

日本生理學雜誌

第 9 卷 第 2・3 號

昭和 19 年 3 月 13 日 發行

原 著

- 吉村正太：一新人體肺胞氣自動採取法(人體肺胞空氣の研究 I)……………71
- 清原寛一・橋田敷綱：光力學的作用に關する研究 第 5 報 別出單一筋纖維に就ての實驗, 特に Rose bengale の種々の濃度及び興奮性の變化に就て……………83
- 小嶋利顯：蛙皮電氣發生に對する陰イオンの影響……………91
- 小嶋利顯：電氣刺激強まり要素に對するイオンの作用……………101
- 大野眞一：筋短縮機構に就ての研究 (41) 振りによる骨格筋粘彈機構の研究……………113
- 大野眞一：筋短縮機構に就ての研究 (42) 振りによる筋纖維復屈折度の變化……………117
- 保田止郎：筋短縮機構に就ての研究 (43) 骨格筋伸展殘遺の研究 (6)……………121
- 伊藤正徳：筋短縮機構に就ての研究 (44) 筋纖維の太さと横紋構造に就て……………128
- 秋元新平：筋短縮機構に就ての研究 (45) 心房筋活動時の復屈折度の變化に就て……………131
- 古川誠：筋短縮機構に就ての研究 (46) 心筋に對する Chinin の作用に就て……………139
- 蓮村省三・田中 稔：體力に關する研究 (13) Radio 體操の瓦斯代謝測定……………144
- 蓮村省三・田中 稔：體力に關する研究 (14) 作業前後に於ける赤血球沈降速度の變化に就て……………151
- 蓮村省三・田中 稔：賃金形態と作業強度とに關する産業生理學的研究……………157
- 堀口正史・高橋英雄：測壓式定量法による腦脊髓液乳酸靜止價に就て……………163
- 川上正義：條件反射の研究 (XII) 陰性感應現象に就ての 2, 3 の觀察……………166
- 竹内剛：筋の潜刺戟時に就いて (第 4 報) 果して麻酔藥により神經の傳導速度は減ずるか?……………175
- 鈴木俊雄：赤血球沈降速度に關する研究……………181

會 報 (會 員 移 動)

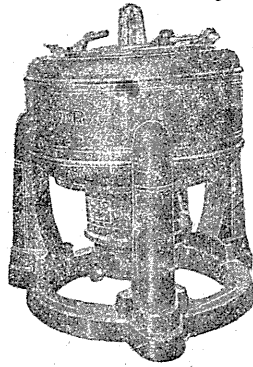
大 日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.

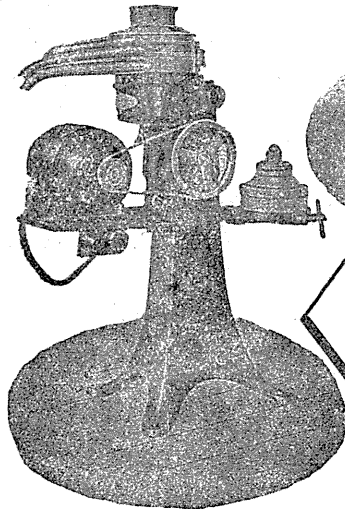
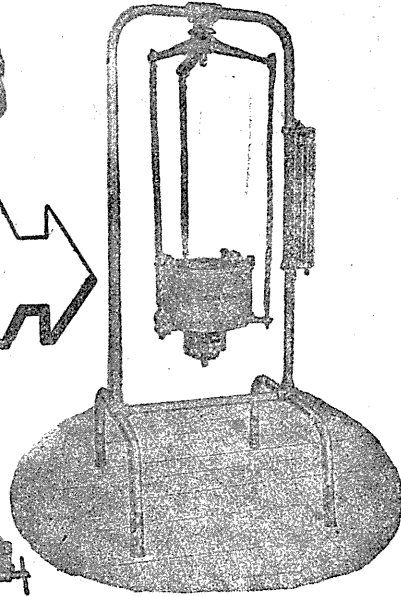
研究室備品

マルサン式遠心器



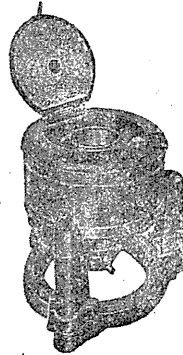
研究室=最速遠心器
No.90 三基懸垂式遠心器
 50cc x 4本架 R.P.M. 4,000
 沈澱分離用 容量 50cc ~ 500cc

コロイド及び過激性病原体
 沈澱分離研究用
No.180 超高速懸垂式遠心器
 5cc x 8本架 R.P.M. 12,000 ~ 16,000
 他=大型超高速遠心器アリ



細菌及び微細沈澱物/堆積分離
 エマルジョン及び油・水・完全連續分離
連續式遠心分離器
 槽液及槽渣用
 4馬力 毎時40立處理他=大量用アリ

濾過、脱水、清澄、残渣採取
實驗用 小型脱水器
 (ステンレス製耐酸耐アルカリ用)
 R.P.M. 4,000 迴轉調節容易、使用法種々アリ
 口径 15cm, 20cm, 25cm, 他=大型用アリ
 吸引ロート代用、フィルタープレス代用



ステンレス製バスケット

専門製作 佐久間 寧二商店

営業所 東京都日本橋區家町三丁目一番地
 電話 日本橋(24) 三九及二・五四七八
 工場 東京都墨田區南六郷三丁目十六番地
 電話 墨田 八二七〇

御一報次第各種總合型録請見

Ⓟ Philopon

M33N

除倦覚醒剤

ピロポン

「製法特許」

集成

塩酸塩



作用及び特徴

- 一、本剤は強力なる中枢性興奮作用を有し精神的及び肉體的活動を著明に亢進し、判断力、思考力の増加と力行慾、作業能の昂揚を來す
- 二、疲勞を豫防或は除去し、又沈鬱、不安を除き元氣を恢復し、氣分を爽快にする
- 三、特異にして強度の睡眠除去、覺醒作用があり不快感の少しもない不眠状態とする
- 四、強力にして持續的なる血壓上昇作用を有し、殊に低血壓、虚脱状態には甚だ偉効がある

適應領域

- 一、健康者に於ける應用
過度の精神的並に肉體的活動が一時的に要求される場合
徹宵、夜間作業、その他睡氣除去を必要とする凡ゆる場合
- 二、醫療方面の應用
患者の苦惱、不安の軽減、抑止性憂鬱症、メラニコリー、各種の昏睡よりの覺醒、低血壓症及びその隨伴症狀、各種原因による疲勞状態、手術中及び後の虚脱状態、麻醉よりの覺醒促進、手術後の乏尿或は無尿

包裝

錠劑 (1錠中・0.015瓦含有) 10錠 50錠 100錠 500錠
散劑 (100倍稀釋、1瓦中・0.15瓦含有) 10瓦 30瓦 100瓦
注射劑 (1cc中・0.0015瓦含有) 1cc 5cc 10cc 50cc

製造元

大日本製藥株式會社

支店 大阪市東區道修町三丁目
支店 東京市日本橋區本町二丁目
支店 奉天市大和區浪速通

文献申込次第贈呈

細菌感染に対する注射口速達性

(P)

最新化学療法剤

シキナール

4-Aminobenzolsulfonacetamid

【製法特許】

三〇%の高濃度純水溶液として

静脈注射に好適す

一、本剤は溶解度及び透透性甚大であり、従つて腸管よりの吸収佳良であり、又有機溶媒を少しも含まない三〇%の高濃度純水溶液として静脈内注射が何等の危険もなく可能である。

一、細菌感染に對する効果が從來のあらゆるスルファオンアミド劑に比較して遙に卓抜である。殊に腦脊髓液中へも高濃度に移行し腦膜炎にも卓効を呈する。

一、副作用は絶無に近く、幼兒、妊産婦も意を安んじて使用し得る。

〔包裝〕

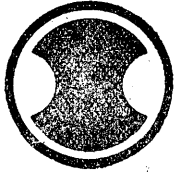
注射用(三〇%溶液) 五g 五管 一〇管 五〇管
 10g 五管 一〇管 五〇管
 錠劑(〇.五g) 三〇錠 五〇錠 一〇〇錠 五〇〇錠
 粉末(二.五g) 一〇〇瓦 五〇〇瓦

大阪市東區道修町三丁目

製造發賣元 大日本製藥株式會社

支店 東京市日本橋區本町二丁目

文献集申越次第送呈



アキプロン

アキプロン

肺炎・腦膜炎・流行性腦脊髄膜炎・
 膿胸・鼠蹊淋巴肉芽腫症・淋疾及び
 其合併症 百日咳・中耳炎・關節口
 イマチア・凡有る連鎖狀並葡萄狀球
 菌性疾患

に對する特效的化學療法作用は既に齊し
 く確認されたる處にして、更に赤痢、疫
 痢、下痢症に對する卓効は、從來の療法
 に比し一新威力を發揮しつつあり

注射液
 30%及10%
 各 5A 10A
 50A
 粉末
 25g 100g
 500g
 錠劑(0.2)
 20錠 50錠

製造發賣元

塩野義製藥株式會社

大阪市東區道修町三丁目
 支店 東京・京城



アチル

製造發賣元

塩野義製薬株式会社

大阪市東區道修町三丁目
支店 東京、京城

注射液(2%) 10管 3.20

5管 1.700

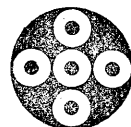
(5%) 5管 3.50

10管 7.00 50管 35.00

丹毒・産褥熱・敗血症・中耳炎・扁桃腺炎・猩紅熱・蜂窩織炎・淋巴腺炎・膿胸・癰・癩・面疔・膿疱疹・癩疔・淋疾其の他の尿路疾患・腹膜炎・蟲様突起炎・クループ性肺炎・腦膜炎・小兒膿尿・リツテル氏病・口内炎・齒槽膿漏・齒齦炎等

凡有る連鎖狀並葡萄狀球菌性疾患に對する治療的效果は全く特效的にして、既に齊しく臨牀家各位の確認さるゝ處、特に副作用絶無なる點に到つてはスルホンアミド劑に比し遙かに勝れたる長所である

凍傷の



ホルモン療法

スチルブエストロールとも別稱せられる本剤は、合成品なるため恒に力價均齊・奏効確實然も内服効果は極めて優秀にして尿性製劑を遙に凌駕する。

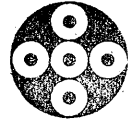
従つて現今凡ゆる卵胞ホルモン適應症に賞用されて居るが、殊に本剤の有する末梢血管擴張作用は皮膚の新陳代謝を旺盛ならしめ、凍傷・凍瘡・潰瘍等の皮膚疾患の新治療劑として益々好評を博してゐる。

注射液	0.1瓶	0.5瓶	1.0瓶
	各	0.5cc	10管
錠劑	(0.1瓶)	50錠	10錠
粉末	(1瓦=0.1瓶)	100瓦	500瓦

スチルベン系 合成 卵胞ホルモン劑

エストチモン

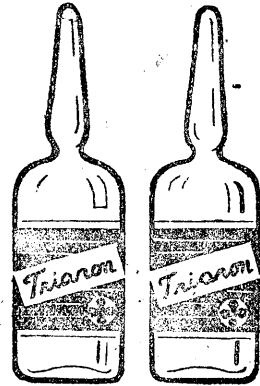
製造發賣元・大阪市東區道修町
 田邊製藥株式會社
 關東販賣元・東京都日本橋區本町
 東京田邊製藥株式會社



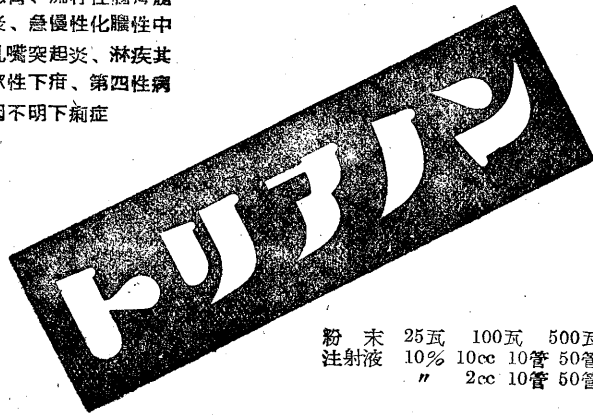
細菌性疾患の

スルファピリジン療法

肺炎の新化学療法劑として斯界に激賞されたるスルファピリジン劑トリアノンは、各種細菌性化膿症に對して、爾他ス劑に見ざる強力なる抗菌作用を發揮する。即ち流行性腦脊髓膜炎、淋疾及び各科領域に於ける連鎖狀球菌、葡萄狀球菌性疾患は勿論赤痢、疫痢等の桿菌性疾患にも重用せられてゐる。



各種肺炎、膿胸、感冒、流行性腦脊髓膜炎、化膿性腦膜炎、急慢性化膿性中耳炎、扁桃腺炎、乳嚢突起炎、淋疾其他淋菌性諸疾患、軟性下疳、第四性病赤痢、疫痢其他原因不明下痢症



粉 末	25瓦	100瓦	500瓦
注射液	10%	10cc 10管	50管
	"	2cc 10管	50管

製造發賣元・大阪市東區道修町
田邊製藥株式會社

關東販賣元・東京都日本橋區本町
東京田邊製藥株式會社

品製



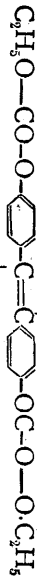
田武



エステル効果を期待せる

新卵胞ホルモン様製劑

オイベスチン



本劑は従来のスチルベン製劑のバラの位置にデカルボエトオキシ・オキシ基を有する新製劑なり
 本劑は純化學的合成品なれば効果常に均齊なり
 本劑は安定にしてスチルベン基本型に比し効力強く持続的にして而も副作用殆どなし

卵巢機能減退及び缺落諸症、女性生殖器發育不全、無月經、月經不順、不妊症、不感症。
 女子更年期障礙諸症例へば頭痛、腰痛、倦怠、耳鳴、下腹痛、神經衰弱。
 乳汁不泌不足・減退。

其他卵胞ホルモンの適用される諸症狀

【包裝】

錠劑	(五〇Y)	一〇〇錠	三〇〇錠
注射液	〇・〇五	一〇管	五〇管
	〇・五	一〇管	五〇管
	一・〇	一〇管	五〇管

町修道市阪大 社會式株業工品藥田武 元賣發造製

(店商衛兵長田武 式株 稱舊)

品製  田武



肝・膽道疾患治療劑

クルクロン

鬱金草より抽出したる暗赤褐色の液にて、鬱金に類する香氣を帯び稍苦味を有す。

〔主要藥理學的作用〕

- 一、極めて著明に肝解毒機能を亢進す。
- 一、肝のガラクトーゼ處理作用を著明に亢進す。
- 一、ウロビリソンの病的増量を顯著に減少す。
- 一、十二指腸ソナを用ひて十二指腸に注入するときは膽汁の腸内流出量は著明に増加す。
- 一、急性の肝障礙に因る高田氏反應陽性の陰性轉化を促進せしむ。
- 一、肝・膽道疾患の主訴たる苦痛即ち肝臓・膽嚢部の疼痛・緊張感、壓迫感を速かに消退若くは減退せしむ。

〔適應症〕 カタル性黄疸、サルバルサン黄疸、急性・慢性膽石症、慢性膽嚢炎、膽道炎等。

〔包裝〕 一〇〇瓦 五〇〇瓦

製 造 發 賣 元
武 田 藥 品 工 業 株 式 會 社
大 阪 市 東 區 道 修 町

—新人體肺胞空氣自動採取法 612.235

(人體肺胞空氣の研究 I)

京都帝國大學醫學部生理學教室

吉 村 正 太

Yoshimura-Masata

(昭和18年7月16日受付)

I. 序 説

人體肺胞換氣の研究の第一歩として肺胞空氣の採取法並びに其組成の研究が重要である。肺胞空氣採取法は Haldane-Priestley (7)法 (以下 H-P 法と略稱する) を以て嚙始とする。此法は一般に知らるゝ如く所望の時期に被檢者に深呼吸をなさしめ、其呼出氣の最後の部分を採取分析するものであつて、原法に於ては自然吸息直後の呼出と自然呼息直後の呼出との2回の採取氣の組成の平均値を以て其時の肺胞空氣の組成とするのである。此方法は被檢者がよくこれに習熟することを要し、未熟なる被檢者は往々深呼吸をなす直前の吸息を正常よりも深くすることありて其成績を不正確とする恐れがある。又1回の深呼吸採取をなしたる後次の採取をなすまでには若干の時間間隔を置くことを要するの不便がある。故に Krogh & Lindhard (9) は被檢者の正常呼息の最後の部分を採取してこれを以て肺胞空氣を代表するものとして其組成を研究した。此方法は其後 Boothby & Peabody 及其他若干の研究者(3)によりて襲踏せられたが、Henderson & Haggard (8) はこれを改良して、吸息時の陰壓を原動力として自動的に呼出肺胞空氣即ち呼息の最後の部分を連続採取する方法(以下 H-H 法と略稱する)を案出した。此方法は H-P 法の如く被檢者の協力を要することなきを以て、任意の被檢者に適用し得るの利あれど、其採取管中の空氣を漸次自動的に採取する呼出肺胞空氣を以て置き換ふるものなるを以て、約250 ccの材料を採取するに5~10分を要するの不便がある。此方法は更に Mobitz u. Grosse (10)によりて改良使用せられた。又 Regelsberger (14)は呼吸運動描畫器の運動を自動採取の原動力に利用し、Benzinger u. Brauch (2)は呼吸によつて開閉せらるゝ電磁石を利用して呼出氣の最後の部分を採取した。

上記の諸研究者は其採取したる呼出氣が正しき肺胞空氣を代表するものなりや否やを検するに種々の間接證明法に依つてゐるが、直接に其ガス分壓を動脈血のガス張力と比較檢證せる者は無い。

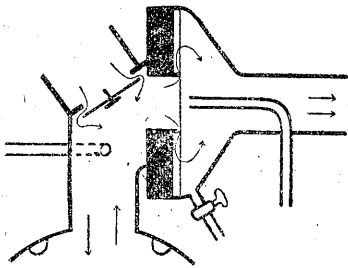
著者は上記の原理による肺胞空氣自動採取法に於て誤差の原因となる呼吸瓣の構造を改良して、採取する呼氣中に前回到吸入したる空氣の混入を絶対に防止する構造となすと共に、任意

の被檢者殊に臨床上患者に使用し得る装置を考案し、これによりて採取したる呼出肺胞空氣が所望の肺胞空氣なることを、之れと平衡せしめたる血液のガス張力を同時に採取したる動脈血のガス張力と比較することによりて證明した。

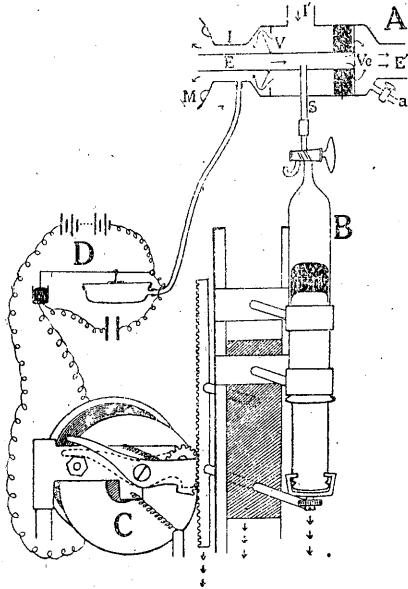
II. 装 置

此所に報告する肺胞空氣自動採取装置は呼吸瓣及び呼出肺胞空氣吸引装置の二部より成る。呼吸瓣は初め H-H 法に記載せる呼吸瓣を其指定に従ひ製作使用せしに、其成績は H-P 法に比して常に O_2 過大、 CO_2 過小の成績を示し、其主因は呼息瓣及吸息瓣間の不用空間(死腔)が過大(約 100cc)なるにありと認め、第 1 圖に示す如く不用空間を最小(約 10cc)とする呼吸瓣を考案作製せしも、其瓣室と口片との距離短かくして實際使用上不便なることを認めたるを以

第 1 圖 不用空間を最小とせる呼吸瓣



第 2 圖 肺胞空氣自動採取装置



て、更に第 2 圖 A に示す如く全く不用空間を存せず、且つ採取する呼出氣は呼息瓣の後方にて採取することに改めて初めて満足すべき結果を得るに至つた。圖の M はゴム製口片にして、被檢者はこれを口に含みて鼻孔を閉ぢて口腔呼吸をなす。鼻孔を閉づるには歐人の使用する如き鼻挟みは鼻孔丸き邦人に適せず、適當の大きさのゴム栓を以て閉塞するが便利である。I, I' は吸氣管、Vi は吸氣瓣、E, E' は呼氣管、Ve は呼氣瓣である。E は口片 M よりも約 1.5 cm 口腔内に突出する。其呼氣瓣に近き部位に側管 S ありて肺胞空氣採取管 B に連る。此採取管は當教室に常用せる型にして、50cc 注射器の先端に圖の如き三方活栓を融着したものであり、其死腔は水銀を以て閉塞する。呼氣管 E' に附したる側管 a は此水銀の溢出せるものを回収する用に供する。此注射器の内筒は硝子製にして、其頭部は把握装置によりて把握せらる。此装置は歐文タイプライターの脱進装置と同様の機構によりて、電磁石 C の牽引することによりて一定の大きさだけ注射器の内筒を引き下ぐるやうになつてゐる。此引き下げの大きさは調節装置によりて 1 回 0.5 ~ 5 cc の範圍内にて適當に調節せらる。電磁石

の電流回路はタンブル D の上下に従ひて其先端に装置せる白金水銀電鑰によりて閉鎖せらる。此タンブルは吸氣管 I の側管に連るを以て、毎吸息時に其吸息陰壓によりて電路を閉鎖

し、毎呼吸時に電路を開放する。故に毎呼吸時に呼氣管Eを充せる呼出氣の最後の部分中の任意の一定量(0.5~5cc)が、毎呼吸時に採取管B内に吸引せらる。此装置によりて數回乃至十數回の呼吸中に分析に必要な量(20~30cc)の呼出肺胞空氣を採取し得る。電磁石を動かす電流は著者自製のものにては約3.5アンペーアを要し電壓約35V以上を要するから、適當なる摺動抵抗(約30オーム以上)を挿入して教室に施設せる50V又は110V直流を以て之れを動かし、又其白金水銀電鑰には火花放電を減殺する爲に適當なる蓄電器(容量約2MF)を並列に挿入した。此等の電磁装置は各使用者の實驗室の設備に適するやうに適當に改作するがよい。尙此装置の呼吸瓣の呼氣管E'に三方活栓及び呼氣採取囊を連結して呼氣を採取し、法の如く其呼吸の數、深さ、呼吸分時量、及びガス代謝量を測定し得る。又吸氣管I'の口を適當なるガス貯藏器に連結するとき、これによりて所望の氣體を吸入することを得る。

III. 本装置によりて採取したる肺胞空氣の檢證

身體の狀態が一定するときには肺胞空氣の組成はこれに適應したる一定の値を取ることは既知の事實であるが、本装置を以て10分毎に採取分析したる呼出肺胞空氣の組成は、第1表の例に示す如く、一定の體位に對して分析上の誤差の範圍内に於て略一定である。然し乍ら此呼出氣が將して眞に肺胞空氣として認め得べきものなりや否やに就ては直接の檢證を要する。

第1表 肺胞空氣測定例

實驗例(溫度)	實驗條件	時 間分	呼吸數 /分	呼吸深さ C.C	呼吸分時量 C.C	肺胞空氣		實驗例(溫度)	實驗條件	時 間分	呼吸數 /分	呼吸深さ C.C	呼吸分時量 C.C	肺胞空氣	
						O ₂ %	CO ₂ %							O ₂ %	CO ₂ %
1 (27.2~27.7)	臥位 靜止	20	13.7	277	3.80	13.96	5.49	4 (27.2~27.7)	坐位 靜止	20	13.9	509	7.05	14.09	4.82
		30	16.8	242	4.05	14.58	5.46			30	12.5	526	6.56	15.12	4.90
		40	16.4	213	3.31	14.44	5.45			40	15.5	424	6.58	14.52	4.74
		50	16.1	242	3.90	14.14	5.50			50	14.9	421	6.27	15.65	4.56
		60	16.5	254	4.19	14.58	5.45			60	14.9	400	5.93	15.03	4.65
		70	15.9	316	5.01	14.60	5.51			70	14.6	427	6.23	15.00	4.87
2 (27)	臥位 靜止	20	16.0	329	5.24	14.92	5.32	5 (27)	臥位 坐位 立位	12.5	522	6.53	14.45	5.68	
		30	16.6	324	5.37	15.16	5.15			12.6	461	5.83	14.56	5.81	
		40	16.2	270	4.37	15.38	5.45			12.1	550	6.67	14.38	5.42	
		50	14.9	276	4.01	14.32	5.39			12.5	563	7.04	14.38	5.38	
		60	14.7	256	3.77	14.46	5.43			13.6	468	6.36	14.81	5.29	
		70	15.9	270	4.29	15.10	5.38			14.2	571	6.92	15.85	4.70	
3 (27~28.5)	坐位 靜止	20	12.9	548	7.06	15.01	5.03	6 (27)	坐位 立位 臥位	14.5	445	6.52	14.94	5.44	
		30	15.7	343	5.39	15.10	4.91			14.8	447	6.61	15.05	5.45	
		40	12.7	402	5.12	14.57	4.35			14.2	479	6.78	15.42	5.15	
		50	11.6	467	5.42	15.40	4.86			14.8	515	7.62	15.27	5.10	
		60	11.7	460	5.38	14.53	4.84			12.8	496	6.33	15.02	5.66	
		70	12.1	391	4.75	15.28	4.82			12.9	561	7.23	15.11	5.66	

肺胞空氣を採取分析する目的は、肺胞に於てこれと殆んど又は完全に平衡するものと考へらるゝ動脈血のガス張力を知るに在る。故に本装置にて採取したる呼出肺胞空氣が此條件を充すや否やを檢するには、これと平衡せしめたる被檢者の血液のガス含有量を、其呼出氣と同時に採取したる動脈血のガス含有量と比較することが最も確實なる檢證法である。此爲に次の實驗を施行した。

被檢者の呼出氣の最後の部分を本自動装置にて採取すると同時に、其動脈血を齋藤氏法(16)によりて採取分析する。此採血の直後に同様の方法によりて採取したる血液に 0.2% の割合に 蔭酸加里を添加して凝固を防止し、これを前記の如くして採取したる呼出肺胞空氣(血液の約 20 倍容積)と共に適當なる太さの活栓付硝子管に容れ、37°C の恒温槽中に約 15 分間回轉して血液を完全に呼出肺胞空氣と平衡せしめたる後、此平衡血のガス含有量を動脈血と同様に分析測定する。其實験成績は第 2 表に示す如く、坐位靜止狀態、立位靜止狀態並びに筋作業狀態に於て、共に實驗誤差の範圍内に於て略相一致する。故に上記の如くして採取したる呼出肺胞空氣のガス張力を以て、其時の動脈血のガス張力を示すものと認め得ることが確證せられた。

第 2 表 採取肺胞空氣と平衡せしめたる血液と動脈血との比較

實驗例	實驗條件	O ₂				CO ₂			
		肺胞空氣 (1)	(7)ト平衡セル血液 (2)	動脈血 (3)	差 (2)-(3)	肺胞空氣 (4)	(4)ト平衡セル血液 (5)	動脈血 (6)	差 (5)-(6)
		%	容積 %	容積 %		容積 %	容積 %		
1	坐位靜止	15.72	20.8	20.5	+0.3	4.75	44.6	44.8	-0.2
2		15.26	19.7	19.5	+0.2	5.46	48.4	49.3	-0.9
3		16.20	19.7	18.8	+0.9	4.72	44.6	44.5	+0.3
4		15.10	19.3	20.6	-1.3	5.38	44.7	44.2	-0.1
5		15.32	17.0	18.2	-1.2	4.93	43.5	43.6	-0.1
6		14.71	21.3	21.1	+0.2	5.58	44.6	46.0	-1.4
7		15.10	20.3	20.4	-0.1	4.77	48.9	50.4	-1.5
8		14.61	20.9	19.8	+1.1	5.60	49.5	48.9	+0.6
9		15.05	20.7	19.9	+0.8	5.41	48.4	49.4	-1.0
10		14.49	22.0	21.9	+0.1	5.58	48.4	50.4	-2.0
11		14.63	18.9	17.4	+1.5	5.08	42.3	43.0	-0.7
12		14.37	19.6	19.4	+0.2	4.80	49.2	46.9	+2.3
13		15.12	19.7	19.0	+0.7	4.93	40.2	42.0	-1.8
14		16.15	21.5	21.5	0	4.72	44.7	47.3	-2.6
15		15.30	18.5	18.1	+2.4	4.85	46.5	46.8	-0.3
16	立位靜止	14.72	19.9	20.0	-0.1	6.15	48.1	48.4	-0.3
17		14.98	21.5	20.4	+1.1	5.42	46.6	46.5	+0.1
18		14.99	19.7	19.1	+0.6	5.38	42.1	43.3	-1.2
19		14.72	22.5	22.2	+0.3	5.27	45.6	43.3	+2.3
20		15.57	22.7	19.7	+3.0	5.06	47.2	46.9	+0.3
21		14.98	18.2	18.2	0	5.22	39.6	39.9	-0.3
22		15.38	21.3	21.7	-0.4	5.56	44.8	45.3	-0.5
23		14.09	18.1	17.9	+0.2	5.36	42.7	43.5	-0.8
24		14.61	18.4	18.5	-0.1	5.08	42.0	43.6	-1.6
25	筋作業 (373% 538% 729% 872%)	14.70	21.8	21.5	+0.3	6.89	47.6	46.8	+0.8
26		14.65	20.3	19.8	+0.5	5.64	44.2	46.1	-1.9
27		13.52	16.3	18.2	-1.9	7.15	46.2	45.4	+0.8
28		14.54	18.3	17.8	+0.5	7.19	43.5	44.2	-0.7

IV. 本法と H-P 法との比較

同一人に就て坐位靜止狀態に於て肺胞空氣を採取したる後、H-P 法による呼息直後及吸息直後の肺胞空氣を 10 分の間隔を以て採取せしものゝ分析結果は第 3 表の如くである。此表を見るに、O₂、CO₂ 共に兩法の結果の差は微少にして、略實驗誤差の範圍内にありと認め得る。其 O₂ に就ては、多くの場合(實驗例 1~8)には本法の肺胞空氣の値は H-P 法の呼息直後の値と吸息直後の値との中間にあれど、其若干(實驗例 9~14)に於ては前者は後二者の範圍を逸脱

することもある。CO₂ に就ても同様の関係を認め得る。

第3表 肺胞空氣自動採取法と H-P 法との比較
(坐位 静止)

實 驗 例	O ₂					CO ₂				
	H-P 法			自動式 (2)	差 (1)-(2)	H-P 法			自動式 (4)	差 (3)-(4)
	呼息右 %	吸息右 %	平均(1) %			呼息右 %	吸息右 %	平均(3) %		
1	14.39	14.22	14.31	14.38	-0.07	6.00	5.80	5.90	5.94	-0.04
2	15.34	15.68	15.51	15.34	+0.17	5.35	5.05	5.20	5.20	0
3	13.69	14.78	14.24	14.16	+0.08	6.12	5.83	5.98	6.04	-0.06
4	13.12	14.70	13.91	13.42	+0.49	6.12	5.79	5.96	5.85	+0.11
5	14.18	14.28	14.23	14.18	+0.05	6.18	5.97	6.08	5.91	+0.17
6	14.58	15.64	15.11	15.24	-0.13	5.38	5.30	5.34	5.42	-0.08
7	14.99	15.02	15.01	14.99	+0.02	5.92	5.79	5.86	5.76	+0.10
8	14.64	15.09	14.87	14.76	+0.11	5.95	5.76	5.86	5.96	-0.10
9	15.54	14.90	15.12	14.82	+0.30	5.90	5.89	5.90	5.99	-0.09
10	15.39	15.31	15.35	14.82	+0.53	5.79	5.68	5.74	5.76	+0.02
11	15.36	15.62	15.49	14.95	+0.54	5.56	5.32	5.44	5.49	-0.05
12	14.31	14.83	14.57	13.96	+0.61	6.26	6.00	6.13	6.34	-0.21
13	14.49	14.71	14.60	14.97	-0.37	6.39	6.13	6.26	5.82	+0.44
14	14.15	14.65	14.40	14.90	-0.50	6.03	5.88	5.96	5.64	+0.32

