0.014
6	1.030	0.590	1.060	0.595	0.005
7	1.067	1.025	1.016	1.058	0.033
平均	1.150	0.868	1.158	0.869	0.001

第3表 秋臺に就ての成績

實驗 番号	放置 時間	對 照 筋		被 刺 激 筋		差 (%)
		筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
41	直後	1.312	0.812	1.453	0.414	0.398
42	直後	1.112	0.813	1.031	0.454	0.359
43	直後	1.031	0.998	1.147	0.597	0.401
44	直後	1.181	0.992	1.134	0.556	0.436
45	直後	1.076	1.247	1.147	0.824	0.423
平均		1.142	0.972	1.162	0.569	0.403
46	30'	1.073	0.937	1.133	0.623	0.314
47	30'	1.153	1.031	1.147	0.723	0.328
48	30'	1.150	1.169	1.181	0.852	0.317
49	30'	1.072	1.313	1.098	1.013	0.300
50	30'	1.086	1.510	1.063	1.212	0.298
平均		1.106	1.196	1.124	0.935	0.311
51	80'	1.027	0.984	1.178	0.735	0.228
52	80'	1.044	1.115	1.078	0.847	0.258
53	80'	1.081	1.183	1.088	0.962	0.221
54	80'	1.127	0.759	1.167	0.522	0.237
55	80'	1.146	0.559	1.108	0.287	0.252
平均		1.085	0.912	1.124	0.671	0.241
56	100'	1.046	1.094	1.089	0.945	0.149
57	100'	1.082	1.083	1.016	0.922	0.161
58	100'	1.025	1.076	1.034	0.905	0.171
59	100'	1.086	0.956	1.013	0.782	0.174
60	100'	0.980	1.298	0.976	1.064	0.234
平均		1.044	1.101	1.026	0.924	0.177

第2表 夏臺に就の成績

實驗 番号	放 置 時 間	對 照 筋		被 刺 激 筋		變(%)
		筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
8	後 後 後	1.310	0.798	1.348	0.404	0.394
9		1.324	0.732	1.311	0.421	0.311
10		1.321	0.660	1.328	0.478	0.382
平均		1.322	0.797	1.349	0.434	0.363
11	30'	1.446	1.000	1.442	0.775	0.226
12	30'	1.352	0.847	1.312	0.642	0.205
13	30'	1.322	0.664	1.320	0.450	0.214
平均		1.397	0.837	1.372	0.622	0.215
14	80'	1.339	0.672	1.256	0.464	0.208
15	80'	1.421	1.047	1.368	0.878	0.169
16	80'	1.526	0.981	1.469	0.792	0.189
平均		1.429	0.900	1.364	0.711	0.169
17	100'	1.370	0.646	1.371	0.500	0.146
18	100'	1.227	0.421	1.398	0.255	0.166
19	100'	1.303	0.295	1.291	0.140	0.155
平均		1.320	0.454	1.353	0.298	0.156
20	120'	1.317	0.271	1.343	0.155	0.116
21	120'	1.315	0.355	1.323	0.200	0.135
22	120'	1.340	0.744	1.336	0.538	0.206
平均		1.324	0.450	1.334	0.298	0.152
23	150'	1.313	0.448	1.246	0.279	0.109
24	150'	1.311	0.213	1.396	0.653	0.159
25	150'	1.298	0.419	1.278	0.305	0.114
平均		1.307	0.560	1.340	0.412	0.148
26	3	1.350	0.615	1.365	0.414	0.201
27	3	1.391	0.753	1.315	0.543	0.210
28	3	1.368	0.871	1.338	0.698	0.173
平均		1.370	0.746	1.356	0.552	0.194
29	5	1.390	0.914	1.347	0.678	0.236
30	5	1.318	0.464	1.361	0.262	0.182
31	5	1.328	0.595	1.394	0.462	0.131
平均		1.345	0.657	1.374	0.474	0.183
32	7	1.389	0.717	1.362	0.589	0.128
33	7	1.367	0.824	1.384	0.623	0.201
34	7	1.362	0.708	1.385	0.618	0.090
平均		1.366	0.743	1.378	0.603	0.139
35	9	1.388	0.210	1.371	0.105	0.105
36	9	1.391	0.580	1.342	0.421	0.169
37	9	1.431	0.807	1.467	0.702	0.099
平均		1.403	0.536	1.393	0.411	0.125
38	11	1.368	0.485	1.346	0.365	0.120
39	11	1.361	0.398	1.298	0.354	0.044
40	11	1.348	0.684	1.361	0.559	0.125
平均		1.359	0.522	1.335	0.426	0.096

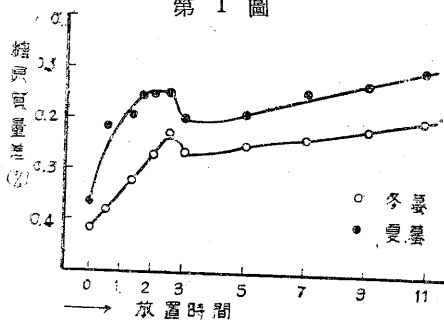
第4表 冬臺に就ての成績

實驗 番号	放置 時間	對 照 筋		被 判 察 筋		差(%)
		筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
61	直後	0.995	1.141	0.928	0.725	0.415
62	直後	0.943	1.553	0.395	1.109	0.444
63	直後	0.955	0.946	0.837	0.559	0.357
64	直後	0.888	1.086	0.993	0.691	0.395
65	直後	0.937	1.390	0.983	0.952	0.448
平均		0.954	1.223	0.967	0.807	0.416
66	30'	0.990	1.147	0.370	0.779	0.338
67	30'	0.973	0.929	0.878	0.545	0.384
68	30'	0.981	0.803	0.996	0.442	0.361
69	30'	0.943	1.160	0.957	0.790	0.370
70	30'	0.935	0.932	0.972	0.515	0.417
平均		0.964	0.994	0.975	0.614	0.380
71	80'	0.952	0.940	0.943	0.633	0.307
72	80'	0.967	0.959	0.373	0.638	0.321
73	80'	0.995	1.243	0.885	0.343	0.305
74	80'	0.937	0.891	0.980	0.563	0.328
75	80'	0.976	1.201	0.987	0.353	0.358
平均		0.965	1.048	0.954	0.728	0.320
76	120'	0.947	0.832	0.905	0.563	0.269
77	120'	0.983	1.335	0.991	0.744	0.291
78	120'	0.894	1.172	0.961	0.331	0.241
79	120'	0.973	1.067	0.929	0.823	0.244
80	120'	0.981	0.963	0.943	0.656	0.307
平均		0.952	1.014	0.946	0.743	0.271
81	150'	0.950	1.254	0.963	1.053	0.200
82	150'	0.934	0.913	0.952	0.721	0.192
83	150'	0.929	1.242	0.994	0.995	0.249
84	150'	0.930	1.101	0.930	0.862	0.239
85	150'	0.977	0.945	0.955	0.711	0.234
平均		0.944	1.091	0.961	0.863	0.223
86	3	0.958	1.408	0.979	1.127	0.276
87	3	0.941	1.113	0.971	0.945	0.268
88	3	0.968	1.156	0.953	0.886	0.270
89	3	0.921	0.916	0.945	0.633	0.283
90	3	0.940	1.040	0.938	0.850	0.210
平均		0.946	1.126	0.957	0.864	0.262
91	5	0.952	0.818	0.982	0.585	0.233
92	5	0.960	1.250	0.931	0.997	0.253
93	5	0.983	1.027	1.020	0.741	0.286
94	5	0.963	1.160	0.980	0.965	0.195
95	5	0.986	0.823	0.985	0.560	0.255
平均		0.968	1.016	0.990	0.770	0.246
96	7	0.973	1.114	0.980	0.861	0.253
97	7	0.952	0.818	0.982	0.585	0.233
98	7	1.186	0.520	1.190	0.292	0.228
99	7	0.995	1.020	0.993	0.859	0.161
100	7	0.954	0.891	0.980	0.691	0.291
平均		0.992	0.891	1.025	0.658	0.233
101	9	0.987	0.831	0.912	0.635	0.196
102	9	0.990	1.147	0.972	0.920	0.227
103	9	0.986	0.823	0.965	0.560	0.263
104	9	0.981	1.135	0.988	0.896	0.239
105	9	0.978	0.986	0.943	0.825	0.160
平均		0.984	0.984	0.960	0.767	0.217
106	11	0.980	1.135	0.932	0.935	0.200
107	11	0.945	0.486	0.975	0.280	0.206
108	11	1.076	0.741	1.085	0.564	0.177
109	11	0.983	1.358	0.927	1.130	0.228
110	11	0.988	0.905	0.998	0.757	0.148
平均		0.994	0.925	0.983	0.733	0.192

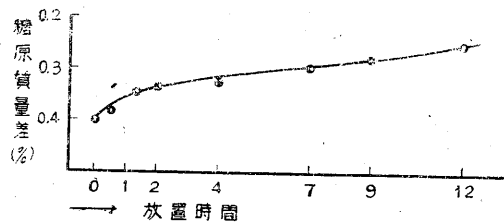
第5表 血行なき場合の成績

實驗 番号	放置 時間	對照筋		被刺激筋		差(%)
		筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
111	通後	0.973	1.343	0.931	1.158	0.390
112	通後	1.189	0.865	1.243	0.498	0.367
113	通後	1.075	1.335	1.105	0.931	0.404
114	通後	1.197	1.100	1.150	0.657	0.443
平均		1.108	1.212	1.116	0.611	0.401
115	30'	0.977	1.229	0.915	0.876	0.353
116	30'	0.983	1.396	0.846	1.000	0.336
117	30'	0.937	1.063	0.890	0.846	0.417
118	30'	0.923	1.340	0.878	0.967	0.373
平均		0.959	1.257	0.957	0.872	0.382
119	80'	0.933	0.634	0.950	0.307	0.377
120	80'	0.968	1.255	0.978	0.872	0.393
121	80'	1.187	0.434	1.212	0.191	0.293
122	80'	0.925	0.942	0.940	0.616	0.326
平均		1.016	0.841	1.020	0.497	0.344
123	2	0.958	0.793	0.991	0.454	0.359
124	2	0.973	1.043	0.977	0.636	0.407
125	2	1.065	0.653	1.008	0.345	0.308
126	2	0.931	0.757	0.942	0.476	0.281
平均		0.982	0.812	0.980	0.478	0.364
127	4	1.212	0.903	1.189	0.515	0.388
128	4	1.167	0.913	1.190	0.549	0.364
129	4	1.233	0.425	1.257	0.140	0.285
130	4	1.201	0.737	1.200	0.479	0.258
平均		1.203	0.745	1.208	0.421	0.324
131	7	1.246	0.653	1.233	0.365	0.293
132	7	1.281	0.955	1.243	0.667	0.288
133	7	0.955	0.728	0.946	0.411	0.317
134	7	0.987	1.379	0.937	1.098	0.291
平均		1.117	0.930	1.102	0.635	0.295
135	9	1.265	0.802	1.250	0.478	0.324
136	9	1.294	0.745	1.217	0.472	0.273
137	9	0.965	1.318	0.999	1.049	0.267
138	9	1.275	0.444	1.243	0.201	0.243
平均		1.200	0.827	1.177	0.550	0.277
139	12	1.258	0.733	1.287	0.429	0.304
140	12	1.173	0.493	1.193	0.249	0.244
141	12	1.230	0.674	1.275	0.454	0.220
142	12	0.965	1.257	0.962	1.007	0.250
平均		1.157	0.789	1.179	0.535	0.254

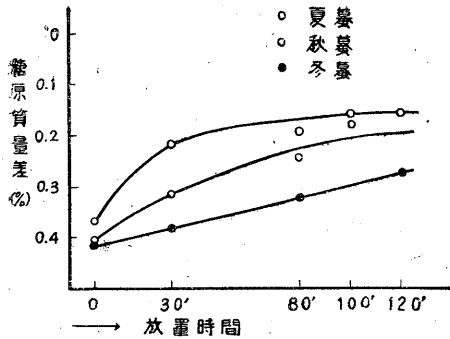
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



の如くそれぞれ恢復の仕方が異なることが注意された。即ち冬藁では恢復過程が時間と略々直線關係にあり、秋藁、夏藁即ち氣候の暖かい程糖原質の恢復速度が初期に著しく指數曲線に近づく傾向を示した。近似的にみて糖原質の恢復量を  $x$  とし、恢復經過時間を  $t$  とすれば兩者の間に(1)式を想定し得る。

$$\frac{x}{t} = k \dots \dots \dots (1)$$

但し夏藁、秋藁、冬藁で  $k$  が夫々異なるわけであるが、今之を溫度  $T$  に關係せしめてみると(2)式の如く考へられる。

$$k = e^{c/T} \dots \dots \dots (2)$$

即ち反應速度が溫度に關係し、溫度が低い程  $k$  は小となり糖原の恢復は緩慢となることの一般關係が示される。この事實は曩に上小鶴(1)が「原位筋疲勞時の蓄積乳酸の消却過程に就て」の報告に於て乳酸の消却在空氣中では  $\log \frac{x}{t} = k$  なる式で現はし得るとした事と關聯して恢復時に見られる筋内化學過程の一般關係を示すことにならう。

V. 摘 要

1. 筋活動後の糖原質の恢復過程を見るため藁を材料とし腓腸筋を用ひて毎秒20回30分間の刺激を與へた後その恢復過程を血行保有の場合と然らざる場合とで觀察した。
2. 藁腓腸筋の糖原質量は夏期0.80%、秋期0.97%、冬期1.22%の値を示した。
3. 夏藁、秋藁及び冬眠藁の一側の腓腸筋に約35000回の收縮を起させるとその糖原質量は、刺激直後では對照筋に比し、夏藁では45%、秋藁では41%、冬眠藁では34%の減少を示した。次でその後の恢復過程を最短30分後、最長12時間後に亘つて觀察した結果、血行ある場合に夏藁及び冬藁で共通に見られる特異な點は恢復經過120~150分の處で一度恢復が遅くなり又徐々に恢復速度が増す形を示すことであつた。血行なき場合にはこの變化は見られなかつた。
4. 刺激中止後2時間目の糖原質の恢復は季節によつて差があり、夏期に最も速であり、冬期に最も遅かつた。即ち氣候の暖かい程糖原質の恢復速度が初期に著しく指數曲線に近づく傾向を示した。近似的にみて糖原質の恢復量  $x$  と恢復經過時間  $t$  との間に次の關係が求められた。

$$\frac{x}{t} = k$$

但し  $k$  は夏藁、秋藁、冬藁で夫々異なることはいふまでもない。

擱筆するに際し浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導と校閲竝に名取講師の援助を深謝し併て本定量操作習得に際し助言を賜はりし秋山捷二博士の御厚意を銘謝す。

文 獻

1) 上小鶴克己 (1942) 日本生理誌 6 544  
 2) 叶山常吉 (1932) 慈大生理學論文集 2 123

## 筋糖原質に就ての研究 (2) 612.744.2

### 烏喙橈筋に於ける糖原質量の消長

(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

朝 井 清

Asai-Kiyosi

(昭和19年2月5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連続的の攣縮を營なましめ、其際の糖原質量の消長を曩に余の實驗(2)に用ひた如く、前半は C. A. Good, H. Cramer 及び M. Somogyi 等が Pflüger 法を改良した變法に依り、後半の糖定量は Hagedorn-Jensen 法に依つて測定した實驗である。

この實驗は吾々の教室の筋機構の研究の一環として行つたもので、その目的とするところは、略々同時に實驗し始めた同名筋の燐原質代謝に就ての阿部(1)の實驗竝に乳酸成生量に就ての堀口(3)の實驗と全く同じところに置かれたもので、當余は堀口が乳酸成生量を觀たのに對し糖原質そのものの量的消長を觀ただけである。

實驗は昭和17年の11月より翌年3月に亘る期間に行つた。

#### II. 實驗の方法と成績

A. 實驗方法 實驗標本には300g前後の雄蓋の烏喙橈筋を用ひた。實驗前豫め蓋を2晝夜4°C前後の冷蔵庫に圍つた後實驗に供した。之は實驗前になるべく安靜に保ち筋肉の糖原質が正しい靜止價を保つやうにするためであつた。實驗の實施は第1の實驗では左右の正常烏喙橈筋の糖原質量を測定比較した。第2の實驗では一側の筋は剔出直後に糖原質量を測定して對照實驗に用ひ、他側の筋は無傷標本或は負傷標本とし、それにつき、(1)剔出後縮んだ儘の状態、(2)筋原長に引伸ばした状態、(3)原長より約15%引伸ばした状態とも、無傷標本では剔出後

第1表 烏喙橈筋靜止價(左右兩側の差)

實驗 標本号	左 烏 喙 橈 筋		右 烏 喙 橈 筋		差 %
	筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量%	
1	0.376	1.733	0.349	1.727	0.066
2	0.420	1.208	0.398	1.275	0.067
3	0.291	1.139	0.288	1.110	0.029
4	0.373	1.165	0.368	1.177	0.012
5	0.402	1.412	0.395	1.461	0.049
平均	0.373	1.248	0.364	1.350	0.007

第2表 無傷標本の成績

實驗 番号	浸漬 時間(分)	對 照 筋		被 檢 筋		差(%)	
		筋 重 量(g)	糖 原 質 量(%)	筋 重 量(g)	糖 原 質 量(%)		
原 長 狀	6	5	0.464	1.104	0.483	1.095	0.009
	7	5	0.368	1.171	0.366	1.146	0.025
	8	5	0.520	1.292	0.506	1.310	0.018
	9	5	0.384	1.177	0.359	1.233	0.066
	10	5	0.458	1.498	0.459	1.444	0.054
	平均		0.439	1.248	0.436	1.246	0.002
	11	10	0.343	1.331	0.311	1.267	0.064
	12	10	0.272	1.201	0.308	1.166	0.035
	15	10	0.351	1.155	0.324	1.163	0.011
	14	10	0.512	1.489	0.521	1.522	0.033
15	10	0.418	1.308	0.333	1.373	0.065	
平均		0.379	1.297	0.356	1.239	0.002	
縮 小 狀	16	20	0.353	1.107	0.313	1.111	0.004
	17	20	0.402	1.061	0.375	1.091	0.030
	18	20	0.420	1.291	0.348	1.265	0.026
	19	20	0.400	1.211	0.455	1.202	0.009
	20	20	0.463	1.501	0.516	1.285	0.016
	平均		0.404	1.194	0.402	1.191	0.003
縮 小 狀	21	5	0.441	1.288	0.453	1.217	0.071
	22	5	0.407	1.122	0.357	1.143	0.021
	23	5	0.352	1.369	0.340	1.418	0.049
	24	5	0.286	0.899	0.250	0.819	0.080
	25	5	0.275	1.164	0.278	1.209	0.045
	平均		0.352	1.168	0.345	1.161	0.007
	26	10	0.364	1.503	0.336	1.499	0.004
	27	10	0.425	1.243	0.375	1.235	0.042
	28	10	0.381	1.490	0.340	1.540	0.050
	29	10	0.332	1.459	0.356	1.426	0.033
30	10	0.307	1.348	0.345	1.321	0.027	
平均		0.362	1.409	0.356	1.414	0.005	
縮 小 狀	31	20	0.359	1.291	0.311	1.251	0.039
	32	20	0.328	1.300	0.369	1.323	0.025
	33	20	0.333	1.210	0.321	1.227	0.017
	34	20	0.393	1.309	0.329	1.257	0.052
	35	20	0.313	1.444	0.308	1.507	0.063
	平均		0.346	1.311	0.327	1.314	0.003
縮 小 狀	36	5	0.358	1.238	0.401	1.179	0.057
	37	5	0.460	1.189	0.441	1.140	0.049
	38	5	0.295	1.304	0.294	1.364	0.060
	39	5	0.360	1.616	0.303	1.623	0.012
	40	5	0.436	1.489	0.413	1.493	0.004
	平均		0.382	1.367	0.371	1.361	0.006
	41	10	0.369	1.250	0.337	1.313	0.063
	42	10	0.346	1.393	0.335	1.426	0.033
	43	10	0.454	1.271	0.433	1.245	0.026
	44	10	0.286	1.491	0.341	1.461	0.030
45	10	0.338	1.337	0.339	1.319	0.018	
平均		0.359	1.340	0.360	1.353	0.005	
縮 小 狀	46	20	0.366	1.235	0.279	1.227	0.038
	47	20	0.324	1.459	0.336	1.511	0.052
	48	20	0.423	1.469	0.368	1.448	0.021
	49	20	0.477	1.419	0.496	1.402	0.017
	50	20	0.382	1.053	0.347	1.077	0.019
	平均		0.394	1.328	0.363	1.333	0.005

第3表 負傷標本の成績

	實驗 番号	経過 時間(分)	對 照 筋		被 檢 筋		差(%)
			筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
原	51	3	0.427	1.199	0.468	1.139	0.060
	52	3	0.358	1.528	0.429	1.459	0.069
	53	3	0.392	1.336	0.531	1.285	0.053
	54	3	0.378	1.251	0.401	1.167	0.064
	55	3	0.266	1.150	0.343	1.040	0.110
	平均		0.364	1.293	0.434	1.213	0.075
長	56	5	0.378	1.551	0.438	1.441	0.110
	57	5	0.310	1.458	0.415	1.368	0.090
	58	5	0.352	1.369	0.360	1.255	0.114
	59	5	0.328	1.413	0.361	1.284	0.129
	60	5	0.257	1.019	0.261	0.929	0.080
	平均		0.325	1.362	0.371	1.255	0.107
狀	61	10	0.403	1.397	0.431	1.239	0.130
	62	10	0.348	1.351	0.407	1.201	0.150
	63	10	0.333	1.267	0.355	1.127	0.140
	64	10	0.338	1.262	0.396	1.165	0.097
	65	10	0.336	1.234	0.407	0.985	0.219
	平均		0.351	1.302	0.389	1.147	0.155
態	66	20	0.419	1.305	0.429	1.075	0.270
	67	20	0.409	1.541	0.473	1.303	0.239
	68	20	0.415	1.189	0.477	1.011	0.178
	69	20	0.289	1.419	0.346	1.252	0.167
	70	20	0.378	1.251	0.431	1.145	0.106
	平均		0.362	1.341	0.432	1.157	0.134
短	71	3	0.411	1.224	0.440	1.173	0.051
	72	3	0.274	1.252	0.308	1.159	0.093
	73	3	0.508	1.556	0.496	1.519	0.037
	74	3	0.369	1.350	0.392	1.235	0.055
	75	3	0.463	1.301	0.516	1.285	0.016
	平均		0.405	1.337	0.430	1.286	0.051
筋	76	5	0.367	1.187	0.368	1.111	0.076
	77	5	0.321	0.816	0.324	0.730	0.086
	78	5	0.386	1.195	0.418	1.109	0.086
	79	5	0.248	1.271	0.247	1.163	0.108
	80	5	0.455	1.049	0.491	0.965	0.093
	平均		0.355	1.104	0.374	1.015	0.089
狀	81	10	0.367	0.960	0.442	0.807	0.153
	82	10	0.323	1.413	0.331	1.267	0.146
	83	10	0.341	1.618	0.418	1.497	0.121
	84	10	0.381	1.107	0.388	0.965	0.122
	85	10	0.448	1.090	0.495	0.974	0.116
	平均		0.372	1.238	0.414	1.106	0.132
態	86	20	0.427	1.020	0.475	0.848	0.172
	87	20	0.293	1.289	0.344	1.145	0.144
	88	20	0.340	1.084	0.346	0.921	0.163
	89	20	0.472	1.034	0.425	0.889	0.145
	90	20	0.299	1.248	0.319	1.090	0.158
	平均		0.366	1.135	0.381	0.979	0.156

第4表 無傷標本に頻度毎秒1回の刺激を與へた場合の成績

實驗番号	刺激時間(分)	對照筋		被檢筋		差%
		筋重量(g)	糖原質量(%)	筋重量(g)	糖原質量(%)	
91	1	0.403	1.673	0.398	1.613	0.055
92	1	0.385	1.567	0.356	1.523	0.044
93	1	0.453	1.340	0.507	1.355	0.005
94	1	0.383	1.428	0.370	1.372	0.056
95	1	0.416	1.443	0.335	1.421	0.022
平均		0.408	1.490	0.403	1.454	0.036
96	2	0.356	1.314	0.421	1.255	0.059
97	2	0.504	1.351	0.523	1.312	0.049
98	2	0.373	1.727	0.316	1.701	0.023
99	2	0.423	1.557	0.417	1.478	0.039
100	2	0.373	1.466	0.329	1.338	0.078
平均		0.407	1.487	0.401	1.427	0.060
101	5	0.300	1.545	0.265	1.452	0.035
102	5	0.431	1.350	0.454	1.299	0.051
103	5	0.411	1.500	0.393	1.356	0.144
104	5	0.362	1.658	0.333	1.432	0.176
105	5	0.370	1.322	0.328	1.222	0.100
平均		0.375	1.475	0.355	1.362	0.113
106	10	0.403	1.288	0.421	1.233	0.055
107	10	0.391	1.363	0.310	1.256	0.107
108	10	0.378	1.128	0.407	1.008	0.120
109	10	0.337	1.623	0.277	1.389	0.234
110	10	0.398	1.526	0.435	1.292	0.234
平均		0.381	1.386	0.370	1.256	0.150

5, 10, 20分, 負傷標本では3, 5, 10, 20分の経過で筋糖原質量を測定した。尙右の期間中筋は10°CのRinger液中に放置して置いた。次に第3の刺激實驗は無傷標本のみに就て行つた。筋に5gの負荷を加へ頻度毎秒1回の開放感應電撃を1, 2, 5, 10分の4種の期間を區別して加へた状態で糖原質量を測定した。

**B. 實驗成績** 實驗成績を第1, 2, 3, 4表に纏めた。第1表は烏喙橈筋の糖原質靜止價, 第2表は無傷標本で筋原長に引伸ばした状態, 切り出した後自然に縮んだ儘の状態及び筋原長の約15%だけ更に引伸ばした状態での成績であり, 第3表は負傷標本に就て筋原長に引伸ばしたものの或は切り出した後縮んだ儘のものについての成績であり, 第4表は刺激實驗の成績である。

### III. 實驗成績に對する考察

第1表の如く左右の本筋の糖原質量差は5例の平均では0.007%であつた。烏喙橈筋は切り出すと縮むが, 縮んだ儘でも, 筋の原長に引伸ばしても, 或は更に原長の約15%だけ引伸ばしても無傷標本では糖原質量に變りがなかつた。即ち無傷標本では對照筋の糖原質量と實驗筋の糖原質量との差は平均最高0.007%, 最低0.002%で何れも靜止價の差範囲内である。然るに胸骨より剝離した負傷標本では時間経過と共に糖原質消費量が次第に増大した。之は負傷が内部刺激となつて筋肉糖原質の分解を起したものであらう。次に刺激を加へた場合には刺激時間の

経過と共に筋肉糖原質の減少するのは當然であるが、以上負傷標本及び刺激せる場合の結果を比較してみると第1圖の如くなる。

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び負傷標本に就き自然に縮んだ状態又は或程度に引伸ばした状態、また無傷標本に刺激を加へて攣縮を起さしめた状態で糖原質の消費量を測定した。

2. 烏喙橈筋は切り出したままの無傷標本ならば縮んだ儘でも、15%以内ならば引伸ばしたままでも糖原質量に變化を認めなかつた。

3. 烏喙橈筋負傷標本では前2項に反し時間の経過と共に糖原質消費量が増加した。

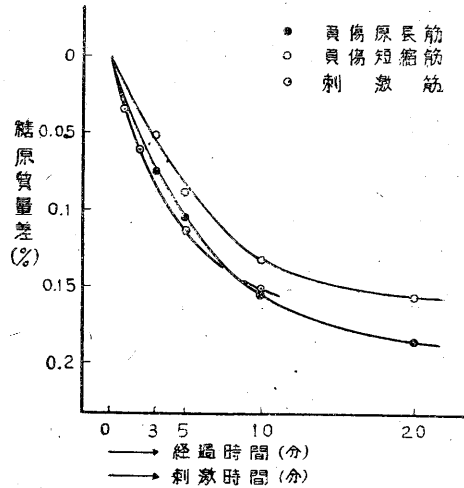
4. 烏喙橈筋無傷標本に刺激を加へた場合には刺激時間の経過と共に第1圖に示す如き率を以て糖原質量は減少した。

擱筆するに際し浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導と校閲並に名取講師の援助を深謝す。

文 献

- 1) 阿部祐吉 (2604) 日本生理誌 9 296
- 2) 朝井 清 (2604) 日本生理誌 9 524
- 3) 堀口正史 (2604) 日本生理誌 9 305

第 1 圖



## 筋糖原質に就ての研究 (3) 612.744.11

### 支配神経切断後の骨骼筋糖原質量の消長

(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

朝 井 清

Asai-Kiyosi

(昭和19年2月5日受付)

#### I. 緒 言

この報告は末梢神経を切断するとそれに支配されてゐる骨骼筋の糖原質量がどのやうに變るかを観るため、蟻を材料とし、その坐骨神経を切断し、切断側の腓腸筋の糖原質量の變化を観た實驗である。尤も蟻は生活状態の活潑な夏期と冬眠期とではその影響も自ら相違することが豫想されるので、實驗はその兩期に就て之を行ひ、觀察は神経切断後相當長時日に亘つて行つた。尙糖原質量の測定は余の前實驗(1)に用ひた Pflüger 法の變法及び Hagedorn-Jensen 法に依つたものである。

實驗は昭和17年5~6月の期間と同年11月より翌年2月までの間に行つた。

#### II. 實 驗 方 法

蟻は250g前後の雄を用ひた。Etherで軽く全身麻酔を施した後左側の坐骨神経を大腿の中央部で切断し手術後は絶食の状態とし4°C前後の冷蔵庫内に放置し、夏期では5日間隔、冬眠期では10日間を隔てて兩側腓腸筋の重量と糖原質量を測定した。絶食にして置くと夏期は割合に早く斃死し、20日以上経過に就ては觀察し得なかつた。冬眠期に就ての實驗では夏蟻で行はなかつた神経切断が腓腸筋の全重量に影響を與へるか否かを檢するため剔出後なるべく速かに兩側の筋の重量を比較測定し、然る後糖原質測定に用ひる1g前後の筋肉を使用した。尙無處置の右側の腓腸筋は常に對照實驗筋とし左側の實驗筋との比較に用ひた。

#### III. 實 驗 成 績

實驗成績を2表に纏めた。第1表は夏期の成績、第2表は冬眠期の成績である。尙表に於て筋重量下の數値は腓腸筋の全重量であり、使用筋重量下の數値は糖原定量に供した筋部分の重量である。

#### IV. 實 驗 成 績 に 對 する 考 察

支配神経切断後の筋肉糖原質量を觀察した實驗は之迄も少くない。坐骨神経と腓腸筋との關係を檢したものに Baum 及 Pichler (2), 荻須 (6) があり、後肢に於て一側の交感神経を切

第1表 夏蟄に就ての成績

實驗 番 号	放 置 日 數	對 照 筋		被 檢 筋		差 (%)	
		使用筋重量(g)	糖原質量%	使用筋重量(g)	糖原質量%		
1	1	1.237	0.656	1.244	0.667	0.011	
2	1	1.267	0.621	1.251	0.850	0.009	
3	1	1.292	0.764	1.246	0.848	0.054	
4	1	1.246	0.699	1.242	0.720	0.021	
5	1	1.249	0.783	1.210	0.789	0.006	
平均		1.262	0.745	1.239	0.771	0.026	3.5
6	5	1.049	0.161	1.276	0.203	0.022	
7	5	1.278	0.424	1.272	0.506	0.082	
8	5	1.264	0.990	1.144	1.126	0.136	
9	5	1.294	0.616	1.262	0.676	0.060	
10	5	1.250	0.608	1.260	0.666	0.058	
平均		1.227	0.564	1.243	0.635	0.071	13.6
11	10	1.287	0.684	1.277	0.690	0.006	
12	10	1.255	0.646	1.216	0.690	0.044	
13	10	1.278	0.649	1.217	0.611	0.162	
14	10	1.373	0.672	1.390	0.774	0.102	
15	10	1.374	0.975	1.328	1.054	0.079	
平均		1.313	0.725	1.286	0.604	0.079	10.9
16	15	1.278	1.023	1.263	1.026	0.005	
17	15	1.222	0.721	1.290	0.761	0.030	
18	15	1.286	0.640	1.230	0.618	0.070	
19	15	1.178	0.268	1.291	0.265	0.085	
20	15	1.218	0.205	1.277	0.279	0.074	
平均		1.237	0.551	1.270	0.646	0.095	17.2
21	20	1.265	0.183	1.267	0.322	0.139	
22	20	1.275	0.425	1.245	0.659	0.234	
23	20	1.309	0.484	1.320	0.590	0.106	
24	20	1.311	0.634	1.365	0.646	0.012	
25	20	1.346	0.985	1.381	1.107	0.122	
平均		1.313	0.582	1.312	0.705	0.123	21.1

断せる後同側の筋糖原の消長を検討したものに Büttner(4), Wertheimer 及 Hoffmann(9), Herrin(7), Beattie(3), Dworkin(5), 平岡(8) 等がある. Baum 等は蛙の一侧の腓腸筋を剔出して直ちに糖原質量を測定し其際他側の坐骨神経を切断して該側腓腸筋の糖原質量の消長を検し, 冬期には切断側腓腸筋の糖原質量は対照筋の夫に比して大なるを認め, 夏期では切断後 4°C の氷室に貯藏する時は平均して切断側の糖原質量は大であると報告してゐる. 荻須は家兎の坐骨神経を切断して1週間後には切断側の方の糖原量は甚だ大であるが2週間後には逆に減少し, 4週間後には切断側の方が再び稍大であると述べてゐる. 又 Büttner は蛙の後脚を支配する脊髄神経と交感神経との間の灰白交通枝を切断する時は同側の後脚筋糖原質量は対照健側筋の夫よりも大であると述べ, Wertheimer 等も亦同様の結果を報告してゐるが, Herrin は家兎での実験では反対の結果を報告してゐる. Beattie は犬の一侧交感神経節状索を切断して切断側と対照側との間には筋糖原質の差異を認めずと述べ, Dworkin は海猿, 家兎及び猫に於て一侧の交感神経節状索を切断した場合筋糖原は正常筋の夫よりも一般に減少すると報告してをり, 平岡は夏期蛙を使用して一侧の後脚を支配する脊髄神経を腹腔内に於て切断(此際

第2表 冬蟄に就ての成績

實驗 番号	放置 日數	對 照 筋			被 檢 筋			差 %	
		筋總量(g)	使用筋量(g)	糖原質量(%)	筋總量(g)	使用筋量(g)	糖原質量(%)		
26	1	2.21	1.039	0.988	2.21	1.203	0.990	0.002	0.1
27	1	2.09	1.123	0.834	2.12	1.056	0.887	0.053	
28	1	2.11	1.115	1.434	2.11	1.118	1.443	0.009	
29	1	2.64	1.119	0.824	2.67	1.068	0.616	0.008	
30	1	2.76	1.099	1.251	2.75	1.087	1.200	0.051	
平均		2.56	1.097	1.066	2.37	1.102	1.067	0.001	
31	10	2.58	1.007	1.197	2.59	1.141	1.176	0.019	0.3
32	10	2.90	1.228	1.012	2.98	1.269	0.972	0.040	
33	10	2.07	1.008	1.016	2.03	0.928	1.029	0.013	
34	10	2.61	1.103	1.420	2.58	1.062	1.475	0.055	
35	10	2.29	0.992	1.308	2.31	0.903	1.319	0.011	
平均		2.49	1.063	1.191	2.57	1.061	1.195	0.004	
36	20	2.58	1.043	0.705	2.57	1.060	0.656	0.047	1.5
37	20	2.98	1.081	1.093	3.00	1.041	1.060	0.033	
38	20	2.18	0.999	0.543	2.22	1.077	0.628	0.085	
39	20	2.76	1.303	0.779	2.72	1.248	0.791	0.012	
40	20	2.25	0.999	0.779	2.28	0.970	0.822	0.043	
平均		2.55	1.033	0.779	2.56	1.079	0.791	0.012	
41	30	2.42	1.108	1.414	2.39	0.968	1.484	0.070	1.6
42	30	2.27	0.973	1.171	2.21	0.825	1.208	0.037	
43	30	2.37	1.103	0.983	2.42	1.144	1.009	0.028	
44	30	2.41	1.003	1.396	2.41	1.074	1.364	0.032	
45	30	2.56	1.005	0.756	2.54	1.216	0.743	0.013	
平均		2.41	1.039	1.144	2.39	1.045	1.162	0.018	
46	40	2.88	1.134	0.658	2.94	1.106	0.809	0.251	17.0
47	40	2.69	1.177	1.244	2.69	1.141	1.312	0.068	
48	40	2.22	1.090	1.148	2.22	1.004	1.219	0.071	
49	40	2.48	0.969	0.684	2.52	1.173	0.614	0.130	
50	40	2.49	1.238	0.779	2.56	1.213	1.070	0.291	
平均		2.55	1.122	0.903	2.59	1.127	1.065	0.162	
51	55	2.43	1.017	0.392	2.45	1.093	0.605	0.113	18.2
52	55	2.25	1.099	1.207	2.24	0.673	1.415	0.208	
53	55	2.36	0.958	1.031	2.38	0.749	1.207	0.176	
54	55	2.07	0.683	0.488	2.09	1.029	0.635	0.147	
55	55	2.22	1.165	1.249	2.20	1.378	1.399	0.150	
平均		2.27	1.024	0.873	2.28	1.024	1.032	0.159	