V. 肺胞空氣の組成の不均等性

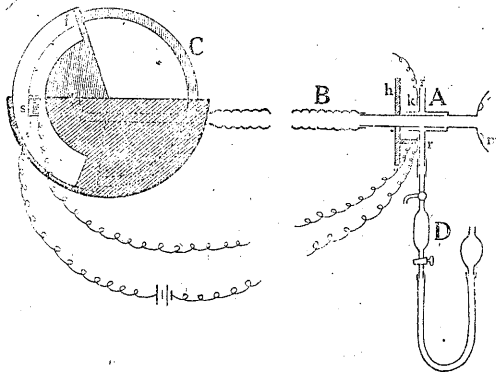
Haldane & Priestley (7) は其肺胞空氣採取法を案出するに當り、其呼出氣の最初の部分即ち氣道の内腔(不用空間)を充たせし空氣を混じたる若干の呼出氣を除きたる後の呼出氣は即ち肺胞空氣にして、其組成は呼出の深さに關せず均等なるものなりと考へた。Siebeck (17) は一定量の水素ガスを吸入せしめて其肺胞空氣内の分布を検し、身體安靜状態に於ては最初の呼出氣約 350 cc を除きたる以後の呼出氣の組成は全部均等なりと報告してゐる。然るに Krogh u. Lindhard (9), Sonne (18) は Siebeck の實驗の如く 1 回吸入したる水素ガスは直ちに肺の各部に均等に分布するものに非ずと主張し、Aitken & Clark-Kennedy (1) は深呼出氣の CO₂ 濃度は呼出の初めの部分(約 1000cc まで)は S 字狀の曲線をなして上昇し、それ以上は略一直線をなして漸次呼出の深さに従ひて上昇するものと報告してゐる。其後にも亦 Nielsen u. Sonne (12) は 1 回の深呼吸中に其呼出の深さに従ひて順次 6~8 個の呼出氣標本を分別採取し、其組成は呼出の深さに従ひて差異あることを證し、更に Sonne (19) 及び其門下の Roelsen (15) は此法を用ひて正常空氣呼吸及び水素ガス吸入の場合に就て之れを再檢し、肺胞の換氣は肺の部位によりて異なるものなりと結論してゐる。又 Dirken (6) は Matthes 法によりて測定せし人體動脈血の酸素飽和度と肺胞空氣の組成とを比較して同様の結論に到達し、Mundt, Schoedel u. Schwarz (11) も亦水素ガス吸入後に呼出せし肺胞空氣中の水素ガス濃度を熱線法によりて測定して、其分布が肺の部位によりて不均等なることを報告してゐる。尚ほ Cotton (4) は長き硝子管を通じて深呼吸をなし、其各部分の呼出氣の組成に就て研究せしも、未だ確實なる結論に到達するに至らなかつた。

以上の文獻を見るに、少くも1回の深呼出氣の各部分の組成は、其最初の氣道の含有氣を混入せる部分を除きたる後の部分に於ても、各部均等ではなく、呼出の深さに従ひて差異あること略確實と認めらる。これを單なる考察により推測するも、呼出氣の後の部分に至るほど肺胞内に存在する時間長きを以て、深呼出氣の組成は呼出の深さに伴ひて CO_2 は漸増し O_2 は漸減するものと推察せらるゝが、前記の Nielsen u. Sonne (12), Roelsen (15) 等の成績を見るに、必ずしも斯の如く規則正しき變化をなすと限らず、特に其最後の呼出氣の組成は往々上記の推定と逆行することが認めらる。

本自動採取装置によりて採取したる肺胞空氣は、上記 III に於て立證したる如く、其時の動脈血と平衡せるものと認めらるゝも、肺胞空氣の組成が呼出の深さにによりて異なるものなりとせば、本装置にて得たる肺胞空氣の組成は其全呼出氣の如何なる部分の組成に相當するかを實驗的に検査することが實際問題として有意義である。此目的の爲に次の装置を造りて、1回の深呼出氣より6個の部分を分別採取してこれを分析し、これを其呼出の直前に本自動装置にて採取したる肺胞空氣の組成と比較した。

實驗裝置：第3圖は呼出氣分別採取裝置の模型圖である。呼出氣は内徑約 1.5cm の金屬製二重圓筒A及びこれに連結せる蛇管Bを経て廻轉式肺活量計C中に呼出せらる。二重圓筒の一

第3圖 呼出氣分別採取裝置



端に於ては外筒は内筒よりも約 1.5cm 長く、これにゴム製口片 m を附着する。其他端に於ては内筒は外筒よりも約 6cm 長く、これに蛇管を連結する。内筒の此部分に把柄 h を附し、これによりて内筒を外筒に對して活栓の如く氣密に廻轉し得る。外筒は其同一圓周上に等距離に放射狀に配列せる6本の側管 r を有する。此側管は各適當なる長さの厚壁ゴム管によりて呼氣採取管 D に連結する。

内筒の側壁には1個の小孔ありて、内筒を廻轉する時にこれは順次に6個の側管 r の各に連絡する。呼氣採取管 D は内容約 20 cc の硝子管にして直立位に保ち、其上下兩端に各1の活栓を有する。其上端は外筒の側管に連結し、下端は長さ約 1m の厚壁ゴム管によりて水銀溜硝子球に連結する。これに呼出氣を採取するには、先づ一々の側管を順次に内筒の小孔と合せて各採取管及び側管の全部を水銀を以て充たし、内筒を廻して側管口を遮斷したる後水銀溜を引き下げて側管並びに採取管の内部を眞空とし、採取管の下方の活栓を閉ぢて置く。被檢者は上記口片 m を口に含みて鼻呼吸をなし、所要の時期に A, B を經て C 内に急速なる深呼出をなすと同時に A の内筒を把柄 h によりて一廻轉せしむる時は、内筒を經て C 内に呼出せられつゝある呼氣の一部は順次に6本の採取管内に入る。於之採取管の上方の活栓を閉ぢ、其内容

を順次分析する。此上方の活栓を三方活栓とする時は、これによりて其内容を分析器内に移すに便利である。

斯くの如くして採取したる6個の呼出氣は各其呼出の時期、即ちこれに相當する呼出の深さを異にする。これを知る爲に次の装置を用ひる。内筒の把柄hと外筒の各側管rとの間に接觸電流接續装置kを設け、其各を1個の電磁記號器sの回路中に竝列に挿入し、内筒を廻轉する間に其小孔が順次各側管rと連絡すると同時に、其側管rと把柄hとの接觸回路が閉鎖して電磁記號器sの筆杆を動かす。其筆尖は肺活量計Cの廻轉氣筒の柄に特に附設したるアルミニウム板f上の塗煤面に觸れて、呼出氣によりて氣筒が廻轉する間に各採取管内に呼出氣の進入する時期を示すから、これによりて採取したる各呼出氣に相當する呼出の深さ(採取の瞬間迄に呼出せられたる氣容)を知ることを得る。

實驗成績：1. 坐位靜止狀態に於て行ひたる7例の實驗成績(第4表)を見るに、最初の0.3l以内の呼出氣の組成(表中括弧にて包みたる値)は其後の呼出氣よりも著しく大氣に近き組成を示してゐる。これは呼息終了時に氣道内に在りて肺胞内の換氣に與らざりし不用空間の空氣を混じたる部分であるから之れを除外し、呼出の深さ約0.4l以後の呼出氣を以て肺胞空氣として

第4表 呼出の深さと呼出肺胞空氣の組成との關係並に自動採取法による肺胞空氣との比較

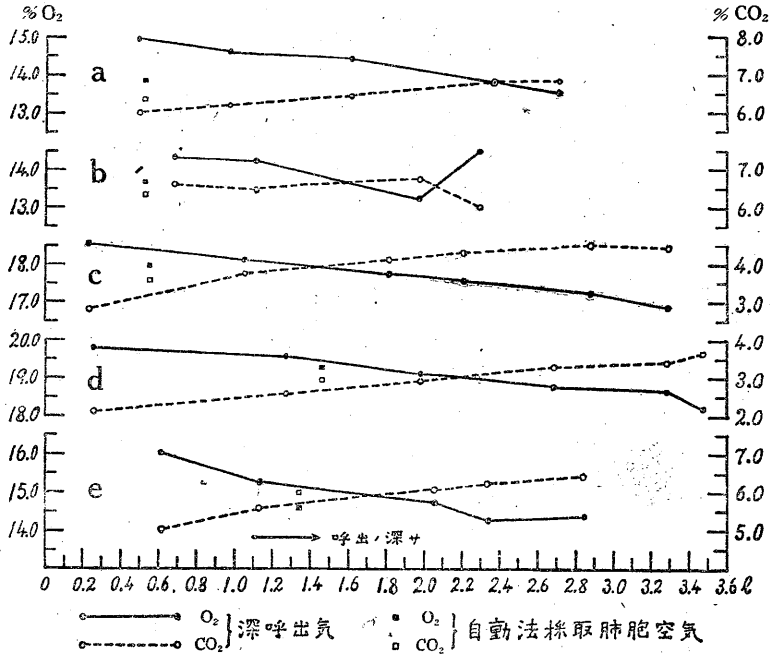
1. 坐位靜止狀態

實驗例	室溫 C°	呼吸			肺 胞 空 氣										自動法 採取
		深さ C.C	數 /分	分時量 l	深 呼 出 氣										
1 (a)	14.0	518	13.8	7.13	深さ l	0.10	0.49	0.97	1.61	2.36	2.71	平均	13.88		
					O ₂ %	(19.87)	14.95	14.65	14.42	13.81	13.52	14.27			
					CO ₂ %	(0.62)	6.00	6.18	6.43	6.81	6.83	6.45		6.37	
2	16.0	546	12.7	6.94	深さ l	0.21	0.52	0.97	1.29	1.87	2.23	平均	14.14		
					O ₂ %	(17.31)	15.64	15.14	15.06	14.54	14.31	14.94			
					CO ₂ %	(3.53)	5.41	5.68	5.66	6.02	5.80	5.71		5.61	
3	15.0	572	14.2	8.13	深さ l	0.15	0.53	1.10	1.70	2.51	2.80	平均	14.17		
					O ₂ %	(18.76)	15.30	14.95	15.02	14.76	14.82	14.97			
					CO ₂ %	(1.08)	5.80	5.91	5.91	6.18	6.35	6.03		6.12	
4	13.0	543	13.1	7.12	深さ l	0.05	0.30	0.96	1.33	2.23	2.59	平均	14.52		
					O ₂ %	(19.53)	(16.49)	15.06	14.75	14.51	14.14	14.62			
					CO ₂ %	(0.59)	(5.49)	5.86	6.12	6.28	6.32	6.15		5.80	
5 (b)	14.5	522	12.7	6.63	深さ l	0.08	0.30	0.68	1.11	1.97	2.29	平均	13.66		
					O ₂ %	(19.17)	(15.17)	14.32	14.18	13.21	14.45	14.04			
					CO ₂ %	(0.75)	(5.68)	6.57	6.46	6.73	5.99	6.44		6.33	
6	14.5	533	13.3	7.09	深さ l	0.02	0.38	0.96	1.38	1.80	2.06	平均	13.30		
					O ₂ %	(19.28)	13.60	13.49	12.60	12.85	13.42	13.19			
					CO ₂ %	(1.13)	6.81	6.80	7.24	7.02	7.00	6.97		6.88	
7	14.0	504	13.4	6.76	深さ l	0.03	0.60	0.93	1.37	2.15	平均	13.76			
					O ₂ %	(20.68)	14.29	14.97	14.45	14.26	14.49				
					CO ₂ %	(0.26)	6.12	6.23	6.03	5.99	6.09		6.21		

備考：括弧内の數値は平均値ノ計算ヨリ除ク

其組成を見るに、大體に於て呼出の深さに伴ひてO₂の%は漸減しCO₂の%は漸増する(第4圖a, 第4表實驗例第1)。但し往々其最後の呼出氣に於て逆にO₂%が上昇しCO₂%が低下することがある(第4圖b, 第4表實驗例第5)。而して此呼出の直前に自動採取法によりて採取したる肺胞空氣の組成は、O₂, CO₂共に其各期の呼出氣の組成の平均値より稍低き値を示すこと

第4圖 第4, 5, 6表の各代表例



が多いが、大體に於て其呼出氣の深さによる變動の範圍にある。斯くの如く呼出肺胞空氣の組成が其呼出の深さによりて變動する所以は、後に呼出せらるる空氣程前に吸入せられたるものであつて肺胞内に止まる時間長く、充分に血液とガス交換を行ひたる事が少くも其一因と考へらるゝも、其外に Sonne 等の説の如く肺の各所の肺胞空氣が各其組成を異にせるものなりや否やは明かでない。

2. 數分間意識的に呼吸を促進したる後に深呼吸を行ひて上記と同様の實驗を行ひたる5例(第5表)の成績を見るに、主として呼吸數のみを増加せし場合にも、呼吸數並びに其深さを共

第5表 呼出の深さと呼出肺胞空氣の組成との關係並に自動採取法による肺胞空氣との比較

2. 意識的呼吸促進狀態

實驗例	室溫 C°	呼 吸			肺 胞 空 氣									
		状態	深サ C.C	數 /分	分量 ℓ	深 呼 出 氣								
1 (c)	16.5	呼吸數 増大	551	60.0	33.06	深サ ℓ	0.23	1.05	1.81	2.20	2.88	3.29	平均	
						O ₂ %	18.50	18.10	17.73	17.61	17.24	16.86	17.67	17.95
						CO ₂ %	2.81	3.76	4.10	4.28	4.50	4.46	3.99	3.54
2 (b)	17.5	呼吸數 増大	1460	28.5	34.30	深サ ℓ	0.26	1.27	1.97	2.68	3.28	3.47	平均	
						O ₂ %	19.85	19.57	19.12	18.81	18.64	18.20	19.03	19.28
						CO ₂ %	2.12	2.61	2.96	3.30	3.40	3.64	3.01	2.96
3	17.0	全上	1840	31.6	51.79	深サ ℓ	0.40	1.85	2.42	2.75	3.05	3.36	平均	
						O ₂ %	(20.54)	19.21	18.92	18.40	18.22	18.04	18.56	19.17
						CO ₂ %	(0.40)	2.99	3.50	3.69	3.94	3.86	3.60	2.95
4	16.5	全上	1720	37.7	65.04	深サ ℓ	0.40	1.21	2.25	3.13	3.63	3.94	平均	
						O ₂ %	(20.01)	19.81	19.19	19.02	19.17	18.70	19.18	19.41
						CO ₂ %	(1.35)	2.20	2.49	2.78	2.93	2.93	2.67	2.43
5	17.0	全上	1110	40.0	44.43	深サ ℓ	0.75	1.71	2.71	3.08	3.37	3.47	平均	
						O ₂ %	19.57	19.54	18.92	18.77	18.47	18.06	18.89	19.42
						CO ₂ %	2.45	2.95	3.52	3.65	3.92	4.05	3.42	2.90

備考：括弧内ノ數値ハ平均値ノ計算ヨリ除ク

に増大せし場合にも、何れも常に呼出の深さに伴ひて呼出肺胞空氣の $O_2\%$ は漸減し、 $CO_2\%$ は漸増することを認むる (第4圖 c は第5表實驗例第1, d は同第2)。

3. 筋作業 (自轉車疲勞計使用) によりて呼吸を促進したる場合 (第6表) に於ては、呼出の深さに伴ふ呼出肺胞空氣の $O_2\%$ の漸減と $CO_2\%$ の漸増の傾向は更に顯著である (第4圖 e は第表實驗例第2)。

第6表 呼出の深さと呼出肺胞空氣の組成との關係並に自動採取法による肺胞空氣との比較

3. 筋作業状態

實驗例	室温 °C	筋作業 kg-%	呼吸			肺胞空氣									
			深さ C.C	数 /分	分時量 L	深呼出氣								自動法 採取	
1	16.5	401	1060	14.9	15.76	深さ	0.72	1.05	1.63	1.97	2.23	2.50	平均	13.40	13.79
						$O_2\%$	14.94	14.56	13.33	13.10	12.16	12.32			
2 (c)	14.0	448	1310	17.1	22.43	深さ	0.05	0.61	1.13	2.05	2.33	2.84	平均	14.58	14.58
						$O_2\%$	(19.34)	16.04	15.27	14.72	14.25	14.37			
3	17.0	644	1231	20.0	24.62	深さ	0.40	0.97	1.27	1.99	2.75	平均	14.43	14.20	
						$O_2\%$	15.65	14.66	14.66	13.87	13.30				6.28
4	17.5	721	1340	21.7	29.10	深さ	0.55	1.38	2.19	2.47	2.69	平均	14.19	14.42	
						$O_2\%$	15.82	15.00	14.25	14.09	13.24				12.76
						$CO_2\%$	5.11	6.17	6.50	6.94	7.13	7.22	6.16		

備考：括弧内ノ數値ハ平均値ノ計算ヨリ除ク

斯くの如く呼吸の促進に伴ひて深呼出せられたる肺胞空氣の $O_2\%$ の漸減、 $CO_2\%$ の漸増の傾向が顯著となることは、既記の如く後に呼出せらるる肺胞空氣は前に呼出せらるるものに比して肺胞内に止まる時間長く、血液との間のガス交換が高度に進行せしものなることを示す。而して此等の總ての場合に、其呼出の直前に自動法によりて採取したる肺胞空氣の組成は常に前者の最大最小兩極値間の範圍内に在る。故に、肺胞空氣の組成は其呼出中の時期又は肺の各所に於て必ずしも均等なるものではないが、便宜上自動法によりて採取したるもの組成を以て當該状態に於ける肺胞空氣の組成の代表値として取扱ふことを得る。

因に第4, 5, 6表に於て、1回の呼出中に於ける深さを異にする各呼出氣の組成の平均値を掲げたのは、單に自動法による肺胞空氣の組成との比較に便する爲であつて、斯くの如く一定せざる呼出の深さに相當する數個の呼出氣の組成を平均すると、これを以て嚴密なる意味に於ける肺胞空氣組成の平均値と見做し難きこと勿論である。

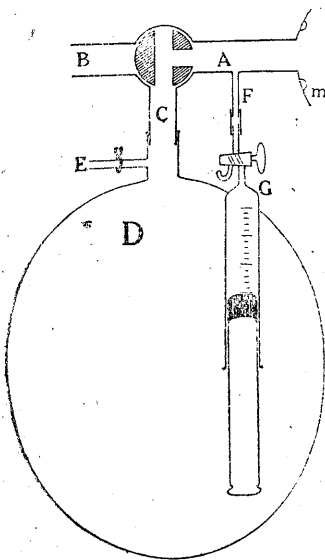
VI. 深呼出氣全部を採取してこれを正しき肺胞空氣と見做すことの適否

上記の成績より見る時は、自動法も H-P 法も共に正しき肺胞空氣の平均組成を與ふるものでなく、特に呼吸促進状態に於て其誤差大なることが豫見せらるる。Dill 及び其他 (5), Pearce (13) 等が運動時に H-P 法によりて採取したる肺胞空氣の $CO_2\%$ が過大なることを指摘せるは此爲なりと考へらるる。故に、呼出氣の最初の部分を除きたる殘餘の深呼出氣全部を採取してこれを肺胞空氣と見做すことが理論上最も正しき結果を與ふるものと考へらるる (勿論此場合

にも肺胞内に残留する残氣はこれに加はらぬから、嚴密なる意味に於ける肺胞空氣全部ではない。此目的の爲に著者は次の如き採取法を考案した。以下これを平均法と假稱する。

第5圖は平均法による肺胞空氣採取装置を示す。内徑約2cmの三方活栓の一枝Aに口片mを着ける。此枝の内腔は細き側管Fによりて水銀を以て充たされたる呼氣採取器Gに連絡する。活栓の他の枝Bは空中に開放する。必要あらば此枝に呼出氣採集嚢を連結して、此枝を経て呼出せらるゝ呼氣の全量を採取測定し得る。活栓の側枝Cに容量約3lのゴム嚢Dを連結する。被験者は口片mを口に含みたるまゝ鼻呼吸をなす。採取時には口呼吸に轉じ、先づ1回の正常呼吸をBを通じて行ひたる後、活栓を廻轉して呼出氣をゴム嚢Dに導くと同時に深呼吸をなし、次にH-P法の如く舌を以てmの口を閉ぢて鼻呼吸に歸る。斯くの如くして深呼吸出したる蓄氣をゴム嚢D内に採取すると共に、H-P法に従ひて其最後の呼出氣を採取器G内に採取することを得る。但し活栓の側枝C及びゴム嚢Dの口には若干の死腔を存し、既に正常空氣を以て充たされてゐるから、これを洗ひ去る爲に前以て上記と同様の操作を行ひてゴム嚢Dに蓄氣を充たし、活栓を廻してCを遮斷したる後D嚢内の呼出氣を細側管Eを通じて押し出してD嚢を空虛としてEを閉ぢ、C及びDの死腔を蓄氣を以て充たす。此種操作を行ひたる後に適當なる時間(普通約20分とした)を経て上記の如くして所望の蓄氣及びH-P法による肺胞空氣の最後の呼出部分を採取する。

第5圖 深呼吸氣の全部を採取する方法(平均法)



を遮斷したる後D嚢内の呼出氣を細側管Eを通じて押し出してD嚢を空虛としてEを閉ぢ、C及びDの死腔を蓄氣を以て充たす。此種操作を行ひたる後に適當なる時間(普通約20分とした)を経て上記の如くして所望の蓄氣及びH-P法による肺胞空氣の最後の呼出部分を採取する。

第7表 3種肺胞空氣採取法の比較
(坐位静止)

番 號	O ₂			CO ₂		
	自動法 %	平均法 %	H-P 法 %	自動法 %	平均法 %	H-P 法 %
1	13.30	14.08	13.29 (呼)	5.99	6.13	6.19 (呼)
	13.42	14.14	14.70 (吸)	5.85	5.49	5.79 (吸)
2	14.16	13.97	13.69 (呼)	6.04	5.97	6.12 (呼)
	13.51	14.93	14.73 (吸)	5.82	5.48	5.83 (吸)
3	12.69	13.97	12.45 (呼)	6.49	6.41	6.54 (呼)
	12.87	14.91	14.60 (吸)	6.38	5.97	6.09 (吸)
4	12.73	14.31	13.37 (呼)	6.12	6.03	6.15 (呼)
	12.77	14.61	13.91 (吸)	6.01	5.85	6.06 (吸)

(呼)ハ呼吸直後、(吸)ハ吸息直後ノ採取氣ノ値ヲ示ス

第7表は上記平均法及び H-P 法にて同時に採取せし肺胞空氣、並びに其直前に自動装置によりて採取したる肺胞空氣の分析値の比較を示す。此表を見るに、平均法の値は往々自動法又は H-P 法よりも $O_2\%$ 過大、 $CO_2\%$ 過小なる値を示し、理論上妥當なりと考へらるゝ平均法が實際に於ては必ずしも適當にあらざることを知る。此誤差の原因は不明であるが、或は三方活栓の側管及びゴム囊の口部の死腔の空氣の洗滌の不全によるものなるやも知れぬ。何れにしても此方法は自動法の代りに用ひるに足らぬものである。

VII. 結 論

1. 正常呼吸に於ける呼出氣の最後の部分を任意の一定量 (0.5~5cc) づゝ數回乃至十數回の呼吸の間に連続採取する装置を考察記載した。此装置を肺胞空氣自動採取装置と稱し、此方法を自動法と略稱する。

2. 身體が一定の状態に在るときは、自動法にて採取したる肺胞空氣は時間の経過に關せず略一定値を示す。此肺胞空氣と平衡せしめたる被檢者の血液のガス含有量は、これと同時に採取したる動脈血のガス含有量とよく一致する。此一致は坐位靜止状態、立位靜止状態のみならず、筋作業状態にも保たるる。

3. 身體靜止状態に於て自動法にて採取せし肺胞空氣の組成と從來一般に行はるゝ Haldane-Priestley 法 (H-P 法と略稱する) による肺胞空氣の組成とは甚だ近似してゐる。

4. 然るに肺胞空氣の組成は肺の各部に於て均等なりやは疑はしい。これを實驗的に研究する爲に1回の深呼出の種々の深さに相當する呼出氣を分別採取する装置を造り、其各の採取氣を分析するに、正常安靜状態に於ても深出氣の組成は呼出の深さに伴ひて變じ、多くの場合に $O_2\%$ は漸減、 $CO_2\%$ 漸増の傾向を示すも、時にはこれに反することもある。意識的に呼吸を促進したる場合、又は筋作業によりて呼吸の促進したる場合には、上記の如き呼出の深さによる呼出肺胞空氣の組成の變化は益々顯著となり、且つ常に呼出の深さに伴ひて其 $O_2\%$ は漸減、 $CO_2\%$ は漸増する。而して其呼出の直前に自動法にて採取したる肺胞空氣の組成は常に前者の最大最小兩極値間の範圍内にある。故に便宜上自動法によりて採取したる呼出肺胞空氣の組成を以て當該状態に於ける肺胞空氣の組成の代表値と認むることを得る。

5. 上記の如く呼出肺胞空氣の組成は呼出の深さにより變動するを以て、氣道を充たせし空氣を含む最初の呼出氣を捨てたる後の深呼出氣全部を採取して其組成を肺胞空氣の平均値と見做すことは理論上正しきが如きも、これを實施するときは實驗誤差大にして、其結果は自動法又は H-P 法の結果よりも不正確であるから、此方法は實用に供し難い。

文 獻

- 1) Aitken, R. S. & A. E. Clark-Kennedy (1928) J. of Physiol. 65 389
- 2) Benzinger, T. u. F. Brauch (1934) Klin. Wschr. 1934 1852
- 3) Boothby, W. M. & F. Peabody (1914) Arch. of Int. Med. 13 497
- Loeb, L. F. (1920) Zs. f. ges. exper. Med. 11 16

- Trendelenburg W. (1921) do. 14 311 etc.
- 4) Cotton, F. S. (1939) Aust. J. of exper. Biol. and Med. Sci. 17 425—433
 - 5) Dill, D. B., J. S. Lawrence, L. M. Hurxthal & A. V. Bock (1927) J. of Biol. Chem. 74 313
 - 6) Dirken, M. N. J. (1937) Arch. f. exper. Path. u. Pharm. 187 462
 - 7) Haldane, J. S. & J. G. Priestley (1905) J. of Physiol. 32 225
 - 8) Henderson, Y. & H. W. Haggard (1923) Amer. J. of Physiol. 73 229
 - 9) Krogh, A. u. J. Lindhard (1914) J. of Physiol. 47 431
 - 10) Mobitz, W. u. A. Grosse (1926) Arch. f. exper. Path. u. Pharm. 118 192
 - 11) Mundt, E., W. Schoedel u. H. Schwarz (1941) Pflügers Arch. 244 99
 - 12) Nielsen, E. u. C. Sonne (1932) Zs. f. ges. exper. Med. 85 47
 - 13) Pearce, R. G. (1917) Amer. J. of Physiol. 43 73
 - 14) Regelsberger, H. (1928) Zs. f. ges. exper. Med. 61 747
 - 15) Roelsen, E. (1934) Acta med. Skand. Suppl. 59 356
Roelsen, E. (1938) Acta med. Skand. 95 452
Roelsen, E. (1939) do. 98 141
 - 16) 齋藤幸一郎 (2597) 日本生理誌 2 213
 - 17) Siebeck, R. (1910) Zs. f. Biol. 55 267
 - 18) Sonne, C. (1915) Pflügers Arch. 163 75
Sonne, C. (1918) J. of Physiol. 52 75
 - 19) Sonne, C. (1934) Zs. f. ges. exper. Med. 94 13
Sonne, C. (1936) Acta med. Skand. 90 315
Sonne, C. (1936) Skand. Arch. f. Physiol. 75 127

光力學的作用に關する研究 612. 741

第5報 別出單一筋纖維に就ての實驗, 特に Rose bengale の
種々の濃度及び興奮性の變化に就て

長崎醫科大學生理學教室

清原 寛一・橋田 敷網

Kiyohara-Kan-iti・Hasida-Yasutuna

(昭和18年7月20日受付)

I. 緒 言

筋に對する光力學的作用に關する文獻を通覽するに骨骼筋心筋及び平滑筋の何れも反應陽性であることを認めたものが多いが、其の作用機序になると筋の種類に從て同一ではない様である。即ち胃腸膀胱及び子宮等を使用した實驗結果によれば、此等を螢光色素を以て感作した後光の照射を行へば平滑筋の緊張竝に自働運動に著明なる變化を起すが、其の作用は直接平滑筋に對するものではなく自働中樞や神経系を介して行はるゝ間接的のものと云ふことに略々意見の一致を見てゐる。心筋では反應も複雑であり從て作用機序も種々の議論があるが心筋に對する直接の作用の可能は實驗者の殆んど總てが認めてゐる。最後に骨骼筋に就ては東(1)は蛙の縫匠筋に強力なる紫外線を照射すれば Starre 様の收縮が起る事を報じてゐる。Supniewski(6)も Haematoporphyrin 感作蛙筋の照射實驗に就て報告してゐる。Lippay(3, 4)や古賀(未發表)は蛙筋や蟄筋に就て顯著なる光力學的作用を認めて居り Lippay は特に詳細なる實驗の結果筋の反應として見らるゝ收縮は2つの型があり、其の一は迅速に收縮するが同時に迅速に恢復し、其の二は緩慢に進行し恢復は極めて悪く前者は單一攣縮乃至強縮に類し、後者は痙縮に類すると稱してゐる。Lippay や古賀の實驗材料は主として腓腸筋又は縫匠筋で此等を色素溶液に浸漬する場合色素の侵入は極表層部に止まる欠點がある。又照射する光線の透過も内部になるに從て減少する欠點は免れぬ。Lippay は他の薄き筋をも使用し、古賀は色素溶液を以て動脈より灌流する事によつて夫々の欠點を少くする様工夫してはゐるが、其の目的の爲に最も合理的な方法は單一筋纖維を使用するのが最も妥當である。著者等は此の點に注目し單一筋纖維に就て光力學的作用を物理的竝に組織學的に詳細に觀察した結果以下述ぶる如き所見を得、骨骼筋の光力學的作用に關して一步を進め得たものと信ずる。

II. 實驗方法

實驗材料は夏季より秋季にかけて採取した蟄を主とし時に蛙をも使用したが、腓腸筋より單一筋纖維を別出し長さ約10mm程度の無傷のものを選んで使用した。これを徑約15mm、長さ約

8cm の硝子圓筒に容れ上端は細糸を以て書槓と連絡し筋短縮を Kymographion 圓筒に描記した。書尖の擴大は大凡 13 倍である。

光源は 300ワット電球を標本より約 60cmの距離に置き 2 個の集光レンズを以て集光したる強力なる白色光線を標本の位置に於て約 60000 lxの照度に一定し中間に水漕を配置して標本を容るゝ容器内の温度の變化を可及的小ならしむる様にした。

感作用色素は専ら Rose bengale を使用し原液として Ringer 液中に 1%の割合に溶解したものを冷暗所に蓄へ置き實驗の都度 Ringer 液を以て所用の濃度に稀釋して使用した。

III. 實驗結果

A. Rose bengale の濃度の變化と筋纖維の反應

1. 0.00005%の場合

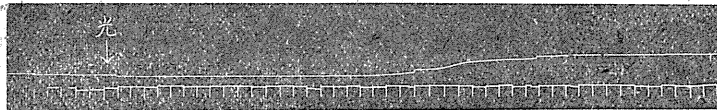
全 11 例中 1 例(6 號)に於て反應の有無不明であるが、他の 10 例に於ては數分乃至數十分溶

第 1 表 0.00005%

實驗番號	筋長 (mm)	温度	潜伏時	短縮高 (mm)
1	10	24	9'	1
6	14	24	?	?
7	8	24	7'	1
8	8	24	10'30"	5
9	8	24	8'	9
10	8	24	10'	2.5
34	8	22	8'15"	8
41	10	22	13'	8
51	12	18	16'30"	12
52	10	18	30'	5
53	10	18	12'	16

平均 10'28" 5.8

第 1 圖 0.00005%
時標 30''



液中に浸漬感作後照射を行へば一定の潜伏時の後明かなる短縮が起る。其の短縮の大きさは各例に在て動搖甚だしく、輕微なるものは 1mm、著明なるものは 16mm に達する。平均値を採れば 5.8mm である。書尖の上昇は何れも緩慢に現はるゝ爲照射時より短縮開始迄の時間即ち潜伏時の正確な測定は困難なことが尠くないが、大多數に於ては表に示す如く 10 分内外を示し平均値をとれば 10'28'' を示す(第 1 表参照)。其の 1 例は第 1 圖に示す。何れの例に於ても Lippay

や古賀の認めた攣縮又は強縮様の收縮は見られぬ。總て痙縮様の短縮のみである。

2. 0.000275%の場合

第 2 表に見る如く全 8 例に於て例外なく明かなる短縮を起し前記濃度の場合に比し其の程度

著明である。平均値は 14.8 mm に達する。潜伏時は著しく短縮し平均 4'40'' を示す。尙短縮の増大に伴ひ短縮の進行も前者に比し著しく速かであるが強縮は同様全く現はれぬ。第 2 圖は此の 1 例を示す。

3. 0.0005 % の場合

全 15 例共に例外なく明かなる短縮を起し第 3 表に見る如く平均 10.3 mm に達するが、前記の 0.000275 % の場合に比し短縮の程度は却て減少してゐる。潜伏時は平均 7'21'' でこれも却て延長してゐる。第 3 圖は此の 1 例を示す。

4. 0.00275 % の場合

1 例 (24 號) に在て短縮極めて輕微であるが大多数は著明なる短縮を起し平均 14.7 mm に達する。潜伏時は前記諸濃度に比して可なり短縮し平均 3'10'' を示す (第 4 表及び第 4 圖参照)。