混合する交感神経は共に切斷される) する時は該側3頭股筋の糖原質量は對照の夫に比して大であると報告し、又一側後脚支配の脊髓神経と關係ある交感神経灰白交通枝のみの切斷の場合にも該側の筋糖原質量は對照の夫に比して大であるといひ、交感神経興奮毒の Strychnin の痙攣時に於ては其差の更に増大することを報告してゐる。

余の實驗成績を見ると夏期及び冬眠期兩者の對照筋及び實驗筋の糖原質量は放置日數の経過するに従つて減少の傾向が見られる。即ち對照筋では5例の平均で夏期の放置日數1日の場合の糖原質量は0.745%，20日の場合に於ては0.582%，冬眠期の放置日數1日の場合は1.066%，55日の場合では0.873%で前者の減少率は21%，後者の夫は18%である。又實驗筋では夏期の切斷後1日目の糖原質量は0.771%，20日目では0.705%，冬眠期の切斷後1日目の糖原質量は1.067%，55日目には1.032%で前者の減少率は9%，後者の夫は3%である。上記の如く對照筋及び實驗筋共に放置日數の経過と共に糖原質量は減少するが兩者の減少の程度が對照筋に多く實驗筋に少ないため漸次其の差が増加するのである。茲須は實驗考察に於て第1週に於け

る切斷側増加は運動休止による結果であり、第2週に至つて切斷側が減少するのは切斷側の廢用萎縮を起したためであり、第4週に至つては恐らく切斷側の手術創が治癒して新鮮な栄養血管等が増加し一定程度糖原合成機能が再生するためであらうと述べてゐるが、余の實驗動物は藁であるが實驗筋の糖原質量は對照筋の夫に比較して全經過を通じてその平均値は大であつた。又交感神経切斷による實驗結果から筋肉糖原

含有量は間接に血管神経に依て影響されるものでなく直接に交感神経の作用に依て影響されるものであるといつてゐるが、坐骨神経切斷で該側筋糖原質量と對照筋の糖原質量との差の増加も上述の如き影響に依るものとも思はれる。

この實驗は飢餓實驗を目的としてゐなかつたので、冷蔵庫に圍つてゐる中に藁の體重が如何になるかを見なかつたのであるが、冬眠期に於て坐骨神経切斷に依る腓腸筋全重量に對する影響は余の實驗の限りでは切斷による筋重量の左右差は觀察出來なかつた。

## V. 摘 要

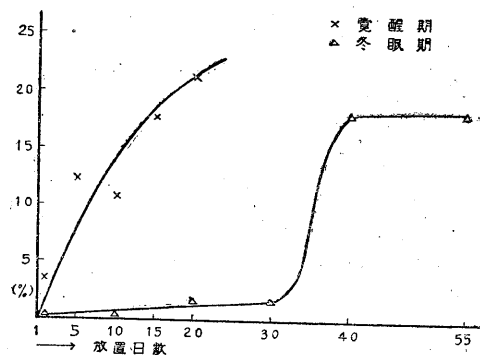
1. 藁の一侧坐骨神経切斷を行ひ、該神経支配下の腓腸筋の糖原質量が放置日數の經過に従つて如何に變化するかを檢討した。
2. 切斷側腓腸筋の糖原質量は夏藁及び冬眠藁共に放置日數の延長するに従ひ對照側の腓腸筋の糖原質量との差は増加する。
3. 冬眠藁に於ては坐骨神経切斷は腓腸筋の全重量に影響を及ぼさない。

摺筆するに際し浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導と校閲竝に名取講師の援助を深謝す。

## 文 獻

- 1) 朝井 清 (2604) 日本生理誌 9 524
- 2) Baum, J. u. E. Pichler (1934) Pflügers Arch. 233 35
- 3) Beattie, F. J. R., T. H. Milroy, & M. K. Beattie (1930) J. Physiol. 69 308
- 4) Büttner, H. E. (1926) Hoppe-Seylers Z. 161 282
- 5) Dworkin, S., Z. M. Bacq, & D. B. Dill, (1931) Amer. J. Physiol. 96 308
- 6) 荻須 廉 (2597) 名古屋醫會誌 46 207
- 7) Herrin, R. C. & W. J. Meek, (1930-1931) Amer. J. Physiol. 93 657, 97 57
- 8) 平岡庸之助 (2594) 京都府立醫大誌 12 1324
- 9) Wertheimer, E. u. A. Hoffmann, (1927) Pflügers Arch. 218 178

第1圖 神經切斷筋と非切斷筋の糖原質量差異の日次的變化



## 航空生理學の研究 (8) 612.275

### 低壓環境に於ける電氣心働圖

(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

古 川 誠

Furukawa-Makoto

(昭和19年2月5日受付)

#### I. 緒 言

この報告は我々の教室に於ける航空生理學の研究(2, 3, 4, 6, 7, 9, 11)の一環として行つたものである。藁を材料とし、肢體の運動を除くため延髓穿刺を行ひたる後、安井・松田(9)の用ひた低壓瓶に入れ、後述する誘導法により電氣心働圖を横河製電磁型オツシログラフを用ひて描記した。實驗條件としての低壓度は常壓より最低を198mmHgとし、溫度は18~24°Cの範圍であつた。

實驗は昭和17年4月より翌年5月迄の間に行つた。

#### II. 實 驗 方 法

實驗動物は250g位の雄藁を用ひた。低壓瓶は内容8.3lの透明の硝子製乾燥瓶であり、蓋の中央の管にゴム管を嵌めそれに硝子製括栓を付け更に之に吸引ポンプを連結して任意の低壓環境たらしむるやうにし、壓は瓶の側方の管口に水銀壓力計を連結して讀み取つた。壓力計は内徑4mm、長さ52cmの硝子盲管を用ひた。瓶内の溫度は瓶中に寒暖計を入れて讀み取つた。

電氣心働圖は横河製電磁型オツシログラフ(振動子A型)に4段抵抗容量増幅器を連結して描記した。誘導電極には Serrefine を用ひ、Serrefine と増幅器との連結には極く細い銅線を用ひた。記時記號は Metronom により $\frac{1}{2}$ 秒記號とした。誘導方法を稍々詳しく記載すると之は間接誘導法と稱すべきもので、藁を背位になした肩胛骨部と胸骨下端の皮膚を1cm<sup>2</sup>位の大きに切り取り、左三角筋中央部と左直腹筋上方部との2個所に Serrefine を挟み、それとオツシログラフとの連結は瓶と蓋との間に厚く白色ワセリンを塗つて氣密にしその間に細い電線を通して目的を達した。實驗は減壓時と復壓時の2つに分れる。減壓は第1段に於て平壓より307mmHgまで、第2段には307mmHgより198mmHg(10000m)まで引き下げ、斯く引き下げた状態で電氣心働圖を描記したのであるが第1段の減壓の所要時間は60秒、第2段は210秒であつた。次に復壓時は減壓時と全く逆に第1段は198mmHgより307mmHgまで、第2段は307mmHgより平壓まで引上げたのである。尙第1、第2段共に復壓の所要時間30秒であつた。

かかる壓の移行に於て電氣心働圖の描記は先づ平壓に於て規準になるべき電氣心働圖を撮影し、次で減壓及復壓時とも 307mmHg及 198mmHgの所で吸引ポンプを2~3分間停止せしめ、その時期に於て描記した。

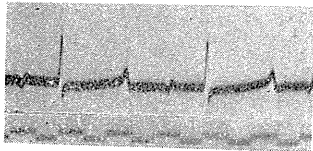
次に急激に復壓を行つて場合の電氣心働圖の變化を觀るために、平壓と減壓 198mmHgの電氣心働圖を撮影し、198mmHgより急激に復壓を行つた際の途中に於ける變化と平壓に復した直後に於ける變化を檢べてみた。この實驗に要した所要時間は平壓より 198mmHgまでは3分を要し、198mmHgより平壓までは20秒を要した。

### III. 實驗成績

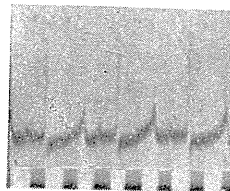
實驗は最初には延髓穿刺を行つて肢體の反射的運動を除いた後、胸腔を開き直接誘導で行つてみた。然るに低壓状態になると肺臓のみならず腹腔内の諸臓器が膨滿するため電氣心働圖に於て各棘の高が短絡其他の關係より不規則な型を呈する場合が生じたので胸腔を切開せず前述せる間接誘導方法を用ひてみた。この方法を用ひても Serrefine が筋肉を直接挟むため、その挟み方がなかなか一定であると云ふわけには行かず、即ち Serrefine に血液や組織液が附着し凝固する場合等があつて、必ずしも電氣心働圖の型が一定ではなかつたが直接誘導よりは遙に規則正しく現はれたのでこの方法を採用した(第1圖)。

實驗の1は多數行つてみたがその結果常壓及第1段、第2段の低壓環境及び夫等の復壓環境に於て最も一般的な電氣心働圖の型第2~8圖に示す如きものとなつた。即ち第2圖は常壓の場

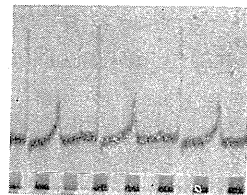
第 1 圖



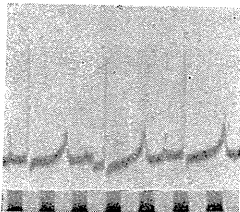
第 2 圖



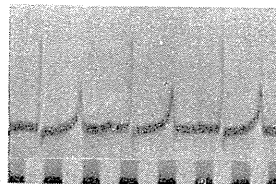
第 3 圖



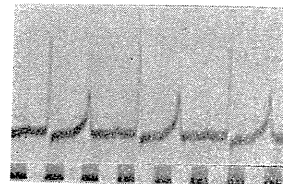
第 4 圖



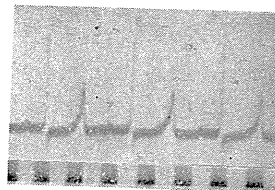
第 5 圖



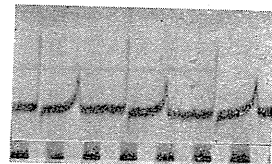
第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖



合、第3圖は減壓 307mmHgの場合、第4圖は 193mmHgの場合、第5圖は復壓 307mmHgの場合、第6圖は平壓に復した直後の場合、第7圖は平壓に復し

てから2分後の場合、第8圖は同じく3分後の場合の電気心働圖である。

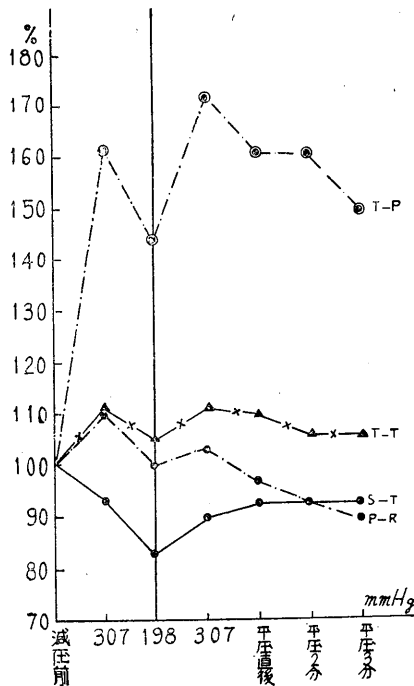
以上の成績より棘高及び棘幅の變化を觀ると第1表及び第13~14圖の如くで減壓、復壓共に最も變化の現はれたのは307mmHg壓下のやうであつた。

先づ棘高の變化を觀るとP棘は減壓後順次小となり復壓307mmHgに於て最も小となり平壓に復してより徐々に減壓前の大きに復する傾向が觀られた。R棘は減壓307mmHgに於て僅に増大し、復壓307mmHgに於ては減壓前の大きを示しその後は僅に小さくなる傾向を示した。S棘は減壓後順次僅に小となり、復壓307mmHgに於て最も小となり復壓後2分に於て減壓前の大きになつた。T棘は減壓307mmHgに於ては増大し、198mmHgに於ては307mmHg壓下より小となり復壓307mmHgに於ては減壓時の同壓下よりは増大し、平壓に復した直後が最も増大を示し、平壓3分後には略々減壓前の大きとなつた。

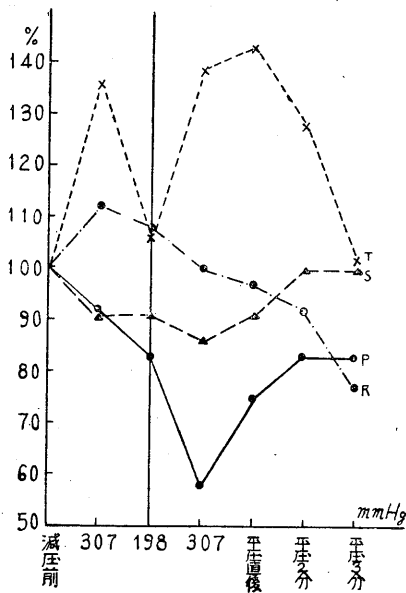
第 1 表

棘		P	R	S	T	P-R	S-T	T-P	T-T
壓		cm	cm	cm	秒	秒	秒	秒	秒
減 壓	減壓直前	0.12	1.61	0.22	0.54	0.29	0.30	0.18	1.11
	307.98 mm Hg	0.11	2.03	0.20	0.68	0.32	0.28	0.29	1.23
	198.28 mm Hg	0.10	1.95	0.20	0.57	0.29	0.25	0.26	1.17
復 壓	307.98 mm Hg	0.07	1.81	0.19	0.75	0.30	0.27	0.31	1.25
	平壓直後	0.09	1.75	0.20	0.78	0.28	0.28	0.29	1.22
	平壓2分	0.10	1.66	0.22	0.69	0.27	0.28	0.29	1.16
	平壓3分	0.10	1.40	0.22	0.55	0.26	0.28	0.27	1.16

第14圖 棘高變化



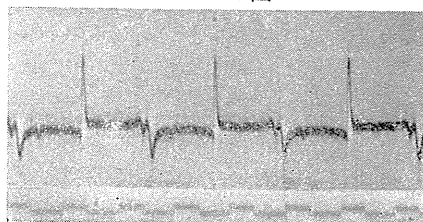
第13圖 棘高變化



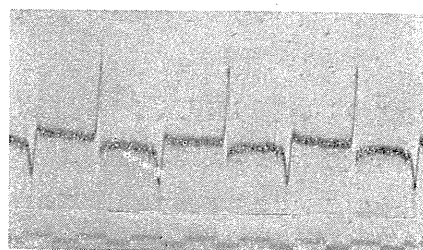
次で心臓週期の變化に關し棘幅の變化を觀ると P—R 間は減壓 307mmHg に於て僅に延長を來し, 198mmHg に於ては減壓前の長さとなり, 平壓に復した後は極く僅に延長の傾向を示した. S—T 間は減壓 198mmHg に於て最も延長し, 復壓に際しては減壓前の長さに復する傾向を示した. T—P 間の變化は最も著明であり減壓 307mmHg に於ては延長し, 198mmHg に於ては 307mmHg より僅に短縮し, 復壓 307mmHg に於て最も延長し, 平壓に復してもその延長が尙持續するのを觀た. T—T 間は減壓, 復壓共に 307 mmHg 於て僅に延長し, 平壓に復しても延長が持續する傾向が觀られた.

實驗の 2 は第 9~12 圖に示す如きものとなつた. 即ち第 9 圖は常壓, 第 10 圖は減壓 198mmHg, 第 11 圖は 198mmHg から平壓に復する途中, 第 12 圖は平壓に復した直後の場合の電氣心働圖である. この實驗は實驗 1 の場合に較べ急激に復壓したため第 11 圖に觀られる如き心室の顫動現象が現れ, T—R 間は著明に延長した.

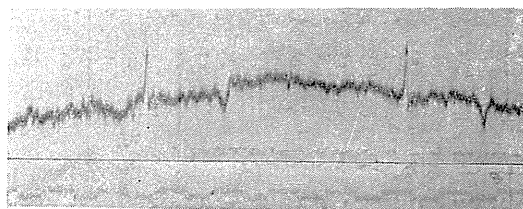
第 9 圖



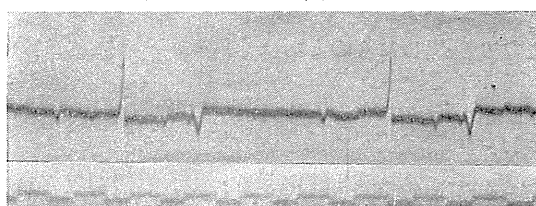
第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖



#### IV. 實驗成績に就ての考察

低壓環境下の電氣心働圖の變化に就て先人の業績 (1, 5, 10) を觀るに多くは溫血動物を用ひ, 脈搏數の變化等と關聯して比較検討したり又曲線そのものの分析的研究も行はれてゐる. 然るに余の實驗はそれらに對し冷血動物である蟄を用ひたので呼吸及循環機能に相當の差があるのみならず, 實驗條件にも相當の差があつて先人の業績と直接比較は出來ないが, 湯川 (10) は家兎を 200mmHg (9800m) に於て 2 時間保たしめた状態では電氣心働圖にあまり變化なしと云ひ, 又 Borgard (1), Opitz 及 Tilmann (5) は犬を用ひ 267mmHg (8000 m) に減壓せしめた後再び復壓を行ひ, その間の變化を觀てゐるがその場合には相當の變化を認め其原因に論及してゐる.

余の實驗成績に就て先づ一般的な事から述べると蟄の電氣心働圖を直接誘導で描寫する場合

には誘導條件の僅かな相異によりその圖が色々な形に現はれる場合が多い。然し前述の間接誘導を用ひると比較的規則正しい形に現はれるので、低壓の如き特殊環境下の影響を観察するには甚だ好都合であると思はれる一方その圖が人體の電氣心働圖に似てゐることが注意された。但しQ棘は現はれなかつた。上野(8)は藁の電氣曲線に於てはQ及S棘は常に存在するものではなく又T棘は逆の方向に現はれるのが原則だと云つてゐる。然るに余の間接誘導法ではS棘が必ず見られるのみならずT棘も概ね正常の方向に現はれた。勿論上野の場合は直接誘導であるので上記の相異の生ずることはあり得ることであるが、その原因に就ては今後の基礎的研究に俟たねばならない。

余の實驗の1の結果より考ふると低壓環境が心臟に對し最も影響を來す時期は減壓、復壓共に307mmHgの頃と云はねばならない。特にT-P間の延長を示すことは竇結節の興奮性及その傳搬性が低下することを意味し、これは明らかに迷走神經緊張の亢進する結果と認められる。

減壓の際低壓瓶中の藁を観察すると380mmHg邊りから藁の胸腹部は著明に膨滿し、その後は同じ状態を保つてゐるが、この現象が二次的に迷走神經の機械的刺激となり迷走神經緊張を亢進せしめるものと考へられる。又復壓に際しては外氣の注入による機械的刺激により迷走神經緊張の亢進を起すものと思はれる。

實驗の2に於ては心室顫動現象が現はれ又T-R間の著明な延長がみられたが、これ等の現象は大量の外氣が急激に低壓瓶中に注入する爲め實驗の1の場合よりも遙に強度の機械的刺激となり惹起したものと考へられる。

## V. 摘 要

1. 低壓環境が延髓穿刺を行つた藁心臟に對し如何なる變化を來すかを觀察するために實驗藁を低壓瓶の中に入れてその電氣心働圖に現はれる變化を検べた。
2. 電氣心働圖の描記は減壓前、減壓307mmHg、198mmHg、復壓に際し307mmHg、平壓直後、平壓後2分及3分に行ひ、又一方198mmHgより一氣に急激な復壓を施行してその間に於ける變化及び平壓直後とに就て行つた。
3. P棘高及S棘高は復壓時307mmHgに於て最も小となり、T棘高は復壓の際に平壓に復した直後が最も大となり、復壓時の307mmHgに於ても略々等しい値を示し、R棘高は減壓307mmHgに於て僅に増大し、平壓に復しては反つて小となつた。
4. P-R間は減壓307mmHgに於て僅に延長し、198mmHgに於ては減壓前の長さに復し、平壓に於ては僅に延長した。S-T間は減壓198mmHgに於て最も延長し、復壓に於ては減壓前の長さに復し、又T-P間は減壓、復壓共に307mmHgが最も延長し、平壓に復しても明かに延長した。
5. 198mmHgから一氣に急激に復壓せしめた際には復壓後約10秒で心室顫動現象が出現

し、又 T-R 間の著明な延長がみられた。

6. 電氣心動圖に最も變化のみられるのは減壓、復壓共に 307mmHg 壓下であつた。

摺筆に際し浦本教授の懇篤なる指導並に校閲を銘謝し杉本助教授名取講師大村講師の助力を深謝す。

#### 文 献

- 1) Borgard, W. (1937) Arbeitsphysiologie 9 308
- 2) 川上正義・和田惠洲男・安井敏夫 (2603) 日本生理誌 8 319
- 3) 町田憲二・湯田勝年・安井敏夫・松田 實 (2603) 日本生理誌 8 336
- 4) 名取禮二・川上正義・土橋英夫・大野眞一 (2603) 日本生理誌 8 324
- 5) Opitz, E. & O. Tilmann (1937) Luftfahrtmed. 1 153
- 6) 佐藤市四郎・飯野富雄・北條和雄・伊熊健治・上山重熙 (2594) 慈惠醫大生理學論文集 3 80
- 7) 杉本良一・原田久雄・和田惠洲男 (2603) 日本生理誌 8 313
- 8) 上野一晴 (2601) 十全會誌 46 1
- 9) 安井敏夫・松田 實 (2603) 日本生理誌 8 341
- 10) 湯川虎次郎 (2598) 熊本醫學誌 14 833
- 11) 大村 正・原田久雄・堀口正史・高橋英雄 (2603) 日本生理誌 8 330

## 航空生理學の研究 (9) 612.275

### 上空耐性錬成と體重變化 (1)

(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

島 崎 賢

Simazaki-Ken

(昭和19年2月5日受付)

#### I. 緒 言

この報告は生後約30日前後の發育盛りの白鼠をA, B2群に分け隔日に低壓訓練を行つた實驗である。即ちA群は8000mの高度に相當する低壓環境(267mmHg)に30分間放置し、その前後に於ける體重の變化を測定すると共に低壓度を更に上昇せしめ上空耐性の限界を示す危険閾(4)を測定し、B群は對照實驗群として常壓氣中に30分間放置しその前後に於ける體重の變化を測定したる他A群と同じく低壓に對する危険閾を測定したのであつた。

この實驗の目的は吾々の教室に於ける航空生理學の研究の一環として低壓訓練の効果を觀んとしたものであり、一方には訓練による上空耐性の強化度を知ると共に他方低壓環境での體重變化を測定し暗に其際の勢力消費の程度を知るための1つの指標として觀察したのであつた。

實驗は昭和18年5月に始め、同年7月末迄の間に完了した。

#### II. 實驗の方法と成績

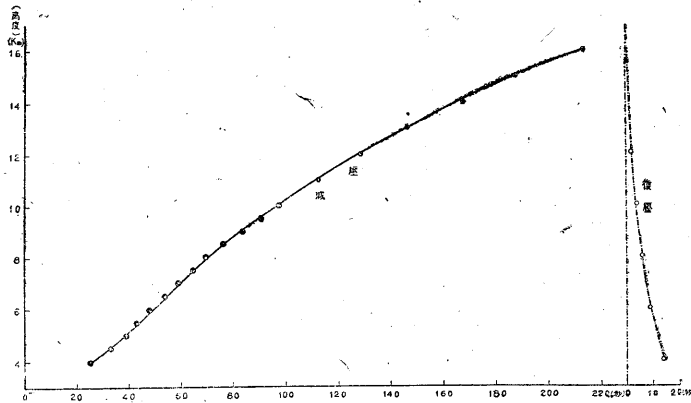
##### A. 實驗方法

實驗動物は上述の如く白鼠を用ひ、且つそれは生後30日前後から實驗し始めた。飼育條件は皆同じである。即ち廣さ21×13cm、深さ11.5cmの木箱に1匹づつ飼育し、飼料は1匹につき毎日籾のままの大麥10g、野菜に蒲公英の葉5g、水は小容器に入れて10ccづつを與へ、食飼の殘渣は毎日捨てて飼育箱の内をなるべく綺麗にした。

實驗裝置は低壓函は吾々の教室で曩に安井・松田(6)、古川(1)等が用ひた容積約8.3 lの乾燥瓶を用ひた。減壓には之に吸引ポンプを連結し切替括栓により任意に減壓し得るやうにし、壓は水銀壓力計により讀み取り得るやうにした。この裝置に於て減壓並に復壓に要する時間は第1圖に示す關係となつた。

實驗は次の如く實施した。先づ低壓による體重變化の計測は、A群では各動物の體重を稍大型のピーカーに入れたまま測り、次でピーカーとも之を低壓瓶に入れ、8000mの高度に相當する低壓状態にしたところで30分間放置し、再び常壓に戻したところで又體重を測定した。B群

第 1 圖



は環境が常壓である外計り方に變りがない。次に上空耐性の強化度を観るには體重測定實驗の直後白鼠をピーカーより取出して改めて低壓瓶に入れ、その際は低壓度を8000mの高度に相當するところを越えて徐々に増し乍ら後脚の痙攣し始めるのを目標とし危険閾を氣壓で測定し、痙攣を確めるや直ちに常壓に復歸せしめた。以上の如き低壓環境での體重變化や危険閾の上昇は毎日1回だけ觀察することにし隔日に行つた。A, B兩群の動物数は最初A群は12匹、B群は4匹であり、實驗の途中それぞれ若干匹は訓練、その他の障碍で死亡した。又それら兩群の平均體重はA群では $31.62(\pm 2.86)$ g, B群では $31.23(\pm 1.59)$ gであつた。體重測定に關し注意された點は低壓訓練中屢々糞尿を排泄するので、それによる體重の減少と低壓環境のための體重減少とを區別せねばならぬのであるが、糞尿だけの重量を毎回測定するのは手数であるため、その手数を除くのに動物をピーカーに入れ、糞尿をも一緒にして計測したのであつた。尙又訓練そのものによる體重の變化は極めて微量であるので測定の正確を期するため、0.01gを正確に読み得る天秤を用ひた。

溫度條件は特に考慮せず室温のままで行つた。然し實驗期が夏であるのでその動搖範圍は $22\sim 26^{\circ}\text{C}$ に過ぎなかつた。

### B. 實驗成績

實驗は10回を以て一應終了した。その成績はA, B兩群とも各個の成績を記載するのを省略し各群の平均値だけを示して觀ると第1表及び第2表の如き結果になつた。

### III. 實驗成績に就ての考察

先づ低壓訓練による體重の變化の成績から考察しよう。實驗期間が20日に亘り、その間動物は發育盛りであるのでA, B兩群とも平均體重は第2圖の如く増してゐるが、A群とB群との差は先づ無いと認めてよいが、強いて云へば訓練した方が増してゐる結果になつてゐる。然しB群の数がA群に較べて少いうへ、個性差もあるから確かなことは云はれない。併し乍ら第1

第1表 訓練非訓練群の體重に關する成績

群別	實驗事項	日											
		1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
A 群	實驗動物數	12	12	12	12	12	12	11	11	11	9	7	
	訓練前平均體重 (g)	31.82 (±2.86)	33.09 (±2.97)	32.86 (±2.63)	35.56 (±2.79)	38.20 (±3.05)	39.39 (±3.15)	43.88 (±3.77)	45.82 (±3.32)	47.22 (±3.18)	48.65 (±4.18)	50.32 (±4.18)	
	訓練后平均體重 (g)		32.85 (±2.88)	32.74 (±2.61)	35.43 (±2.78)	38.07 (±3.06)	39.27 (±3.18)	43.74 (±3.74)	45.09 (±3.33)	47.08 (±3.17)	48.54 (±4.36)	50.41 (±4.19)	
	差 (a)		0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.11	0.11		
B 群	實驗動物數	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	
	實驗前平均體重 (g)	31.23 (±1.59)	31.59 (±1.21)	32.64 (±0.82)	33.61 (±1.07)	36.61 (±1.17)	36.88 (±1.65)	40.92 (±2.30)	42.30 (±3.14)	44.06 (±3.02)	47.35 (±3.90)	48.52 (±5.58)	
	常圧30分放置后の平均體重 (g)		31.54 (±1.21)	32.58 (±0.81)	33.56 (±1.06)	36.54 (±1.16)	36.82 (±1.65)	40.84 (±2.31)	42.73 (±3.14)	43.98 (±3.01)	47.27 (±3.89)	48.44 (±5.58)	
	差 (b)		0.05	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08		
常圧(B)低圧(A)各30分間の體重変化の差 (a-b)			0.09	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.03	

第2表 訓練非訓練群の危険閾の變化(高度mで表す)

群別	日										
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
A 群	12150 (±75)	13900 (±300)	14200 (±333)	14200 (±525)	14200 (±384)	14400 (±425)	14500 (±445)	14500 (±500)	14500 (±454)	14500 (±422)	14600 (±37)
B 群	13000 (±75)	13000 (±125)	13100 (±100)	13100 (±100)	13100 (±100)	13300 (±125)	13500 (±250)	13600 (±150)	13600 (±150)	13600 (±175)	13600 (±133)

表より 8000m に相當する低壓での 30 分間の訓練前後の體重の差は A 群では B 群よりも大きいことは確かである。今體重 100g 當りの減少率をとつてみると第 3 圖になりその關係が一目瞭然する。

次に上空訓練による危険閾の上昇は第 2 表より第 3 圖が求められるがそれによれば訓練の回数に比例し明らかに閾値の上昇が認められ、訓練第 7 回目即ち第 14 日目には此實驗の限りでの最高限度に達し、其後は殆んど變らない。この結果は余等の教室の名取・川上・土橋・大野の低壓實驗(3)及び安井・松田の動物實驗(6)によつても裏書される。但し訓練第 7 回目以後殆んど變らぬ點に就ては一般の練習曲線に見る事實と對照して興味あるところである。

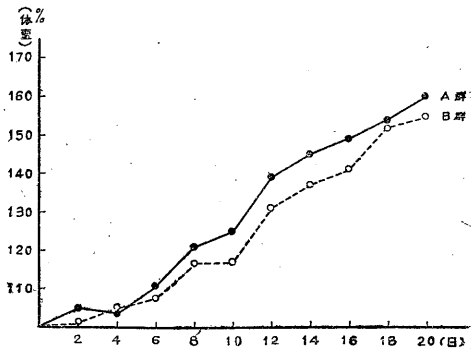
次に上記の訓練による危険閾の上昇經過と體重増加經過との關係は第 2 圖及び第 3 圖に觀る如くである。即ち訓練第 2 回以後は低壓に對する順應作用が現はれ、従つて體重への影響が少なくなつてゐる。このことは安井・松田(6)の實驗事實とも合致し、一方俵(5)が家兎で 7000m に相當する低壓に毎日 5 時間訓練せしめた場合の成績とも略々一致する。

次に低壓環境に於ける體重減少の本態は Hartmann(2)によれば直接には體表面及び肺臟よりの蒸散によると解せられてゐるが、本實驗の如く訓練回数が進むに従つて體重の變化が少くなることは體内の勢力消費及び水分調節機轉に順應現象が生じた結果と考へねばなるまい。

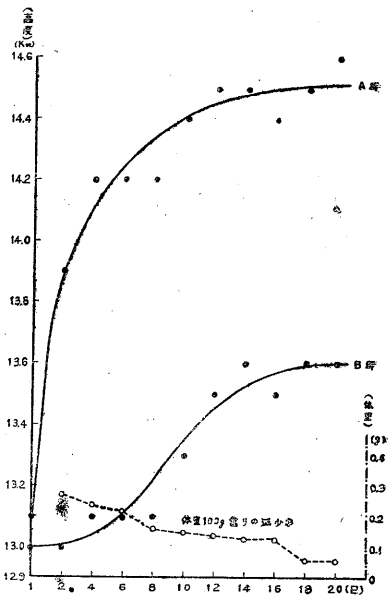
#### IV. 摘 要

1. 發育盛りの白鼠を用ひ、8000m の高度に相當する低壓を目標として訓練實驗を行ひ、危険閾及び一定訓練時間に於ける體重の變化に就て實驗した。
2. 實驗動物が發育期であるため 20 日間の實驗期間に動物は何れも體重を増してゐるが、毎回 30 分間低壓環境に訓練したものと單に毎回危険閾だけを觀た對照群との間に發育上の差異は認められなかつた。強いて云へば訓練群の方が體重を増した。

第 2 圖



第 3 圖



3. 上空耐性を表はす危険閾は訓練群に於てはこの實驗の限りでは第7回訓練までは次第に上昇し其後は殆んど變らなかつた。即ち 13100m より 14500m まで上昇し、然るに非訓練群では 13000m より 13600m に上昇したにすぎず、その差は著明であつた。

4. 毎回の低壓訓練30分間の糞尿排泄以外による體重の變化は訓練の進むに従つて減少したが、その初期に於ては體重 100g 當り 0.42g であり、これを常壓氣中間期間の體重變化に較べると 2.8 : 1 であつた。

擧筆に際し浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導校閱を銘謝し併せて名取大村兩講師の助力を謝す。

#### 文 獻

- 1) 古川 誠 (2604). 日本生理誌 9 540
- 2) Hartmann, H. u. F. Noltenius (1937) Luftfahrtmed. I 44
- 3) 名取禮二・川上正義・土橋英夫・大野眞一 (2603) 日本生理誌 8 324
- 4) Ruff, S. u. H. Strughold (1939) Grundrijod. Luftfahrtmed. 55
- 5) 俵 英夫 (2601) 海軍々醫會雜誌 30 77
- 6) 安井敏夫・松田 實 (2603) 日本生理誌 8 341

## 航空生理學の研究 (10) 612.275

### 上空耐性錬成と體重變化 (2)

(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

島 崎 賢

Simazaki-Ken

(昭和19年2月5日受付)

#### I. 緒 言

この報告は余等の教室の航空生理學的研究の一環として余の前報告の實驗 (2) を更に展開せしめたものである。實驗目的は前報告と略々同様であるが、本報告では獲得せる上空耐性の自然持續性をも觀察した。實驗は雄性の二十日鼠をA, B 2 群及びその對照實驗群 a, b の4群に分け危險閾を目標とし一定期間毎日5分間隔を以て5回と10回の低壓訓練をなし、その成績を比較検討すると共に斯くて上昇した上空耐性が訓練中止後如何に變化するかを併せ觀察した。