5. 0.005 % の場合

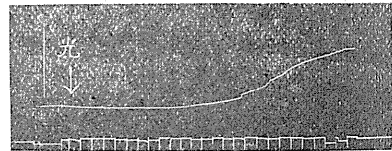
第 5 表及び其の 1 例は第 5 圖に示す如く 11 號及び 27 號の 2 例に於てはあまり著明ではないが他の 10 例に在ては何れも極めて高度の短縮を示し平均 26.5 mm に達する。同時に潜伏時は著しく短縮し平均 2'31'' を算する。短縮は初め頃は急激に進行し次第に緩慢となるが其の経過を詳細に観察すれば短縮が極めて滑かに進行する例は殆んど全くなく何れの例に在ても小階段状に進行する。従て曲線では滑かな彎曲を示さずに多くの小突起を有する。この事は此の濃度に限らず他の何れの濃度の

第 2 表 0.000275 %

實驗番號	筋長 (mm)	溫度	潜伏時	短縮高 (mm)
21	8	25	9'30"	6
26	10	24	4'45"	14
49	10	18	7'	30
50	12	18	5'	13
67	10	22	3'30"	7
68	12	22	3'	19
69	10	22	3'30"	12
70	10	22	5'	17

平均 4'40" 14.8

第 2 圖 0.000275 % 時標 30''

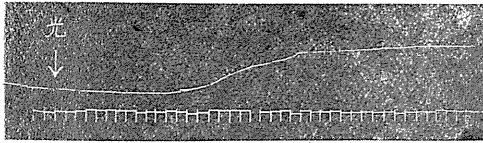


第 3 表 0.0005 %

實驗番號	筋長 (mm)	溫度	潜伏時	短縮高 (mm)
2	9	24	6'	4
3	12	24	6'30"	4
12	8	25	4'45"	1,5
13	12	25	9'30"	2
31	7	25	4'15"	11
32	9	25	8'	9
33	8	25	5'	35
36	12	22	8'45"	3
37	8	22	11'30"	5
38	10	22	15'30"	9
40	8	22	7'	2
45	7	18	5'	13
47	8	18	5'30"	10
48	10	18	6'30"	11
66	11	22	6'30"	35

平均 7'21" 10,3

第 3 圖 0.0005%
時標 30''

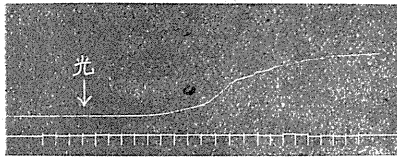


第 4 表 0.00275%

實驗番號	筋長 (mm)	溫度	潜伏時	短縮高 (mm)
17	10	25	2'30"	26
20	10	25	2'30"	36
24	8	24	4'15"	2
25	7	24	2'30"	13
59	7	22	2'30"	9
60	10	22	3'	12
61	10	22	7'	5

平均 3'10" 14.7

第 4 圖 0.00275%
時標 30''



第 5 表 0.005%

實驗番號	筋長 (mm)	溫度	潜伏時	短縮高 (mm)
4	11	24	2'30"	35
11	10	25	3'	7
14	12	25	2'30"	18
15	12	25	2'30"	13
27	7	24	3'15"	4
28	8	24	2'30"	47
29	10	24	2'	23
30	12	24	2'	30
42	10	18	1'30"	46
43	12	18	2'30"	35
44	10	18	2'30"	47
45	11	18	3'30"	15

平均 2'31" 26.5

場合でも共通である。

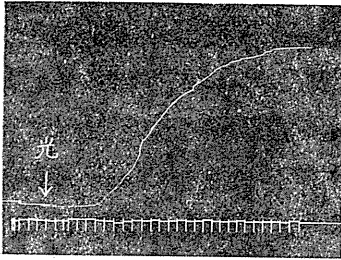
6. 0.0275%の場合

第 6 表及び其の 1 例は第 6 圖に示す如く 22 及び 56 號の 2 例は例外的に短縮度極めて輕微であるが、他の何れの例に於ても前記濃度の場合に比し更に高度の短縮を示し平均 31mm に達する。潜伏時も著しく短縮し、1'22'' の平均値を見る。

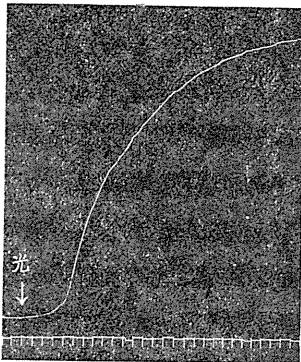
B. 照射停止後及び再度照射後の経過

以上の如き照射後現はるゝ感作筋の短縮が照射停止後恢復するか否か又再度の照射の影響が現はるゝか否かを觀察する爲、一群では短縮の途中で充分の短縮に達せざる時期に照射を停止し、一群では極度の短縮に達して後照射を停止し、又一群では之等の停止後書楯が一定になつたものに再度の照射を行つた。短縮の進行途中に於て照射を停止した例では何れも短縮が照射停止と同時に停止することなく、更に短縮は進行して遂に停止するが其の曲線を繼續照射の場合と比較しても何等特異の點は認められず、従て短縮が現はれて後照射を停止しても結局は照射を繼續した場合と同様極度の短縮に達するものと想像される。極度の短縮に達した後照射停止を行つた一群では長時間の中には極めて輕度の書尖の移動が認めらるゝものもあつて、その多くは下降する傾向が見らるゝがそ

第 5 圖 0.005%
時標 30''



第 6 圖 0.0275%
時標 30''



の程度は極めて微弱で装置の移動を考慮に入れば之を以て短縮の恢復の傾向とは認め難い。その1例は第7圖に見る如く2時間以上に亘て観察しても殆んど恢復の傾向は現はれぬ。

以上の如く短縮の途上或は長時間照射を行つた後照射を停止しても極度の短縮に達したまま恢復しないが、この何れの場合でも書尖が一定した後再度の照射を行つても何等の反應も現はさぬ。

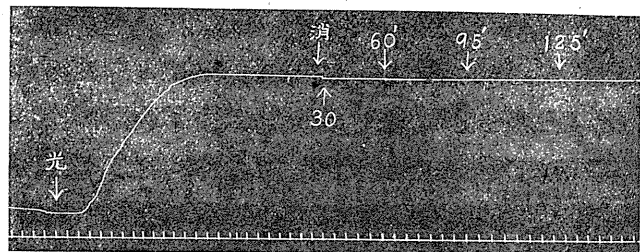
C. 興奮性の變化

照射後一定の潜伏時の後短縮を起し遂に極度の短縮に達するが、其の間に於ける興奮性の變化を觀察する爲感作後容器内の液を除去し感應電撃を以て刺戟し閾値を測定した。全15例の何れに於ても極度の短縮に達した後では縦軸距離は零にするも最小收縮は全く見られぬ。従て興奮性は略々消失したものと認められる。(電池 1.5V)。つまり照射前の閾値(縦軸距離で表はす)は結局零に達するが、其の間の経過を辿る爲約1分毎に閾値を測定して見ると短縮開始の少しく前より短縮の初期にかけては閾値は寧ろ増大し、最も顯著なる例では照射前に比し3cmの増大を示す。其の後短縮の進行と共に急激に閾値は短縮し極度の收縮に達する少しく前頃既に零

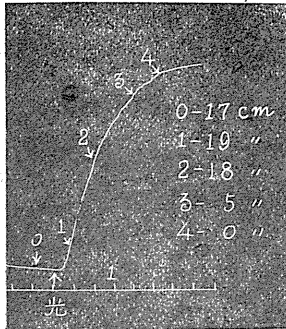
第6表 0.0275%

實驗番號	筋長 (mm)	溫度	潜伏時	短縮高 (mm)
15	10	25	1'	8
18	8	25	1'	30
19	9	25	1'	48
22	7	24	1'45"	2
23	12	24	1'45"	39
54	7	18	1'	19
56	7	16	0'30"	3
57	7	18	1'	70
58	11	18	1'15"	20
60	9	22	2'	27
63	12	22	1'	77
64	5	22	2'	12
65	9	22	2'30"	27
平均			1'22"	31

第7圖 照射停止後の経過 (0.005%)
時標 30''



第8圖 閾値の變化



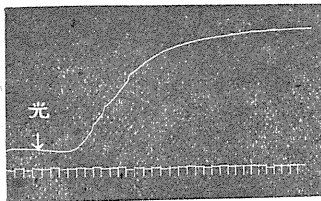
く消失する。

に達し遂に全く興奮は見られなくなる。少数例に在ては然しかゝる興奮性の亢進を現はすことなく漸次低下の一途を辿り遂に消失する。その1例は第8圖に示す如く照射前の閾値は17cmであるが、照射後約1分では19cmに増大し、2分後には再び軽度に短縮して18cmとなり、4分後には著しく短縮して5cmとなり、約5分後の筋の極度の短縮に近づくと零となる。即ち短縮の少しく前より短縮の初期にかけては興奮性は多少高まり短縮が可なり進行すると共に急激に低下し極度の短縮に達すると共に興奮性は全

D. Curare 中毒の影響

Lippay や古賀は強縮様の収縮は神経系を介して行はるゝ間接的作用に因ると云つてゐる。

第9圖 Curare 處理後(0.005%)
時標 30''



たところ正常の例に於けると何等差異が認められぬ。

剔出單一筋纖維ではかゝる型の短縮は全く見られぬ故著者の所見の如き短縮は筋に對する直接的の作用に基くものと想像するのが妥當であるが、此の點を一層確實にする爲、0.5% Curare 溶液を以て剔出前豫め動脈より腓腸筋を灌流し、坐骨神経刺戟の全く無効になるのを待つて筋纖維を剔出して 0.005% Rose bengale 溶液中で同様の實驗を行つ

E. 感作時間の長短の影響

充分の感作が起るには或一定量の色素が細胞に浸入する必要があると想像される。従て一定時間色素溶液中に浸漬する必要がある。前記諸實驗の多くの例を利用して種々の感作時間のものを作り反應の差異の有無を觀察した。即ち短きは色素溶液に浸漬直後(描記装置の整備等の爲數十秒は要する)照射を開始し、長きは數十分間浸漬後照射して夫等の間に短縮の大きい潜伏時の長短の有無を檢討したが感作時間との間に一定關係は認められぬ。

IV. 摘 要

前記の如く蓋の腓腸筋より剔出した筋纖維では 0.00005乃至 0.0275%の範圍の Rose bengale の溶液中に浸漬後強力なる白色光線を照射すれば反應として一定の潜伏時の後著明なる短縮が認められる。之に對する對照實驗の結果は實驗結果の項目中には省略したが、多數例に就て Ringer 液のみの中に浸漬後照射せるもの及び色素溶液中に浸漬するのみで照射を行はぬ場合に就て何れも 90分乃至 120分迄觀察したが何等認むべき變化は起らぬ事を確めた。

尙前記濃度以外の濃度に就ても多少の實驗を行つたところ 0.00005%以下では 0.0000275%のものに就ての實驗の結果は陰性に終つた。濃厚なる例では 0.05%に於て實驗したが、此の濃度では色素溶液中に浸漬するのみで既に著明なる短縮を起す爲所期の實驗遂行は不可能であつ

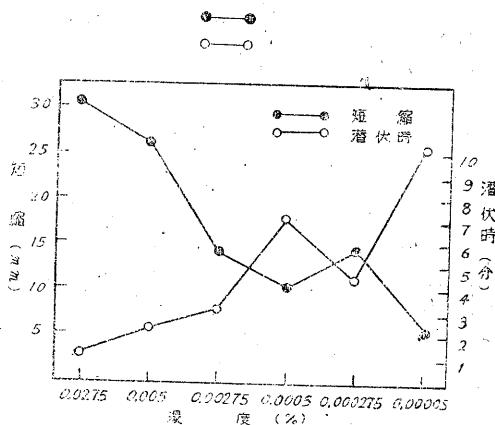
た。從て光力學的的作用としての反應の認めらるゝのは 0.00005 乃至 0.0275 % の範圍と見る事が出来る。

前述の諸實驗の結果を通覽すると光力學的的作用として筋纖維に認めらるゝ反應は緩慢に經過する短縮で Lippay (3) や古賀の認めた攣縮或は強縮型の收縮は全く認められぬ。此の相異は筋纖維の別出操作に際し神經末端が損傷を蒙る爲に神經を介して發現する前記の如き強縮が起り得ざるものと想像される。之を裏書する事實として著者は十數本程度の筋纖維を含む筋小片に就て同様の實驗を行つたところ痙縮様の短縮以外に強縮様の收縮の起るのを認めた。筋纖維の現はす痙縮様の短縮は Curare を以て前處置を行つても影響を蒙らない故筋に對する直接の作用に基くものと言へる。

色素の濃度と反應の發現との間に密接なる關係の存することは當然考へらるゝ處で崎元 (5) は家兎腸管に就て色素の濃度大なるに從て反應も増強すると言つて居り、Dognon (2) はゾウリ蟲の死亡に要する時間の測定の結果略々同様に稀薄なるものでは死亡時間は長い傾向を認めてゐる。著者等の結果に於ては短縮の大きさ

及び潜伏時の長さとの間にやはり一定の關係のある事が判る。第10圖に曲線として示す如く稀薄濃度に類する 0.000275% と 0.0005 % に於ては短縮高竝に潜伏時共に逆の傾向を示してゐる爲典型的の平行關係が存するものとは明言出来ぬが、濃厚なるに從て短縮高は増大し潜伏時は短縮の傾向を有することは明かである。又反應の強弱と感作時間の長短との間の關係の有無も屢々論議されて居り、崎元 (5) は感作時間を短縮すれば反應も減弱する事を認めてゐる。著者の例では色素溶液中に浸漬直後のものと數分乃至數十分浸漬したものと間に何等反應の強弱を認めない。色素の組織内への浸入は組織の大きさによつて相異なる事は自明の事であり、極めて小なる單一筋纖維では浸漬後極短時間内に充分の色素の浸入が行はるゝものと想像すれば如上の相異は説明される。

第 10 圖



り、崎元 (5) は感作時間を短縮すれば反應も減弱する事を認めてゐる。著者の例では色素溶液中に浸漬直後のものと數分乃至數十分浸漬したものと間に何等反應の強弱を認めない。色素の組織内への浸入は組織の大きさによつて相異なる事は自明の事であり、極めて小なる單一筋纖維では浸漬後極短時間内に充分の色素の浸入が行はるゝものと想像すれば如上の相異は説明される。

Lippay (4) は感作筋の照射時に於ける興奮性に就き著者と同様の方法により測定して何れの例に在ても興奮性は照射時間の經過に伴つて漸次不良となり、遂に多くは十數分後に消失するのを認めてゐる。著者の結果に於ては多少異り照射開始後一旦輕度の興奮性の充進を來し次で急速に減退し遂に消失する。此の相異の原因に就ては種々想像が可能であるが感作竝に光線の透過に對しては單一筋纖維が最も合理的であることは明かである。從て著者の所見が Lippay の所見に比して一層真相に近いものとするのも強ち我田引水的考ではない。此の點古賀の實驗

は有力な参考となる。古賀によれば、蟄の腓腸筋を色素溶液を以て灌流し筋全體を使用すると興奮性の變化は殆んど認められぬが、之を薄筋片に切離するに從て變化が著しくなるのを認めてゐる。尙興奮性が結局消失する事は後報する如き組織學的所見とよく一致する。

以上の如き短縮は照射を停止しても恢復しない。即ち不可逆性である。Lippay も同様の事を言つてゐる。尙短縮の経過は決して滑かではなく小階段的に進行するもので、此等の事實も組織學的所見より容易に首肯される。

實驗はすべて室温に於て行つた故温度の影響を考慮に入るゝ必要がある。此の點は本實驗の目的でない爲實驗はなるべく近い温度の範圍内の時期に行つたものである。

V. 結 語

蟄の腓腸筋より剔出した單一筋纖維に就て種々の濃度の Rose bengale の溶液を以て感作し、之に白色光線を照射した結果光力學的的作用を認めた。その結果を要約すれば

- 1) 0.00005 乃至 0.0275 % の範圍の濃度の溶液中に浸漬感作後照射すれば短縮を起す。
- 2) 短縮は緩慢に且小階段的に経過する所謂痙縮様のものであつて攣縮乃至強縮に類するものは現はれぬ。
- 3) 短縮の大いさは色素の濃度が増加するに從て増大する。
- 4) 潜伏時は色素の濃度の増加に伴て短縮する。
- 5) 數秒乃至數十分の範圍の浸漬に在ては感作の長短による反應の強弱は認められぬ。
- 6) 興奮性は短縮の直前及び短縮の初期に於ては多少高まり、短縮の進行に伴て減退し極度の短縮に達すれば既に消失する。
- 7) この反應は Curare の前處置によつて影響を受けぬ。從て筋自己に對する直接の作用に基因する。
- 8) 短縮の途中照射を停止しても短縮は進行を停止せずして極度に達する。
- 9) 短縮が極度に達した後照射を停止しても恢復しない。即ち不可逆性である。又再度の照射による反應は認められぬ。

文 獻

- 1) Azuma, Y. (1927) Proc. roy. Soc. London, 101
- 2) Dognon, A. (1928) C. R. de la Soc. de biol. 98
- 3) Lippay, F. (1929) Pflügers Arch. 222
- 4) Lippay, F. (1930) Pflügers Arch. 224
- 5) 崎元行夫 (昭和17年) 長崎醫會誌 20
- 6) Supniewski, J. W. (1927-28) J. Physiol. 64

蛙皮電氣發生に對する陰イオンの影響 612. 014. 423; 612. 795

千葉醫科大學生理學教室

小嶋 利 顯

Kojima-Tosiaki

(昭和18年7月31日受付)

I. 緒 論

蛙皮電氣發生機序に關する研究は1910年 Orbeli (12) に依り誘導法が確立され、次いで1912年 Loeb 及び Beutner (10) は蛙皮内面を Ringer 液で浸し、外面 Ringer 液を種々の割合に稀釋し、それに伴ふ電位差變動を觀察し、それが濃淡電池理論より豫測される關係を満足するや否やを檢討し、以來この種の所謂外面誘導液の濃度効果なるものが一般生體電氣發生機序の解明に重大なる鍵を與ふるものと一般に思考せられ、内外學者の研究の對象となるに至つた。即ち1922年橋田 (5) は蛙皮電位誘導に際し誘導液と電極間の擴散電位を考慮し、且つ蛙皮の生理的條件吟味の下に種々なる鹽類の蛙皮外面濃度効果を精細に觀察し、アルカリ金屬の鹽化物に於てはその濃度効果の大小に關して著明な差異が存し、濃度効果大なる Na, Li と、それが僅少なる K, Rb, Cs, NH_4 の2群に分たれることを確認した。而して陽イオンが Na である場合その相手たる陰イオンが Cl 以外のもの (Br, J, SCN , NO_3 , SO_4) にても濃度効果は鹽化物の場合と全く同様であり、その間にさしたる差異が認められないこと、及び上記種々なる陰イオンの Na-又は K-鹽の同一濃度溶液 (0.01M) を蛙皮外面に與へたる際、電位差間に一定せる明白な差異の認められぬ事、或は又種々陽イオンの同一陰イオン鹽溶液 (濃度 0.01M) を與へたる場合の電位差間の差は陰イオンの如何を問はず略等しき事 (イオン作用の獨立性) 等からして蛙皮電氣發生に關しては外面誘導液中に於ける陽イオンの作用が主たるもので、陰イオンは殆んど影響なきものと結論するに至つた。上記陽イオン間の電動効果の著明なる差異に關しては、これより先既に Schwartz (13) に於ても、或はその後の研究者に於ても一致せるところである。又最近福田 (3) は外面誘導液たる等張 NaCl 溶液の Na を K , NH_4 , Ca を以て、等 Cl 濃度に於て種々の割合に置換し、陰イオン濃度變化を實驗條件より除き、陽イオン置換に伴ふ電位差並に交流抵抗の變化をも測定し、Na 對 K, NH_4 , Ca の間に著明なる差異が存在し、蛙皮の選擇的 Na 吸收作用なる生理學的見地よりして、この間の關係を解明せんとしてゐる。

蛙皮電氣發生に關する陽イオンの影響に就いては斯くの如く知見が明かにせられ、生理的意義との關聯が考察されて居る今日、陰イオンに關しては報告も少く、且つその間に一定した見解がない。即ち既述の如く橋田は陰イオン作用を全く輕視して居り、その後 Uhlenbruck (14)

は、Höber が筋鹽流に於て觀察した Hofmeister 系列がこの場合成立するや否やを検せんとして同一濃度の種々陰イオンの Na-及び K-鹽に就いて電動効果をみるに、さしたる著明な系列的關係を確認することが出來ず、K-鹽に於ては大略 Hofmeister 系列、Na-鹽に於てはその逆となることを報告して居る。最近に於ては Dean (1) が蛙皮外面に接する Ringer 液中の Cl を種々陰イオンにて置換し、電位差變動を測定し、所謂膜說的立場より見て、陰イオンの比較的易動度を比較し、次の如き系を得てゐる： $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3, \text{SO}_4, \text{Br}$ 。この系列は所謂皮内の比較的易動度の順なる故、電位差の大きさ(内面正)は系列に従つて大となる。これよりして明かなる如く HCO_3 は最大なる易動度を有し、従つて蛙皮電位差發生機序に關し特殊なる意義(氏等の所謂呼吸イオン)をもつが如く見ゆるも、その際に於ける直流抵抗は寧ろ増大すると云ふ奇異なる現象を伴ひ、簡單なる説明の行はれ得ざることを記して居るが何れにしても蛙皮電氣發生に關し陰イオン間に於て HCO_3 の特殊性を強調して居る。こゝに於て私は今日まで餘り重要視れなかつた蛙皮電氣發生に關する陰イオンの影響を充分なる實驗の下に新しい解析方法をもつて再檢し、陽イオン間に見らるる如き著明なる差異の存在するや否やを檢討し、電氣發生機構を探らんとするのである。

II. 實驗方法

實驗材料はトノサマガエル (*Rana nigromaculata*) の腹皮を使用し、電位差誘導装置は福田 (2) の既に記載せるものと類同のものを用ひ、内外兩面誘導液間の水壓差を僅少にして蛙皮の變形を防ぎ、且つ誘導液交換に際しての水壓變動をも防ぐ。誘導は飽和 KCl-agar 橋、飽和甘汞電極を以てし、Leeds & Northrup 製電位差計(零器=理研製檢流計感度 $7 \times 10^{-10} \text{A}$)にて測定す。誘導液に接する皮面積は約 1cm^2 なり。Ringer/蛙皮/Ringer に於ける所謂非對稱性電位差維持(皮内發電機構維持)のためには内面 Ringer 液中の少量の K は絶対に必要なるも、Ca の必要なことは既に福田 (2) の強調するところなる故、本實驗を通じて内面誘導液としては除 Ca-Ringer 液(0.12M NaCl 98容+0.12M KCl 2容, NaHCO_3 0.01%)を用ひた。

外面誘導液として最初に 0.12M NaCl を與へ電位差の時間的變化を追及するに、略 2 時間にして定常状態に達し(内面正約 50mV)、以後數時間殆んどその變動を見ない。こゝに於て外面誘導液の Cl を種々イオンにて置換するに、Na-鹽溶液を用ひ常に Na イオン濃度が一定なるが如き濃度を選んだ。即ち次の如き濃度溶液：

0.12M NaHCO_3 , 0.12M NaNO_3 , 0.06M Na_2SO_4 , 0.12M NaBr , 0.12M $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$ を以て Cl を漸次それ等陰イオンにて置換し、各置換度に於ける電壓平衡値を測定した。斯くして Cl を總て他の陰イオンにて置換したる後再び Cl を與へ、その電壓變化の可逆性を検討するに、何れの例に於ても完全なる可逆性を認めた。即ち本川 (11) が認めた如き不完全可逆性は認める事が出來なかつた。依つてこれ等の電位差變化は鹽類直接作用の結果とみるべきものであり、決して二次的に派生した不可逆現象にあらざることを確認した。

III. 實驗成績

A. 重碳酸イオンの影響

既述の如く重碳酸イオンに就いては Dean (1) により、その特殊性が主張されてゐる關係上、先づこれが影響を調べた。こゝに注意すべきは NaCl 溶液を NaHCO₃ 溶液にて置換する際の水素イオン濃度の變動の影響を考慮せねばならぬ事である。兩液の種々の混合比に於ける水素イオン濃度は第1表の如くなる。従つてアルカリ性は最高約 pH 9 に及ぶ變動をみる。故に先づ外面誘導液たる NaCl 溶液に NaOH 溶液を適當に添加し pH 9 にし、これを蛙皮外面に與へて pH 變動に因る影響を觀察するに第1圖の如くなる。即ちアルカリ性とすることにより約 10mV 内外の電位差降下がみられるが、多くの場合殊に NaCl での平衡時電位差の低いものではさしたる影響は認められぬ。而して又この變化は大略可逆的である。

斯る點を充分考慮したる後、NaCl 液を漸次 NaHCO₃ 液にて置換する際の電位差變動を觀察するに第2圖の如くなる。同圖に見る如く電位差は漸次増加し、純 NaHCO₃ 溶液によつて最高値に達する。こゝに於て再び NaCl 溶液を與ふる時は電位差の急速な下降現れ、一度初値以下に降つた後緩かに原値に戻る。各混合比に於ける平衡時電位差は第2表に示す。この際當初の NaCl 液に於ける平衡値の比較的高いものは、重碳酸イオン置換による電位差上昇が比較的軽度であることを知つたので、斯る相關々係を明示するために NaCl 液の際の皮電位の高低順に列擧した。同表に見る如く、初値約 60 mV 以上のものに於

ては重碳酸イオン置換の影響が殆んど現れず、これに反して初値 60 mV 以下の例に於ては何れ

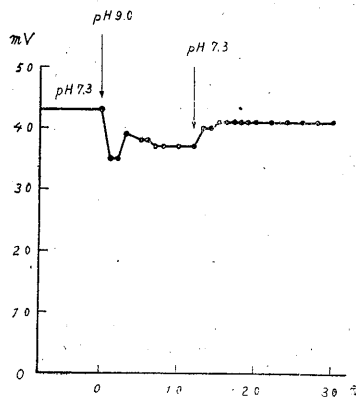
第1表

混合液 pH

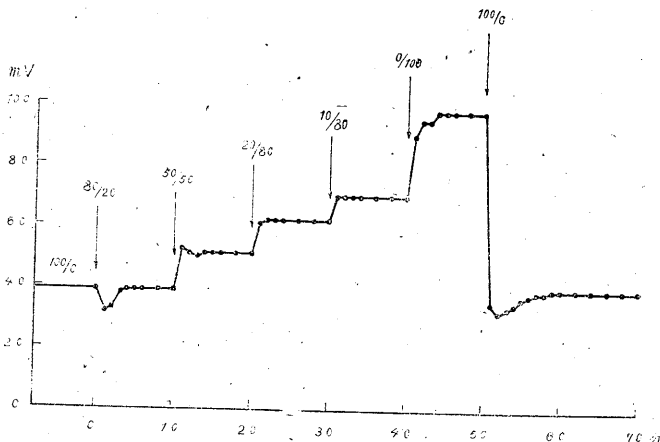
0.12 M NaCl / 0.12 M NaHCO₃

測定法	各種混合比	80/20	50/50	20/80	10/90	0/100
SK 試薬		8.4-8.8	9.0	9.2	8.4-8.8	8.6
キール・ブリーカー・コリンズ・リード		8.8	9.0	—	—	8.4

第1圖 外面誘導液 pH の影響



第2圖 外面液 Cl⁻→HCO₃⁻ 置換に伴ふ皮電壓時間的變化
圖中の數字：容積混合比 0.12M NaCl/0.12M NaHCO₃

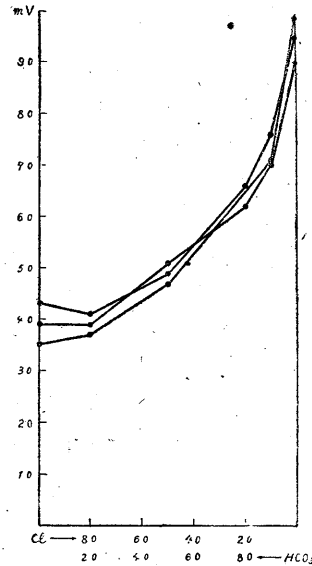


第 2 表
各種混合比

0.12M NaCl / 0.12M NaHCO₃ (單位 mV)

各例比 實驗例	100/0	80/20	50/50	20/80	0/90	0/100	(HCO ₃ -Cl) 效果
1	8.0	6.4	6.4	6.3	—	7.7	-3
2	6.0	5.0	5.0	5.8	5.9	6.7	+7
3	5.8	—	5.7	6.4	7.0	6.7	+9
平均值	6.6	5.7	5.7	6.2	6.5	7.0	+4.3
4	5.3	—	4.8	—	—	8.6	+3.3
5	4.3	4.1	4.9	6.6	7.6	9.5	+5.2
6	3.9	3.9	5.1	6.2	7.0	9.8	+5.9
7	3.5	—	4.7	—	—	9.0	+5.5
8	3.2	3.4	4.5	7.4	9.0	10.9	+7.7
9	3.0	—	2.6	3.8	5.3	6.5	+3.5
平均值	3.9	3.8	4.4	6.0	7.2	9.1	+5.2

第 3 圖 外面液成分と皮電壓關係(其の 1)



の場合も顯著なる電位差上昇を認める(平均 52mV).