實驗は昭和18年7月より9月迄の間に行つた。

#### II. 實驗の方法と成績

##### A. 實驗方法

實驗動物たる二十日鼠は生後40~60日目位から用ひ始めた。飼育法は一様であり、飼育箱は前報告と同じもの、飼料は扱のままの大麥を1匹當り5g、他に胡瓜、茄、人蔘、たんぱこの葉等の野菜3gと水とを與へた。概ね飽食量であつた。

低壓瓶及びその減壓・復壓の所要時間は前報告と同様である。環境溫度は25~31°Cの範圍であつた。尙實驗觀察は大別すれば低壓時の危險閾の逐次的逐日的測定と低壓訓練前後の體重の變化の測定との2つになる。その詳細は實驗成績の項に記載する。

##### B. 實驗の成績

A. a 群の成績 A 群は毎日5分間の間隔を措いて10回づつ10日間に亘り危險閾の變化を觀察すると共に毎日この實驗の前後に於ける體重の差異を觀察したものである。a 群は上記A 群の對照實驗群であり、これに於ては毎日1回だけ危險閾を觀察しただけである。A 群は最初20匹で發足したが實驗の途中で相當の訓練死を起し10日間の訓練に耐え得たのは3匹に過ぎなかつた。a 群は4匹で發足し勿論これは無傷であつた。

以下實驗成績を記載する。個々の實驗動物の成績を記載することは前報告と同様に省略し、各群ともその平均値及平均偏差のみを記して見ると第1表が得られる。この表に於て實驗動

第 1 表

日	動物條件		陸 國 (Km.)										A 群		
	A群の動物数	平均体重(♀)	A 群										訓練後の平均体重(♀)	訓練前後の体重変化(%)	
			第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	第9回	第10回			
1	6	13.14 (41.57)	10.03 (40.93)	10.5 (40.5)	10.8 (40.43)	11.2 (40.53)	11.4 (40.45)	11.6 (40.33)	11.8 (40.19)	11.9 (40.25)	12.0 (40.3)	12.0 (40.3)	12.0 (40.3)	12.72 (41.47)	0.42
2	6	12.93 (41.32)	10.13 (41.46)	10.1 (40.55)	11.0 (40.48)	11.7 (40.36)	12.0 (40.37)	12.2 (40.28)	12.3 (40.33)	12.4 (40.32)	12.5 (40.42)	12.5 (40.4)	12.48 (41.15)	0.45	
3	6	12.63 (41.04)	10.42 (41.15)	11.0 (40.43)	11.7 (40.27)	12.0 (40.1)	12.4 (40.28)	12.5 (40.37)	12.6 (40.4)	12.7 (40.46)	12.7 (40.4)	12.8 (40.48)	12.24 (40.89)	0.39	
4	6	12.73 (40.78)	10.66 (41.14)	11.5 (40.25)	11.9 (40.4)	12.2 (40.33)	12.4 (40.27)	12.5 (40.32)	12.7 (40.4)	12.8 (40.48)	12.8 (40.47)	12.9 (40.48)	12.33 (40.75)	0.40	
5	6	12.48 (40.84)	11.19 (41.50)	11.8 (40.23)	12.2 (40.24)	12.5 (40.35)	12.6 (40.37)	12.8 (40.35)	12.9 (40.27)	13.0 (40.27)	13.1 (40.27)	13.2 (40.32)	12.11 (40.57)	0.37	
6	4	12.18 (40.59)	11.49 (41.15)	11.9 (40.15)	12.2 (40.2)	12.2 (40.13)	12.5 (40.08)	12.7 (40.13)	12.9 (40.3)	13.0 (40.25)	13.1 (40.25)	13.2 (40.25)	11.83 (40.54)	0.35	
7	4	11.94 (40.55)	11.97 (41.48)	11.3 (40.45)	12.0 (40.23)	12.5 (40.25)	12.6 (40.33)	12.7 (40.23)	12.9 (40.23)	13.0 (40.23)	13.2 (40.15)	13.2 (40.15)	11.59 (40.51)	0.35	
8	3	11.59 (40.75)	11.92 (41.17)	11.4 (40.45)	12.1 (40.1)	12.4 (40.15)	12.8 (40.05)	13.0 (40.03)	13.2 (40.1)	13.2 (40.17)	13.3 (40.17)	13.3 (40.17)	11.44 (40.70)	0.25	
9	3	11.27 (40.96)	12.24 (41.33)	11.5 (40.38)	12.3 (40.13)	12.8 (40.13)	13.0 (40.2)	13.1 (40.17)	13.3 (40.1)	13.3 (40.1)	13.4 (40.17)	13.5 (40.17)	11.00 (40.80)	0.27	
10	3	10.97 (41.35)	12.12 (41.43)	11.5 (40.3)	12.1 (40.07)	12.8 (40.07)	12.9 (40.15)	13.1 (40.13)	13.3 (40.1)	13.3 (40.1)	13.5 (40.1)	13.6 (40.1)	10.76 (41.32)	0.21	

物條件の項で b 群の動物数は實驗期間を通じて不變であるので省略されてゐる。尙この表に於ては危險閾を表はすのに該壓に相當する高度を km 單位を以て示した。

第1表より知らるることは第一には5分間隔を以て10回連続に危險閾を測定する場合その閾値が一定限界まで逐次上昇すること、第二はこの訓練効果は翌日に及び、翌日の第1回目の危險閾が上昇するのみならず、翌日の危險閾の極大値が逐日的に上昇するが、第6日目位からはあまり變らぬやうになること、第三は毎日10回連続の危險閾を測定以後の體重の差が逐日的に減少すること等である。これらの成績に關しては尙次章に考察する。

B. b 群の成績 B 群は前項の A 群が1日10回連続に危險閾を測定したのに對し5回だけの測定を行つたものである。b 群は B 群の對照實驗で前項の A と a の場合と同様である。唯本項では毎日5回11日間危險閾を測定する訓練の後に獲得した上空耐性がそのまま危險閾の觀察を中止し、即ち自然放置の状態でのどのやうに減少して行くかを2日措き5回に亘つて觀察した。今11日間の實驗成績を前項同様に表に纏めて見ると第2表に示す關係となり、又一旦獲得せる上空耐性の自然放置に於ける漸減の度合は第3表に示される。

第 2 表

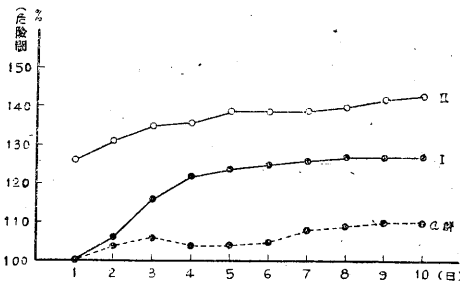
日	平均體重 (g)		危 險 閾 (Km)					B 群		
	B 群	a 群	a 群	B 群					訓練後の 平均體重 (g)	訓練前後の 體重変化 (g)
				第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回		
1	16.42 (+1.34)	12.83 (+0.59)	9.7 (+0.33)	9.7 (+0.32)	10.3 (+0.4)	10.7 (+0.36)	10.9 (+0.22)	11.1 (+0.2)	16.16 (+1.06)	0.26
2	15.97 (+1.75)	13.52 (+0.49)	9.9 (+0.37)	10.3 (+0.36)	10.7 (+0.32)	11.2 (+0.24)	11.4 (+0.24)	11.5 (+0.24)	15.62 (+1.32)	0.35
3	15.65 (+2.05)	13.31 (+0.69)	10.0 (+0.23)	10.7 (+0.26)	11.2 (+0.16)	11.5 (+0.1)	11.8 (+0.14)	11.9 (+0.08)	15.34 (+1.54)	0.31
4	15.30 (+2.16)	14.01 (+0.54)	10.3 (+0.33)	10.9 (+0.32)	11.4 (+0.22)	11.6 (+0.18)	12.0 (+0.16)	12.1 (+0.12)	15.00 (+1.67)	0.30
5	15.05 (+2.26)	14.05 (+0.53)	10.6 (+0.23)	11.3 (+0.14)	11.7 (+0.06)	11.9 (+0.06)	12.1 (+0.12)	12.4 (+0.12)	14.75 (+1.62)	0.30
6	14.84 (+2.29)	14.37 (+0.46)	10.8 (+0.17)	11.7 (+0.08)	11.9 (+0.1)	12.1 (+0.12)	12.3 (+0.1)	12.5 (+0.1)	14.58 (+1.61)	0.26
7	14.38 (+2.13)	14.93 (+0.59)	10.8 (+0.1)	11.8 (+0.12)	12.1 (+0.16)	12.3 (+0.02)	12.5 (+0.02)	12.7 (+0.08)	14.64 (+1.71)	0.24
8	14.76 (+2.09)	14.67 (+0.67)	10.9 (+0.33)	11.9 (+0.28)	12.2 (+0.12)	12.4 (+0.06)	12.5 (+0.12)	12.7 (+0.06)	14.56 (+1.69)	0.20
9	15.01 (+2.24)	14.63 (+0.48)	11.0 (+0.3)	12.0 (+0.2)	12.3 (+0.2)	12.5 (+0.14)	12.6 (+0.08)	12.7 (+0.08)	14.60 (+1.79)	0.21
10	15.65 (+2.07)	14.94 (+0.63)	10.6 (+0.3)	12.0 (+0.24)	12.3 (+0.2)	12.6 (+0.18)	12.7 (+0.16)	12.6 (+0.12)	15.43 (+1.65)	0.22
11	15.23 (+1.76)	15.17 (+0.55)	11.1 (+0.3)	12.1 (+0.22)	12.4 (+0.22)	12.7 (+0.18)	12.6 (+0.14)	12.6 (+0.12)	16.01 (+1.38)	0.22

以上の成績を通覽するにその傾向は大體 A, a 群に就ての結果と同じであり只1日の訓練回数が少いだけ獲得せる上空耐性を表はす危險閾の最小値が少いと云ふ程度に過ぎない。尙又一

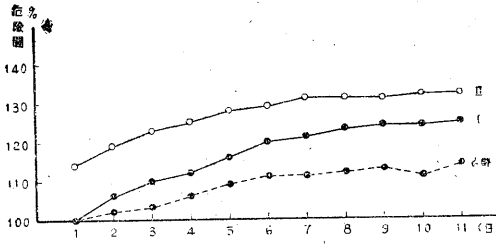
第 3 表

日	Ⅲ群平均体重 (g)	Ⅲ群危険閾 (K <sub>2</sub> )
10	16.04 (±1.04)	11.9 (±0.18)
15	15.51 (±2.23)	11.9 (±0.16)
17	15.75 (±2.00)	11.6 (±0.16)
19	16.30 (±1.54)	11.8 (±0.14)
21 日	16.58 (±1.40)	11.7 (±0.16)

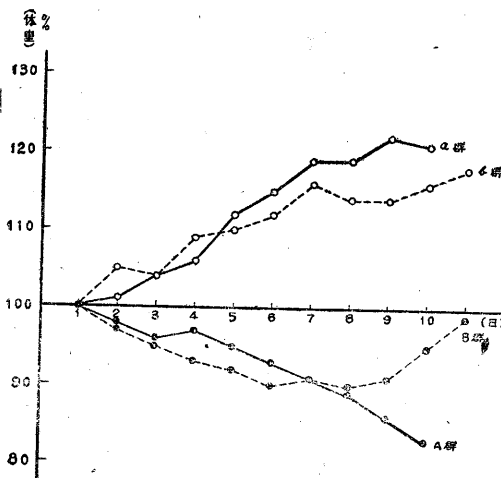
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



且獲得された上空耐性は次第に減少するが、この実験期間の限りでは比較的徐々に減退することが知られる。

III. 実験成績に対する考察

以上の実験事実から二十日鼠を繰返し低壓環境に曝露する場合にはその度毎に危険閾が高まることが判る。先づ第 1, 2 圖より毎日の訓練終回の危険閾をみると訓練日数の経過につれて次第に閾値が大となり A, B 兩群とも 8~9 日目に本実験での最高値に近づくことが判る。次に毎日の訓練第 1 回目の閾値をみる

と之亦訓練日数の経過と共に高まり A 群では第 4 日目、B 群では第 8 日目頃より終回の閾値との差が略々一定 (14% 及び 8%) になるのが判る。即ち危険閾は訓練により毎回高まる一方連日訓練すると次第に固定的な閾値の上昇を來すものと認められる。

元來低壓環境の順應作用は Ruff-Strug-hold(1)により數日乃至數週間高山に滞在する場合の如き順應作用 (Höhenanpassung 或は Höhenakklimatisation) と航空機或は低壓室に於ける實驗等の如く短時間の中に急激に上昇し再び下降する場合の如き順應作用 (Höhen umstellung 或は Akkommodation) との 2 種類に分類し得ると云はれてゐるので、この實驗の第 1 回目の危険閾の逐日的上昇は Akklimatisation の結果としての眞の上空耐性上昇であり、毎日の訓練終回の危険閾は Akkommodation による上空耐性の上昇と考へてもよいと思はれる。従つて第 1, 2 圖の I, II 兩曲線の間は Akklimatisation を起した二十日鼠が更に Akkommodation によつて上昇し得る高度差を示すものと考へられる。然し圖で明らかなやうに Akklimatisation を生じた場合にも Akkommodation により上昇

し得る範圍は限度があり、一定訓練日數で極値に達する。

次に上空耐性の持続性は第2表の如く10日間経た後にも尙訓練前より高い値を維持してゐる。この事實は曩に安井・松田(4)が獲得せる上空耐性は2~3日以内に消失すると云つてゐる事と相反するが、之は Akklimation によるものと Akkommodation によるものとの差即ち訓練の程度によるものと思はれる。このことよりして低壓訓練が比較的強度で然も長期間行はれた結果生起せられた上空耐性は可成り長い間維持されてゐることが窺はれる。

次に低壓曝露訓練による體重の變化はA群では逐日的に減少し原體重に復歸する傾向がなく、B群では體重減少度が低く第9日頃から原體重に復歸する傾向がみられる。この體重回復過程の變化は低壓賦課時間の差異によつて影響されたものと思はれるが、この事實は俵の報告(3)と余の前報告(2)との差異を裏書きするものと思はれる。又低壓訓練毎の體重減少は表に示す如くA群がB群よりも大であるが、これも亦低壓賦課時間の差異によるものと思はれる。尙訓練による死亡率に就てもA群が遙に大であつたことは低壓訓練の強度と關聯するものと思はれる。この訓練毎の體重減少は略々第2日に最大を示し次第に少くなり、第8日以後は最小の減少度と思はれる一定した値を示してゐるが、危険閾が略々第8~9日で最大値を示してゐるのと對比して誠に興味ある事實で、余の前報告(2)を確證するものである。

#### IV. 摘 要

1. 2群の二十日鼠を用ひ危険閾を目標としてそれぞれ一定期間毎日5分間隔で5回及び10回低壓訓練をなし、兩群の成績を比較検討すると共に斯くて上昇した上空耐性が訓練中止後如何に變化するかを觀察し、併せて訓練による體重の變化に就て實驗した。

2. 危険閾は兩群とも訓練毎に高まるが連日訓練すると次第に固定的な閾値の上昇を來し、第8~9日目に本實驗の最高値12.0~12.1kmに達した。即ち所謂 Akkommodation による危険閾の上昇と共に Akklimation による危険閾の高まりが認められた。

3. Akkommodation による危険閾の高まり方は Akklimation による高まり方よりも大であつたが Akklimation によるものが眞の上空耐性の上昇と考へられる。

4. 訓練によつて一旦獲得した上空耐性の持続性は訓練中止後10日間経た後にも尙訓練前より高い値を維持してゐた。

5. 危険閾を10回測定して訓練する場合は之が動物の發育に及ぼす影響が大で、體重は次第に減少するが5回測定して訓練する場合は一定期間減少し高空耐性が最高限度に達する頃より次第に原體重に回復する傾向がみられた。

摺筆に際し浦本教授の懇篤なる指導校閱を銘謝し併せて名取大村兩講師の助力を謝す。

#### 文 献

- 1) Ruff, S. u. H. Strughold (1939) Grundriß d. Luftfahrtmed. 21
- 2) 島崎 賢 (2604) 日本生理誌 9 546
- 3) 俵 英夫 (2601) 海軍×醫會雜誌 30 77
- 4) 安井敏夫・松田 實 (2603) 日本生理誌 8 341

神經纖維に於ける興奮波傳搬に就ての模型的考察<sup>(1)</sup> 612. 816. 3

東京帝國大學醫學部生理學教室

江 上 義 之

Egami-Yosiyuki

(昭和18年11月17日受付)

I. 緒 論

被刺戟性形體就中神經纖維に於ける興奮波傳搬現象は刺戟生理學に於て最も魅惑的な併し困難な題目の1つであるが、之に對して最初に科學的見解を披瀝したのは Hermann である。夫れは今日“局部電流”の意想として遍く生理學者に周知の概念であつて、未だ何等否定せるべき缺點を持つてゐない。其の後 Hill (5), Rashevsky (7), Rushton (8) 及び山極博士 (10) の諸氏に依つて夫々獨自の立場から取扱れたが之に就ては本論文第2報 (2) に譲る。

本研究に於て此の問題に着手するに先立ち、一先づ神經纖維を既知構造の模型で置換し、兩者間の類同性を注視して解析を展開してゆく立場を取る。其の1つは Lillie (6) に依つて創始された核電導體模型 (彼の命名に従へば寧ろ受働態鐵模型と呼ぶべきであらう) であり、他の1つは之より劣るがケーブル模型である。吾々は別の論攷 (3) に於て電流刺戟理論の再検討を同じく核電導體模型に立脚して試みる所存であるが、論說の一部を補填する意味に於て核電導體模型の概略を述べる事にしたい。

先づ“核電導體模型”の形態學的構造を考へるに、それは鐵の針金 (例へば piano 線) が酸化鐵の薄い、恐らく單分子層の被膜で包圍されてゐるものであつて、此の酸化鐵の化學的構造は未だ簡明されるに至つてゐないが、恐らく  $Fe_2O_3$  であるらしい。此の酸化鐵被膜は鐵と硝酸との化學反應の結果生成された酸化物であり、Tronstad (9) に依れば、鐵が硝酸水溶液中に溶解してゆき、酸化鐵が膠質として沈澱して鐵表面に吸着されたものであるといふ。之は酸化第二鐵であつて硝酸に不溶、従つて吸着被膜が形成されると例へ單分子層の厚さであつても、此の被膜の爲に鐵と硝酸とは直接に接觸することを防止され、所謂“受働態”の状態に安定して了ふ。

常溫に於て種々なる濃度の硝酸水溶液中に浸漬せる鐵の電極電位は液に對して正の値を取り、液の濃度が大なるに従つて上昇する。偕而、硝酸水溶液に對する鐵の電極電位が、その液の分解電壓を超過する時は液中の硝酸分子は分解され、 $NO_3^-$  は正に帶電せる鐵電極面に引き

(1) 本研究を論文 (2) の第1報として取扱ふ。其の要旨は昭和16年度生理學小學會 (慶應大學) に於て發表した。

つけられて放電し、其際發生機酸素を放出する。此の發生機酸素が鐵と硝酸との反應によつて生じたFeOを更に酸化して3價の鐵酸化物 $Fe_2O_3$ を形成せしむるに至る。此の $Fe_2O_3$ は硝酸に溶解せざるが故に鐵電極面を圍繞し鐵と硝酸との接觸を遮斷し鐵の更に溶解するを防止する。此の状態の鐵を受働態鐵と呼ぶ。若し鐵の電極電位が液の分解電壓以下ならば、FeOは更に過剰の硝酸と反應して硝酸第一鐵 $Fe(NO_3)_2$ として液中に溶解するのである。此の状態にある鐵を活性態鐵と名付ける。一般に溶液の分解電壓は濃度の増大するにつれて減少する。従つて硝酸溶液の濃度の増大と共に電極電位と分解電壓とが均しくなる點が存在し得る。此の點に於て活性態鐵は突如受働態鐵に轉移し、電極電位も亦飛躍的に上昇す。例へばアームコ鐵の受働態化は49%  $HNO_3$ で起り、電極電位は0.6Vより1.3Vに飛躍する。受働態化は比較的稀薄なる硝酸水溶液中にても起り得る。それは硝酸水溶液中に於て鐵を陽極として電解する場合である。又受働態鐵はそれを陰極にして電解すれば活性化す。即ち陰極面に於て發生する水素によつて還元され、受働態たる性質を失ふ爲に他ならぬ。此の場合陰極電壓は飛躍的に低下する。

さて此の被膜が何等かの外因、例へば搔爬とか、亞鉛棒の接觸とか、或は又之を陰極として通電するとか等の手段によつて、局部的に破壊されるとその爲に鐵|硝酸|受働態鐵電池が發生し、局部的に電氣回路が形成される。此の回路を流れる局部電流に依つて酸化第二鐵被膜は陰極的に還元されて鐵になると同時に、曩に外因によつて硝酸水溶液に露出した鐵は陽極的に酸化せられて酸化第二鐵となり再び被膜で圍繞されるに至る。斯くの如き過程が“核電導體模型”に沿つて逐次繼起延長してゆくのが賦活波傳搬の本質であると見做されてゐる。

さて上記の鐵が受働態化する過程は水素瓦斯の發生を伴ひ、氣泡の生成が沸騰的であるが故に、賦活波傳搬の狀況はよく肉眼を以て之を擲へ追跡觀察する事が出来るといふ利點を持つ。今、賦活波傳搬といふ現象のみを抽出して考察するならば、之は誠に神經纖維に於ける興奮傳導の機構に彷彿たるものがある。彼我の相違は固より化學的過程の差異にある事は論を俟たぬ處であるが、兩者の形態學的構造と賦活波並びに興奮波傳搬の特徵性(例へば、斷節の硝子管内に挿入された“核電導體模型”とRanvier氏絞輪を有する有髓神經纖維に於ける現象の類同性)に留意するならば、之等兩者に行はれる現象の物理的機構は恐らくその軌を一にするものであらうと推察するに難くない。只惜しむらくは、“核電導體模型”にあつては、賦活波傳搬に伴ふ電氣的變動がLillie自身によつても、且又その後Bishop (1)を除いて何人によつても追及されてをらず未解決不分明のまゝ取り残されてゐることである。吾人にして、若し物理的過程に眼を蔽はないならば、Lillieの“核電導體模型”に於ける局部電流の意想が既述の古典的なHermann流の局部電流の觀念と同巧異曲である點を見ても、“核電導體模型”の有する生理學的意義は毫も輕視するべきではない。

更に吾々は眼を他に轉じてみよう。既に述べた如くLillieの“核電導體模型”は神經纖維の機能的模型として、現今唯一の優秀なる價値を誇る存在であるが、若し單に形態學的構造の

みに着眼するならば“ケーブル”も亦一顧の價値ある存在であると言へる。成書には神經纖維と“ケーブル”との異同に關して之に觸れるものがないのは、年來筆者の奇異に感じたところであるが、假に“ケーブル”が神經纖維の1つの模型として徹底的に存在の價値が無いものならば、其れ相應の證明を必要とするものではなからうか？實際、多くの學者に依つて幾多提出された回路網の模型は其の實質に於て“ケーブル”以上を出るものではない。其れにも係らず、“ケーブル”模型は從來餘りにも低く評價されてゐる。吾々は一先づ虚心坦懷に“ケーブル”を考察し、其れが神經纖維の模型として如何なる短所及び長所を具備してゐるかを追究してゆかうと思ふ。

## II. ケーブル模型

先づ“ケーブル”模型の代表として海底電線の如き同心ケーブルを取上げる事にする。同心ケーブルは銅撚線の心(core)が絶縁物質の薄層で圍繞され、其れが針金の鎧裝(sheath)の中に封込まれたものである。若し心を神經纖維の髓質に、絶縁物質を髓鞘に、針金の鎧裝を外部電解質に夫々對應せしめれば、神經纖維の形態學的構造を一先づ“ケーブル”を以て表象せしめるも不當ではないであらう。勿論 Lillie の“核電導體模型”も亦形態學的構造に關する限り、一種の“ケーブル”と見做し得る事は論を俟たぬ。

斯くすれば、“核電導體模型”乃至神經纖維に於ける局部的起電力の發生は“ケーブル”では、其の一端に於ける心と鎧裝とを夫々電池の兩極に連繫した場合に他ならぬ。苟而此の場合“ケーブル”の絶縁が完全であれば、電流の漏洩は無く従つて局部電流の如きものは考へ得られない。之に反し絶縁が不完全であれば、電池接續端近傍の電壓の高い箇所では電流の漏洩があり、従つて短絡されて局部的に電氣回路が形成される事になる。即ち Hermann, Lillie 等の呼稱する局部電流が發現する。つまり、神經纖維を“ケーブル”を以て代表せしめやうとすれば、當然絶縁不完全なる“ケーブル”を以てせねばならぬといふ結論に到達する。

次に考慮すべき因子は、賦活部位に於ける發生起電力の存続時間の問題である。神經纖維及び“核電導體模型”にあつては、之が全然自律的に制約されてゐるといふ點に於て“ケーブル”とは異なる。“ケーブル”に於ては例へば點信號を送信する場合には、存続時間は他律的に調節されるのであつて、それは決して“ケーブル”自身の intrinsic な機構に依つて行はれるものではない。今、假に自律性、他律性を度外視すれば(之こそ“ケーブル”と神經纖維乃至“核電導體模型”との間に横はる本質的な差異であらうけれども)、存続時間の問題は現象的には少くとも“ケーブル”模型を以て取扱ふ事が可能となる。即ち解析的には、各機構に應じて“ケーブル”の一端に印加された起電力の存続時間を適當な函數形で與へればよい。

然らば、此の存続時間は如何やうに考ふべきであらうか。Hermann, Lillie 等の抱く局部電流の意想は、要するに局部電流が隣接部位を電氣的に刺戟するといふ觀念に立脚してゐる。換言すれば、intrinsic に行はれる局部電流の刺戟作用といふ觀念が其の根底をなす。此處に到つ

て吾々は局部電流の“強度—持續關係”といふ派生的な主題に逢着せざるを得ない。吾々が冒頭に掲げた主題は、此處に第2の主題に一部變形された事になるのであるが、之に就ては論文(2, 3)参照。

更に吾々は神経纖維に發現する“活動電位”の時間的及び空間的分布より推論して、神経纖維は“ケーブル”模型を以てしては恐らく表象不可能なるべき理由を後段に至つて數學的に證明する積りであるが、然らば“ケーブル”と神経纖維乃至“核電導體模型”との本質的な差異は奈邊に存するのであるかといふ疑問に遭遇するを餘儀なくされるであらう。

之に對する回答は、その genesis より考察して起電力の存在部位それ自身の傳搬移動の有無の判別によつて一先づ與へられる。起電力の存在部位は之を數學的に表現すれば“湧出口”に他ならぬのであつて、“ケーブル”模型にあつては“湧出口”それ自身の移動傳搬といふ現象は生起不可能であるが、神経纖維乃至“核電導體模型”に於ては、此の“湧出口”夫れ自身の移動傳搬が其の機構の本質に參與してゐると解釋すべきである。如何にも“ケーブル”に“湧出口”夫れ自身の移動といふ意想を新らしく導入すれば、吾々はある程度まで此の modify された“ケーブル”模型を以て神経纖維乃至“核電導體模型”と置換する事が可能であるらしく思へる。單純なる“ケーブル”模型より出發して得た結論が實驗成績を満足に説明し得ないならば、吾々は出發點を變更しなければならない。従つて“湧出口”夫れ自身の移動といふ概念は單純なる“ケーブル”模型を以てしては説明困難なる爲に導入されたものであつて相當の根據を有してをり、吾々が曩に“ケーブル”を以て一先づ神経纖維の模型として取上げた積極的な理由も亦實に此處に存するのである。更に言葉を變へて端的に言へば、“ケーブル”は神経纖維乃至“核電導體模型”の雛型を代表する1つの踏石として存在の價値を有するものと言へやう。此の論文に於ては單純なる“ケーブル”模型に就て、解析的な議論を行ひ若干の結論を引き出してみたいと思ふ。modify された模型に就ての考察は第2報(2)に譲る。

### III. 數學的議論 其の1

吾々の課題は下記の微分方程式を特定の初期及び境界條件の下に解くのであるが、數學的議論の展開の必要性から、先づ次の微分方程式の解を求める事から初める。但し符號の意味は日本生理誌 7 686 を参照されたし( $V$ の代りに $\phi$ を使用した)。

$$D \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{\partial \phi}{\partial t} \dots \dots \dots (1)$$

i 先づ $\phi$ は過渡現象的に發現する電位を表はすものとしても何等差聞へはない。最初に“ケーブル”は半無限長のもつと假定し、 $t=0$ の時 $\phi=0$ 、且“ケーブル”の一端 $x=0$ を $t_0$ の間だけ起電力 $V_0$ の電池の兩極に連繫したとする<sup>(1)</sup>。此の操作は次の手續に全く等價である：即ち $t=0$ の時 $x=0$ を電位 $V_0$ に保ち、 $t_0$ だけ經過した後、反對に $-V_0$ の電位を與へる。従つて永久に“ケーブル”の一端を電位 $V_0$ に保つた場合の解が求まれば宜しい。尙“ケーブル”の無限端に於ては電位は零とする。上記の事項を簡潔に列記すれば、

$$\left. \begin{aligned} \phi &= 0 && t=0 \text{ の時} \\ \phi &= V_0 && x=0 \text{ に於て} \\ \phi &= 0 && x=\infty \text{ に於て} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

となる。(2)を満足する(1)の解はよく知られてゐる如く

$$\phi = \frac{x V_0}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4D(t-\tau)}}}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}} d\tau$$

で與へられ、積分變数の置換  $x/2\sqrt{D(t-\tau)} = \alpha$  を行へば簡短に

$$\phi = \frac{2V_0}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \dots\dots\dots (3)$$

と書ける。同様にして

$$\left. \begin{aligned} \phi &= 0 && t=t_0 \text{ の時} \\ \phi &= -V_0 && x=0 \text{ に於て} \\ \phi &= 0 && x=\infty \text{ に於て} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

なる條件の下に(1)を解けば、其の解は  $-\phi(x, t-t_0)$  で與へられる事が直ちに判る。

従つて  $x=0$  を  $t_0$  の間だけ電位  $V_0$  に保つた場合の解は近似的に

$$\Theta(x, t) \approx t_0 \frac{\partial \phi}{\partial t} \dots\dots\dots (5)$$

と置いて差問へない。(5)を(3)より計算すれば、

$$\Theta = \frac{V_0 t_0 x}{2\sqrt{\pi D t^3}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}} \dots\dots\dots (6)$$

となる。 $\Theta$ の性質を調べる爲、 $t$ に就ての第一次微分係数を求めれば、 $t=x^2/6D$ の時 $\Theta$ は最大値を採るといふ結果を得る。其の時の $\Theta$ の値、即ち $\Theta_{max}$ は

$$\Theta_{max} = \frac{3\sqrt{6} DV_0 t_0}{\sqrt{\pi} x^2} e^{-1.5} \dots\dots\dots (7)$$

となる。緒而(3)の積分は彼の“確率積分”と呼稱されてゐるところのものであつて、積分の下限が  $x/2\sqrt{Dt} < 2$  なる時は殆ど零と見做して差問へなく、 $t=x^2/16D$ あたりから漸く有效となる。従つて $\Theta$ が計上し得る大きさに達してから最大値を採る迄に要する時間、之を假に“上昇時”と命名すれば、夫れは次式で表現される値を持つ。

(1) 切斷刺戟を想起すればよい。負傷電位に相當する起電力が発生する。

$$T = \frac{x^2}{6D} - \frac{x^2}{16D} = 0.104 \frac{x^2}{D} \dots\dots\dots (8)$$

又之より見掛け上の速度  $v$  を次の如く定義し得る.

$$v = \frac{x}{t} = \frac{16D}{x} \dots\dots\dots (9)$$

ii 次に有限長の“ケーブル”に就て論及する事にしよう. 今, 其の長さを  $l$  とすれば, “ケーブル”の他端  $x=l$  に於ける境界條件として如何なるものを採用するのが妥當であるかを先づ吟味して見よう.

電氣生理學の教ふる處に依れば, 一般に神経纖維の切斷端は抵抗の小なる導體によつて短絡されてゐると見做すのが通念であつて, 其れは所謂“Demarkationsstrom”として表現されるであるといふ. 従つて此の場合, 境界條件として  $\phi=0$   $x=l$  に於て

を採用するのが真に近いであらう. 其處で, 問題は次の條件

$$\left. \begin{array}{l} \phi=0 \\ \phi=V_0 \\ \phi=0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} t=0 \text{ の時} \\ x=0 \text{ に於て} \\ x=l \text{ に於て} \end{array} \dots\dots\dots (10)$$

を満足する (1) の解を求める事に歸着して了ふ.

従つて所要の解は

$$\phi = \frac{V_0(l-x)}{l} - \frac{2V_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} e^{-D \frac{n^2 \pi^2}{l^2} t} \sin \frac{2n\pi}{l} x$$

で與へられる事になる. 或は  $\theta$  函数の理論を應用して變形すれば,

$$\phi = \frac{V_0}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t \frac{1}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[ (x+2n\pi l) e^{-\frac{(x+2n\pi l)^2}{4D(t-\tau)}} \right] d\tau$$

とも書き表はして良い. 更に積分變數の置換を遂行すれば,

$$\phi = \frac{2V_0}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{\frac{x+2n\pi l}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \dots\dots\dots (11)$$

と簡潔な形式に移行する. 尙, 更に上式を書き直して.

$$\phi = \frac{2V_0}{\sqrt{\pi}} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \int_{\frac{2n\pi l - x}{2\sqrt{Dt}}}^{\frac{2n\pi l + x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-\alpha^2} d\alpha + \int_{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-\alpha^2} d\alpha \right] \dots\dots\dots (12)$$

此の式より有限長の“ケーブル”の場合の  $\phi$  の行動を無限長の場合と對比して大略の様子を推察するのも難事ではない。尙  $D$  の値に關してであるが、多くの研究者の測定に依れば、神經纖維の time constant は  $10^{-4}$  sec 程度のものであるといふ、従つて  $D=10^4$  程度と見做し得ることを附記して置かう。

緒而本節で吾々が考究した結果によると、無限長“ケーブル”の場合、其の原始端に印加された電壓の大きさ、及び其の接續時間が與へられたる時、“ケーブル”上の任意の點に發現する電壓の最大値は、原始端より其の點までの距離の自乗に逆比例し、且最大値に達するに要する時間は距離の自乗に正比例する事になる。有限長“ケーブル”の場合は、(12)を計算して數值的に  $\phi$  の行動を求めればよいのであるが、今次の結論だけは差し當り引き出す事が出来る：即ち“ケーブル”の任意の點に發現する電壓の最大値は無限長“ケーブル”に於けるよりも小であると。

IV. 數學的議論 其の2

吾々は II に於て“局部電流”の意想と撞著しない爲には、神經纖維は漏洩ある“核電導體模型”乃至“ケーブル”を以て表象さるべきである事を述べた。従つて前節で解説した理論は一見蛇足の如く思はれるが、漏洩ある“ケーブル”に就て樹てられる微分方程式は畢竟漏洩無き場合の其れに還元されるが故に、數學的議論を展開する立場から言へば、前節は決して無用ではない。

緒而吾々の理論の出發點となるのは

$$D \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{\partial \phi}{\partial t} + \lambda \phi \dots \dots \dots (13)$$

である。先づ前節の (i) に相當する場合より初めよう。この時は初期條件は、

境界條件は	$\phi = 0$	$t = 0$ の時	}	..... (14)
	$\phi = V_0$	$x = 0$ に於て		
	$\phi = 0$	$x = \infty$ に於て		

となる。變換  $\phi(x, t) = e^{-\lambda t} \Psi(x, t)$  を行へば、(13)は

$$D \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} = \frac{\partial \Psi}{\partial t} \dots \dots \dots (15)$$

に移行し、初期及び境界條件は夫々

}	$\Psi = 0$	$t = 0$ の時	}	..... (16)
	$\Psi = e^{\lambda t} V_0$	$x = 0$ に於て		
	$\Psi = 0$	$x = \infty$ に於て		