次にこの著明なる上昇が如何にして出現するかを見るため、各混合比に於ける電位差の關係を圖示すれば

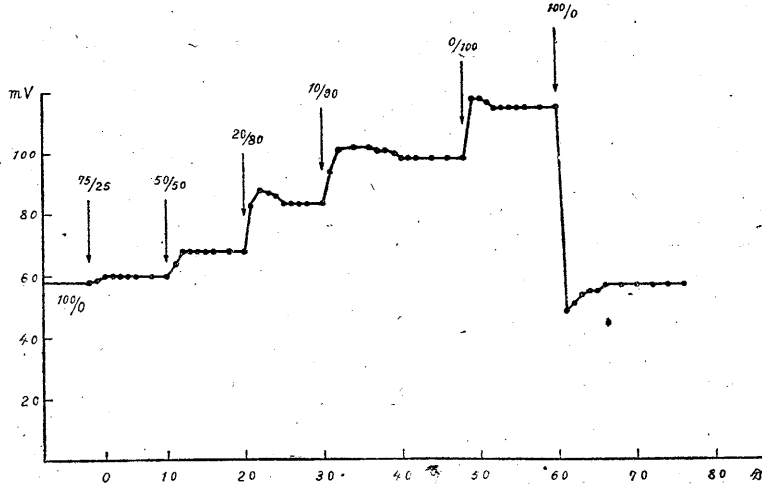
第 3 圖の如くなる。同圖に見る如く電位差上昇は過半の Cl が重碳酸イオンを以て置換せられたる後に於て始めて顯著に現れる。即ち言ひ換へれば NaHCO₃ に僅かの NaCl を添加すれば電位差は顯著なる減少を示すも、これに反し NaCl に少量の NaHCO₃ を添加するもさしたる影響がない。斯る點より見れば上述の電壓上昇は重碳酸イオンが皮外面に與へられたことによると見做すよりも、寧ろ主として Cl イオンが置換により減少したことに因ると考へる方が妥當である。NaCl 液に於ける初平衡値の比較的高いものでは何故に HCO₃ 置換効果が僅少なるかは直ちに判定出来ぬが、斯る場合に於ては pH の影響も比較的顯著で且つ第 2 表にてもわかる如く HCO₃ イオンの比較的少量の添加に依て電位差が寧ろ降下する狀況からして、pH の變動によるところの蛙皮性質の變化が著しく効いてくるのではないかと思はれる。尙 Dean の觀察した如き、重碳酸イオンを皮外面に與へる時電位差の著明なる減少(殆んど 0mV)を示す事は上記 9 例中一度も觀察されなかつた。尙重碳酸イオンをたとへ長時間作用させても電位差の下降は現れなかつた。

B. 硫酸イオンの影響

SO₄ イオンを以て Cl を置換する際の電位差變動の時間的關係並に各置換度に於ける電位差平衡値は夫々第 4 圖、第 3 表及び第 5 圖に示す。

これ等より明かなる如く、Cl イオンを SO₄ を以て置換する時も、重碳酸イオンの場合に於て見た如き著明の電位差の上昇(略同程度平均 58mV)現れ、且つ斯る上昇は Cl を SO₄ を以て置換するに従ひ益々上昇すること重碳酸イオンに於ける場合と類同で、この事實よりして SO₄ を以てする置換の効果も SO₄ イオンの添加とみるよりも主として Cl イオンの減少とみるの

第4圖 外面液 Cl→SO₄ 置換に伴ふ皮電壓時間的變化
圖中の數字：容積混合比 0.12M NaCl/0.06M Na₂SO₄



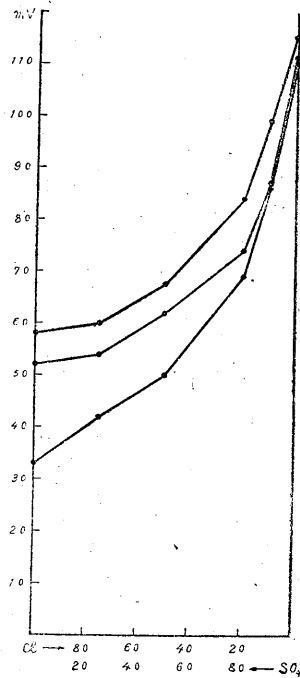
第3表

容積混合比

0.12M NaCl / 0.06M Na₂SO₄ (單位 mV)

容積比 (実験時)	100/0	75/25	50/50	20/80	10/90	0/100	(SO ₄ Cl) 效果
1	5.9	5.9	6.4	7.4	8.4	10.7	4.8
2	5.8	6.0	6.8	8.4	9.9	11.5	5.7
3	5.2	5.4	6.2	7.4	8.7	10.7	5.5
4	4.5	—	5.6	7.6	—	9.7	5.2
5	3.3	4.2	5.0	6.9	8.5	11.1	7.8
平均値	4.9	5.4	6.0	7.5	8.9	10.7	5.8

第5圖 外面液成分と皮電壓關係(其の2)



が妥當と思はれる。この際に於ては重碳酸イオンの影響に於てみた如き NaCl を與へた時の初平衡値と置換效果の著明な關係は認められなかつた。

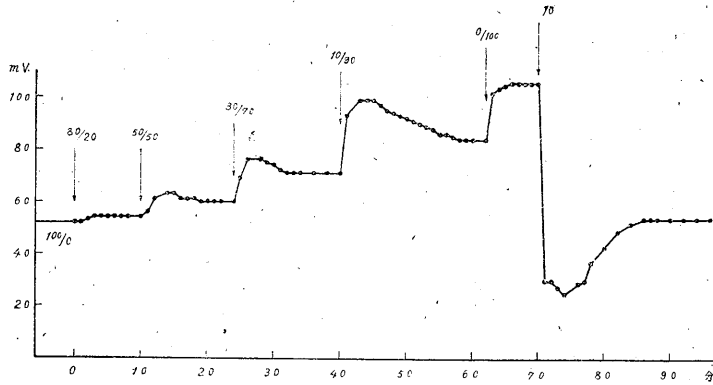
C. 醋酸イオンの影響

Cl イオンを醋酸イオンにて置換する場合の結果は第6圖、第4表及び第7圖に示す。

時間的經過に於て特に注意すべきは、大量の醋酸イオンを與へる場合(例へば第6圖, 10/90), 一度電位差

が上昇した後、漸次下降して平衡に達する點及び再び NaCl 液にもどした場合、初期の著明な下降より極めて緩かに平衡値にもどる點である。何等かの可逆的二次的變化の伴ふことを暗示してゐる。CH₃CO₂ 置換效果も前二者に於ける如く電位差の著明な上昇(平均 66mV)を示し、且つ又第7圖に於て見る如くその出現様式も類同なることから、この著明なる效果も畢

第6圖 外面液 Cl \rightarrow CH₃CO₂ 置換に伴ふ皮電壓時間的變化
圖中の數字：容積混合比 0.12M NaCl/0.12M CH₃CO₂Na



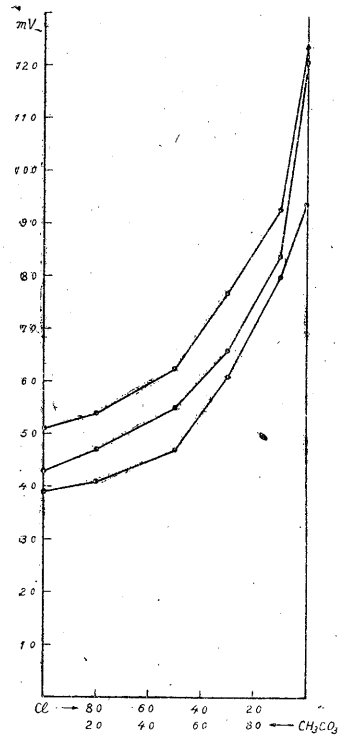
第 4 表

容積混合比

0.12M NaCl / 0.12M CH₃CO₂Na. (算値 mV)

容積比 実験例	100/0	80/20	50/50	30/70	10/90	0/100	(CH ₃ CO ₂ -Cl) 效果
1	5.2	5.4	6.3	7.7	9.3	12.3	7.7
2	5.2	5.4	6.0	7.1	8.4	10.6	5.4
3	5.1	5.4	6.1	7.3	8.8	12.4	7.3
4	4.3	4.7	5.5	6.6	8.4	12.2	7.9
5	3.9	4.1	4.7	—	—	9.4	5.5
平均値	4.7	5.0	5.7	7.1	8.7	11.4	6.6

第7圖 外面液成分と皮電壓關係(其の3)



竟主として Cl 缺除によるものと思せられる。

D. 硝酸イオンの影響

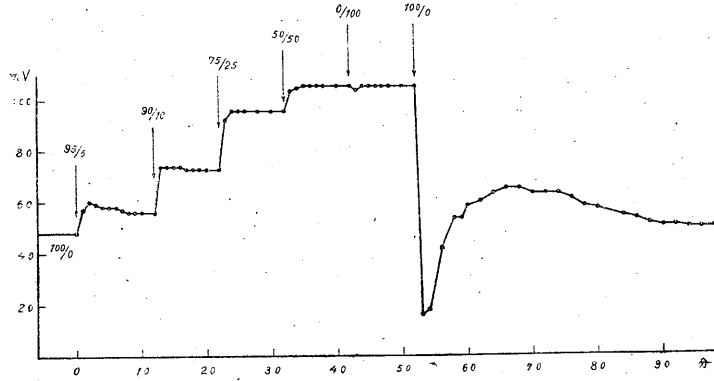
Cl を NO₃ イオンを以て置換せる際の結果は第 8 圖, 第 5 表及び第 9 圖に示す。

硝酸イオンを以て全く Cl イオンを置換する際には前 3 者と略同程度の著明なる電位差の増大 (平均 58 mV) を示す。併しながら第 9 圖を一見して明白なる如く電位差の増大様式は前 3 者と全く趣を異にする。

Cl を僅かの量の NO₃ を以て置換するも極めて著明なる電位差の上昇を來し, 漸次置換度を増すも電壓増大

の度は次第に減少し, 約 50 對 50 の置換以後に於ては殆んどその増大を見ない。この點より見て NO₃ 置換の效果は前 3 者と全く原因を異にし, 硝酸イオンを與へることによる直接影響と思はれる。硝酸イオン置換の效果は初平衡値の大ききとは無關係であり, 且つ又 NO₃ より Cl に戻す際に見られる電壓變動の時間的經過に於ては圖に見るが如く, 極めて著明なる初期下降

第8圖 外面液 Cl→NO₃ 置換に伴ふ皮電位時間的變化
圖中の數字：容積混合比 0.12M NaCl/0.12M NaNO₃

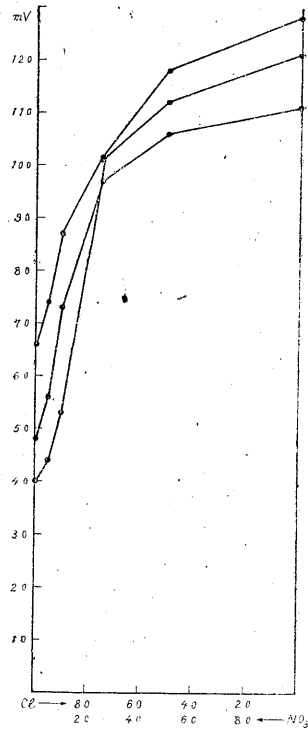


第5表
容積混合比

0.12M NaCl / 0.12M NaNO₃ (單位 mV)

容積比 (名義)	100/0	95/5	90/10	75/25	50/50	0/100	(NO ₃ -Cl) 效果
1	6.6	7.4	8.7	10.1	11.2	12.1	5.5
2	5.7	6.3	6.5	7.7	8.2	8.6	2.9
3	4.8	5.6	7.3	9.6	10.6	10.6	5.8
4	4.0	4.4	5.3	7.0	7.8	7.8	3.8
5	3.8	—	—	6.3	9.4	9.9	6.1
平均値	5.0	5.9	7.0	8.6	10.2	10.8	5.8

第9圖 外面液成分と皮電壓關係(其の4)

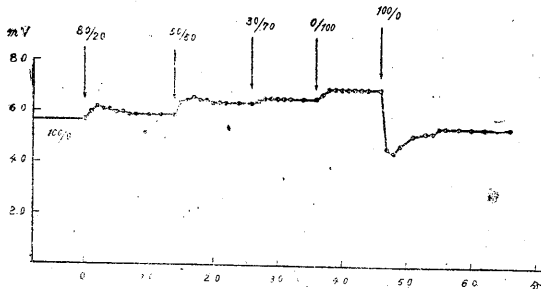


が常に見られる。

E. 臭素イオンの影響

Cl イオンを、それと化學的系列に於て最も近親なる Br を以て置換する際の電位差影響は第10圖、第6表及び第11圖に示す如くである。これ等より明かなる如く、Cl の Br 置換に際して電位差は極めて僅か(平

第10圖 外面液 Cl→Br 置換に伴ふ皮電位時間的變化
圖中の數字：容積混合比 0.12M NaCl/0.12M NaBr



均 8.5mV) の上昇を示すのみで、且つこれが出現様式は第11圖の如く極めて簡單で直線的關係をなす。こゝに於て Br は蛙皮に對しても全く Cl イオンと類同的に作用することを知らるのである。

第 6 表

各種 混合比

実験的 混合比	0.12M NaCl / 0.12M NaBr (単位 mV)					(Br-Cl) 效果
	100/0	80/20	50/50	30/70	0/100	
1	8.0	8.2	8.4	8.4	8.5	5
2	5.7	5.9	6.4	6.6	7.0	1.3
3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3	8
4	3.8	4.1	4.3	4.4	4.6	8
平均値	5.5	5.7	6.0	6.1	6.4	9

IV. 考 察

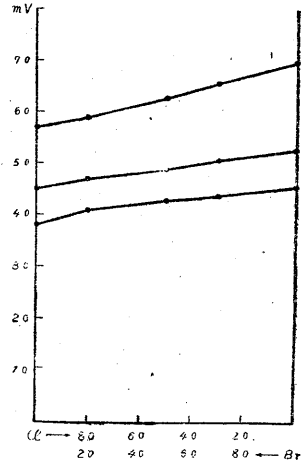
上記實驗成績よりして、蛙皮電氣發生に關しては外面誘導液中陰イオンも極めて重要な役割を演じ、且つ陽イオンを Na とし、それが濃度 0.12M なる條件のもとに

於ては、發生する電壓の大小(皮内面常に正)に従つて、陰イオンは明白なる 2 群に分れることを知る。即ち第 1 群 Cl, Br の場合には 50mV 内外、第 2 群 HCO_3 , SO_4 , CH_3CO_2 及び NO_3 に於ては 100mV 内外の皮電位を見る。第 1 群に於ては Br が常に Cl よりも數 mV 高い電壓を示すも質的の差は認められない。これに反し Cl と第 2 群陰イオンとの間の關係は、兩者を種々の割合に混合せる場合に認められる如く簡單ではない。既述の如く Cl を HCO_3 , SO_4 , CH_3CO_2 を以て置換する際の電壓の飛躍的上昇は主として Cl が誘導液より消失することによつて惹起せられる如く見ゆるも、 NO_3 を以て置換する際と同程度の電壓上昇は NO_3 自身自身の作用と見做すべきことを知つたのである。これ等の事實からして陰イオン作用の機構に言及するのは未だ早計ではあるが、既知の事實と照し合はせ 2, 3 の考察を試みる。

生體イオン作用に關聯して常に引合ひに出されるのは、所謂 Hofmeister 系列の如き膠質に對するイオン作用強弱であつて、生體に對するイオン作用の根柢をなすものを限界膜の膠質化學的變化に求めるのが常である。併し乍ら本實驗に見られる如き明白なる群的の差、更に言ひ換へれば、或る特定イオン(この場合第 1 群の Cl 及び Br) に附隨するところの特有現象は斯る見地よりして解明することが困難なることは、既に福田 (3) が陽イオン作用に關聯して指摘してゐる通りである。次に本實驗に見られる電位變化は短時間に出現し、且つ完全に可逆的に行はれる點より見れば、皮内發電機構の變化とみるよりも寧ろ主として表在的に出現するイオン分布不平等の變化と見做すのが妥當と思はれる。従つて低い電壓を示すところの特殊陰イオン Cl 及び Br の場合に於ては、それ等が皮内に引きつけられる程度がその他の陰イオンよりも遙かに強いと考へることが出来る。こゝに於て蛙皮にその外面より選擇的に Cl, 或はそれと化學的に近親なる Br を取り入れる機構が存在すると考へれば一應の説明がつく。

別出蛙皮或は生體に於て特に Cl (或は Br) が吸收されることは Huf (6), 小泉 (7) 及び Krogh (9) の分析的實驗によつて既に明かにされてゐる。就中 Krogh は氏の所謂能働吸收の見地

第 11 圖 外面液成分と皮電壓關係(其の 5)



よりして、蛙皮外面は Cl 及び Br に對する特殊吸收機構が存在し、他の陰イオン HCO_3 , SO_4 , NO_3 , I 及び SCN は吸收をうけることなく、僅か擴散によつて滲入することを實證してゐる。かかるが故に上記假定も全く事實根據がないわけではない。又吾々の實驗に於て電氣發生的にみて獨り NO_3 のみは特殊作用を呈し、その少量の添加によつて著しい電壓上昇を來す。上記 Krogh の實驗に於ても非吸收性陰イオン中 NO_3 のみは獨特の作用を呈し、その少量の存在に於ても Cl 及び Na の透過性を増大せしむると云ふ。この兩事實の間の因果關係を直ちに判斷することは早きに失するも、 NO_3 イオンの特殊性は余の實驗に於ても、亦全く立場を異にする Krogh の實驗に於ても明白に現れることは注目に値する事柄である。

以上は吾々の知り得た事實に立脚した Arbeitshypothese に他ならず。これに關しては今後の研究に待つのであるが何れにしても蛙皮の性質を電氣發生的に見る時に、生理的に極めて重要な意義を有する Cl (或はそれに近い Br) が特殊位置にあり、且つ特に吸收を受けることは、陽イオンに於て同様生理的に緊要なる Na が、その他の K, Ca, NH_4 と電氣發生的竝に透過性に於て異り(福田 3), 且つ事實選擇的に吸收される(Krogh 8)ことと考へ合せると、畢竟蛙皮に對し NaCl なる鹽が特殊的意義を有することとなり、蛙が絶食状態に於ては必然的に外界より NaCl を經皮的にあふがねばならない事實と美しき調和を見るのである。尙福田(3)の陽イオンに關する實驗に於ても Na を上記他の陽イオンを以て一度に置換する際の電壓變化の時間的關係竝に再び Na を與へる場合に見られる急激な特有の變化も、發現する方向こそ正反對なれど、全く Cl に就いて觀察せるところと類同なることはこの兩イオンの作用機轉の類同なることを裏書きしてゐる。

V. 摘 要

1. 蛙皮電位は外面誘導液中の陰イオンの種類如何によつて極めて顯著なる影響を受ける。
2. 陽イオンを Na とし、それが濃度を 0.12M とする場合、Cl 及び Br は約 50 mV 内外の電壓を生ずるも、その他の陰イオン HCO_3 , SO_4 , CH_3CO_2 及び NO_3 は遙かに大なる電壓約 100mV 内外を示す(電壓は何れも皮内面を正とす)。
3. 即ち蛙皮電壓に對する影響に關して、陰イオンは2群に分たれて、その間の差は極めて著明である。
4. 第2群中に於て獨り NO_3 のみは電壓上昇機轉が他と異なる。
5. これ等の群的の差を蛙皮が能動的に Cl 及び Br を吸收すると云ふ既知の事實と照し合せて、蛙皮電氣發生に對する陰イオンの作用機序の考察を試みた。

稿を終るに臨み絶えざる御指導並びに御鞭撻を賜はり御校閲を辱うせる鈴木正夫教授及び福田篤郎助教授に對し深甚なる謝意を表す。

文 獻

- 1) Dean, R. B. (1939) J. exp. Biol. 16 134

- 2) 福田篤郎 (1942) Jap. J. med. Sci., Biophysics. 8 123
- 3) 福田篤郎 (1944) Jap. J. med. Sci., Biophysics, 10
- 4) Greven, K. (1941) Pflügers Arch. 244 365
- 5) 橋田邦彦 (1922) J. Biochem. 1 21
- 6) Huf, E. (1936) Pflügers Arch. 237 143
- 7) 小泉辰雄 (1938-9) Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. IV. 13 319
- 8) Krogh, A. (1937) Skand. Arch. Physiol. 76 60
- 9) Krogh, A. (1938) Z. vergl. Physiol. 25 335
- 10) Loeb, J. & R. Beutner. (1912) Biochem. Z. 41 1
- 11) 本川弘一 (1935) Jap. J. med. Sci., Biophysics. 3 203
- 12) Orbeli, L. A. (1910) Z. Biol. 54 329
- 13) Schwartz, A. (1915) Pflügers Arch. 162 547
- 14) Uhlenbruck, P. (1924) Z. Biol. 82 225

電氣刺激強まり要素に對するイオンの作用 612.816.7

千葉醫科大學生理學教室

小 嶋 利 顯

Kojima-Tosiaki

(昭和18年7月31日受付)

I. 緒 論

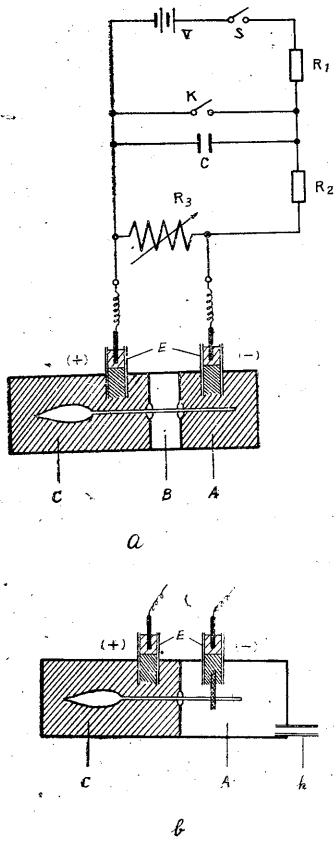
鈴木 (5) の綜説に説くが如く電氣刺激が被刺激形體に與へられ、刺激としての効果をあらはすために、電氣刺激が持たねばならぬ性質中、特に著しく考慮されねばならぬものに強さ、時間並に強まりの3要素がある。その内強まり要素に關しては之又鈴木 (6, 7) の綜説に見る如く、電氣生理學發達の當初に於て、既に E. du Bois-Reymond により注目せられたのに、其後刺激生理學研究の主流に於ては他の2要素に比較し餘り多く取り扱はれない觀があつたが、近時漸次多くの學者によつて検討され、最近は之等3要素何れもの相互關聯に於て刺激を論じなければならぬと見られるに至つた。私は神經に於ける本要素に對するイオンの影響を検すべく本實驗を始めたのであつたが、應召その他の事情のため實驗は屢々中斷され、且最初豫定した範圍の全部を行ひ得ずして中絶せざるを得なかつた。従つて實驗の結果は斷片的なるもの乍ら之を埋もらせるに忍びないので、茲に發表しておかうと思ふ次第である。

本要素に對するイオンの影響を検したのは石井 (2) の論文の文獻に見る如く從來數氏を數へる事が出来るが、その多くは Ca^{++} と K^{+} との作用を見るのみのものであつて、多くのイオンに就て試みたのは神經に就ては Solandt (3)、筋に就ては石井のみである。然も石井は本來は私よりも遅れて實驗に著手したのであつて、私の實驗を始めた時には Solandt の成績があるのみであつた。而して彼の成績もイオンに就てはその業績の一部に過ぎず、叙述も十分精細でないので、更に系統的に細かく検討しようとするのが私の發願であつた。

II. 實 驗 方 法

實驗材料はトノザマガヘルの坐骨神經腓腸筋標本を用ひ液體電極函に裝置する。この函は鈴木 (4) によるセルロイド製で、陰極も液體式か或は陰極のみ空中式に作られてある。之に於て一定イオン溶液の作用を見るために刺激極を筋より遠い電極となし、この部分に當該溶液を作用せしめる。第1圖 a は液體陰極函、b は空中陰極函を示す。C室(兩者共通)には神經及び筋の全部が浸される程度に Ringer 液を充し、液體陰極函 B 中には1~2滴の Ringer 液を滴下し蓋にて密閉し濕室とする。A室は兩者何れに於ても試験液を作用せしめる部分であつて、a にあつては最初 Ringer 液にて正常値を測り後試験液を充して繼時的に測定する。又 b にあつて

第 1 圖



は最初正常値を測つた後試験液を神経の浸される程度に充し、後繼時的の測定に當り細管kに連なるサイフォンによつてB室内の液を除去し空中陰極として刺激を行ひ、休止時に又試験液を注入した。Eは電極で Zn-ZnSO₄-Ringer ゼラチン不分極電極を用ひ、電極間の距離は a, b 兩者共 10 mm とした。空中陰極としては Ringer ゼラチン中に一端を固定した幅約 1 mm の絹絲の末端を誘導して神経に接觸させ、適當な神経竇に絹絲の緊張により接觸點の移動を防止した。強まり要素決定は Hill (1) の恒數 λ の測定に依る。即ち鈴木(4)、石井(2)の如く蓄電器の竝列配線により得られる指數函数的強まり電流

$$V_{\infty}(1 - e^{-\frac{t}{\alpha}})$$

を用ひて種々の α に於ける V_{∞} を測定し、之を基電流 V_0 、即ち $\alpha=0$ に相當する V_{∞} と比較した V_{∞}/V_0 を算出する。而して之を α を横軸としたグラフに盛ると、 α の大なる部分が直線をなし、この直線の α 軸に対する傾角の餘切が λ を示すのである。配線は第 1 圖に略示する通りであつて、V は 45 ボルト電源、S は電鍵、K は橋田式ロタトリウムの接觸子、 R_1, R_2 は共にラヂオ用理研製棒抵抗、 R_3

は安藤製可變抵抗器、C は可變蓄電器である。上記の α を定めるものは容量 C と抵抗 R_1, R_2, R_3 であるが、之には實驗成績に於て述べる如き大きさのものを用ひた。 λ 決定の豫備實驗に於ては種々の値の α に於ける V_{∞} を定め、夫等と交互に V_0 の測定を行ひ、一定 α に對する V_{∞} 測定前後の V_0 の平均値に對する比 V_{∞}/V_0 を α に對しグラフして λ を求めたが、イオン溶液の λ に對する影響を見るためには一定時刻に於ける λ をなるべく速に定める必要上、適當なる 2 つの α 値を選び、夫等に對する V_{∞} 測定間に唯 1 回の V_0 測定を挟み、以て 2 つの V_{∞}/V_0 を算出し $V_{\infty}/V_0 - \alpha$ 座標面に於けるその 2 點を結ぶ直線の傾角より λ を求めた。

實驗期は毎年 10 月より翌年 5 月迄の間に於て行ひ、冬眠中の蛙は約 15°C の保温箱にて 1 週間飼養したものを使用した。冬眠中に非ざる蛙も商人より入手後數日間、冬期に於けると同様の器の内に定温にて飼養したものを使用した。前記の電極函竝に電極は全部恒温水槽中に密閉し、同水槽はブリキ製の 2 重壁より成り、2 重壁間には常に水の灌流する様に裝置し、之により外界の温度を遮斷して槽内部の温度を一定させた。使用した Ringer 液の組成は 0.60% NaCl, 各々 0.01% CaCl₂, KCl 及び NaHCO₃ にして、試験 CaCl₂ 溶液は Landolt-Bernstein の Physikal-chem. Tabellen により蛙の血液結水點降下を -0.4°C とし算出作製し、0.93

%を等張液として之を Ringer 液にて種々の割合に薄めて作用させた。切り出した神経筋標本は電極函に装置し、次いで恒温槽中に密閉約1時間30分以上放置し、標本が全く平衡状態となるに到つて實驗を開始し、而して先づ正常 Ringer 液中に於ける λ を測定し、次いで神経に試験イオン液を作用させ引續き 3~4 時間の経過を觀察した。

III. 實驗成績

實驗の最初は R_1, R_2 に夫々約 $10^5 \Omega$ を用ひたが、斯かる場合には大なる α に對する V_∞ 測定に際し R_3 が數 $10^3 \Omega$ に上り、神経 1 cm の抵抗に對し無視し難きに至る事を恐れ、後には R_1, R_2 には夫々約 $2 \times 10^4 \Omega$ を用ひ、C を適當に増大して所要の α を得る事とした。併し實際に於てはその何れに於ても同様の成績を得た。

1) 先づ正常の神経に於て方法の章下で述べた如き方法によつて λ を計り得る事を見るため行つた豫備實驗を述べる。之に於ては液體陰極函を用ひ R_1, R_2 に夫々約 $10^5 \Omega$ 、C=約0.5, 1, 2, 3, 4 μF を用ひ、從つて α をして約 25 より 200msec に至る範圍に於て變化し V_∞/V_0 を求め α に對してグラフした。その1例を第1表に例示するに、 $V_\infty/V_0 - \alpha$ 關係は殆どその全域に於て直線を示すが、 α 大なる部分

程 α 軸に對する傾斜が稍小になる。この最後の部分の傾角の餘切即ち λ は 17.5msec を示す。同様の11例の内約半數はこの傾斜の漸減が稍著しく、半數は全域殆ど直線をなす。その最後の部分より測つた λ の平均は 16.9msec である。この全例とも略々第1表に例示する恒温室温前後に於て見られたものである。

第 1 表

$R_1 = 99,800 \Omega$ $R_2 = 100,500 \Omega$

	C (μF)	α (msec)	V_∞ (V)	V_0 (V)	V_∞/V_0	λ (msec)
29/1 95 13 室温 11.5°C - 14°C 恒温室温 12°C - 13°C	0.5	25	0.255	0.089	2.8	17.5
	1	50	0.43	0.074	4.5	
	2	101	0.74	0.076	9.6	
	3	153	1.05	0.078	10.8	
	4	205	1.25	0.076	13.0	
11例平均						16.9 (12.0-23.5)

又豫備實驗の他の例として液體陰極函 (F. K.) と空中陰極函 (K. i. L.) との比較の計測例を第2表に掲げる。之に於ては R_1, R_2 には夫々約 $2 \times 10^4 \Omega$ 、Cには約 2, 4, 8 μF を用ひ、 α は 20~80msec を用ひたが、この範圍の $V_\infty/V_0 - \alpha$ 關係は何れも殆ど直線で、之より求めた λ は本例に於ては空中陰極の方が稍小であるが、平均しては大體同一である。又實驗溫度より見て之が高いため λ が第1表に於けるより小である。この液體陰極に於けると、空中陰極に於けると λ の値が餘り大なる差異がない事、及びその大きき等に於ては鈴木 (4) の成績と一致を缺く様であるが、之に就ては考察の章で述べるこ

第 2 表

$R_1 = 20,440 \Omega$, $R_2 = 20,010 \Omega$

24/VI 95 13	C (μF)	α (msec)	F. K.			K. i. L.		
			V_∞	V_0/V_∞	λ (msec)	V_∞	V_0/V_∞	λ (msec)
室温 24°C 恒温室温 22°C	0	0	0.096			0.082		
	2	20	0.37	3.7	8.9	0.37	4.5	7.4
	4	41	0.59	5.1		0.61	7.4	
	8	83	1.04	10.8		1.07	13.0	
5例平均					11.9 (8.3-15.4)		11.3 (7.4-17.0)	

の $V_\infty/V_0 - \alpha$ 關係は何れも殆ど直線で、之より求めた λ は本例に於ては空中陰極の方が稍小であるが、平均しては大體同一である。又實驗溫度より見て之が高いため λ が第1表に於けるより小である。この液體陰極に於けると、空中陰極に於けると λ の値が餘り大なる差異がない事、及びその大きき等に於ては鈴木 (4) の成績と一致を缺く様であるが、之に就ては考察の章で述べるこ

と、し、本論文中に於ては斯かる大きさが正常値である。而して方法の章で述べた如く、以下イオンの作用を検するには、 α は50と100又は150 msec、或は40と80 msecの2つづの値に於ける V_{∞}/V_0 の値を求め、之を連ねる直線より λ を求めたのである。

2) Ca^{++} の作用

a) Ca^{++} の作用を見るには $CaCl_2$ 等張液を Ringer 液に加へて全量中前者 $2/10$ 及び $6/10$ なるものゝ作用を見た。第3表にはその各々に就き、1例づの全測定値即ち閾値並びに λ の毎

第3表

CaCl ₂	時間		正常	1	2	3	
2/10	16/IV 95-13 室温 15°C-18°C 恒温室 16°C-18°C	V_0 (V)	0.270	0.33	0.35	0.37	
		V_{∞} (V)	0.070	0.116	0.121	0.110	
		V_{∞}^2 (V)	0.49	0.58	0.57	0.65	
		λ (msec)	18.4	17.2	21.0	21.5	
	他 2例	λ (msec)	23.5	23.5	26.0	30.0	
		λ (msec)	21.0	20.5	18.6	17.5	
	6例平均	λ (msec)	20.5	20.5	19.7	19.7	
6/10	29/III 95-13 室温 16°C-18°C 恒温室 15°C	V_0 (V)	0.35	0.44	0.58	0.65	
		V_{∞} (V)	0.075	0.137	0.175	0.21	
		V_{∞}^2 (V)	0.63	0.80	1.0	1.17	
		λ (msec)	14.4	15.8	17.6	17.2	
	他 2例	λ (msec)	11.0	17.8	23.0	28.5	
		λ (msec)	20.0	17.4	15.9	14.3	
	8例平均	λ (msec)	17.1	18.6	18.5	18.1	
別列	2/10	4例平均	λ (msec)	11.3	16.6	17.8	18.5
	6/10	4例平均	λ (msec)	12.8	17.5	21.0	22.4

時間の経過、他の2例づ及び全例平均の λ のみの経過を表示した。測定値に於ては V_0 は基電流、 V_{∞} 及び V_{∞}^2 は夫々 α が約40及び80 msecに於ける V_{∞} であつて、之等より作圖した直線の傾きより計算した λ がその例に於て記入されてある。

今 $2/10$ の濃度に於ける効果を見るに λ の経過は大體に於て大なる變化をしないと思得る。個々の例に於ては一定方向の變化と思得るものもあるが、他の例にあつては不規則であり、その變化の比較的大きさも小であつて有意義なものではなく、平均値に於て大なる變化として現はれて居ない。併し Ca^{++} 溶液の作用の進むに従つて基電流 V_0 は漸次増大するのが見られて、本例に於ては3時間後は正常値の1.44倍である。全例中2.3倍に到るものもあるが、多くのものは本例の如き程度の増大で時間に従つて漸増する。

$6/10$ の濃度に於ても λ に大なる時間的變化は見られない。例によつて著しきものもあるが、全體としては變化なしと思得る。併し基電流 V_0 は矢張り漸増し、その程度は $2/10$ より著しい。本例では3時間後に正常値の2.2倍に至つて居る。全例中には1.3倍より3倍以上に至つて居るものもあるが大部分は本例程度の増大を示す。

之等の測定に於ては R_1, R_2 に夫々 $2 \times 10^4 \Omega$ を用ひて實驗したが、始め之等に夫々 $10^5 \Omega$ を用ひ、 α を50と100又は150 msecとして測つた實驗もある。第3表の下端に別列として4例づの λ の平均値のみを擧げておいたが、之等を見ても λ に變化ありと認むべきではない。猶 R_1, R_2 に $10^5 \Omega$ を用ひての實驗は第1表のもの及び本表のこの部分の實驗に限り、以後述べるものには全部 $2 \times 10^4 \Omega$ を用ひて實驗した。

b) 従來の本要素に對するイオンの作用を見る實驗に於ては、屢々試験液を蛙全身に注射し或は筋神經標本全體に作用せしめて結果を見て居る。従つてその作用が果して神經への作用か、神經筋接合部乃至筋への作用を含むか明かでない。私の方法は上述の如く作用電極の許の

神經にのみ試験液を作用せしめるのであるが、之と作用が神經筋接合部乃至筋にも及ぶ場合と比較するために、CaCl₂ 等張液 2/10 加 Ringer 液を液體陰極函(第 1 圖 a)の A 室のみならず C 室にも作用せしめてその影響を検した。斯かる實驗の結果を第 4 表に掲げる。本表に擧げた例

第 4 表

CaCl₂ 2/10. A, C に注入

		正常	1	2	3
6/7 10/13 室温 23°C-24°C 低温 20°C-21°C	V ₀ (V)	0.55	0.54	0.56	0.65
	V ₁ (V)	0.105	0.150	0.132	0.153
	V ₂ (V)	0.83	0.78	1.09	1.10
	λ (msec)	154	143	154	140
5 例(室外)	λ (msec)	15.9	18.6	17.4	15.7
9/7	V ₀ (V)	0.075	0.159	0.169	0.173
	λ (msec)	116	67	57	37

及び平均値を見て、その結果は第 3 表即ち同一試験液を A 室にのみ作用せしめた場合と殆ど變らぬ事を知る事が出来る。即ち λ は本液の作用によつて殆ど變らない。又 V₀ は時間に従つて漸増する。本例に於ては 3 時間後に 1.46 倍になつて居て、中には 2.9 倍に至るも

のものもあるが、全例の多くはこの程度の増大である。之等の成績は全く第 3 表に於ける 2/10 濃度のものと同一である。従つて溶液が神經のみに作用する時と、神經、筋の全部に作用する時は結果は殆ど同一である事を知る。

たゞ本系列の實驗に於て注目すべき例を擧げる。即ち本系列實施に當つては季節的關係もあつて實驗の一部に於ては、使用動物に實驗當日附近に野棲せる蛙を捕獲したものを用ひた。斯かるものにあつても、普通商人より買入れ數日室温にて飼養した蛙にて見たと同様の成績を擧げたが、その内 2 例に於ては λ の正常値が著しく大きく、試験液により時間に従つて大いに減少する事が見られた。その 1 例を第 4 表下端に掲げておく。V₀ の増加は本例に於ては稍著しく、3 時間後 2.29 倍であるが、他の例ではしかく大ならず、爾餘の諸例と大なる差異が見られない。併し λ は見るが如く正常が 100msec 以上であり之が時間に従ひ遞減する。この事實に就ては考察の時に論ずる。

3) Ca⁺⁺ 減少の作用

a) Ringer 液中より Ca⁺⁺ を減少せしめて λ に對する影響を見るため、Ca⁺⁺ を全く含まぬ Ringer 液、及び Ca⁺⁺ を 1/5 に減じたる即ち 0.002% の CaCl₂ を含む Ringer 液を作りその作用を見た。之に於ては第 2 表の比較實驗に對應して、液體陰極函(F. K.)と空中陰極函(K. i. L.)との何れに於ても實驗した。第 5 表にはその各々の場合に於ける 1 例づゝの測定値と λ の平均値の變化を掲げる。この成績は見るが如く種々の事情のため極めて相距つた年月の種々の季節に於ける實驗のものであるが、蛙の實驗時の條件が等しければ、よく比較に堪へるのである。先づ F. K. に於ける無 Ca⁺⁺-Ringer の作用を見るに λ は漸次増大する。然るに V₀ は初め稍増大し後減少する。時に初めより減少する事もあるが、最初一過性の増大がある事が多い。1/5 Ca⁺⁺-Ringer になると λ は矢張り時間に従つて漸増する。増大の程度は無 Ca⁺⁺-Ringer の場合と明かに區別し得る程は違はない。大體同様に増大する。V₀ は最初増大し後減少するが、最初の増大が無 Ca⁺⁺-Ringer の時より著しく、後に起る減少の程度がそれより弱い。之は前項で述べた Ca⁺⁺ 增量の際の V₀ の増大に移行する途中と見得る。次に K. i. L. は殆ど F. K.

第 5 表

		時間	正常	1	2	3	4	
F.K.	無Ca-Ringer	30/22 02-13	V_{00}^1	0.51	0.52	0.36	0.27	0.179
		室温 22°C-24°C 恒温至 22°C	V_0	0.082	0.086	0.076	0.063	0.049
			V_{00}^2	1.02	0.90	0.61	0.43	0.26
			λ	8.7	9.5	12.5	17.0	25.0
		3例平均	λ	10.8	12.0	14.8	17.4	27.0
	1/5 Ca-Ringer	5/1 02-15	V_{00}^1	0.199	0.190	0.164	0.150	0.124
		室温 12°C-14°C 恒温至 12°C	V_0	0.035	0.042	0.39	0.033	0.028
			V_{00}^2	0.35	0.35	0.27	0.235	0.194
			λ	7.6	10.5	14.7	15.7	16.5
		4例平均	λ	8.5	9.7	12.4	14.5	18.9
K.i.L	無Ca-Ringer	12/17 02-15	V_{00}^1	0.39	0.39	0.36	0.33	
		室温 16°C-18°C 恒温至 16°C	V_0	0.049	0.070	0.065	0.59	
			V_{00}^2	0.68	0.66	0.59	0.50	
			λ	9.8	10.7	11.4	14.1	
		3例平均	λ	8.7	9.8	11.7	21.0	
	1/5 Ca-Ringer	26/22 02-16	V_{00}^1	0.42	0.270	0.184	0.168	
		室温 9°C-13°C 恒温至 13°C-14°C	V_0	0.077	0.057	0.044	0.036	
			V_{00}^2	0.91	0.49	0.31	0.26	
			λ	11.4	12.1	14.0	15.8	
		3例平均	λ	9.7	11.1	14	18	

と同様の成績を示す。無Ca⁺⁺-Ringerによりλは漸増し、V₀は初め増大後減少する。その程度はF.K.に於けると同様である。表の例ではV₀の變化が少い様に見えるが、他の例ではF.K.に於けると略々同様の程度である。1/5 Ca⁺⁺-Ringerに於てはλは矢張り増大する。その程度も他と餘り變らない。V₀はこの場合は初めより減少するのみであるが、之は直ちに爾餘のものと比較は出來ず、この實驗系列に於ては、Ca⁺⁺減少の

V₀に對する効果が特に強く現れたものと見るべきであらう。即ちCa⁺⁺減少は、λを常に増大せしめる、V₀に對しては減少高度の時は漸減或は最初稍増大して後減少せしめるが、Ca⁺⁺減少が低度になるにつれV₀の後期減少の度が少くなると見る事が出来る。

猶今後はすべて空中陰極に於て實驗を行ふ。

b) Ca⁺⁺及びK⁺を含まぬRinger液

Ca⁺⁺除去の作用の外にK⁺をも除去して、等張NaCl溶液に定量のNaHCO₃を加へた試験液の作用を検した。その成績を第6表に示すに、見るが如くλは時間に従つて漸増し、V₀は漸減する。V₀の減少は無Ca⁺⁺-Ringerに於けるよりも著しく、その減少の経過は最初大幅に減少し、後時を経るに従ひ減少の大きさが遞減する。

第 6 表

無Ca, K-Ringer

		時間	正常	1	2	3
7/11 02-16	室温 14°C 恒温至 14°C-15°C	V_{00}^1	0.48	0.285	0.25	0.21
		V_0	0.074	0.052	0.041	0.038
		V_{00}^2	0.84	0.45	0.35	0.27
		λ	8.6	12.8	17.4	18.6
	4例平均	λ	9.1	11.0	12.7	14.2

は漸減する。V₀の減少は無Ca⁺⁺-Ringerに於けるよりも著しく、その減少の経過は最初大幅に減少し、後時を経るに従ひ減少の大きさが遞減する。

c) 枸橼酸Na混合液

Ca⁺⁺減少の1つの方法として、Caのイオン状態を奪ふといはれる枸橼酸Naを加へたNaCl溶液の作用を見た。この鹽は電離して4個のイオンとなるため、その等張液を1.96%とし之を0.6% NaCl溶液に對し1:5の割合に混じたものを神經に作用させると、30分前後より筋に軽度の纖維性攣縮を認め、1時間前後より自發性收縮が高度となるに至る。よつてその割合を1:29即ち1/30溶液としてその作用を見た。この場合はV₀は時間に従つて著しく減少する。最初急激に後稍緩やかに遞減する。然るにλは餘り著しく變らぬものと、非常に大きくなるものとある。第7表にはその各1例づ

つを擧げておく。又時には 3~4 時間不變のまゝで最後に急に大なる値を示すものもあつた。

4) Mg⁺⁺ の作用

Mg⁺⁺ の作用を見るための MgCl₂ 溶液に於ては最も廣い範圍に於て濃度を變

化し得た。即ち Ringer 液より CaCl₂ を除きたるものに MgCl₂·6H₂O を 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.12, 0.20% づゝ溶解した試験液の作用を検した。之等各種の溶液毎に略々 4 例づゝ實驗した全部に就き、第 8 表に各溶液

に於ける 1 例づゝの V₀、及び λ の變化の経過及びその 4 例づゝの平均値を掲げる。今之によつて V₀、及び λ の變化の様を見るに、0.01% にあつては V₀ は漸減し、λ は漸増する。全例略々この程度の變化である。0.02% に於ては V₀ は漸減するが、時間の経つに従ひ減少が少く又は止むに至る。λ は時間に従ひ漸増する。0.04% にては V₀ は初め稍下るが後元の大きさに歸るか、大體全體に亘つて一定である。λ は最初の變化の少い例が多いが、全體として猶漸増の傾向を示し、殊に後段に於て増加が猶著しいものがある。0.08% に於ては V₀ は既に最初より増加を辿り

最後迄漸増を續けるが、その 3 時間後の増加も 1.2~1.3 倍を出ない。λ は矢張りまだ漸増するが後段に於ける増加が僅少になる事が認められる。0.12% にては V₀ の増加が著しくなり 3 時間後の増加が 1.5~2.0 倍となる。λ は最初稍著しく増大するが後の變化は著しからず、或は後は殆ど一定に近い経過をとるものもある。0.20% に至つては V₀ の増加は愈々著しくなつて 3 時間後には 2~3 倍となるが、λ の變化は大體 0.12% の如く最初稍大きくなるが後は大體一定、或は後は稍減少さへする。

5) Sr⁺⁺ の作用

Sr⁺⁺ の作用は Ringer 液の Ca⁺⁺ の代りに SrCl₂ 0.106% を含む試験液のみを見た。即ち

第 7 表

1/30 Na-citrat-NaCl 溶液

時間		正常	1	2	3	4
		26/III	V ₀ 0.082 λ 10.1	0.055 59	0.044 105	0.028 57
28/III	V ₀ 0.067 λ 8.1	0.048 70	0.039 74	0.029 64	0.019 71	

第 8 表

MgCl ₂ + 6H ₂ O	時間		正常	1	2	3
	0.01%	17/IV	V ₀	0.087	0.079	0.067
15°C		λ	11.6	13.2	16.6	20.5
4例平均		V ₀	0.079	0.069	0.062	0.058
		λ	10.3	12.0	15.7	17.1
0.02%	17/IV	V ₀	0.060	0.052	0.043	0.043
	17°C	λ	9.0	8.3	9.2	12.4
	4例平均	V ₀	0.070	0.058	0.055	0.054
		λ	10.1	13.6	14.6	24.
0.04%	21/IV	V ₀	0.087	0.081	0.089	0.093
	17°C	λ	11.2	11.5	12.1	13.1
	4例平均	V ₀	0.063	0.058	0.064	0.067
		λ	10.3	10.6	15.5	20.3
0.08%	24/IV	V ₀	0.067	0.067	0.095	0.091
	15°C	λ	12.0	17.1	18.2	20.8
	4例平均	V ₀	0.078	0.065	0.093	0.095
		λ	12.7	15.3	21.8	23.4
0.12%	19/IV	V ₀	0.039	0.055	0.066	0.070
	17°C	λ	11.0	13.4	18.3	18.8
	4例平均	V ₀	0.05.	0.067	0.076	0.111
		λ	9.8	14.1	17.4	15.8
0.20%	27/IV	V ₀	0.052	0.052	0.066	0.081
	17°C	λ	11.7	14.2	16.4	18.7
	3例平均	V ₀	0.047	0.081	0.096	0.107
		λ	14.3	25.4	32.5	22.9

第 9 表

SrCl ₂ ·6H ₂ O (0.106%)		時	1	2	3
4例平均	V ₀ ¹	0.243	0.171	0.167	0.151
	V ₀ ²	0.057	0.072	0.079	0.095
	V ₀ ³	0.332	0.230	0.195	0.184
	λ	16.9	4.9	11.7	11.7
4例平均	V ₀	0.065	0.081	0.089	0.102
	λ	13.9	35.3	92	98

SrCl₂·6H₂Oなる物質であるから、この溶液は0.004Mの濃度に當る。第9表にはその1例及び4例平均のV₀及びλの経過を示すが、V₀は漸増を示す。即ち3時間後V₀は1.5倍内外に増大し、λは著しき増大を示すが後段に於ては増大が減少する。

IV. 考 察

本實驗は緒論に説いた如く、神經の電氣刺激の強まり要素に對するイオンの影響を系統的に見ようとして始められたものであつた。種々の事情のため上述の成績を擧げ得たのみであつたが、その限りに於て考察を試みよう。

先づ(1)に於て正常の神經に就てλを計る豫備實驗が行はれ、又液體陰極函及び空中陰極函の比較が行はれて居る。而してその結果、用ひられたαの範圍に於て、λはよく測られその値は第1表、第2表の示す如き大きさである事が明かにされた。この大きさは從來の諸家の得たλ、或は夫々の強まり要素値より換算したλの大きさ(鈴木6参照)と大體同様の大きさである。唯鈴木(4)自身は之等の一致する値を空中陰極に於て見出し、液體陰極では之より遙かに大きな値を得て居る。私は第1表の値を液體陰極に於て得たのであつて、この不一致に就ては種々探究を試みた。既に本實驗に於てR₁、R₂を最初の大なる値より後のより小なる値に移したのも、R₁、R₂從つてR₃の餘り大きい事がこの不一致に關係はないかと思つたからであつた。併し本實驗の経過で見る如くこの變化はλの値に影響はない。その他鈴木の実験と私の夫との間の方法的差異を種々詮索して之を顧慮したが、この差の原因を摺む事が出来ない。事によれば材料たる蛙の實驗より前數日乃至1週以上の間の飼ひ方に、等しく室溫に於て飼ふといふ記載のみであるが、細かな仕方に何らかの差異があるのではないかと思はれる。之を思はせる1つの事に本實驗後段(2, b)に於て、新鮮に捕獲した蛙に就て行つた實驗の1部に於ては(液體陰極)、100msec以上のλを正常値として示して居る。即ち蛙の生育状態によれば、斯かる大きさのλを液體陰極に於て示す事がある事が窺へるのである。併し私の實驗方法に於ては、λは液體陰極と空中陰極とで大なる差はなく(第2表)、寧ろ第1表と對比して、實驗溫度により斯くの如き範圍の差異を來し得る大きさを、λの正常値と定める事が出来る。

2)に於てはCa⁺⁺の作用を見た。Solandt(3)はCa⁺⁺に於てλを小にする作用を認め、冬蛙に於てCaCl₂溶液を注入し、或はその標本をCaCl₂に富めるRinger液に浸す時はλが正常より減少する事を見た。本實驗より實驗は遅く始められたのであつたが、石井(2)は筋刺激に於けるλ(に相當する數値)に對するアルカリ土イオン及びアルカリイオン各種の作用を見、前者は何れも筋のλを小ならしめる事を見た。又石井の擧げた文獻でも明かの如く、今迄Ca⁺⁺とK⁺とだけに就ては、神經並びに筋に於ける強まり要素に對する作用を見た學者は少から

す、何れも Ca^{++} はこの要素を大(即ち λ を小)ならしめる様に作らくのを見て居る。が今私が第3表に示す成績で見た如く、 CaCl_2 等張溶液を $\frac{2}{10}$, $\frac{6}{10}$ 加へた Ringer 液を作用せしめても蛙の神経の λ の變化は殆どない。又第4表に示す如く、 $\frac{2}{10}$ 混合液を神経刺激部と筋部と兩方に作用せしめても λ は變化しない。之によつて Ringer 液中に含まれた CaCl_2 (0.01%) は、蛙の神経の λ を小にするための十分なる量であつて、之より Ca^{++} をどれ程増加せしめても、それ以上 λ の小になる事はない事を知るのである。尤も之は蛙として正常の状態と見るべき、室溫に飼ひ馴らした蛙に就ての事であつて、Solandt の如く冬蛙に就ての事ではない。Solandt も夏の蛙に就て、 Ca^{++} が λ を更に小にする事はない事を見て居る。彼はこの時(交尾期の後)の蛙を昏睡的と形容してゐるが、常溫に飼つた蛙は冬期と雖も常に活潑であるから、私は常に斯かる蛙を以て實驗したのである。

Ca^{++} は斯くの如く Ringer 液以上に増加しても、蛙の神経の λ を小にする事はないが基電流 V_0 を漸次大にする。濃度大なる程益々著しく V_0 を大にする事が認められる(第3表)。 V_0 が大になつて而も λ が一定であるといふ事は、即ち直角電流閾が大になるに従ひ漸増電流閾も同様に大きくなる事を示すのである。又第4表に示す如く、 Ca^{++} を筋部にも作用せしめても結果は同一である。

猶注意すべきは、先にも言つた如く、第4表下段の例に示したところの蛙の生活状況によつては、 λ の正常値が(液體陰極にて)著しく大きく出の場合である。この場合は Ca^{++} の作用にて λ は著しく減少する。即ち Solandt の見た冬蛙に於てと同様である。これは正常時に λ の大なる實驗條件に於ては、 Ca^{++} の増量は λ を小にする事を示す。この時 V_0 は矢張り増大する。之を言ひ表せば、直角電流閾値が大となるに従ひ、漸増電流閾がより著しく大きくなる事を意味するのである。

3) に於ては Ca^{++} の減少の影響が見られてある。即ち (2) に於て少くも大多数の場合に於ては、Ringer 液に含まれたる量以上に Ca^{++} を増量しても λ に對する影響はなく、 λ はそれ以上小となる事はない事が明かにされたため、Ringer 液より Ca^{++} を減少せしめてその作用を見たのであつた。之に於ては液體陰極(F. K.)に於ても空中陰極(K. i. L.)に於ても試みられ、又 Ringer 液より Ca^{++} を全く除いた溶液及び同じく Ca^{++} 量を $\frac{1}{5}$ に減じたものに於て測定されたが(第5表)、F. K. と K. i. L. とは殆ど全く同様の結果を示し、 λ は時間を追つて増大する。無 Ca^{++} -Ringer に於てはその増大著しく、 $\frac{1}{5}$ Ca^{++} -Ringer に於ても猶大に増大する事が見られる。又 V_0 は最初稍増大するが後減少に移り、無 Ca^{++} -Ringer では可成り減少する。 $\frac{1}{5}$ Ca^{++} -Ringer にはその減少少く、 Ca^{++} 増量の場合 V_0 の増大への方向を暗示する。唯 K. i. L. の $\frac{1}{5}$ Ca^{++} -Ringer にては V_0 は減少が猶著しい。

更に Ringer 液中より Ca^{++} , K^+ 兩者共除去すれば(第6表)、 λ は矢張り時間と共に増大し、 V_0 は Ca^{++} のみ除去した時より著しく減少する。又イオン狀の Ca^{++} を無くす枸橼酸 Na 溶

液の作用(第7表)に於ては、 V_0 は更に著しく減少する。 λ は非常に増大するものもあり、餘り著しい作用を受けぬ場合もある。

之等を通覽すれば、 Ca^{++} (或は Ca^{++} と K^+ 共) の Ringer 液よりの除去或は減少は λ の増大を來たす。即ち上(2)に於て、Ringer 液中の Ca^{++} 量は λ を小にするには十分の量なる事を見たが、今之を $\frac{1}{5}$ に減少しても既に λ は増大して Ca^{++} の作用の不十分を示すのである。而して無 Ca^{++} にすれば λ の増大は更に著しくなる。が $\frac{1}{5}$ Ca^{++} に比べ非常な差はない。 K^+ を共に除去しても λ の變化は略々同様であり、枸橼酸 Na の作用の下では λ の餘り變化しない場合もあるが、變化する例に於ては非常に大きな増大を示す。

然るに V_0 に對する作用は、 λ に對する作用に比し細かい階段的差異がある。既に(2)に於ても、 $\frac{2}{10}$ と $\frac{6}{10}$ とにて λ への作用は大差ないが、 V_0 への作用には $\frac{6}{10}$ の方が著しい増加を見た。今減少に於ても、無 Ca^{++} と $\frac{1}{5}$ Ca^{++} とにては作用の差あり、又 Ca^{++} 、 K^+ 何れもの除去、枸橼酸 Na の作用に進むに従ひ V_0 の減少が著しくなる。枸橼酸 Na の作用に於ては、 V_0 の減少は何れの例に於ても甚だ著しく起つたが、 λ は殆ど變化しないのもあり、非常に増大したのもあり、又最初變化なく後急に増大を示すものもあつた。之も V_0 への作用と、 λ への作用と必ずしも常に同様でない事を示す事實である。斯くの如く λ への作用と、 V_0 の間に若干の差はあるが、大體に於て V_0 の減少は λ の増大と伴ふ事が窺はれる。(2)に於ては V_0 が増大したが λ は減少を見なかつた。併し之は上述の如く、 λ が之以上小さくなり得ない値であると見るべく、(2) b の最後に擧げた場合の如く、 λ の大なる時は V_0 の増大に伴ひ λ は減少する。即ち V_0 と λ とは大體に於て反對の向きに増減が伴ふものと見る事が出来る。

4) に於ては Mg^{++} の作用が見られて居る。即ち(2)、(3)に於て、 Ca^{++} の Ringer 液中に於ける増加は λ に影響なく、その減少は λ を大ならしめる事が見られたので、同じアルカリ土金屬イオンの Mg^{++} にもこの作用ありや否や、及び若しならば、この作用に於て Ca^{++} をどれ程代用し得るかを見んとしたのである。即ち第8表に示す如く、 Ca^{++} を除いた Ringer 液に種々の%に於て $MgCl_2$ を含む溶液の作用を見たのであつた。その結果は成績の章で述べた如く、 Mg^{++} の含量の増すに従ひ、 Ca^{++} 不足による V_0 及び λ の變化が補償されて行くのを見る。即ち Mg^{++} にも Ca^{++} と略々同様の作用がある。併し Ca^{++} 不足による V_0 の變化、即ちその遞減は Mg^{++} の含量の大なるに従ひ漸次補償され、終には漸増を來たし Ca^{++} の場合と全く同様であるが、 λ の變化即ちその増大は完全に補償されず、濃度の大になるに及んでも最初の増大は現れる。唯一定の大きさに迄最初増大し爾後の漸増がなくなるのみである。

即ち Mg^{++} 含量小なる間未だ現れる V_0 の減少は、0.04%に亘つて無くなり大體全時間に亘り略々同一に近き V_0 を示すに至る。0.08%になると既に V_0 は増大を續けるに至り、それ以上 Mg^{++} が増加すれば V_0 の増大は愈々著しくなる。又 Mg^{++} 濃度小なる時に著しい λ の増大は、本實驗に於ける Mg^{++} 濃度増加の各段階に於ても伸々やます漸く 0.12%、0.20%に至り、

最初一定度の増大が起るのみであつて爾後の増大が起らざるに至るのを見るのである。而して本物質は $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ であるからその 0.04% は略々 0.002M に相當し、0.12%, 0.20% は夫々約 0.006, 0.01M に當る。而して CaCl_2 に於ては Ringer 液の含量 0.01% は略々 0.0009M に當るを以て、 Mg^{++} の作用は λ に對する影響に於ては勿論、 V_0 に對する影響に於ても Ca^{++} の作用には及ばざるを知るのである。

5) に於ける Sr^{++} の作用は、唯 1 種の溶液即ち 0.004M 試験液のみにしか實驗出來なかつたので、多くの事を言ふ事が出來ない。が大體 Ca^{++} 、 Mg^{++} と同様の作用のある事は頷き得る。第 9 表の成績によれば、 V_0 は増大しその程度は Mg^{++} 0.006M の作用と匹敵する。 λ は猶非常な増大を見る。後段にはその度が減するが、最初の増大は著しい。之は Ca^{++} 不足に於て見るよりも著しい。 Mg^{++} に於ても、最初の λ の増加は 0.01M に至つても猶存するのであるから、 Mg^{++} 、 Sr^{++} 等に見るこの現象は Ca^{++} 不足によるものとは別の本態のものかも知れない。

石井 (2) は本實驗の開始より遅れて發足したのであつたが、電気刺激強まり要素に対するイオンの作用を筋に就て觀察し、アルカリイオン及びアルカリ土イオンの各種のものに就き系統的に検討して、極めて見透しのついた結果に達した。夫に依ればアルカリ土イオンは何れにあつても筋の電気刺激強まり要素を大ならしめ (即ち λ を小ならしめ)、その強さは $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Sr}^{++}$ の順であり、同一イオンに於ては濃度大なる程その作用が強い。之に對しアルカリイオンは該要素に對し、夫々一定濃度を境として反對の作用を呈する。即ちその臨界濃度以下にて該要素を小 (λ を大) ならしめ、以上にて大 (λ を小) ならしめる。而してその臨界濃度の上及び下の何れの作用に於ても、濃度の大なる程その作用が強い。而して夫等の濃度を比較する事により各イオン間に $\text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Li}^+ > \text{Na}^+$ なる強さの順序を立てる事が出来る。この知見、殊にアルカリイオンに於ける一定濃度を境としての作用の逆轉により、イオンの強まり要素に對する作用に關する從來の文獻の上の知識に於ける、イオンの拮抗作用より見ての矛盾が十分説明せられるに至つた。私は神經に對する本實驗に於てアルカリイオンに及ぶ事が出來ず、アルカリ土イオンに於ても各種のものを細かく比較するに耐へる程十分の實驗をする事が出來なかつた。が少くも、アルカリ土イオン全體の作用は石井の筋に於ける所見と略々一致する。即ち代用液中の、その増量は神經の λ を小ならしめ、その減量は λ を大ならしむる事を見る事が出来る。即ち Ca^{++} を代用液中より減すれば λ は大となり、増大すれば普通は λ が更に小とならぬが、その大なる状態に於ては著明に減少する。 Mg^{++} に於ても、 Ca^{++} 除去 Ringer 液の作用を補償し得るを以て、同様の作用を考へる事が出来る。又全實驗を通じこの V_0 と λ との相對關係より考へても、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Sr^{++} の作用の同方向なる事を推察する事が出来る。而してその作用から見て、 Ca^{++} が Mg^{++} よりも強力なる事は知る事が出来るが、 Sr^{++} に就ては實驗不足で明瞭に言ふ事は出來ない。又 V_0 と λ とにはイオンの作用が必ずしも絶対に平行せず、殊に Mg^{++} 、 Sr^{++} は別に λ を大ならしめる作用あるが如く見え、問題は簡單でなく、神經の強まり要

素に対するイオンの作用には、未だ闡明すべき幾多の問題を含むのを見るのである。

V. 総 括

1) 蛙神経の電気刺激強まり要素に対するイオンの作用を見るために、坐骨神経腓腸筋標本を液體陰極又は空中陰極を装置した液體電極函に納め、之に就て Hill の恒数 λ を計り、陰極部に試験液を作用せしめ λ の繼時的變化を測つた。

2) 先づ最初 Ringer 液に於て、 λ を測定する豫備實驗を行ひ、一定の λ の値を得た以後の本試験に於ては、 λ を α の 2 點の測定より求むる事とし、イオン作用の時間的經過を觀察した。

3) CaCl_2 等張液を $\frac{2}{10}$, $\frac{6}{10}$ の量に含む Ringer 液に於ては、基電流は漸次上昇するが λ は殆ど變らない。同液を筋部にも作用せしめても同様である。但し液體陰極にて、 λ の正常値の大きく出る例に於ては λ が減少する。

4) Ringer 液より Ca^{++} を除き、又は $\frac{1}{5}$ に減少せしめた試験液に於ては、基電流は漸次減少し λ は漸次増大する。 Ca^{++} , K^+ 兩方を除去した Ringer 液にても略々同様だが基電流の減少が著しい。枸橼酸 Na を加へた NaCl 等張液に於ては基電流の減少は更に著しく、 λ はこの場合、非常に増大するものもあり、又増大の見られざる場合もある。

5) Ca^{++} を除いた Ringer 液に 0.01~0.20% 間種々の量に MgCl_2 を含む試験液に於て Mg^{++} の作用を見た。又 Sr^{++} に於ては 1 種の溶液に於て試みた。而して全般の成績に關し種々考察を行つた。

稿を終るに臨み、絶えざる御指導御鞭撻を賜はり、御校閱を辱うしたる恩師鈴木教授に對し滿腔の感謝を捧ぐ。

文 獻

- 1) Hill, A. V. (1936) Proc. roy. Soc. Lond., Ser. B., 119 305, 440
- 2) 石井恒夫 (1942) 日本生理誌 7 1
- 3) Solandt, D. Y. (1936) Proc. roy. Soc. Lond., Ser. B., 19 355
- 4) 鈴木正夫 (1937) Pflügers Arch., 239 81
- 5) 鈴木正夫 (1937) 千葉醫學誌 15 第 2 部 361
- 6) 鈴木正夫 (1938) 日新醫學 27 1565
- 7) 鈴木正夫 (1943) 日本生理學評論 2 113

筋短縮機構に就ての研究 (41) 612.741.4

振りによる骨筋粘弾機構の研究

(文部省科學研究費に依る研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

大野真一

Ono-Siniti

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒言

この報告は骨筋を振つた時の廻轉運動(振れ方)を自家考案の装置により直線運動に移し、その機械曲線を解析して筋の横軸に於ける粘弾性の現はれ方を観察した實驗である。實驗の目的は吾々の教室での筋粘弾機構の研究の一環として、土橋の筋纖維の振れに於ける歪力の研究(15)及び仁木(11, 12, 13), 樫井(4), 保田(17)等の筋の二次性弾性現象の研究と關聯せしめ、筋稜柱生理學(Inokommaphysiologie)の領域に新らしき實驗根據を與へるにあつた。

實驗は2602年11月より翌年3月に亘つて行つたものである。

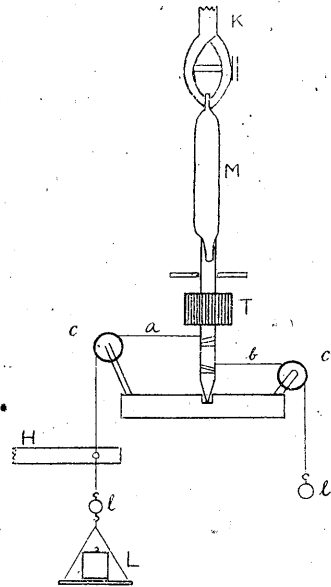
II. 實驗方法

實驗装置には第1圖の如きものを考案した。

圖に於てMは筋であり、筋の一端の腱にはTなる獨樂を吊り下げた。獨樂の胴體は眞鍮製であり、色々と實驗を重ねて見た結果その重量を10~20gとし、心棒には直徑約1.5mm、長さ約5cmの鋼針を用ひた。獨樂は上方は腱、下方は軸受によつてその位置が決まるが、獨樂の心棒には2~3mmの距離を置いてa b 2本の細絲を別々に結び付け、且つ互に反對の方向に幾卷かを捲き、他端は夫々滑車c c'を経て拮抗負荷11'に繋いだ。

獨樂の使用法は圖からも判るやうに、筋をどの位振るかにより豫め細絲abを適宜に心棒に巻きつけた状態で11'を加減して平衡を保たせ、準備の出來た處でa側に追加負荷Lを加へると、負荷に應じて筋が振れると共にa絲が解れ、bは逆に巻かれてゆく。その際の筋の振りの度合はほぐれてゆくa絲の長さに比例するから、a側に連結した筆

第1圖



積でその運動の機械曲線を描寫し、運動を成るべく正確に記するために擴大率を小さく(約1/4)して描寫した。此場合獨樂の心棒が細ければそれだけ筋を振るのに大きな力を要するから、描寫曲線の高さと睨み合せた上で心棒は成るべく太く作つた。尙拮抗負荷11'は獨樂が廻轉しても心棒が軸受からはづれぬ程度に成るべく軽いものを用ひ、獨樂の廻轉度はSなる軸止蓋の上に目盛を附して讀取つた。

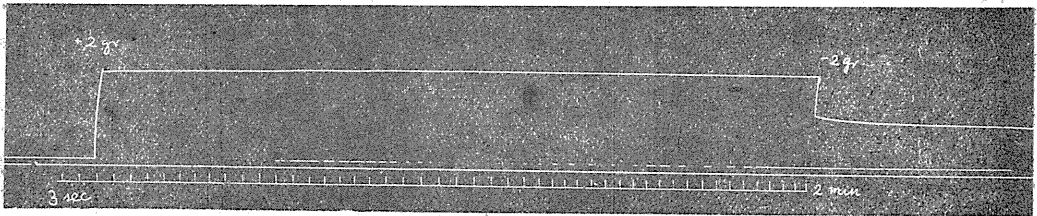
實驗の實施は材料に臺の縫匠筋及び腓腸筋を用ひ、圖に示す如く一端を筋クレムメに挟み、他端の腱を獨樂の心棒に結び付け、その際腱が筋纖維と一緒に振れぬ様に心棒に根元まで巻きつけた。

尙此實驗では筋が一定の張力を保つため成るべく一定の長さに保つことが望ましいが、機械的に筋長を一定にすることが不可能なので、クレムメの位置を加減し、成るべく筋が原長の儘で獨樂の心棒の下端が丁度軸受にはまる様に注意した。尙振りの度合は最大6πの範圍に於て行つた。

III. 實驗成績

機械曲線の形は余の行つた6πまでの振りの範圍では殆ど變らなかつた。今振りの度が2πの場合の機械曲線を代表的に示すと第2圖の如くである。

第 2 圖



今この機械曲線より筋の横軸に於ける粘弾性の現はれとしての諸係数を分析し、それを縦軸に就ての粘弾諸係數に比較して見ると、初伸展(A_D)、後伸展(N_D)、初短縮(A_K)、後短縮(N_K)及び伸展殘遺(h)に相當する初振れ(A_t)、後振れ(N_t)、初戻り(A_r)、後戻り(N_r)、振れの殘遺(h_t)がはつきりと見られる。即ち筋は追加負荷を掛ける事に依て一定限度まで先づ急激に

第1表 負荷2gを加へて振つたときの粘弾諸係數(單位 mm)