と變形する。(16)を満足する(15)の解は、(15)の Green 函數、即ち

$$\Gamma(x, t; \xi, \tau) = \frac{1}{2\sqrt{\pi D(t-\tau)}} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4D(t-\tau)}}$$

を利用すれば,

$$\begin{aligned} \Psi(x, t) &= D \int_0^t e^{\lambda\tau} V_0 x \left( -\frac{\partial \Gamma}{\partial x} \right)_{\xi=0} d\tau \\ &= \frac{V_0 x}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t e^{\lambda\tau} \frac{e^{-\frac{x^2}{4D(t-\tau)}}}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}} d\tau \end{aligned}$$

で與へられ, 従つて

$$\phi = \frac{V_0 x}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t e^{-\lambda(t-\tau)} \frac{e^{-\frac{x^2}{4D(t-\tau)}}}{(t-\tau)^{\frac{3}{2}}} d\tau \dots\dots\dots (17)$$

が導かれる。其處で, 積分變數の置換  $x/2\sqrt{D(t-\tau)} = \alpha$  を行へば, 計算の結果

$$\phi = \frac{2V_0}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-\alpha^2 - \frac{\lambda x^2}{4D} \frac{1}{\alpha^2}} d\alpha \dots\dots\dots (18)$$

が出てくる。之が即ち所要の解である。

次に前節 (i) のに於けると全く同様にして, “ケーブル” の原始端  $x=0$  を  $t_0$  の時間だけ電位  $V_0$  に保持した場合の解は,  $t_0$  が充分小さければ近似的に

$$\Theta(x, t) \simeq t_0 \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{V_0 t_0 x}{2\sqrt{\pi D t^3}} e^{-\frac{x^2}{4Dt} - \lambda t} \dots\dots\dots (19)$$

で與へられる。之を (6) と比較すれば, 單に減衰項  $e^{-\lambda t}$  が存在するか否かの差異のみで  $\phi$  の最大値に對して明確な結論を引き出す事が可能となる。

次に前節の (ii) に對應する場合を考察するのであるが, 上掲の論法と全く同様の手段を籍りて所要の解は次式

$$\phi = \frac{2V_0}{\sqrt{\pi}} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} \int_{\frac{2nl-x}{2\sqrt{Dt}}}^{\frac{2nl+x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-a^2 - \frac{\lambda(2nl+x)^2}{4D}} \frac{1}{a^2} da + \int_{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-a^2 - \frac{\lambda x^2}{4D}} \frac{1}{a^2} da \right] \dots\dots\dots (20)$$

で表現されることが分る。但し“ケーブル”の原始端  $x=0$  を電位  $V_0$  に放置したる場合の解を表はす。上式より

$$\phi < \frac{2V_0}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-a^2 - \frac{\lambda x^2}{4D}} \frac{1}{a^2} da$$

なる不等式が得られ、無限長“ケーブル”の場合と對比せしめて  $\phi$  の性質を大略見出すことが出来る。即ち吾々は前節の (i), (ii), 本節の (i), (ii) で得た結果を通覧しきへすればよい。

V. 結 論

吾々が神経纖維の形態學的構造に重點を置き、其れに對應する電氣的構造に注視を向けるならば、其れは“ケーブル”模型を以て一先づ表象せしめらるべく、其の際、有限長の漏洩ある“ケーブル”で、而も一端の短絡されたものを以てすべきが妥當である所以を縷述した。今、此の模型に於て他端に短い時間、例へば  $t_0$  時間だけ持續する矩形電壓を印加せしめて刺戟に基く“活動電位”の發現に擬へ、之が“ケーブル”に沿つて傳導し、“ケーブル”上任意の點で捕捉せらるゝ電位の時間的經過を追跡した結果、其れは

$$\phi(x, t) < \frac{V_0 t_0 x}{2\sqrt{\pi D t^3}} e^{-\frac{x^2}{4Dt} - \lambda t}$$

に従ふ。

吾々は此の結論の眞實性を吟味する爲に、實際に神経纖維に發生する“活動電位”の波形の測定結果を参照してみよう。Erlanger and Gasser (4) は此の方面に携る斯界の第一人者であるが、彼等の研究に依れば“活動電位”の波形は刺戟點と誘導部位との距離の函數であつて、距離が大となるに従ひ“活動電位”の波形は扁平化しその結果變形が顯著に現はれると言ふ。此の事實は一見(19)式の表現する處と合致するかに見えるが、實は左様ではない。Erlanger and Gasser 等自身の抱く見解に従へば、之は寧ろ各神経纖維に於ける(従つて“單一な”神経纖維ではなく、其の集合體を對象としてゐる!)“活動電位”傳導速度の差異に基くものと見

做すべく、單一神經纖維に於ける“活動電位”の波形は im kleinen で決定される神經纖維それ自體の intrinsic な性質に依存するものであり、従つて誘導部位の位置に無關係な不變性のものであるといふ。尙、彼等は此の不變な“活動電位”の波形は時間軸上に立つ鋭角三角形で表現され得ることを指摘してゐるが、之は何等理論的根據に基くものではない。

倅而、吾々が企圖した“活動電位”の變形に關する斷定は、其の理論の誘導過程を見ても分る如く正に“單一な”神經纖維に對しても成立すべきものであつて、若し之が實驗結果に適合しないとすれば、吾々の採用した“ケーブル”模型の假定は破綻を蒙る事になる。實際、單一神經纖維で撮られた“活動電位”の波形は第一次近似値としては不變であるといふ見解に左袒する學者が多い。此處に敢て第一次近似値と斷り書きをした所以は、周次の如く“活動電位”は所謂“spike”及び“after-potential”の2個の成分より構成されてをり、近時唱道せらるるが如く、“after-potential”に對しては其の不變性に關する疑義が漸次擡頭しつつあるが故に他ならぬ。

何れにせよ、“spike”のみでも不變であるとすれば、吾々の“ケーブル”模型は其の存在の價値を消失して了ふ。然らば吾々の採用した假定は徹底的に葬り去らるべき運命に直面してゐるのであらうか？事態は決して悲觀するには當らない。逆に寧ろ“ケーブル”模型が“存在の理由”を有し種々の利點を具へてゐる事は既に別稿“電氣緊張”に關する論文に於て證明したところである。吾々は“ケーブル”模型に加ふるに1つの新しい意想、即ち“湧出口”夫れ自體の移動といふ觀念を以てすればよい。之は Lillie の“核電導體模型”に於て實際に生起し得る過程を解析的に表現したものに他ならず、決して正當の理由なくして附加導入したものではない事を強調して置きたい。

## 文 獻

- 1) Bishop, G. H. (1927) J. Gen. Physiol., 11 159
- 2) 江上義之 (1944) 日本生理誌 9 481
- 3) 江上義之 (1944) 日本生理誌 9 567
- 4) Erlanger, J. and H. S. Gasser (1934) Electrical Signs of Nervous Activity. Philadelphia.
- 5) Hill, A. V. (1932) Chemical Wave Transmission in Nerve. Cambridge.
- 6) Lillie, R. S. (1915) Amer. J. Physiol., 37 348  
Lillie, R. S. (1916) Ibid., 41 126  
Lillie, R. S. (1921) J. Gen. Physiol., 3 107, 129  
Lillie, R. S. (1925) Ibid., 7 473  
Lillie, R. S. (1928) Science, 67 593  
Lillie, R. S. (1929) Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., 26 317  
Lillie, R. S. (1930) J. Gen. Physiol., 13 1  
Lillie, R. S. (1931) Ibid., 14 349
- 7) Rashevsky, N. (1938) Mathematical Biophysics. Chicago.
- 8) Rushton, W. A. H. (1937—38) Proc. Roy. Soc. London, B 124 210
- 9) Tronstad, L. (1929) Z. physikal. Ch., A 142 241
- 10) 山極一三 (1940) 日本生理誌 5 1

## 電流刺激に於ける“強度-持續時關係”に就ての吟味<sup>(1)</sup> 612.816.1

東京帝國大學醫學部生理學教室

江 上 義 之

Egami-Yosiyuki

(昭和18年11月17日受付)

### I. 緒 言

本稿起草の目的は電流刺激の物理化學的過程を窺知する爲に、被刺激性形體を一先づ既知構造の模型所謂 Lillie (9) の核電導體模型で置換し、然る後に可能な過程に就て考察を進めつつ“強度-持續時關係”を解析的に追究するにある。在來の刺激理論を多少なりとも堅固な地盤の上に再建する爲には、斯かる補助手段の援用に依つて神經纖維と既知構造模型との對應を分明ならしむる必要があるやうに思ふ。核電導體模型に就ては論文(5, 9)を参照されたし。

Nernst(10)の古典的業績以來“強度-持續時關係”の誘導を目指す電流刺激理論は枚舉に遠ない程提出された(例へば論文 1, 8, 11, 12)。夫等は例へば方法論的に見て多少の差異はあつても、其の最終の假定は皆一樣に共通であつて、半透過性形質膜面上に於ける特殊イオンの濃度が或る一定の臨界値に到達する事を以て興奮發現に必要にして且充分な條件と見做してゐる(但し坂本教授の最近の理論は此の假定より脱却してゐる)。之に對立するものとして Schaeffer (13) 一派の純然たる回路模型に立脚する刺激理論が擧げられるが、之も蓄電放の電位差(Hülle と Kern との間に掛かる電壓)<sup>1)</sup>を電氣量で置換して表現すれば、彼等の理論の根底をなす假定は本質に於て Nernst 流の夫れと撰ぶ處は無い。吾々は現在の知識の段階に於て不幸にも興奮發現機構に就ては無知であるが故に、此の假定が果して妥當なものなりや否やを判定すべき積極的根據を見出し得ぬ事を告白せねばならぬ。併し翻つて彼の Weiss の實驗式が相當廣汎な範圍に亘つて有効性を發揮してゐる事實は興奮發現の規定條件は比較的單純なものであり、且又或る種の假定の許容さるべき事を暗示してゐるかに見える。従つて如何なる假定と雖も、物理化學的解釋を許す限り“存在の理由”はある。

### II. 核電導體模型に就ての補説

受働態鐵の電位が活性態鐵の夫れより高位にあるのは前者の表面に形成された  $Fe_2O_3$  の被膜の存在に基因する。Langmuir 一派の廣汎な組織的研究に依つて金屬の e.w.f. (electronic work function) が他物質の表面層形成の爲に如何やうな影響を受けるかが徹底的に究明された。彼等に依れば、例へば 1 乃至 2% の thoria ( $ThO_2$ ) を含有した tungsten 線條の e.w.f. は

(1) 昭和17年度大日本生理學會(東京帝大)に於て要旨を發表し置きたり。

若し夫れが thoria の單分子層で全然被覆されてゐない場合には 4.52V の値を示すが、之に反し 100% 被覆されてゐる場合には 2.63V であると言ふ。之等の測定に關聯して得られた留意すべき結論は、e.w.f. が  $\text{ThO}_2$  で被覆された部位の面積と linear に變化するといふ事實である。基底金屬物質の e.w.f. は其の表面層を形成する異物質の電氣的性質、換言すれば異物質が基底物質に對して電氣的に陽性であるか、或は逆に陰性であるかに從つて或は減少し或は増加する。例へば上述の thoria の如く、基底物質たる tungsten に對して電氣的陽性なる物質は tungsten の e.w.f. を減少せしめる。caesium も亦電氣的陽性物質であるの故を以て tungsten の e.w.f. を減少せしめる特性がある。之等の物質は何れも夫れ自身の e.w.f. が小さい。

表面層形成物質が電氣的に陰性であるとしても全く同様で potential の變化が正であるか、負であるかは金屬表面に形成された双極子の方向に依存する。即ち双極子の外側が負の荷電の時は potential の變化は正であり、正の荷電の時は負となる。一般に電氣的二重層の強さの方向はその内層の荷電の符號と一致せしめるやうに取る。

以上の解説を布疋すれば、受働態鐵が活性態鐵に對して硝酸水溶液中に於て高電位にあるのは受働態鐵表面上の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  單分子層の存在に基因するものである所以が理解出来る。

### III. 過電壓に就て

次に吾々は受働態鐵が活性態鐵に轉移しつつある場合の電位の過渡的變化を探索せねばならぬ。之は受働態鐵を電極として硝酸水溶液を電解するに際して逢着する問題であつて、陰極部の電位變化が主として重要な對象となる。前節で述べたやうに、電位の變化の 1 つは受働態鐵表面上の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  單分子層の 2 次元的濃度の變化に歸着せしめられる。即ち電解に伴ふ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の Fe への還元、從つて  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  消失の割合が判明すればよい。他の 1 つは受働態鐵を電極として硝酸水溶液を電解するといふ事態に付き纏ふ因子であつて、夫れは必然的に水素過電壓を考慮すべき事を強ひる。夫れ故一先づ水素過電壓に就て略説を試みる事にしたい。之に關する一般的知識は Baars (2) の論述に委ねる。偕而、諸學者の實驗に依ると、水素過電壓  $E$  は電流密度  $J$  の函數であつて、次記の實驗式

$$E = \alpha + \beta \log J \quad \alpha, \beta \text{ は常數} \dots \dots \dots (1)$$

が可成りの範圍に亘つて適用され得ると言ふ。上掲の關係式の誘導を試みた研究のうち目星しい業績を擧げてみると先づ最初に Tafel (14) の理論がある。彼は水素過電壓の基因を水素原子より水素分子生成過程の遲滯に求めた。即ち電極に於ける水素分子の蓄積よりは寧ろ次の反應  $2\text{H} \rightarrow \text{H}_2$  の tempo が氣相に於て著しく抑制される爲に、水素分子と水素原子との量的關係が移動する事を以て水素過電壓が發現するものと見做した。Platinum 及び palladium が小なる水素過電壓を示す理由は、之等の物質は  $2\text{H} \rightarrow \text{H}_2$  なる化學反應に當つて著しく觸媒的に作用する爲であるといふ。此の觀點より (1) 式を導く事は容易である。電極表面に於ける水素原子の濃度を  $C_{\text{H}}$ 、電流密度を  $J$ 、 $2\text{H} \rightarrow \text{H}_2$  の速度係數を  $k$  とすれば定常狀態に於て

$$\frac{dC_H}{dt} = \frac{J}{F} - kC_H^2 = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

が成り立つ。但し  $F$  は Faraday で 93500 coulombs に均しい。他方, Nernst の電溶壓理論に依れば, 次の反應  $H^+ \rightarrow H$  に伴ふ水素電極の電位に關し

$$E = \frac{RT}{F} \log K_H + \frac{RT}{F} \log \frac{C_{H^+}}{C_H} \quad \dots\dots\dots (3)$$

が得られる故, (2), (3) より  $C_H$  を消去して

$$E = \text{const.} - \frac{RT}{2F} \log J \quad \dots\dots\dots (4)$$

と所要の關係式が求まる。之より  $\beta = -RT/2F$  は  $18^\circ\text{C}$  に於て  $-0.029$  となるが, 實測値は  $-0.116$  であり此處に Tafel の理論の難點が伏在する。

Erdey-Grúz und Volmer (6) は別個の立場より出發して Tafel の理論の缺點を修正せんと試みた。同氏等は水素過電壓の時間曲線が時間の一次函數として表現された oscillogram に留意して, 過電壓形成の途次に於ては水素イオンの放電は惹起せず, 寧ろ電極面上電氣二重層の充電に關與するものと考へた。今, 其の結論のみを摘出すれば, 過電壓  $\eta$  と電流密度  $J$  との間には定常狀態に於て次の關係式が成立する。

$$J = KC_+ e^{-\frac{\alpha\eta F}{RT}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

但し,  $k$  は常數,  $C_+$  は電氣二重層に於ける  $H^+$  の表面濃度,  $\alpha = 0.5$  を表はすものとする。上式より

$$\eta = \text{const.} - \frac{2RT}{F} \log J \quad \dots\dots\dots (6)$$

が得られ,  $\beta$  の計算値は實測値と一致する結果になる。Bowden and Rideal (3) の研究の骨子は (3) 式適用の妥當性に關するものであつて, 界面に存在する薄膜狀態の物質に對してすら, 其の起電力が Nernst の電溶壓理論 (bulk としての溶液に就て提出されたところの) に依つて與へられるとする在來の前提に對して疑感的態度を表明した。同氏等は Guyot 及び Frumkin の研究業績を引用して前節で觸れた Langmuir 流の解釋を採用しつゝ, 電極電位  $E$  と活性物質の表面濃度  $\Gamma$  との關係は次式で表現されると主張する。

$$-E = \lambda\Gamma + \text{const.} \quad \dots\dots\dots (7)$$

従つて現在の場合には  $\Gamma$  は陰極面上の活性水素の表面濃度に他ならない。次に  $J$  と  $E$  とは次式で結合されてゐると考へる。

$$J = k_1 e^{-k_2 E} \quad \text{或は} \quad J = k_1 e^{k_3 \Gamma} \quad \dots\dots\dots (8)$$

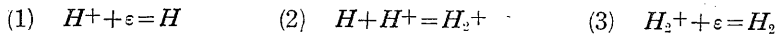
上式は熱電子電流の理論の基礎となる Richardson-Dushman の式と全く同型である點に留意すべく, (7), (8) より直ちに (1) 式が導かれる。

Bowden and Rideal も亦過電壓の時間的變化が直線的である事を oscillogram より確認し、電極電位 100mV の變化に要する電氣量は平滑な電極に對し  $6 \times 10^{-7}$  coulombs/cm<sup>2</sup> といふ結果を得た。従つて Erdey-Grúz und Volmer 及び Bowden and Rideal の理論では陰極面上に平行板蓄電器(電氣二重層)を假想し、其の荷電が或る一定量に到達する迄は放電は行はれず單に蓄積充電されるのみであると想定するのである。