實驗例	A _t	N _t (30秒間)	A _r	N _r (30秒間)	h _t
1	2.50	0.27	1.30	0.45	1.02
2	2.70	0.10	1.66	0.18	0.96
3	2.65	0.10	1.65	0.40	0.70
4	2.74	0.11	1.75	0.08	1.02
5	2.68	0.05	1.20	0.11	1.42
平均	2.65	0.13	1.51	0.24	1.03

振れ、次で徐々に振れの度を増し、追加負荷を取去れば又急激に或る限度まで振れが戻り、次で極めて徐々に戻りの度を増してゆくが全く元の位置までは戻り得ず、伸展殘遺に相當する振れの殘遺が見られる。而して若しその際單一刺激を與へて攣縮を起さしめると筋は直ぐに全く振れてゐない元の位置に還つた。

振り角が0から 4π までの振れ度と歪力との関係を示すと第2圖の如くなるが、その1例として約 1.5π だけ振つた時の諸係数の實測値を示すと第1表になる。

次に仁木等の縦軸に就ての粘弾諸係数を直に余の横軸に就ての粘弾諸係数と比較する事は出来ぬが、それぞれ一定条件下の縦軸並に横軸の粘弾諸係数の比率をとつて、粘弾諸係数を比較して見ると第2表の如くである。

第2表 伸展の粘弾諸係数と振りの粘弾諸係数の比較
10秒間負荷を加へた時の A_D , N_D , A_K , N_K 及び A_t , N_t , A_r , N_r の平均値に據る

N_D/A_D	N_t/A_t	N_K/A_K	N_r/A_r	A_K/A_D	A_r/A_t	N_K/N_D	N_r/N_t
0.12	0.01	0.06	0.05	0.92	0.60	0.45	2.67

IV. 實驗成績への考察

前章の結果に就き若干の考察を加へやう。

吾々の教室で櫻井, 仁木, 保田等が筋の長軸の伸び縮みに觀た粘弾諸係数と余の横軸に觀る粘弾諸係数を上記第2表に於て比較して見ると、兩者の差異として注目される點は後伸展に相當する後振れの度が極めて少いことである。この事實は筋稜柱内部の分子排列が横軸と縦軸とで異なることを示したものである。斯くて木澤(5, 6), 山口(16), 町田(7), 名取(8)等が明帯と暗帯との粘弾機構が全く異なることを實證した實驗事實を出發點とし、余(14)及び秋元(1, 2, 3)の筋短縮時の光學的性質の研究、又名取・川上(9, 10)の熱學的研究等々より逐次筋稜柱の微視的分子構造論的研究に到達しつゝある所謂筋稜柱生理學 (Inokommaphysiologie) に一つの新しい研究方法上の途を拓くと共に新しい實驗事實を提供することが出來た。

V. 摘 要

1. 筋纖維の横軸に於ける筋粘弾機構を知るために獨樂を用ひた特殊装置を考案して廻轉運動を直線運動に直し、その運動を機械曲線に描寫して筋の横軸に現はれる粘弾諸係数を測定した。
2. 上記の方法に依り從來吾々の教室で筋纖維の縦軸に於ける粘彈性を現はすに用ひた粘弾諸係数に對し、横軸での現はれとして初振れ、後振れ、初戻り、後戻り、振れ殘遺を區別することが出來、それによつて横軸に於ける粘弾機構を初めて數量的に現はす端緒を開く事が出來た。
3. 筋纖維の横軸に就ての本實驗の結果を從來の吾々の教室での縦軸に於ける粘弾諸係数と比較して見ると、縦軸の後伸展に對する横軸の後振れが甚だ少いことが注目された。
4. 3の實驗事實は筋の横軸と縦軸との分子排列の相異を豫想する筋稜柱生理學に對し新しい實驗的根據を與へた。

撰筆するに臨み浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導と校閲を深謝し名取講師の援助に謝意を表す。

文 献

- 1) 秋元新平 (2603) 日本生理誌 8 76
- 2) 秋元新平 (2604) 日本生理誌 9
- 3) 秋元新平 (2604) 日本生理誌 9
- 4) 檜井道仁 (2602) 日本生理誌 7 418
- 5) 木澤 和 (2600) 日本生理誌 5 55
- 6) 木澤 和 (2600) 日本生理誌 5 70
- 7) 町田憲二 (2601) 日本生理誌 6 363
- 8) 名取禮二 (2601) 日本生理誌 5 356
- 9) 名取禮二・川上正義 (2603) 日本生理誌 8 67
- 10) 名取禮二・川上正義 (2603) 日本生理誌 8 453
- 11) 仁木庸次郎 (2602) 日本生理誌 7 663
- 12) 仁木庸次郎 (2603) 日本生理誌 8 394
- 13) 仁木庸次郎 (2603) 日本生理誌 8 414
- 14) 大野眞一 (2603) 日本生理誌 8 389
- 15) 土橋義雄 (2604) 日本生理誌 9 42
- 16) 山口重方 (2600) 日本生理誌 5 266
- 17) 保田止郎 (2604) 日本生理誌 9 121

筋短縮機構に就ての研究 (42) 612.741.9

振りによる筋纖維複屈折度の變化

(文部省科學研究費に依る研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

大野 眞 一

Ono-Siniti

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

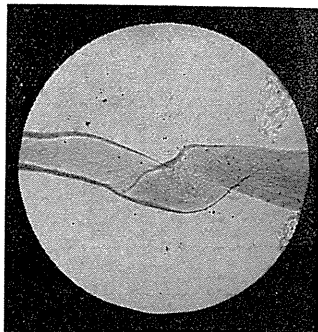
この報告は正常の骨格筋と振られた時の筋纖維の複屈折度の變化を計測した實驗である。

實驗の目的は吾々の教室で秋元(1)及び伊藤(2)が筋の縦軸に於ける短縮及び伸展時の複屈折度の變化を觀察してゐるのに對し、横軸での伸び縮みとしての振れの度に應じた複屈折度の變化を觀察して余の前報告の實驗(3)を更に展開せしめると共に、土橋が筋纖維の振りに於ける歪力に就ての研究(4)と並行して、筋稜柱生理學(Inokommaphysiologie)の領域に新しい基礎資料を與へんとしたものである。實驗は2603年2月から3月に亘つて行つた。

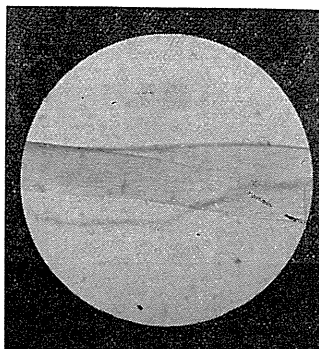
II. 實驗の方法及び其の成績

實驗方法 筋纖維標本は臺の縫匠筋より單一筋纖維を分離して用ひた。筋纖維の振り方は大體に於て土橋(4)の方法に準據し、複屈折度の測定は之亦大體秋元(1)の方法に従つたが、但し顯微鏡下では筋纖維が色々に振れ、普通の狀態では軸の廻轉度には比例しないので、その振れ方を言葉で表現することが出來ないので一々の場合に就き觀察視野での像を寫真に收めて撮り處とした。夫等の詳細は實驗成績の所で詳述するが大體に於て振れ方は三通りに分ける事が出來た。一方筋纖維が一様に振れるためには引伸ばすことが必要であつたので、余は原長の他に30~50%伸ばした狀態で振つた場合を觀察した。尙軸回轉は 2π 以内に止めた。

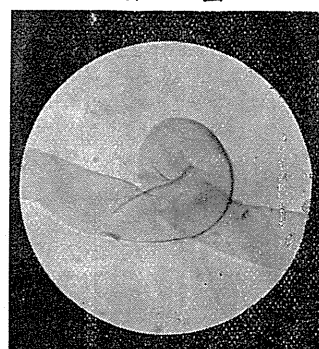
第 1 圖



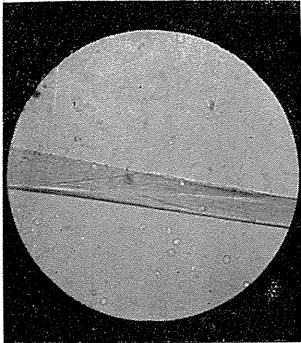
第 2 圖



第 3 圖



第4圖 引き伸ばして(10%)
換した場合



實驗結果 實驗結果に就ては先づ 2π の範圍内に於て換つた場合の換れ方であるが、單一筋纖維は人工的に分離したものであるため筋纖維鞘に缺損を生じたり、それに應じて部分的に緊張度が異つたり、兎に角切り出した儘では直線状ではなく、その換れ方は一様でなく、之を實際に換つてみると第1~3圖の型圖に示す如く大體3つの換り方に分れる。そこで之を比較的一様に換るには切り出したままの長さに對し10%以上引伸ばす事が必要であつた。分離した儘の長さは寧ろ正常の長さより縮んでゐると見做されるから、10%伸ばされた程度の長さが寧ろ

第1表

實驗例	正常部			換れ部		
	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$
1	35.1	18.9	8.1	32.4	19.1	6.6
2	35.1	18.9	8.1	33.2	19.2	7.0
3	35.2	18.2	8.4	34.0	18.2	7.9
4	35.2	18.4	8.4	32.8	18.6	7.1
5	34.0	18.7	7.6	33.1	19.8	6.6
平均	34.9	18.6	8.1	33.1	19.0	7.0

第2表

實驗例	正常部			換れ部		
	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$
1	35.0	19.0	8.0	34.0	20.8	6.6
2	34.2	19.0	7.6	32.9	21.6	5.8
3	34.2	19.3	7.4	33.5	19.8	6.8
4	34.8	18.9	7.9	32.7	19.5	6.6
5	34.0	18.5	7.7	33.6	19.4	7.1
平均	34.4	18.9	7.7	33.3	20.3	6.5

第3表

實驗例	正常部			換れ部		
	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$
1	35.0	18.4	8.3	31.2	23.2	4.0
2	35.1	17.5	8.8	33.0	19.0	7.0
3	35.1	18.1	8.5	32.8	22.4	5.2
4	35.2	17.3	8.9	34.7	19.0	7.8
5	35.2	18.2	8.5	31.0	24.0	3.5
平均	35.1	17.9	8.6	32.5	21.5	5.5

正常に近いものと考へられる。

斯様に引伸ばした場合の換れ方は第4圖の如くである。

以下各圖に相當する場合につき各5例を代表的に取つて偏光位相差の讀みを示せば第1~5表の如くである。

表を各々に就て見ると、1つの型の換れ方での數値には標本が變つても餘り開きがない。その限りに於てこの數値は相當に正しいと見なければならぬ。一方比較的一様に換れる第4の場合を見るとその數値も標本が異つてもあまり變化がなく、然し此場合が對照實驗たる靜常筋稜柱の偏光位相差と最も大きな開きが觀られる。従つてこれが實際換られた場合の數値と認められる。更に10%以上50%まで伸展した時を比較して見ると、10%伸ばした處で換つたときに Γ が一番大きくなる。此事實は囊に秋元が骨骼筋を引き伸ばす

と伸展度に應じて Γ が大きくなると報告したものと關聯があり、或程度伸ばした状態で振ると筋を構成して居る分子の排列が正しくなることを示してゐる。

一方1, 2, 3型の振れでの Γ を觀ると、それらの數値は寧ろ

第 4 表

實驗例	正 常 部			換 れ 部		
	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$
1	34.2	19.3	7.4	37.0	15.5	10.7
2	33.8	20.4	6.7	35.0	18.2	8.4
3	33.6	20.2	6.7	34.8	18.7	8.1
4	34.0	19.9	7.0	34.8	18.0	6.4
5	34.8	19.2	7.8	36.0	18.0	9.0
平均	34.1	19.8	7.1	35.5	17.7	8.5

第 5 表

實驗例	無 伸 展 正 常 部			50% 伸 展 正 常 部			50% 伸 展 換 れ 部		
	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$	a	b	$i = \frac{1}{2}(a-b)$
1	33.8	18.0	7.9	34.8	17.5	8.6	35.0	17.5	8.7
2	33.8	19.6	7.1	34.0	18.5	7.7	34.1	17.2	8.4
3	33.3	19.0	7.1	33.8	18.0	7.9	34.8	18.3	8.2
4	33.5	19.0	7.2	34.0	18.4	7.8	34.0	18.0	8.0
5	34.0	19.0	7.5	34.3	17.9	8.2	34.8	17.4	8.7
平均	33.6	18.9	7.3	34.2	18.1	8.0	34.6	17.7	8.3

筋纖維が短縮した場合に相當してゐる。

III. 摘 要

1. 單一筋纖維を材料とし、從來秋元が筋纖維の縦軸での伸び縮みにより偏光位相差の變るのを觀たのに對し筋纖維を振つて其横軸の伸び縮みに相當する換れの状態での偏光位相差を觀察した。

2. 實驗條件は切り出した單一筋纖維を切り出したままで振つた場合と10~50%引伸ばして振つた場合とに就て觀察したが、切り出した儘振ると筋纖維は一様に換れず換られ方が大體3種に分けられる形をとり、一様に換れる爲には10%以上引伸ばされることが必要であつた。

3. 靜常筋纖維の偏光位相差に對し最も大差を示したものは10%引伸ばした場合であり夫以上では其差が少くなつた。一方原長で振つた場合の3つの換られ方での偏光位相差の數値は筋纖維が短縮した状態での數値に近いものであつた。然し標本が別でも同じ換られ方では數値は餘り開きがなかつたから其値は正確なものと認められた。

4. 3の事實の中で10%伸ばして振つた場合の偏光位相差が靜常筋纖維の値に對して最大の開きを示したのは、切り出した儘の筋纖維を引伸ばしたときが寧ろ正常の長さに近いのであるから正常長で振つたときに筋纖維に起る歪が他の場合より大きいと思はれる。

5. 以上の事實より筋纖維を振ると切り出した儘では筋を構成してゐる分子の配列が亂れ、

10%以上引伸ばすと規則的になることが判る。

摺筆するに臨み浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導と校閲に深謝し又名取講師の援助を銘謝す。

文 献

- 1) 秋元新平 (2603) 日本生理誌 8 76
- 2) 伊藤正徳 (2604) 日本生理誌 9 128
- 3) 大野眞一 (2604) 日本生理誌 9 113
- 4) 土橋義雄 (2604) 日本生理誌 9 42

筋短縮機構に就ての研究 (43) 612.741.4

骨筋伸張殘遺の研究 (6)

(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

保 田 止 郎

Yasuda-Siro

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

この實驗は骨筋の粘弾機構に就て、剔出せる筋と血行を保持せる筋につき、また類 Ringer 液或は諸種の藥液を以て處理した筋に就き、以下に記する筋粘弾諸係数を比較検討したものである。

筋粘弾性は色々の實驗方法に依つて觀察されるが、この實驗は主として樫井 (1) の方法に出發した仁木 (7) の方法を踏襲して行つたものである。實驗方法は筋の機械曲線を描寫し乍ら、筋に初負荷を加へ、筋の伸びが一定になり負荷と發生張力とが平衡を保つたところで更に追加負荷を加へ、一定時間後に追加負荷を取り去り、其後に起る筋の復歸短縮の過程に於て、初伸張 (Ad) ; 初短縮 (Ak) , 後伸張 (Nd) ; 後短縮 (Nk) , 伸張殘遺 (h) 等の筋粘弾諸係数を曲線より計出して比較検討したのであつた。斯くして樫井、仁木の業績を更に展開させることがこの實驗の目的であつた。

實驗は2602年10月より翌年4月迄の間に行つたものである。

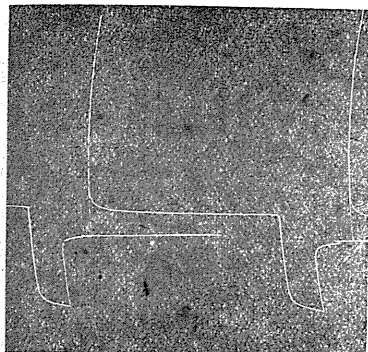
II. 實驗方法とその成績

實驗標本は墓の腓腸筋と縫匠筋とを用ひ、伸張殘遺に對する鹽類作用の觀察は手塚 (13) の報告にある諸種の類 Ringer 液を、又藥液は大村 (11) の報告にあるものを用ひた。其他の條件は以下實驗成績の項に詳述する。

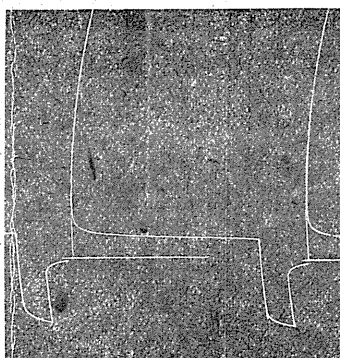
實驗の1. 緒言に述べた如く、剔出筋を對照筋として血行保持の筋に於ける粘弾性の現はれ方を觀た。標本は墓の腓腸筋を用ひた。實驗は初負荷を10gとし10分間を經過したところで20gの追加負荷を10秒持續せしめ、追加負荷を取り去つてから4分後に坐骨神經より間接の開放極大刺激を與へ、單一攣縮を起さしむることにより筋を略々原長に復歸せしめ、それらの操作の間に於ける曲線を分析して仁木の方法に従ひ筋粘弾諸係数を求めた。

實驗の結果は第1, 2圖に示す如く、機械曲線の上で血行ある筋と然らざる筋とに殆んど差異を觀なかつた。但し初負荷、追加負荷、負荷時間、或は負荷除去後の經過時間等を甚しく變

第1圖 血行保持筋(腓腸筋)



第2圖 剔出筋(腓腸筋)



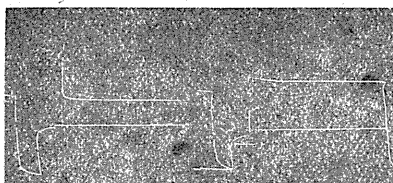
へれば、その結果は剔出筋と血行保持筋との間に量的な差異は起り得るであらうが、質的には變らないものと認められる。この實驗から仁木其他の剔出筋を用ひた實驗の結果が一般に妥當するものと認められる。尙曲線分析の數値はそれほど必要あるまいと總て省略した。

析の數値はそれほど必要あるまいと總て省略した。

實驗の2. 實驗は坐骨神經股動脈腓腸筋標本を作り、諸種類 Ringer 液竝に藥液を股動脈より灌流する條件下に實驗の1と全く同じ實驗を行つた。灌流壓は20cm水柱とし、灌流量は大體毎分1ccの割合であつた。

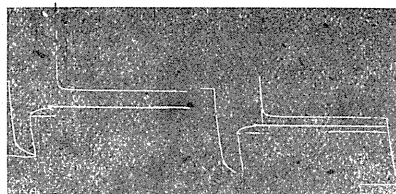
この實驗結果は第3~9圖に示す如くであるが、分り易くするため横軸に灌流時間、縦軸に曲線分析に依つて得た h , A_k/Ad , N_k/Nd を取つて見ると第3, 4, 5, 6, 7, 8, 9圖の如くである。

第3圖 KCl 過剰(0.05g/dl)-Ringer 液の場合

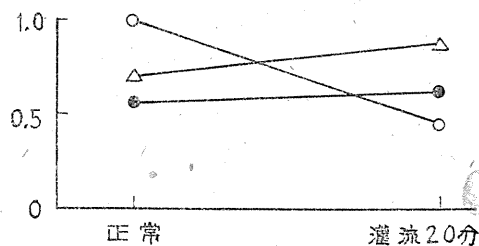
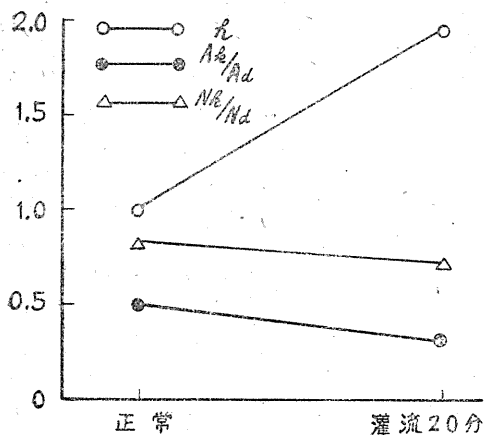


(左正常 Ringer 液, 右灌流 20分)

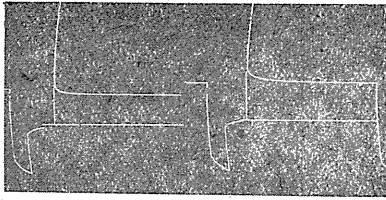
第4圖 CaCl₂ 缺除-Ringer 液の場合



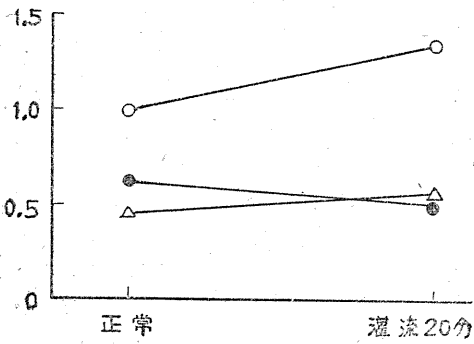
(左正常 Ringer 液, 右灌流 20分)



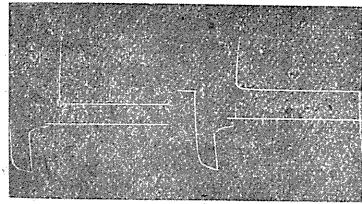
第5圖 CaCl₂ 過剰(0.05g/dl)-Ringer 液の場合



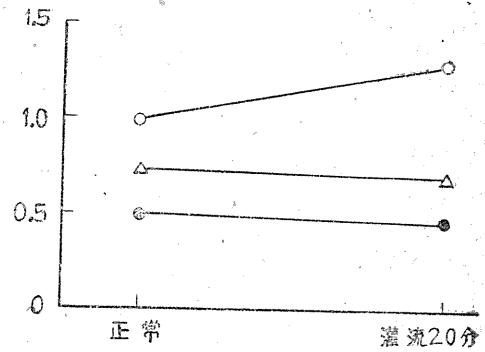
(左正常 Ringer 液, 右灌流 20分)



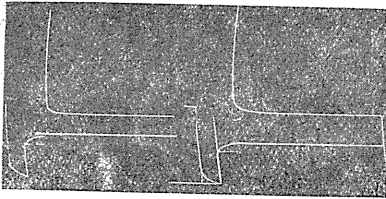
第6圖 CaCl₂ 過剰(0.1g/dl)-Ringer 液の場合



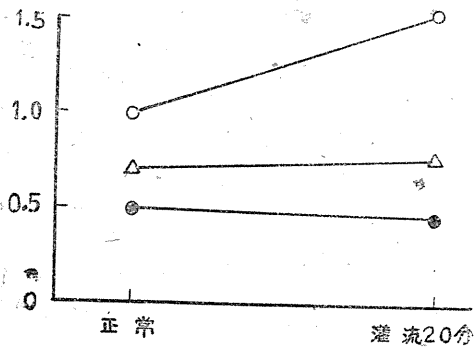
(左正常 Ringer 液, 右灌流 20分)



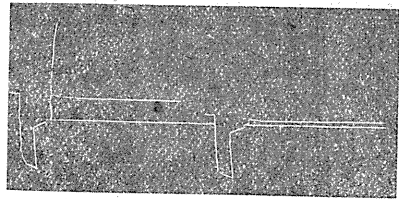
第7圖 KCl 缺除-Ringer 液の場合



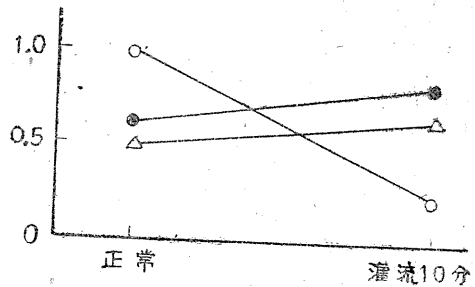
(左正常 Ringer 液, 右灌流 20分)



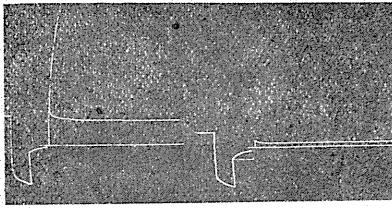
第8圖 0.2g/dl HCl-Cocain Ringer 液の場合



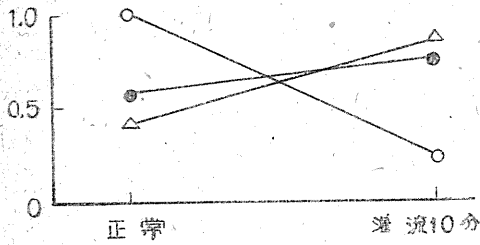
(左正常 Ringer 液, 右灌流 10分)



第9圖 0.05g/dl Eserin-Ringer 液の場合



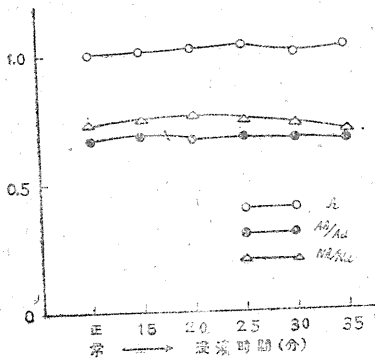
(左正常 Ringer 液, 右灌流10分)



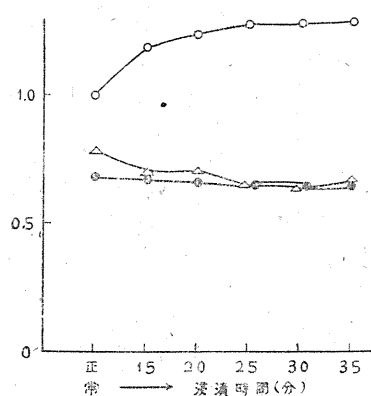
以上の圖表より諸種鹽類及藥液の作用を観察するに、夫等の鹽類は筋の粘弾機構に夫々特異な形で働いてゐることが判る。例へば伸展殘遺 h に對し KCl 過剰-Ringer 液と $CaCl_2$ 缺除-Ringer 液の場合は、相對的には共に K^+ の過剰と認め得べきに拘らず、KCl 過剰-Ringer 液では h を増大せしめ、 $CaCl_2$ 缺除-Ringer 液では寧ろ減少してゐる。然るに $CaCl_2$ 過剰-Ringer 液と KCl 缺除-Ringer 液の場合は、これ亦相對的には Ca^{++} の過剰の場合と認められるが、この場合は灌流後共に h を増大せしめてゐる。

斯くの如く筋粘弾機構に對する Ion の働き方は筋の内外にある色々な鹽類の絶對量に關係する。云ひ換へれば興奮性の變化を目標にして研究された従來の學説のやうに單に夫々の Ion の相對的な割合が同じなら、滲透壓が餘り變らぬ範圍内で絶對量が少し位變つても其効果は變らないと云ふことにはならない。即ち今迄同じ効果を現はすものとされてゐた Ion の作用を違ふものとして分けられ、Ion 作用で粘弾性は色々な變ることが判る。斯様な事實から觀ると電氣緊張が筋短縮機構に影響を及ぼすのは Ion の移動による電氣勾配が起るためでなく、Ion の移動によつて筋の状態が變るためであると云ふ和田(14)の報告も Ion の働きにより、筋粘弾機構に變化が起るのが基礎になるのではないかと思はれる。次に Eserin 及び鹽酸 cocain 作用下の粘弾諸係數の變化は $CaCl_2$ 缺除の場合と類同し(第10~13圖)、Acetylcholin 作用下では KCl 過剰の場合と同じ成績が得られた。

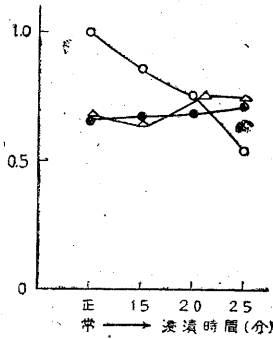
第10圖 KCl 過剰(0.05g/dl)-Ringer 液の場合



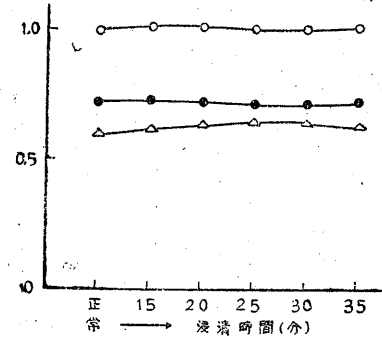
第11圖 KCl 過剰(0.1g/dl)-Ringer 液の場合



第12圖 CaCl₂ 缺除-Ringer 液の場合

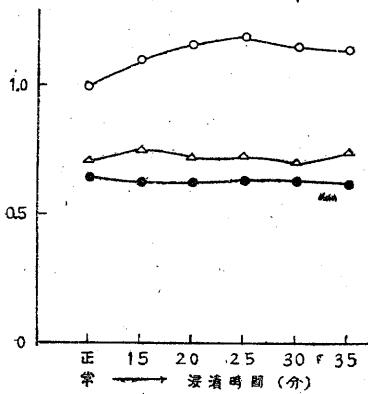


第13圖 CaCl₂ 過剰 (0.05g/dl)-Ringer 液の場合

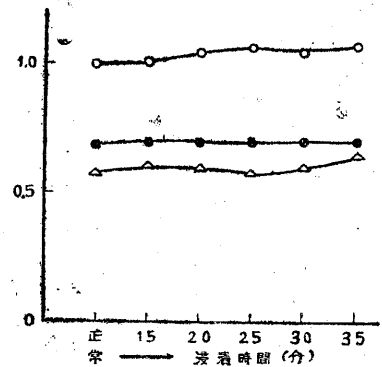


實驗の3. 實驗は別出基維匠筋を類 Ringer 液及び藥液に浸漬した以外は實驗の1と全く同じであるが、この場合は初負荷を5gとした。實驗の目的は鹽類及藥液の效果を實驗2の結果と照し合せて見ることにあつた。實驗結果としての機械曲線及び實測値を省略し、横軸に浸漬時間、縦軸に h, Ak/Ad, Nk/Nd を取つて見れば第14圖より第18圖の如くである。

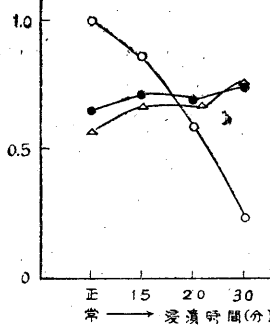
第14圖 CaCl₂ 過剰 (0.1g/dl)-Ringer 液の場合



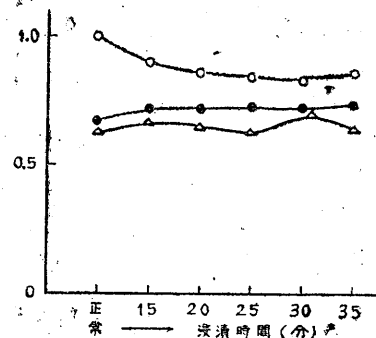
第15圖 KCl 缺除-Ringer 液の場合



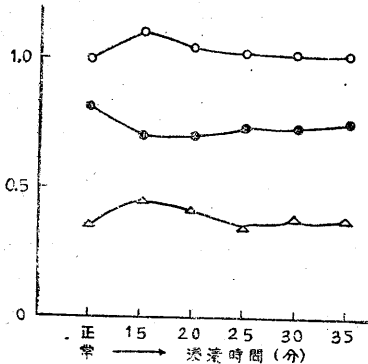
第16圖 0.2g/dl HCl-Cocain-Ringer 液の場合



第17圖 0.05g/dl Esrin-Ringer 液の場合



第18圖 0.01g/dl Acetylcholin-Ringer
液の場合



以上の圖表を實驗2の結果と比較して見ると、筋粘弾諸係數・浸漬時間曲線は量的に多少の差があつても、質的には殆ど變つてゐない。この事實は實驗1に於て血行保持筋と然らざる筋とに於て筋粘弾諸係數が殆ど變りがなかつたことを裏書きするものと云へる。

III. 摘 要

1. 骨骼筋の短縮機構に關する研究の一環として、樫井、仁木の方法に倣ひ、剔出筋と血行保持筋、類 Ringer 液及び諸種藥液を灌流した筋と單に浸漬した筋とに就て、筋粘弾性の現はれ方を比較検討した。
2. 剔出筋と血行保持筋とに於ては、余の實驗條件の限りに於て、樫井、仁木の方法による筋粘弾諸係數並にその比率は質的差異を示さなかつた。
3. 灌流筋と浸漬筋とに於ては、余の用ひた濃度の限りでは、粘弾諸係數並にその比率に質的差異を示さなかつた。但し灌流筋では一般により著明に現はれた。
4. (2)と(3)との實驗は仁木の實驗結果を確めると共に將來此種の實驗を行ふ場合灌流の手数省略し得ることを確めた。
5. 類 Ringer 液の灌流及浸漬實驗で、KCl が過剰であれば h を増大せしめると共に、 Ak/Ad , Nk/Nd を減少せしめ、 $CaCl_2$ 缺除であれば結果は全く反對となつた。
5. 然るに KCl 缺除の場合と $CaCl_2$ 過剰の場合は共に h を増大せしめるが Ak/Ad は餘り變化せず Nk/Nd は稍大となつた。
6. 藥液の灌流及浸漬實驗に於て Eserin と HCl-Cocain は h を減少せしめると共に、 Ak/Ad , Nk/Nd を増大せしめた。此結果は $CaCl_2$ 缺除の場合と同じ結果を示した。
7. KCl 過剰の類-Ringer 液の灌流では KCl の含有量が0.1以上になると纖維性攣縮を起し、また Acetylcholin では10000倍以上で同様の現象を起し實驗不可能となつた。
8. 以上の成績より筋粘弾性に對する鹽類 Ion 及諸種藥量の作用は、それぞれ特有であることが判る。(5)と(6)とより K^+ と Ca^{++} とは一見拮抗的に作用してゐるがその作用機序に關しては上述せる如く従來と稍趣を異にした考へ方を持つに至つた。その實證は將來の研究に俟たねばならぬ。