次に水素過電壓の成因となる要素に言及する。Bowden and Rideal も Tafel 同様水素過電壓は水素原子に基因するものと解釋する。同氏等は陰極金屬上に集積しつゝある水素原子は電子に對する親和性を發揮して之と結合して  $H^-$  の如く振舞ひ、液中の  $H^+$  を索引して陰極面上に双極子を形成すると考へ、此の双極子の放電は次式で表示される活性水素の消失を伴ふ事を提唱した。

$$-d\Gamma/dt = k_1 e^{-k_2 E} \dots\dots\dots (9)$$

之に反し、Erdey-Grúz und Volmer は



の如き機構を想定し、(1)の反應が最も緩慢に進行する事が水素過電壓に對して決定的要因である所以を述べ、水素原子よりは寧ろ水素イオンの役割を重要視してゐる。

IV. 被刺戟性形體への適用性

吾々が今迄論説し來たつたのは過電壓の生成過程のみであつて、未だ電解反應そのものには觸れてゐない。繚つて受働態鐵の活性化(夫れは正に興奮發現に匹敵するものであるが)は電解反應の所産として  $Fe_2O_3$  の還元を必要とする事に想到するならば、次に吾々は之を對象として考察を進めねばならない。其處で先づ2つの可能性を見出し得る：第1は電解反應は過電壓形成の完了後に初めて行はれるものでなくて水素原子の集積に隨伴して程度の差こそあれ不斷に進行しつゝあるものとする見解。第2は過電壓が或る一定値に到達する迄は電解反應は開始する事なく、夫れが一定値に到達した時點より初めて一定の過電壓の保持を條件としつゝ(従つて過電壓が一定値に到達した後も尙通電の繼續を必要とする)進行するとなす見解。後者は Erdey-Grúz und Volmer, Bowden and Rideal の理論に従ふ立場であるが、此の場合には過電壓が一定になつた瞬間に受働態鐵の活性化が一舉にして實現せしめられる事は不可能であり、尙引續いて  $Fe_2O_3$  の被膜が還元される丈に通電を繼續せしめねばならぬ。吾々は此の第2の見解を電流刺戟理論に移植して吟味を加へてみたい。在來の通念に従へば興奮發現に必要且充分な條件は形質膜面に於ける特殊イオンの一定量の集積、或は形質膜蓄電板の一定量の充電にあると言はれる。之は正に過電壓形成過程に對應するものとして確かに意味を持ち得るが、活性化の條件たる電解反應を無視してゐる處に理解し難い難點がある。即ち此の觀念は

- (i) 過電壓の生成    (ii) 電解反應の進行

の前半(i)のみに該當するもので條件(ii)が充たされてゐない。筆者は曩に論文(4)に於て在來

の刺戟理論に不満の意を表明して置いたが、其の眞意は實に此の點に伏在してゐたのである。 緒而、上記の2條件に夫々時間の概念を從屬せしめるならば、通電開始より過電壓が一定となる迄の時間と、此の時點より活性化(興奮!)が出現する迄の時間とが區別される。吾々は夫等を暫定的に第1利用時、第2利用時と呼び、其の兩者の和を單に利用時と名付ける事にしよう。 在來の刺戟理論に捉はれてゐる人々の所謂利用時は單に吾々の第1利用時に過ぎず、之に依つて刺戟過程の時間的要素を完全に把握する事は困難と言へよう。

次に第1の見解に立てば事態は全く一變する。吾々は全く異つた2つの過程を區別する必要も無ければ、利用時なる概念に修正を試みる必要もない。通電開始後の任意の時點に於て程度の差こそあれ陰極面上に於て局所的な活性化の部位が存在し得る事になる。

吾々は此の2つの立場の何れか1つに依存すべきであるにしても何等 a priori に充分の撰擇の權利を持つてゐない事を告白はせねばならぬ。夫等是他日精細な實驗的分析に基いて判別さるべく、此處では測定結果の要求に應じ得る如く兩者の立場より理論的解析を進めることを目的とする。

Y. 過渡的變化：直角電流

以下  $\Gamma$  は活性物質の濃度、 $k$  は速度係数を表はす。(i) Tafel の理論に立脚した場合：

$\Gamma$  の時間的變化は

$$\frac{d\Gamma}{dt} = \frac{J}{F} - k\Gamma^2 \dots\dots\dots (10)$$

で規定される。之を初期條件  $\Gamma=0$  ( $t=0$  の時)の下に解くには變數の置換  $(J/F)^{1/2} + k^{1/2}\Gamma = x$  を行ふ。酸化鐵被膜の還元消費せられる水素原子の數は單位時間につき  $k\Gamma^2$  で與へられる故、之の  $\tau$  秒間に於ける消失數が全酸化鐵被膜の還元消費される數  $N$  に等しければよい。計算の結果

$$N = \int_0^\tau k\Gamma^2(t) dt = \frac{J\tau}{F} - \left(\frac{J}{kF}\right)^{1/2} \tanh\left(\frac{kJ}{F}\right)^{1/2} \tau \dots\dots\dots (11)$$

を得る。之が“電流-時間關係”を與へる表式であるが、 $\tau$  の小さい時は近似的に

$$J = \left(\frac{3N}{k}\right)^{1/2} \frac{F}{\tau^{3/2}} \dots\dots\dots (12)$$

が導かれる。(cf. Weiss の式)

(ii) Bowden and Rideal の理論に立脚した場合： 先づ

$$-E = \alpha + \beta \log J \qquad -E = \gamma \Gamma$$

過電壓が一定になる迄水素原子は陰極面上に蓄積されるに過ぎない故  $\Gamma = Jt_1$ 。之と上式より

$$t_1 = \frac{\alpha + \beta \log J}{\gamma J} \dots\dots\dots (14)$$

を得るが、之は  $J$  なる電流を通じた場合、過電壓が恒常になる迄通電すべき時間即ち第1利用時に他ならぬ、 $t > t_1$  なる  $t$  に於ては活性水素原子の放出は定常的で (i) と同様な考察に依り  $N = Jt_2$  が成立すればよい。  $t_2$  は第2利用時。故に結局

$$\tau = t_1 + t_2 = \frac{\alpha + \beta \log J}{\gamma J} + \frac{N}{J} \dots \dots \dots (15)$$

之が“電流-時間關係式”である。

(iii) Erdey-Grúz und Volmer の理論に立脚した場合：之は (ii) と全く同型であるから省略する。

厳密に論ずると第2利用時の範圍に亘つては  $\Gamma \geq \alpha + \beta \log J/\gamma$  なる  $\Gamma$  に對しては

$$\frac{d\Gamma}{dt} = \frac{J}{F} - k_1 e^{k_2 \Gamma} \dots \dots \dots (16)$$

に従つて  $\Gamma$  の變化を追跡すべきであるが之に就ては本稿の原著を参照されたし。

最後に附録として Heyrovsky (7) の理論を述べる。同氏は Tafel の理論に於ける  $k\Gamma^2$  の項の代り  $k\Gamma$  で表現される機構を考へた。従つて

$$\frac{d\Gamma}{dt} = \frac{J}{F} - k\Gamma \dots \dots \dots (17)$$

となるが、之は Blair (1) の刺戟理論の基礎となる式と全く同型である。併し例へ外觀は一見類似であつても、物理的意義の解釋に到つては本質的な相違がある點を指摘して置きたい。夫れは (17) より

$$N = \int_0^{\tau} k\Gamma dt = \frac{J}{F} \left[ \tau - \frac{1}{k} (1 - e^{-k\tau}) \right]$$

従つて

$$J = \frac{NF}{\tau - \frac{1}{k} (1 - e^{-k\tau})} \dots \dots \dots (18)$$

で表示される“電流-時間關係”が導かれるが、之は Blair の得た關係式とは獨立した内容を持つ。夫れは Blair (同氏のものに限らず) が  $\Gamma$  自身を對象としてゐるに反し、吾々は寧ろ  $k\Gamma$  で規定される機構に物理的意義を賦與するからである。

尙、吾々は今迄得た“電流-時間關係式”の何れを取つても“基電流”の存在を確證し得ない點に致命的の缺陷を見出すかも知れない。併し夫れは電壓と電流の混同より招來される誤謬に基づくものであつて、吾々が電解作用を目標とする限り、一切の議論は“分解電壓”以上の電源電壓に就て爲されてゐる事を思ひ浮べればよい。吾々は從來不用意にも“基電流”と呼ばれた物理量が何を意味するか反省する必要がある。電解電壓の下限としての分解電壓に對應する“基電壓”なる概念には合理的な存在の意義がある。一旦“基電壓”を越へれば電極電位の變動を除いては電流値のみが一義的直接的な役割を受持つ。電流刺戟實驗に於ける強度因子としての電壓、電流なる概念の混亂は速に是正さるべき事を提言して置きたい。

## VI. 摘 要

在來の被刺戟性形體に關する電流刺戟理論は其の根本假定に若干曖昧な點がある。筆者は其の假定の妥當性を吟味する爲に、一先づ被刺戟性形體を既知構造の受働態鐵模型で置き換へ、之に就て可能な物理化學的過程の考察を進める事に依つて、被刺戟性形體に對する電流刺戟作用の本態を究明せんと企圖した。

先づ受働態鐵に關する一般的解説を與へた後、電氣生理學者の謂へる“分極”は過電壓に等價なるべしとの想定の下に過電壓に就て若干の敘述を試み、從來吾々が不用意に呼んだ“利用時”なる概念に鮮明な意味を與へ、其の構造を明瞭にした。

之に附隨して坂本教授とは別個の立場より Nernst 流の刺戟理論の根本的觀念に吟味を加へ、若干の疑點のある事を指摘した。

刺戟過程に對する從來の觀念とは本質的に異つた立場に依存しつゝ、直角刺戟電流（直接刺戟過程に關與する電流の波形として！）に就て“強度-持續時關係”を誘導した。

如何なる形式の理論が電流刺戟に對して合理的なりやといふ問題は將來の精細なる實驗的分析を俟つて初めて解決されるものなるべく、本論文に於ては從來の刺戟理論を再検討し、其の缺點を補正する意味に於て1つの提案を指示するに止めた。

## 文 獻

- 1) Blair, H. A. (1932) J. Gen. Physiol., 15 731  
Blair, H. A. (1935) Ibid., 18 755  
Blair, H. A. (1935) Amer. J. Physiol., 111 515  
Blair, H. A. (1935) Ibid., 112 277
- 2) Baars, E. (1928) Handbuch der Physik von Geiger und Scheel, Bd. XIII
- 3) Bowden, F. P. and E. K. Rideal (1928) Proc. Roy. Soc. London, A 120 59
- 4) 江上義之 (1942) 日本生理誌 7 686
- 5) 江上義之 (1944) 日本生理誌 9 557
- 6) Erdey-Grúz, T. und M. Volmer (1930) Z. physikal. Ch., A 130 203
- 7) Heyrovsky, J. (1934) A Polarographic Study of the Electrokinetic Phenomena of Adsorption, Electro-Reduction and Overpotential. Paris.
- 8) Hill, A. V. (1910) J. Physiol., 40 190  
Hill, A. V. (1936) Proc. Roy. Soc. London, B 119 305
- 9) Lillie, R. S. 論文(5)に引用の文獻を見よ
- 10) Nernst, W. (1908) Pflügers Arch., 122 275
- 11) Rashevsky, N. (1938) Mathematical Biophysics. Chicago.
- 12) 坂本嶋嶺 (1941) 日本醫學 No. 3264
- 13) Schmitz, W. und H. Schaefer (1934) Pflügers Arch., 233 299  
Schaefer, H. und W. Schmitz (1934) Ibid., 233 700  
Schaefer, H. (1936) Ibid., 237 722  
Schaefer, H. (1940) Elektrophysiologie. Wien.
- 14) Tafel, J. (1900) Z. physik. Ch., 34 187

# 會 報

## 會 員 移 動 (9月25日まで)

### 入 會 (2名)

	所 屬	住 所	紹 介 者
大 野 良 雄	大阪帝大醫學部生理	豐中市新免壽樂莊	久 保 秀 雄氏
辻 豊	千葉醫大藥理		林 亥之助氏

### 轉 任・轉 居 (7名)

福 留 喜 久 男	秋田縣北秋田郡扇田町	公立扇田病院 (舊京都)
船 木 三 郎	福島縣河沼郡柳澤村大字柳澤	(舊京都)
大 關 清 康	橫濱市鶴見區仲通1ノ54	(舊新潟)
保 田 止 郎	大分縣北海部郡坂ノ市町陸軍官舎	(舊熊本)
佐 藤 正 文	東京都中野區江古田1ノ2072	本間方 (舊東京都小石川區)
五 十 嵐 衡	東京都南多摩郡町田町森野866	(舊東京都杉並區)
小 石 正 廣	東京都杉並區高圓寺4ノ529	(舊東京都豐島區)

昭和19年7月5日印刷

昭和19年7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7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 0187 (4)  
電 話 番 號  
振 替 口 座 東 京 26240 番  
承 認 番 號 40 號

日本出版配給株式會社

# 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ネ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. 評議員ハ各大學專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。  
評議員會ハ次期大會開催ヲ決定スル他本會一般ノ事務ヲ評議ス。
9. 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。  
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。但シ重任ヲ妨グズ。
10. 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。
11. 本會ノ事務報告ハ總會ノ他日本生理學雜誌ニ上ニ發表ス。
12. 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内ニ置ク。

## 日本生理學雜誌投稿規定

1. 原稿ハ平假名交りの口語體で、句讀及括弧ハ一字に相當する空間に明瞭に書かれたい。
2. 原著ハ一題に就テ組上り10ページ(約13000字)を超過セぬ事。一題を無理に割ツテ規定内の數篇とする事は許さず。費用ハ當分の内全額を著者の負擔とする。別刷の部數ハ紙の供給を考慮して編輯會議で査定する。
3. 學會(地方部會を含む)發表演說要旨の掲載ハ無料とする。但シ一題に就キ組上り1ページを超過セぬ事。
4. 原稿の第一枚目にはその下半分に表題、著者名(ローマ字を付ける)及びその所屬、國際十進分類法による分類番號、表及插圖の數等を次の形式に従つて書き

(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テ, 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を朱書せられたい。

5. 原稿の項目分けは第1章, 第1節等とする事なく次の順に従つて分けられたい。

1.....  
A.....  
1.....  
a.....  
i.....  
α.....

6. 脚註はなる可く遠慮せられ度い。
7. 挿圖原稿及び表は必ず別紙に認め、本文中にはその挿入す可き個所を明瞭に指定せられ度い。挿圖も表も鋲凸版とするから、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く避けられ度い。圖の縮小率は編輯部に委せられ度い。
8. 外語語、外國人名は明瞭な(成る可くタイプライタ)ローマ字體を以て書かれ度い。外來語は片假名にてよるしい。  
數詞は原則的にアラビア數字を用ひる。單位符號は別に定める處に従はれ度い。
9. 引用著者名は末尾文獻表の番號又は年號、必要の際は引用のページを括弧に入れて附記せられたい。  
〔例〕(Heimann, F. B. 3 2.6) 又は……F. B. Hofmann (1895) によれば……
10. 末尾引用文獻は A B C 順に配列する。本文中に引用個所のない文獻は必要がない。孫引きは特に之を明記せられ度い。

〔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、ヨソマ等の付け方に注意せられ度い。太文字の指定は字の下に波線を附せられたい。例へば、東醫雜 46



# アカチドール

【成分】

注射液  
2cc 5cc  
各 5A 10A 50A

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、チアミノ  
ピリジン、メタン  
スルホン酸ソーダ  
の二成分よりなる  
赤色アゾ色素劑

【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、癤、  
面疔、瘰癧、扁桃腺炎、中耳炎、淋巴腺炎、  
淋疾、眼瞼炎、口内炎等

塩野義製藥株式会社  
大阪市東區道修町

312

## 結核新劑

最高度組織内酸化增強劑（副作用一切なし）

（白金パラヂウム—ベルオキソターゼ）

結核全般  
肺結核・咽頭結核・ルイレキ・腸結核・  
腎臓結核・腹膜結核。

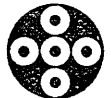
オキシドールは特殊装置により製作されたる白金・  
パラヂウム電化液にて従來のもの免疫學上、治療  
學上根本的に其趣を異にし、腦及び肺臟を主とし、  
諸臟器組織内深く沈着し、其強力なる接媒性能によ  
り組織内酸化工作を最高度に增強し、其寄生する結  
核菌を酸化撲滅するものなり、また豫防に用ひて効  
果顯著なり。

定價十管入金十圓（文獻贈呈）

山内製藥所

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 ン 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  
兒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  
ンテックスは劇期的新止血劑と  
して此等諸疾患に常用せられる  
包裝 注 1 & (100) 瓶 100管

5-18

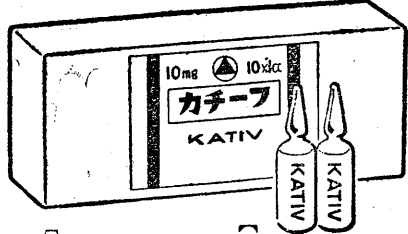
製造發賣元・大阪市東區道修町 田邊製藥株式会社  
調劑發賣元・東京市日本橋區本町 東京田邊製藥株式会社

V・K水溶液

☆ 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  
て油劑の如き赤登腫  
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。



カチーフ

【適應症】

喀血、血痰、傳染性疾患  
の腸出血、腎積性黄疸、  
膽汁瘻、肝硬變症、  
新生兒出血性素質、新産  
兒重症黄疸、早産兒、人  
工栄養兒の出血性傾向の  
豫防

【包装】

0.5ml 10支 100錠  
1.0ml 5支 50錠  
ほかに錠劑(産)

武田發賣品

製造發賣元 大阪 武田藥品工業株式会社

内服効果を誇る

ステルベン系・卵胞ホルモン劑

エストロモン



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・  
凍瘡の新治療劑として益々好評である。

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

製造發賣元・大阪市東區道修町  
田邊製藥株式会社

関東發賣元・東京都日本橋區本町  
東京田邊製藥株式会社

アレルギー性  
疾患に

ミノファージンC

ミノファージンCはアレルギー及び特異體質性  
疾患を惹起する最も主要器官たるショック器官  
Retikuloendothelialsystem より抽出せる  
グルクロン酸を Vital な澱澱によつて安定化  
したものである。

アレルギー性疾患

喘息・蕁麻疹・濕疹・痒痒症・小兒ストロフル  
ス・ロイマチス

中毒性疾患

サルバルサン・ズルファミン・プラスモヒン・  
キニーネ等ニ依ル中毒・自家中毒・血清病

合資会社 ミノファージン製薬本舗  
東京都四谷區内藤町一