稿を終るに臨み懇篤なる指導校閱を給はりたる浦本教授に銘謝し併せて直接實驗を指導せられたる名取講師に深甚なる謝意を表す。

文 獻

- 1) 樫井道仁 (2602) 日本生理誌 7 418
- 2) 樫井道仁 (2601) 日本生理誌 6 378
- 3) 町田憲二 (2600) 日本生理誌 5 340

- 4) 町田憲二 (2601) 日本生理誌 6 579
- 5) 名取禮二 (2601) 日本生理誌 5 356
- 6) 名取禮二 (2601) 日本生理誌 2 18
- 7) 仁木庸次郎 (2602) 日本生理誌 7 663
- 8) 仁木庸次郎 (2603) 日本生理誌 8 394
- 9) 仁木庸次郎 (2603) 日本生理誌 8 414
- 10) 仁木庸次郎 (2603) 日本生理誌 8 420
- 11) 大村 正 (2601) 日本生理誌 6 42
- 12) 杉本良一 (2602) 日本生理評論 2 18
- 13) 手塚 玄 (2600) 日本生理誌 5 335
- 14) 和田惠州雄 (未発表)
- 15) 山口重方 (2600) 日本生理誌 5 266

筋短縮機構に就ての研究 (44) 612.741.9

筋纖維の太さと横紋構造に就て

(文部省科學研究費に依る研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

伊藤 正 徳

Ito-Masanori

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

筋纖維には種々の大いさがある。蓋の骨節筋に就て言へばその幅は、30~200 μ の範圍に分布してゐる。この報告は蓋より種々の骨節筋を取出し夫等の中で太さの異なる筋纖維に就き筋稜柱に於ける明暗兩帶の幅を計測し更に夫等の筋纖維に於ける複屈折度を測つた實驗である。

實驗の目的は從來吾々の教室に於て木澤(2, 3), 山口(7), 町田(4, 5, 6)等によつて開拓され次第に分化し體系づけられつつある筋稜柱生理學(Inokomma physiologie)の領域にその基礎的事項の一端たる筋稜柱の構造學的諸量に關して一般法則を求むるにあつた。

實驗は2602年11月より翌3年4月に亘つて行ひ其要旨は第22回大日本生理學會に於ける總括報告に於て發表された。

II. 實驗方法と其成績

筋標本は縫匠筋、半膜様筋、半腱様筋、烏喙橈筋、橈腕伸筋、直腹筋より分離せる種々の太さの單一筋纖維を用ひた。筋稜柱とその構成部分たる明暗兩帶の構造學的諸量の測定原理は既に擧げた木澤其他の方法に倣つたが、余は夫等の値を正確ならしめるため偏光顯微鏡(Objekt Zeiss H 1 90 1.30)を用ひ、擴大を1500倍とし、光源にはマツダ高壓水銀燈を使用した。

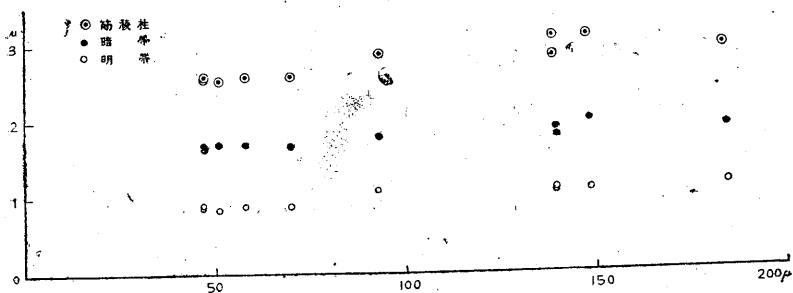
一方筋稜柱及び其構成部分の光學的性状は秋元の方法(1)に従ひ Berek の Kompensator を用ひ夫等の複屈折度を測りその偏光位相差を以て表はした。光源は100W、擴大は80倍で行つた。以下實驗方法上の詳細なる點を附記し乍らその成績を記載する。

實驗1. 筋稜柱の構造學的諸量の實測は先づ暗帶の幅を測り次で明帶の幅を測り夫等の量を加算して稜柱の幅とした。然るに1本の筋纖維に於ても稜柱及明暗兩帶の大いさは一定でないため先づ1本の筋纖維に就き其兩端の細い部分を除いた他の全領域に亘り10個の稜柱を選んでその間にどの位の數値の開きがあるかを見た。その結果は第1表に示す如く8.3%を越えぬものであつた。以下の實驗でも常に一纖維に就き10個宛の稜柱に就て構造學的諸量を測定し、その平均値を以て其筋纖維の構造學的數値を定めた。その實驗結果に就ては以上の規約に従つて

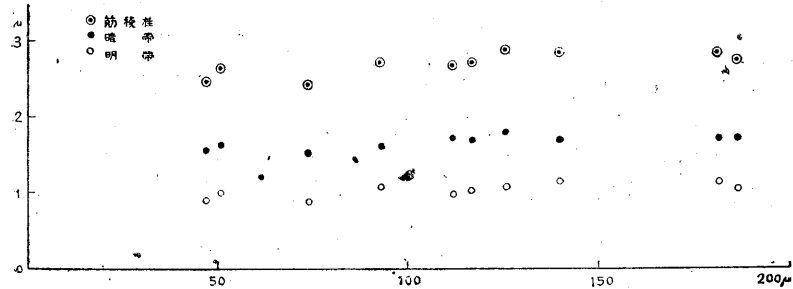
第 1 表

筋線径の本寸 測定番号	187	149	140	140	93	70	58	51	47	47
1	56	51	45	57	48	49	48	53	46	45
2	55	51	53	58	57	44	43	44	43	44
3	52	55	57	52	50	48	46	51	47	51
4	60	61	52	56	54	50	48	47	48	49
5	48	58	53	56	47	45	44	39	49	49
6	59	54	51	50	50	49	48	38	42	45
7	50	57	45	55	55	49	52	48	45	45
8	52	54	55	59	62	47	54	47	46	51
9	52	49	57	53	51	44	44	51	46	51
10	52	57	53	51	53	50	45	45	47	46
平均	53.8	55.7	52.1	54.7	52.7	47.4	47.2	46.3	45.9	47.6
偏差	+3.16	+3.04	+3.08	+2.58	+3.5	+2.02	+2.8	+3.84	+1.54	+2.6

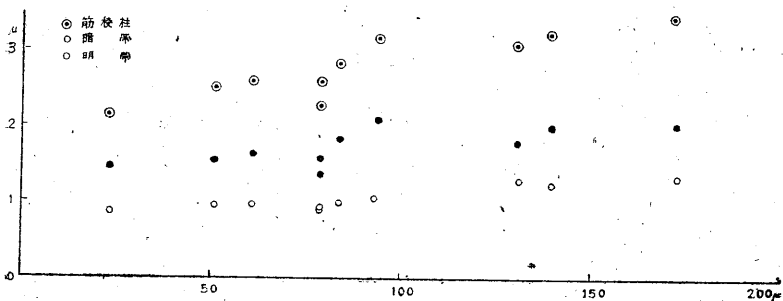
第 1 圖



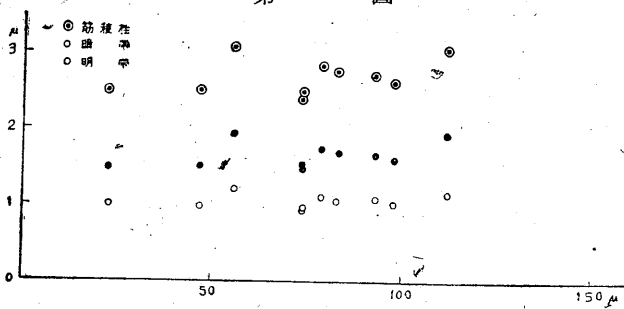
第 2 圖



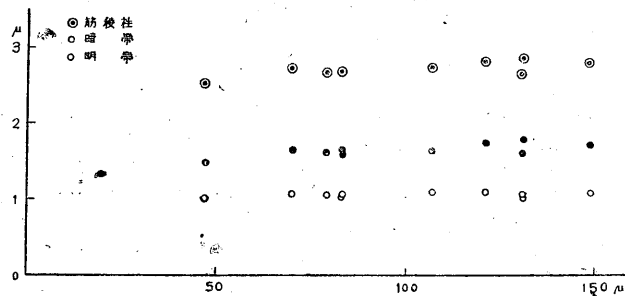
第 3 圖



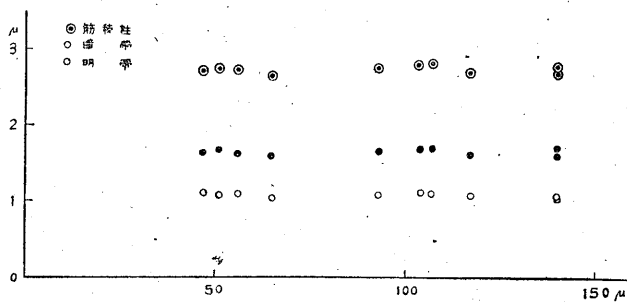
第 4 圖



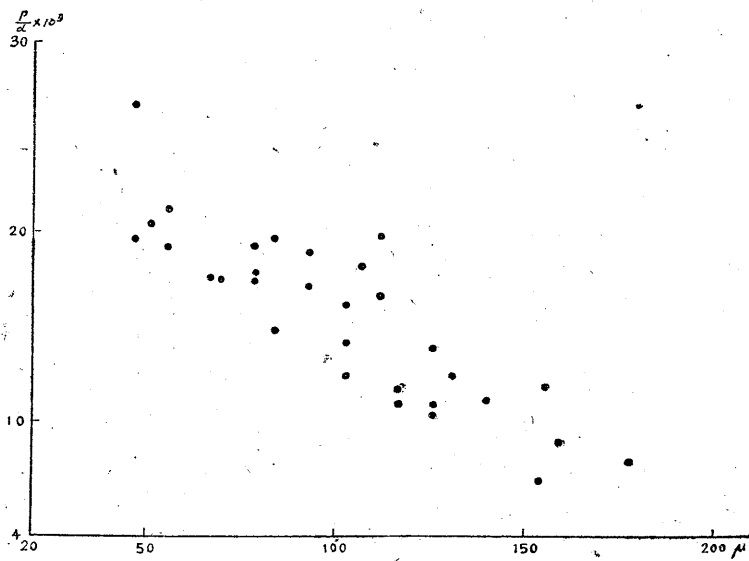
第 5 圖



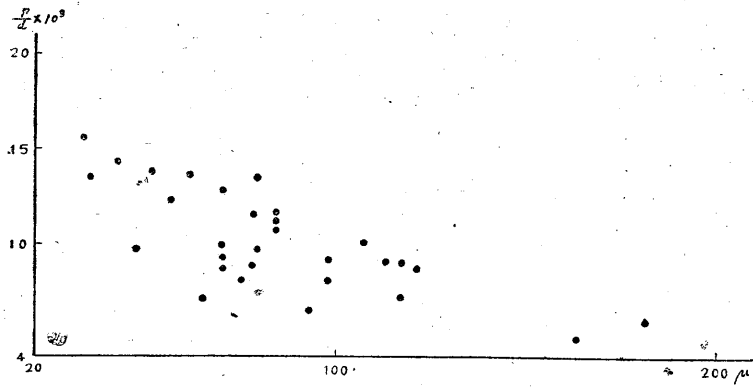
第 6 圖



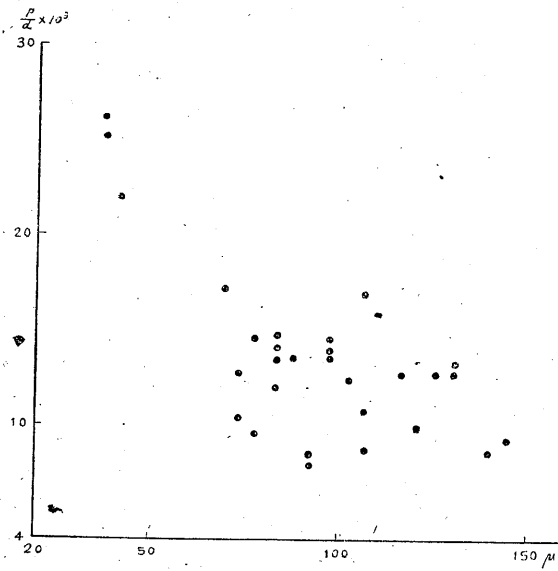
第 7 圖



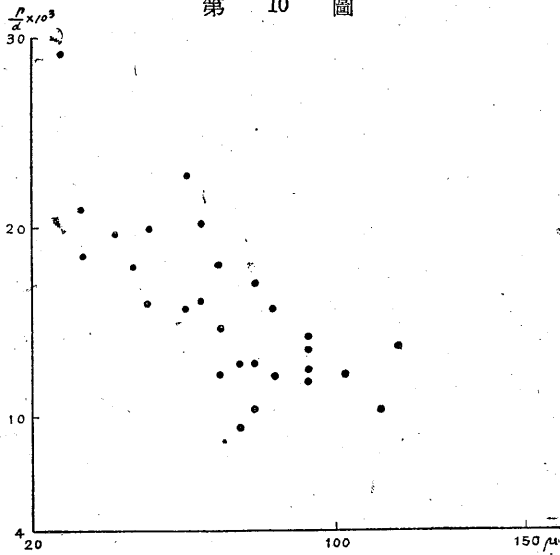
第 8 圖



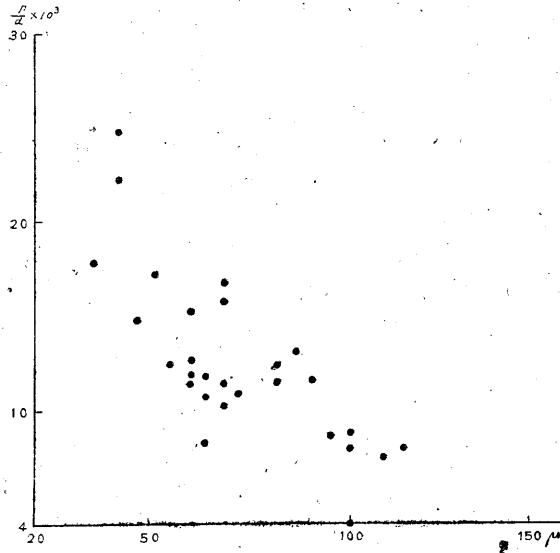
第 9 圖



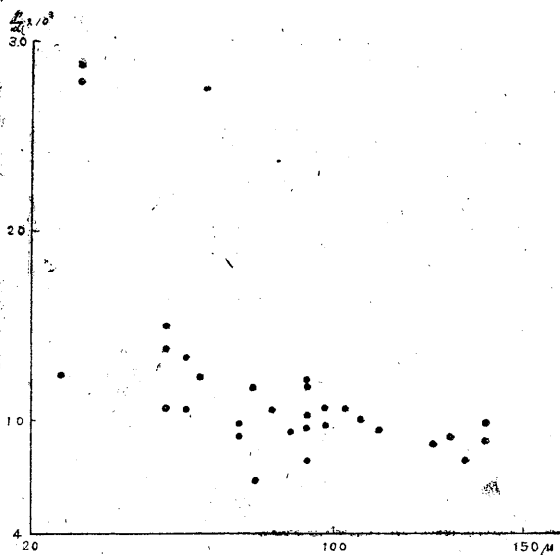
第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖



上に挙げた諸筋に就て求めた数値を一々記載することは此際之を省略し、横軸に筋繊維の太さ、縦軸に明暗兩帶及稜柱の平均値を取つて示せば第 1~6 圖になる。

實驗 2. 筋稜柱の光學的性質を表はす偏光位相差は、顯微鏡の擴大が小であり従つて一視野の中に多數の稜柱が含まれるため、一本の筋繊維の中で場所により多少の相違がないとは限らない。然し一應一様のものを見做し實驗 1 に倣つてそれらの數値を省略し、横軸に筋繊維の太さをとり縦軸に複屈折度 (F/d) を取つて Graph で示せば第 7~12 圖になる。

以上の成績に就ては夫等が Statik な數値であるため特別に考案の要もないので次章に概要

を摘録する。

III. 摘 要

実験1の結果に就ては次の4項が注目される。

1. 1つの筋繊維で両端の細い所を除けた中間部でも筋稜柱の幅に多少の差がある。然し最大限 8.3%を出ない。
2. 色々な太さの筋繊維の筋稜柱の構造學的諸量は筋繊維の大小に拘らず略一定した値を示し其開きは最大 10%以下であつた。
3. 明帯と暗帯の幅員比は殆んど一定で 9:16 となり、多少の變化があつてもそれは平均比例値に對し 5%以下であつた。
4. 実験は6種の筋に就て行つたが、前記2及3の事實は筋の種類が異つても一般に當嵌つた。

実験2では次の1項が注目される。

5. 筋繊維は大きい程複屈折度が小であつた。従つて複屈折度は筋繊維の厚さとは直接關係しない。

擧筆するに當り浦本教授杉本助教授の懇篤なる指導と校閲を銘謝し併せて名取講師の援助を深謝す。

文 獻

- 1) 秋元新平 (2603) 日本生理誌 8 77
- 2) 木澤 和 (2600) 日本生理誌 5 55
- 3) 木澤 和 (2600) 日本生理誌 5 70
- 4) 町田憲二 (2601) 日本生理誌 5 341
- 5) 町田憲二 (2601) 日本生理誌 6 363
- 6) 町田憲二 (2601) 日本生理誌 6 580
- 7) 山口重方 (2600) 日本生理誌 5 266

筋短縮機構に就ての研究 (45) 612. 741. 9

心房筋活動時の複屈折度の變化に就て

(文部省科學研究費による研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

秋 元 新 平

Akimoto-Simpei

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

この報告は骨格筋の静止時及活動時の複屈折度の變化に關する余の報告 (1, 2) の繼續であり、心房筋の收縮期と擴張期の複屈折度の變化を測定した實驗である。

實驗は2602年11月より翌年3月に亘つて行つた。

II. 實驗方法とその成績

實驗材料には墓の心臓を用ひた。標本は冠狀溝で房と室とを分離し、青木(3)、古川(4)の方法と同じにその心房條片を内面を表にして穴を穿つたコルク板上にピンで貼り付け、余の前報告(1)と全く同じ方法で偏光顯微鏡下に收縮期と擴張期との偏光位相差 (I) を測定し、同時に筋纖維の幅員の増減を計測した。尙標本は直四角な條片とし各邊の長さを弛緩期に測つて13mmとし、それに就て觀察の終つたところで次にはピンによる固定の仕方を檢べて、各邊の長さを15, 18, 20mmと順次に伸展せしめ、發生張力を次第に増さしめた状態で觀察を行つた。

實驗は次の如くであつた。直交ニコルの下で心筋の搏動を觀ると筋纖維の中には收縮期で白く輝くものと暗くなるものとが觀られる。前者は言ふまでもなく收縮期に位相差が増大するもの、後者は然らざるものである。斯やうなことになるのは心筋では骨格筋の場合と異なり横紋はあるが融合細胞で連なる各纖維の方向が一樣でないために、入射角に對し收縮期に筋纖維軸が變異し、その度に應じて I の計測値に差異が出来るためである。後者はそれは實際に減少するもの、他、筋纖維の長軸が振れたり、變移したりするために測定値としての I が變化するものも含まれてゐる。そこで或る纖維を目標として I を計測せねばならぬが、實際收縮時には纖維が一直線に縮むもの、また曲るもの、逆に他の部位から牽かれて伸びるものとの3通りがある。であるから收縮期に明るくなるのと暗くなるのと變らぬものとが現れるのである。然し兎に角その場合の I をある纖維を目標と定め、その收縮期と弛緩期について I を讀み取つてみた。其の結果は大多數に就て收縮期の I が弛緩期よりも小となつた。

以下第1表及第2表は原長標本その他、引き伸ばされた状態の標本に就ての成績を一括したも

第1表(a) 収縮期に偏光位相差の減少する場合 (単位 幅は μ , I は μm)

實驗例	心房條片 (13 mm ²)										心房條片 (15 mm ²)											
	擴張期					收縮期					擴張期					收縮期						
	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$		
1	230	36.2	18.5	9.3	284	34.0	20.1	6.9	1.3	210	38.0	18.6	9.7	225	20.1	20.1	0	20.1	20.1	0	0.5	2.4
2	80	32.0	21.2	5.6	89	30.0	22.8	3.6	1.8	80	31.8	21.2	5.3	57	30.5	25.0	2.7	30.5	25.0	2.7	1.5	1.5
3	130	32.2	20.9	5.6	122	30.7	22.3	4.2	1.4	115	28.3	21.0	4.5	127	30.6	21.8	4.5	30.6	21.8	4.5	1.1	1.1
4	135	33.0	19.0	7.5	143	31.4	19.4	6.0	1.4	120	34.2	19.0	6.1	123	33.0	19.3	6.3	33.0	19.3	6.3	1.3	1.3
5	84	34.2	20.3	6.9	98	32.5	22.0	5.1	1.8	82	34.2	19.7	7.2	87	31.5	21.0	5.2	31.5	21.0	5.2	1.6	1.6
6	120	32.8	19.5	6.6	131	31.2	21.8	4.7	1.9	104	33.2	19.2	7.0	112	32.3	21.2	5.4	32.3	21.2	5.4	2.0	2.0
7	147	34.0	19.0	7.5	163	31.7	19.0	6.3	1.2	134	34.3	19.0	7.6	139	33.2	18.8	6.7	33.2	18.8	6.7	0.9	0.9
8	147	33.8	18.7	7.3	175	32.0	18.8	6.1	1.2	130	33.5	18.5	7.5	160	32.7	19.8	6.4	32.7	19.8	6.4	1.1	1.1
9	200	35.7	17.7	9.0	210	33.8	18.0	7.9	1.1	200	37.0	17.2	9.9	206	35.2	18.0	8.6	35.2	18.0	8.6	1.3	1.3
10	97	35.0	20.4	5.8	103	30.2	23.5	3.3	2.5	90	33.2	19.7	6.7	100	31.1	21.7	4.7	33.2	19.7	6.7	2.0	2.0
11	115	34.0	18.3	7.6	123	32.0	20.4	5.8	1.8	110	35.8	18.0	7.6	120	32.3	20.2	6.0	35.8	18.0	7.6	1.6	1.6
12	89	32.7	19.1	6.8	98	31.0	21.0	5.0	1.8	85	33.2	19.0	7.1	90	31.2	21.5	4.9	33.2	19.0	7.1	1.3	1.3
13	120	31.9	21.7	5.1	132	30.7	23.7	3.5	1.5	103	32.2	21.8	5.2	120	31.0	23.2	3.9	32.2	21.8	5.2	1.2	1.2
14	116	33.1	18.5	7.3	123	31.1	19.7	5.7	1.5	100	33.5	18.2	7.6	110	32.0	19.2	6.4	33.5	18.2	7.6	1.4	1.4
15	103	34.2	17.8	8.2	116	33.4	19.6	6.9	1.3	100	35.0	18.0	8.0	104	34.1	18.0	8.0	35.0	18.0	8.0	1.0	1.0
16	20	36.7	15.3	10.7	28	34.3	15.6	9.1	1.5	72	36.9	15.2	10.3	75	35.2	15.3	9.4	36.9	15.2	10.3	1.4	1.4
17	220	33.1	18.3	7.4	240	30.9	21.0	4.9	2.5	203	33.2	18.5	7.3	230	30.3	21.0	4.9	33.2	18.5	7.3	2.4	2.4
18	95	34.0	17.6	8.2	95	33.2	18.2	7.7	0.5	90	34.2	17.5	8.3	82	33.5	18.0	7.7	34.2	17.5	8.3	0.6	0.6
平均				7.3				5.7	1.6				7.5				6.1			7.7	1.5	1.5
I				110			66.3	5.3					112				76.6				7.3	4.3

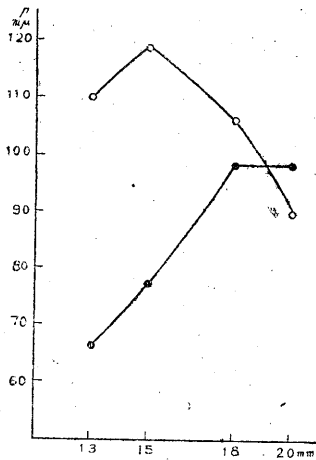
第1表(b)

實驗例	心房條片 (18 mm ²)										心房條片 (20 mm ²)											
	擴張期					收縮期					擴張期					收縮期						
	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$	筋長度の値	α	ϕ	$\frac{1}{2}(\alpha-\phi)$		
1	216	27.1	18.0	4.6	238	33.5	21.0	6.2	0.5	200	33.0	20.2	6.4	203	33.1	20.2	6.4	203	33.1	20.2	6.4	0
2	78	31.9	21.1	5.4	85	30.3	22.8	3.7	1.7	110	32.5	20.7	5.6	116	31.6	20.5	5.8	116	31.6	20.5	5.8	0
3	110	32.6	20.6	6.0	120	32.0	20.9	5.5	0.5	115	34.1	18.8	7.9	116	34.5	17.8	8.4	116	34.5	17.8	8.4	-0.5
4	115	33.0	18.0	7.5	116	35.0	16.5	8.2	1.1	100	32.2	20.2	6.8	104	32.6	20.5	5.9	104	32.6	20.5	5.9	0.6
5	32	34.5	18.3	8.2	36	33.4	19.1	7.1	0.9	160	35.6	20.0	7.4	162	35.6	18.0	8.8	162	35.6	18.0	8.8	-1.3
6	100	34.5	18.5	7.5	102	35.0	18.0	8.4	-0.9	124	34.0	18.7	7.6	124	34.0	18.7	7.6	124	34.0	18.7	7.6	-0.9
7	120	31.2	19.0	7.6	124	34.1	19.0	7.6	0	115	33.0	20.0	6.7	115	33.2	18.8	6.4	115	33.2	18.8	6.4	0
8	115	33.8	20.2	6.7	120	33.5	20.0	6.7	0	100	34.3	20.2	6.4	100	34.3	20.2	6.4	100	34.3	20.2	6.4	0
9	82	34.5	17.2	8.9	80	34.0	18.0	8.0	0.9	80	32.2	17.8	9.2	80	32.5	18.0	8.0	80	32.5	18.0	8.0	0.2
10	92	34.5	20.2	6.1	90	32.5	20.0	6.2	-0.1	80	32.2	21.0	5.6	80	32.5	20.2	6.2	80	32.5	20.2	6.2	-0.6
11	97	31.6	20.0	6.3	92	32.5	20.0	6.2	-0.1	80	32.2	21.0	5.6	80	32.5	20.2	6.2	80	32.5	20.2	6.2	0
12	100	31.7	21.1	4.3	80	31.0	23.8	5.6	0.7	80	31.0	24.0	3.5	80	31.0	24.0	3.5	80	31.0	24.0	3.5	0
13	100	33.0	22.4	5.0	100	31.9	22.1	5.0	0	90	32.5	19.1	6.7	90	33.2	18.8	7.2	90	33.2	18.8	7.2	-0.5
14	92	33.2	18.8	7.2	92	33.0	19.0	7.0	0.2	80	33.0	18.0	7.5	80	33.0	18.0	7.5	80	33.0	18.0	7.5	-0.7
15	82	35.6	18.0	8.8	82	35.7	17.7	9.0	-0.2	80	35.0	18.0	8.5	80	35.9	17.5	9.2	80	35.9	17.5	9.2	-0.7
16	200	33.0	16.2	10.1	101	36.2	15.6	9.8	0.3	200	32.4	18.2	7.1	200	32.5	18.7	7.1	200	32.5	18.7	7.1	0
17	200	33.0	16.2	10.1	101	36.2	15.6	9.8	0.3	200	32.4	18.2	7.1	200	32.5	18.7	7.1	200	32.5	18.7	7.1	0
18	200	33.0	16.2	10.1	101	36.2	15.6	9.8	0.3	200	32.4	18.2	7.1	200	32.5	18.7	7.1	200	32.5	18.7	7.1	0
平均				7.2				6.0	0.3				6.5				6.9			6.9	-0.3	-0.3
I				107			98	0.9					107			98.5				98.5	97.3	97.3

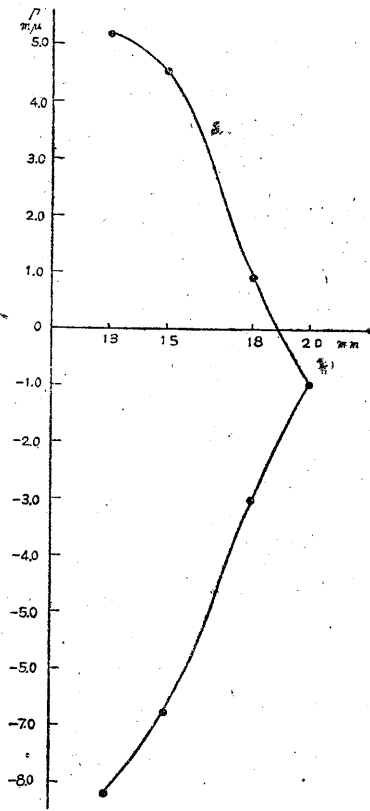
のである。前述の成績より心房條片の長さをも横軸にとり、収縮期と弛緩期との位相差を縦軸にとり収縮期と弛緩期との一般傾向を見れば第1, 2圖の如くなる。又収縮期と弛緩期の位相差の差を縦軸に、筋の伸びの度を横軸に取つて見れば第3圖である。

第1圖より収縮期に位相差が減少することは骨筋の復屈折性に關する前報告(1)より當然と思はれるが、擴張期の T の變化が筋長15mmの時に最高を示したことも前報告で骨筋の伸展度が凡そその程度で最高となつたのと略一致する。収縮期の I の變化は筋が引き伸ばされると共に小さくなることは、引伸ばされれば収縮期でも縮み得ないための結果として一應説明さ

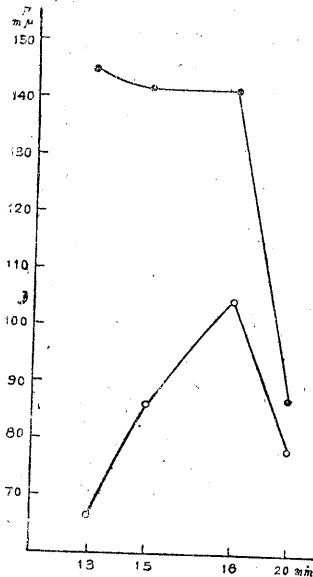
第1圖 ○弛緩期 ●收縮期



第3圖



第2圖 ○弛緩期 ●收縮期



稍増大するが第2表の場合には収縮期に繊維の幅が少しく減少することよりも事実らしく見える。

第3圖は第1圖と第2圖に示したやうな對蹠的な収縮期と弛緩期の F の差を Graph にしたものであることは既に述べたが、その圖型は比較的綺麗な對稱性を持つてゐる。此事は余の實驗成績が第1圖

と第2圖とでは収縮期と弛緩期とでの心筋の偏光位相位の變化が正しく正反對に現はれて居ないが、之を第3圖の圖型まで演釋すれば初めて兩期の位相差の差異に規則性のあることが美しい曲線として現れ、位相差と伸縮度の間にある一定の法則性のあることが判る。

III. 摘 要

1. 藁の心房筋を材料として収縮期と擴張期との偏光位相差を測定した。
2. 収縮期には位相差の減少するものと増大するものと殆んど變化しないものゝ3通りが認められた。
3. 位相差が収縮期に減少するのは骨筋の場合と同様に眞に短縮するによると考へられ

る。然るにそこに位相差の増大するものが見られるのはこの実験の方法上心房條片を貼り付けたその固定法による運動制限のため収縮期にその一部が他の筋纖維の収縮により却つて引伸ばされた形となるためと解せられる。

4. 収縮期と弛緩期の偏光位相差の變化の一般的様相はその各を現はした第1圖と第2圖とを比較するだけではそれほどはつきり反對の形に現はれないが、収縮期と擴張期との偏光位相差の差を取りそれと心房條片の長さを坐標軸に取つて表した第3圖を見ると兩期の偏光位相差の増減關係が極めて規則性を持つた美しい曲線として現れ、そこに一定の法則性のあることが見出される。

擧筆するに際し浦本教授杉本助教の懇篤なる指導と校閲を銘謝し併せて名取講師の援助を深謝す。

文 獻

- 1) 秋元新平 (2603) 日本生理誌 8 85
- 2) 秋元新平 (2604) 日本生理誌 9 48
- 3) 青木哲四郎 (2601) 日本生理誌 5 348
- 4) 古川 誠 (未發表)

筋短縮機構に就ての研究 (46) 612.741.15

心筋に對する鹽酸 Chinin の作用に就て

(文部省科學研究費に依る研究)

東京慈惠會醫科大學生理學教室

古 川 誠

Furukawa-Makoto

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

我々の教室で山口(4)は單一筋纖維に一定濃度の鹽酸 Chinin を作用せしめると筋の微細組織は漸次崩壊するやうになるが、其際横紋が消失する程度に侵害されても、崩壊の初期ならば筋は尙收縮し得ることを認めた。其後高橋(2)は更に色々の藥液濃度でその崩壊過程を顯微鏡活動寫眞により精細に追究し、横紋像が全く崩壊するまでには、筋内部に色々の局部的運動が起ることを認め、その局部運動を6種の型に分類した。

以上は骨格筋に就ての觀察結果であるが、それよりも分化度の低い滑平筋で果してどのやうな局部運動が起るかを見ることは色々の意味が必要である。然し著者は教室に於ける青木の實驗(1)との關聯に於て先づ骨格筋と滑平筋との中間に在る心筋を撰んで上記の實驗をより廣汎な且つ総合的な立場から行つた。これが本報告の實驗である。

實驗は大體3つに分れ、1つは山口・高橋と同様に藥液侵害下の心筋に就て先づ顯微鏡的觀察を行ひ、次で同じ實驗條件下に於ける心臟機械曲線の變化を觀察し、更に同じ實驗條件下での電氣心働曲線の變化を検討し、夫等の諸變化を綜覽して鹽酸 Chinin の心筋に對する作用を研究した。

實驗は2602年9月より翌年3月迄の間に行つた。

II. 實驗方法と其成績

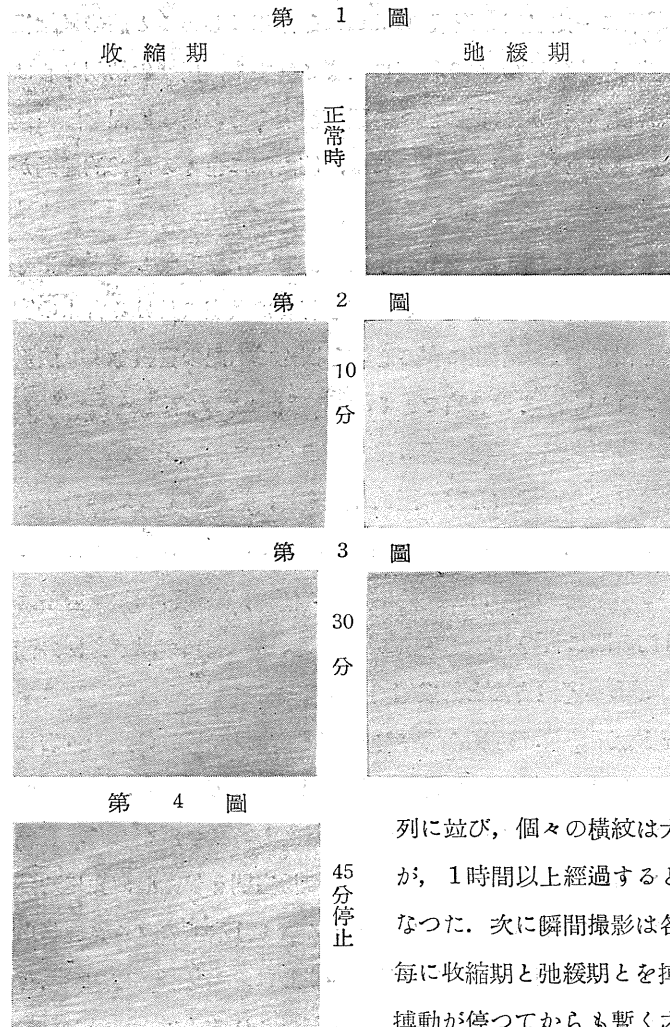
心臟標本は250g位の雄蟻の心臟を用ひた。前章に述べた如く實驗は3つに分れ、夫々方法が異なるので、以下各實驗毎に其方法を述べると共に、其成績を併記することにする。

實驗の1. この實驗では鹽酸 Chinin 侵害下に於ける心房の組織像の變化を觀察した。實驗方法は青木の方法に倣ひ、心臟を洞房間で切斷し次で冠狀溝の所で房室間を切斷し、更に心臟軸に沿ひ房を切り開いて心房條片標本を作り、之を中央に孔のある廣さ1.5cm²のコルク板に内面を上にして貼り付け、藥液侵害下に於ける變化を顯微鏡的に觀察した。尙其際標本の貼り付け方には多少の技術を要した。即ち餘り強く貼り付けると搏動が制限されるので、搏動が妨げ

られぬ程度に8~10本の針を用ひて強く張り附けた。斯やうに貼り付けた標本を Ringer 液中に浸すと1時間半前後で標本は平衡状態となり搏動が恒常になる。薬液侵害過程はそれから観察し始めた。顕微鏡観察は Zeiss Appokromat 油浸装置を用ひて1500倍に拡大し、一應直接檢鏡したところでそれぞれ適當時期に瞬間撮影を行つた。尙鹽酸 Chinin の濃度は1, 2, 3, 4, 5 g/dl の割合に Ringer 液に溶かしたものをを用ひた。

實驗成績の要點を記載すれば次の如くである。先づ標本が平衡状態になつたところで檢鏡すると1搏動は約2秒であり、肉眼的にも顕微鏡的にもその運動は收縮期では左より右上に、弛緩期では2段の運動となり右上より左下方に向ひそれより左上に向つて元の位置に還り休憩期となる三角形の運動経路を取つた。これは勿論貼り付けられてゐる關係からである。檢鏡すると收縮期には横紋が狭くなり弛緩すると廣くなつた。次に一番濃い薬液をピペットから3~4

4 g/dl 鹽酸 Chinin Ringer 液作用時に於ける變化



滴滴下して約5分を経ると搏動は小さくなり且つ搏動週期は3秒に延長した。而して横紋は收縮期には液状となり弛緩期には平行になつてより明瞭に見えた。10分以後は心搏動は極度に小さくなると共に搏動週期は5秒に延長し、横紋は收縮期には各纖維とも顆粒状に丸く小さくなり弛緩期には一列に並びそれが稍々明瞭に見えた。20分後には搏動は更に小さくなり、週期も7秒に延長し、横紋は收縮期には各纖維毎に不同に縮るため不明瞭となつたが弛緩期には稍々明瞭に見えた。30分以後には搏動は停止したが其時一

列に並び、個々の横紋は大部の顆粒の集合體として現れたが、1時間以上経過すると横紋の列は次第に亂れて不明となつた。次に瞬間撮影は各濃度の薬液につき1分乃至2分毎に收縮期と弛緩期とを搏動の停止するまで連続に行ひ、搏動が停つてからも暫く之を繼續した。その結果は檢鏡時

の所見を一層確かめることになつたが、フィルムが悪く撮影時間に 0.05 秒を要したため、其間の搏動によりピントがはづれる場合が多くあまり明瞭な寫眞像を得られなかつた。第 1~4 圖は正常時と 4 g/dl の濃度の藥液作用後 10, 30, 45 分での撮影で、搏動は 40 分に停止した場合であつた。

實驗の 2. これは八木・Hartung の心臓灌流装置により藥液を灌流した条件下で心臓機械曲線の變化を觀たものである。灌流の液壓は 6~7cm とし、機械曲線は約 5 倍に擴大して描記した。實驗の結果は藥液が

1~3g/dl の濃さでは藥液注入直後よりその搏動は房では亢進し、室では漸次抑制され、やがて

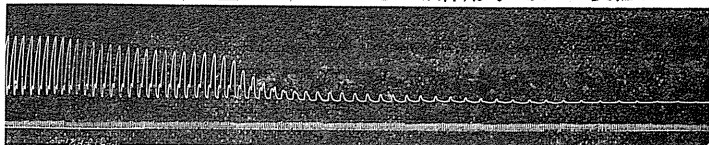
室の搏動は消失し、房は極度に膨大した状態で微弱に搏動を續けて終に弛緩期停止を起した(第 5 圖参照)。

4~5g/dl の濃さでは心搏動は房室とも一時停止し、次で室の振幅が増大した状態となり、やがて室は搏動を停止し房のみ残る状態となつて遂に全體の搏動が停止するのを認めた(第 6 圖参照)。尙藥液注入後一時心筋の緊張の減少を起す場合があり(第 7 圖参照)、搏動はいずれも弛緩期の状態で停止した。

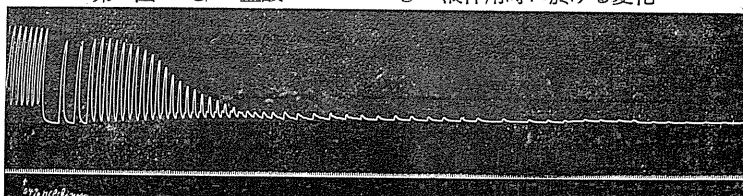
實驗の 3. この實驗は (2) の實驗を行ひ乍ら連續に電氣心動曲線を描記したものである。電氣心動曲線の描記には電磁型 Oscillograph に 4 段抵抗容量増幅器を連結し、誘導法は心尖部と靜脈洞より行ふ洞尖誘導と、洞と房より行ふ洞房誘導とを用ひた。洞房誘導では房の電極は心臓後面に於て房室境界に接近した部位に置いた。但し電極が少しでも室に接近すれば室の活動電流が入つて邪魔になるので弛緩期でも電極が觸れぬやうに注意した。尙 Oscillograph の振動子は A 型を用ひ、時記記號は Metronom で $\frac{1}{2}$ 秒の刻みを用ひた。

實驗の結果は次の如くであつた。藥液濃度の最も低い 1g/dl の鹽酸 Chinin Ringer 液で洞尖誘導を行つた例は第 8 圖に示す如くである。P 棘は最初大きくなるがその後次第に小さくなり、R 棘は始より急激に小さくなり、T 棘は高さが減少し乍ら長さが著明に延び搏動が遅くなるにつれ R-R 間が長くなつた。それらの成績は實驗 (2) の結果とよく一致した。次に洞房誘導では第 9 圖の如き曲線を示した。正常時の曲線は上野の報告 (3) と同じ型を取り、藥液注入後は一時 P 棘が大となつた後次第に小さくなり、R 棘も P 棘も心臓週期が延びると共に小

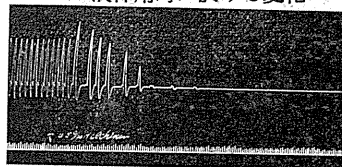
第 5 圖 1g/dl 鹽酸 Chinin Ringer 液作用時に於ける變化



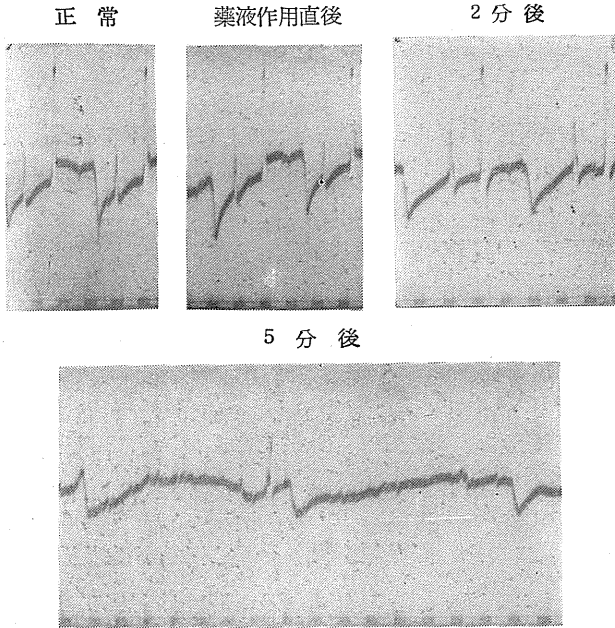
第 6 圖 4g/dl 鹽酸 Chinin Ringer 液作用時に於ける變化



第 7 圖 5g/dl 鹽酸 Chinin Ringer 液作用時に於ける變化



第8圖 1g/dl 鹽酸 Chinin Ringer 液作用時に於ける
電気心働曲線竇尖誘導

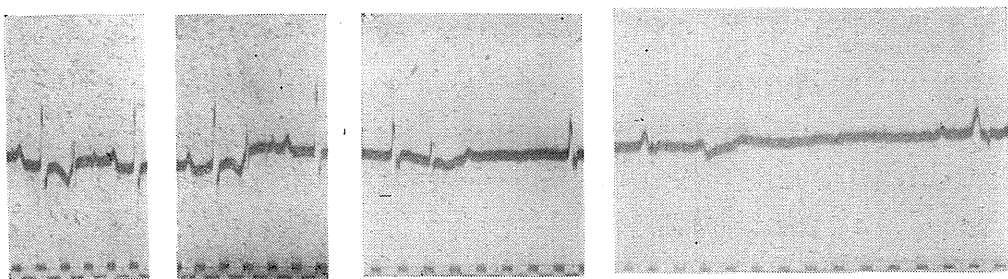


さくなり遂に活動電流を認めぬやうになった。

次に濃い薬液も用ひてみたが、その場合は、薬液の侵害の速度が早い爲電気心働曲線の變化が速かに現はれるだけでその變化は實驗(2)の機械曲線と全く一致し、特に記載すべき點も見出さなかつた。

以上の成績より、(1) 心房筋に1g/dl 以上の濃さの鹽酸 Chinin を作用させると、作用後時間が経つにつれて段々心搏週期が延び、短縮高も減退し4g/dl の濃さでは大體40~50分位経て弛緩性の停止を來すこと、(2) この場合心房筋の

第9圖 1g/dl 鹽酸 Chinin Ringer 液作用時に於ける電気心働曲線



筋稜柱明暗兩帶の像は自働性短縮を營んでおる間は餘り變らないが、自働能のなくなる頃から漸次崩壊し始め、顆粒が觀られること等が判つた。この成績を吾々の教室で行つた骨骼筋に對する鹽酸 Chinin の作用に就ての報告と觀照すると色々な點で異同が認められる。先づ Chinin の作用の顯著な薬液濃度を觀ると、骨骼筋では 0.01g/dl 以上であるのに對し、心筋では1g/dl 以上と云ふ様に 10 倍の差があり、又筋稜柱明暗兩帶の崩壊し始める時間が骨骼筋では 0.04 g/dl の濃さでは作用後直ちに現はれるのに對し、心房筋では 4g/dl のものを用ひても 20~30 分経過しないと變化が認められない。其他骨骼筋では容易に明暗兩帶が顆粒状となり、次で筋原纖維間の境界が不明瞭となつて顆粒の配列が不規則になるが、心房筋では仲々そうならない。尤も骨骼筋の成績は單一筋纖維を用ひたものであるから、薬液の作用面積や擴散速度の點で心房筋の成績と比較する場合割引しなければならぬ點があるが、兎に角以上の如く作用濃

度、作用時間、組織の崩壊過程等に甚だしい違があることから心房筋の方が骨格筋より Chinin に對しては抵抗力が強いのではないかと考へる。以上構造的な異同の外機能的に觀ると、骨格筋では横紋像が崩れた後暫くの間は外からの刺激に應じて短縮過程が認められ、又崩壊する迄に色々な部分的短縮過程が起るが(2, 4)、心房筋では自動性を有する間は殆んど横紋像が崩れぬし、崩れるときにも骨格筋のやうな部分的短縮過程は觀られない。この本態的機序は更に滑平筋に對する研究を俟たねばならぬが、短縮機構が筋の分化度によつて違つて來ることを調べる場合の1つの資料になると考へる。

III. 摘 要

1. 心房筋に種々の濃さの鹽酸 Chinin を作用させ、標本の組織像の顯微鏡的觀察を行ふとともに心臓機械曲線及電氣曲線を描寫し、鹽酸 Chinin の心筋に對する作用の綜合的研究を行つた。
2. 機械曲線の上で 1 g/dl 以上の濃さの鹽酸 Chinin で侵害した心筋では作用後次第に心搏週期が延び、短縮高が減じ濃度に應じて10～60分位で弛緩性停止を示すことが認められた。
3. 心臓電氣曲線に於ける變化は鹽酸 Chinin 作用後一時 P 棘の増大が認められたが、それ以後急速に低減し、Kammer-komplex に於ては心搏週期の延長と共に著しい電壓低下が認められた。
4. 心房筋稜柱の明暗兩帶の組織像は自動能のある間は崩壊しないが、自動短縮を營まぬ頃になると次第に明暗兩帶が顆粒狀になり横紋が壞れた。
5. 横紋が壞れる時期に骨格筋に認めた如き部分的短縮過程は見られなかつた。
6. 以上より心筋は骨格筋より鹽酸 Chinin の侵害を受け難いことが判り、伸展限界の大きい事實とともに心筋の構造が常時活動せねばならぬ機能的制約をよく満足するやうに出來て居ることが推定される。

摺筆に際し浦本教授杉本助教の懇切なる指導校閲並に名取講師の懇篤なる援助を深謝す。

文 獻

- 1) 青木哲四郎 (2600) 日本生理誌 5 348
- 2) 高橋忠幸 (2602) 日本生理誌 1 659
- 3) 上野一晴 (2601) 十全會雜誌 46 1
- 4) 山口重方 (2600) 日本生理誌 5 326

體力に關する研究 (13) 612.766.1

Radio 體操の瓦斯代謝測定

東京慈惠會醫科大學生理學教室

蓮 村 省 三 ・ 田 中 稔

Hasumura-Shozo ・ Tanaka-Minoru

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

この報告は昭和14年6月より7月にかけて16歳及び17歳の寮生活をしてゐる青年學校生4名に就き毎朝6時より施行する同寮の Radio 體操時の勢力消費量を知るため瓦斯代謝の測定を主として行つた實驗である。

従來運動生理學の領域には諸種運動の瓦斯代謝に就て甚だ多くの業績が發表せられ、吾々の教室に於ても杉本及高木(8)の研究を初として既に十數篇の研究がある。然るに夫等の研究は概ね重運動を對象とし輕運動時の瓦斯代謝に就ての研究は小笠原(5)、奥山(6, 7)、Farkas(1)、Gemmil 及 Booth(4)等比較的少ないので余等の實驗は偶々之等僅少な輕運動時の瓦斯代謝業績に知見を追加し得たことにもなる。一方本研究の應用面は Radio 體操が全国的に施行せられてから數年を経過し國民體力の向上に寄與する所少くないであらうことに鑑み、それに對する科學的根據の一端を提供して生活科學的資料を供したいと思つた。

II. 實驗方法とその成績

被験者は東京芝浦電氣株式會社鶴見工場青年學校の生徒であり夫等の體格は第1表に示す如く皆標準體格以上の健康な青年であつた。Radio 體操は毎朝6時より江木理一氏吹込の Radio 體操レコード(ポリドール8906番)をビクター蓄音器により毎分78回の速度下に行はしめた。その場合の所要時間は第1體操は2分30秒で内15秒を呼吸運動に、第2體操は2分36秒で内17秒を呼吸運動に費し、第1第2の連續體操には第1體操の呼吸運動をやめ直に第2體操に移り最後に第2體操の呼吸運動だけを行はしめた。

第1表 被験者體格表

被験者	満年齢	身長 _{cm}	体重 _{kg}	胸圍 _{cm}	坐高 _{cm}
加 藤	15 5	162.4	52.7	80.8	87.5
小 川	15 4	155.0	52.8	83.5	84.5
淺 倉	16 2	161.5	48.5	79.0	86.5
須 藤	16 5	162.1	51.0	76.0	87.0

く皆標準體格以上の健康な青年であつた。Radio 體操は毎朝6時より江木理一氏吹込の Radio 體操レコード(ポリドール8906番)をビクター蓄音器により毎分78回の速度下に行はしめた。

その場合の所要時間は第1體操は2分30秒で内15秒を呼吸運動に、第2體操は2分36秒で内17秒を呼吸運動に費し、第1第2の連續體操には第1體操の呼吸運動をやめ直に第2體操に移り最後に第2體操の呼吸運動だけを行はしめた。

呼氣採集装置は Siebe Gosmon 型の呼吸辨を使用し、呼氣誘導管は内徑3cm、長さ100cmの變蛇管を用ひ、Douglas 型採集囊は容量100lのもの、採氣管は容量200ccのもの、呼氣置換には5%硫酸溶液を用ひた。採集瓦斯の分析は檢定濟の勞研式瓦斯分析器を用ひ、實施の諸

注意は古澤氏の Energy 代謝實驗法(9)に準據した。

瓦斯代謝の測定は第1に Energy 消費の基準になる基礎代謝の測定を、第2に運動時の瓦斯代謝に對する基準を知るため毎回運動前の安靜時代謝を、而して第3は Radio 體操時の代謝測定で之は第1體操、第2體操及第1第2連續體操時の3つになり、第4に體操終了後の恢復期の代謝を30~40分に亘り測定した。尙以上の測定實施上のことに就き2,3の點を詳述すると次の如くである。

第1の基礎代謝の測定は法の如く朝食前とし、午前8時迄に實驗室に來らしめ、ベット上に

第2表 第1 Radio 體操時の瓦斯代謝

被験者	測定條件	採集時間 分 秒	DMP1-箱 呼吸量 cc 呼吸量 cc	全O ₂ 消費量 cc	全CO ₂ 産量 cc	呼吸係數	百分O ₂ 消費量 cc
加藤	基礎代謝	10 0	4974	2180	1935	0.79	218
	安靜時	5 0	5803	1168	1179	0.59	238
	運動時	2 30	9057	1032	568	0.57	412
	恢復時 1	5 0	6499	1206	1267	0.89	258
	" 2	5 0	6329	1191	1051	1.05	222
	" 3	5 0	6098	1032	1048	1.02	206
小川	基礎代謝	10 0	5681	944	855	1.31	169
	安靜時	5 0	6059	1101	1036	0.84	220
	運動時	2 30	5371	1039	1019	0.99	205
	恢復時 1	5 0	5063	2072	1777	0.83	207
	" 2	5 0	6091	1129	987	0.87	226
	" 3	5 0	10844	1371	1088	0.95	338
須藤	基礎代謝	10 0	5091	2153	1801	0.86	219
	安靜時	5 0	5951	1112	1063	0.89	222
	運動時	2 30	10285	1080	1070	1.00	432
	恢復時 1	5 0	6264	2356	2299	0.88	236
	" 2	5 0	5231	941	934	1.04	179
	" 3	5 0	5171	969	884	0.91	184
須藤	基礎代謝	10 0	6478	921	1068	1.19	183
	安靜時	5 0	6503	891	1031	1.16	184
	運動時	2 30	6603	891	1031	1.13	179
	恢復時 1	5 0	6663	2248	2105	0.94	225
	" 2	5 0	9259	1172	1152	0.98	234
	" 3	5 0	12698	1214	1148	0.95	485

第3表 第2 Radio 體操時の瓦斯代謝

被験者	測定條件	採集時間 分 秒	DMP1-箱 呼吸量 cc 呼吸量 cc	全O ₂ 消費量 cc	全CO ₂ 産量 cc	呼吸係數	百分O ₂ 消費量 cc
加藤	基礎代謝	10 0	4074	2182	1935	0.89	219
	安靜時	5 0	5303	1128	1179	0.99	239
	運動時	2 35	11695	1236	1190	0.96	478
	恢復時 1	5 0	7032	1301	1355	1.04	290
	" 2	5 0	6240	1049	1105	1.05	210
	" 3	5 0	5849	894	871	0.97	173
小川	基礎代謝	10 0	5757	970	941	0.97	194
	安靜時	5 0	5998	987	964	0.97	197
	運動時	2 37	15616	1562	1426	0.82	592
	恢復時 1	5 0	6522	2408	2572	1.07	341
	" 2	5 0	5687	1005	985	0.98	201
	" 3	5 0	5210	887	889	0.95	161
須藤	基礎代謝	10 0	5281	955	910	0.94	178
	安靜時	5 0	5091	1891	1891	0.96	187
	運動時	2 35	11198	1112	1086	0.98	219
	恢復時 1	5 0	6396	2337	2441	0.95	222
	" 2	5 0	5713	992	989	1.04	461
	" 3	5 0	5688	964	942	0.98	234
須藤	基礎代謝	10 0	5837	943	984	1.02	183
	安靜時	5 0	5837	943	984	1.01	189
	運動時	2 35	6215	953	1047	1.10	181
	恢復時 1	5 0	6683	2248	2105	0.94	225
	" 2	5 0	6059	1172	1152	0.98	234
	" 3	5 0	12365	1247	1210	0.97	490

第4表 第1第2 Radio 體操連續時の瓦斯代謝

被験者	測定條件	採氣時間 分 秒	D.N.P.T. 換 算 5 分間の 呼氣量 cc	全 O ₂ 消費量 cc	全 CO ₂ 排出量 cc	呼吸商	分時 O ₂ 消費量 cc
加藤	基礎代謝	10 0	4974	2180	1935	0.88	218
	安静時	5 0	6303	1186	1179	0.99	238
	運動時	4 55	9984	2120	1959	0.92	431
	恢復時	1 0	9446	440	304	0.87	440
	"	2 1 0	9103	361	375	1.04	361
	"	3 0	8033	793	978	1.23	284
	"	4 5 0	6768	1139	1371	1.20	228
	"	5 5 0	6115	1186	1232	1.04	237
	"	6 5 0	6225	1179	1273	1.08	235
	"	7 5 0	6043	1108	1164	1.07	222
	"	8 5 0	5681	859	1124	1.31	177
"	9 5 0	5867	1103	1132	1.02	221	
"	10 5 0	5850	1203	1143	0.95	241	
"	11 5 0	5771	1078	1056	0.96	216	
小川	基礎代謝	10 0	5063	2072	1777	0.86	207
	安静時	5 0	5091	1129	987	0.87	226
	運動時	4 55	12030	2953	2655	0.90	555
	恢復時	1 0	10945	291	261	0.90	457
	"	2 30	10945	165	159	0.92	457
	"	3 1 0	8082	285	305	1.07	285
	"	4 1 0	6271	250	265	1.06	250
	"	5 3 0	6843	688	750	1.09	329
	"	6 5 0	6208	1076	1139	1.06	215
	"	7 5 0	6421	1170	1223	1.05	234
"	8 5 0	5656	1324	1032	1.01	205	
"	9 5 0	5870	1014	1077	1.06	203	
"	10 5 0	5852	1072	1124	1.05	214	
浅倉	基礎代謝	10 0	5091	2193	1891	0.86	219
	安静時	5 0	5051	1112	1084	0.98	222
	運動時	4 55	12444	2742	2534	0.92	519
	恢復時	1 0	9556	460	416	0.90	460
	"	2 1 0	8240	321	332	1.03	321
	"	3 0	6531	658	727	1.10	319
	"	4 5 0	5237	961	974	1.01	192
	"	5 5 0	5131	932	942	1.01	186
	"	6 5 0	4498	832	803	0.97	166
	"	7 5 0	4815	930	860	0.92	186
"	8 5 0	4707	380	347	0.92	176	
"	9 5 0	5111	371	312	0.84	194	
"	10 5 0	5251	392	332	0.84	198	
須藤	基礎代謝	10 0	6963	2246	2105	0.94	225
	安静時	5 0	9259	1172	1151	0.98	234
	運動時	4 47	17238	2689	2880	1.06	604
	恢復時	1 0	11446	462	424	0.82	462
	"	2 1 0	10640	352	374	1.07	352
	"	3 0	10904	826	661	1.04	295
	"	4 5 0	8143	1123	1250	1.11	245
	"	5 5 0	9107	1125	1307	1.16	325
	"	6 5 0	8564	1207	1229	1.02	241
	"	7 5 0	6910	1167	1274	1.09	233
	"	8 5 0	8489	1040	1147	1.10	228
"	9 5 0	6021	1147	1165	1.06	226	
"	10 5 0	9066	1129	1227	1.06	226	
"	11 5 0	6999	1178	1261	1.06	230	

第 5 表

被験者	運動別運動時酸素消費量 cc			運動別酸素負債量 cc		
	第1体操	第2体操	連續体操	第1体操	第2体操	連續体操
加藤	435	622	952	109	113	407
小川	780	959	1851	162	148	325
浅倉	525	668	1656	131	112	396
須藤	377	638	1769	227	141	469
平均	529	722	1309	157	128	399

少なくとも20分間安静臥床せしめてから5~10分間の呼氣を採集して O₂ 消費量を測定した。其際前日の夕食に大食せしめぬ如く注意し、所謂 Postabsorptive の状態に於て行つた。第2の安静時の O₂ 消費量は運動前基礎代謝の場合と同様に20分以上安静臥床せしめて後5~10分間の呼氣を採集して測定し、第3は各運動中の呼氣全部を採集して測定し、第4の恢復時には運動終了後直にベットに臥床せしめ、呼氣は最初は10分間その後は5分づつ分割採集して測定した。

實驗成績は夫々各被験者に就て第1體操、第2體操及第1第2連續體操を行はせた結果を以下の3表に取り纏め表示する。

表には分時呼氣量と O₂ 及 CO₂ の消費排出全量、呼吸商、分時 O₂ 消費量を算出して記入した。

III. 實驗成績の考案

前章の實驗結果から實際に運動の爲に消費される O₂ 量を求めるには運動時の分時 O₂ 消費量から安静時の夫れを差引き之に運動時間を掛ればよい。第5表の前半は運動別に O₂ 消費量を算出した比較表である。

第5表に見られる如く各運動時の O₂ 消費量には相當の個人差が認められる。これは運動實施に當つて各人の

運動強度と練成度の差異に因ると思ふ。而して加藤の1例を除き他は何れも連續體操の O₂ 消

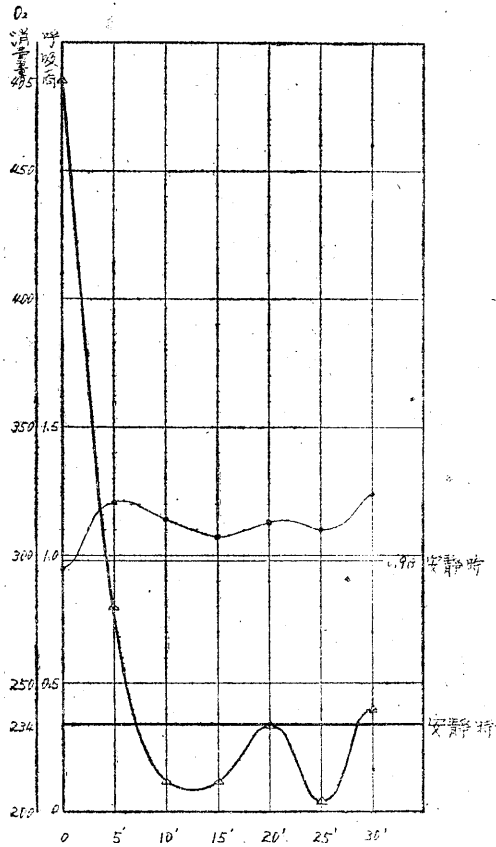
費量の方が第1體操及第2體操の O_2 消費量の合計よりも大である。即ち第1體操と第2體操を別個に獨立して行ふよりも第1, 第2體操を連續して1回に行ふ方が O_2 消費量の異なる事が判る。

次に運動實施前の安靜時の O_2 攝取量を基準として恢復時の成績より O_2 負債量を求めて見ると第5表の後半になる。

第2體操が第1體操に比して運動時 O_2 消費量の多いにも拘らず, O_2 負債は逆に第1 Radio

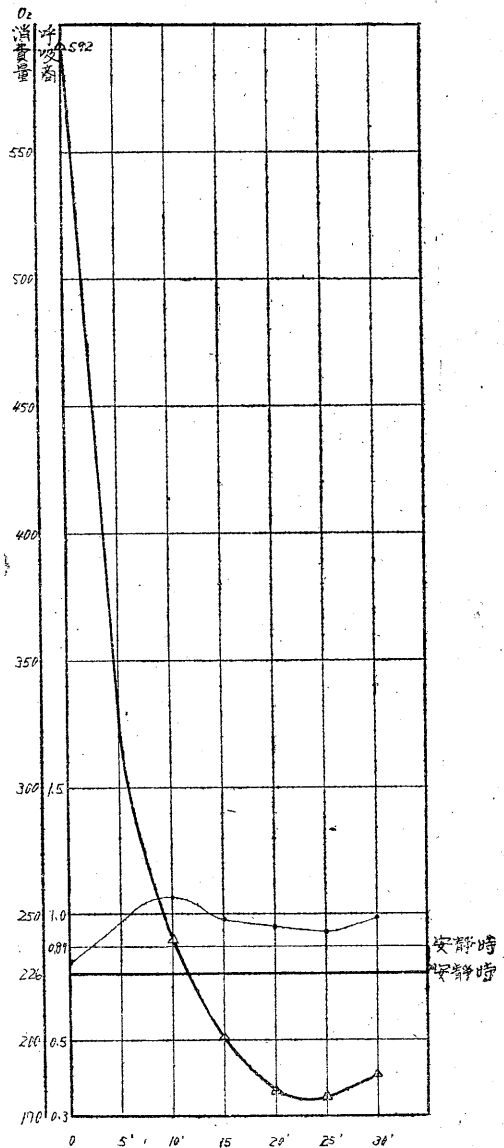
第 1 圖

第1ラジオ體操時の呼吸商並に O_2 消費量の恢復曲線



第 2 圖

第2ラジオ體操時呼吸商並に O_2 消費量の恢復曲線

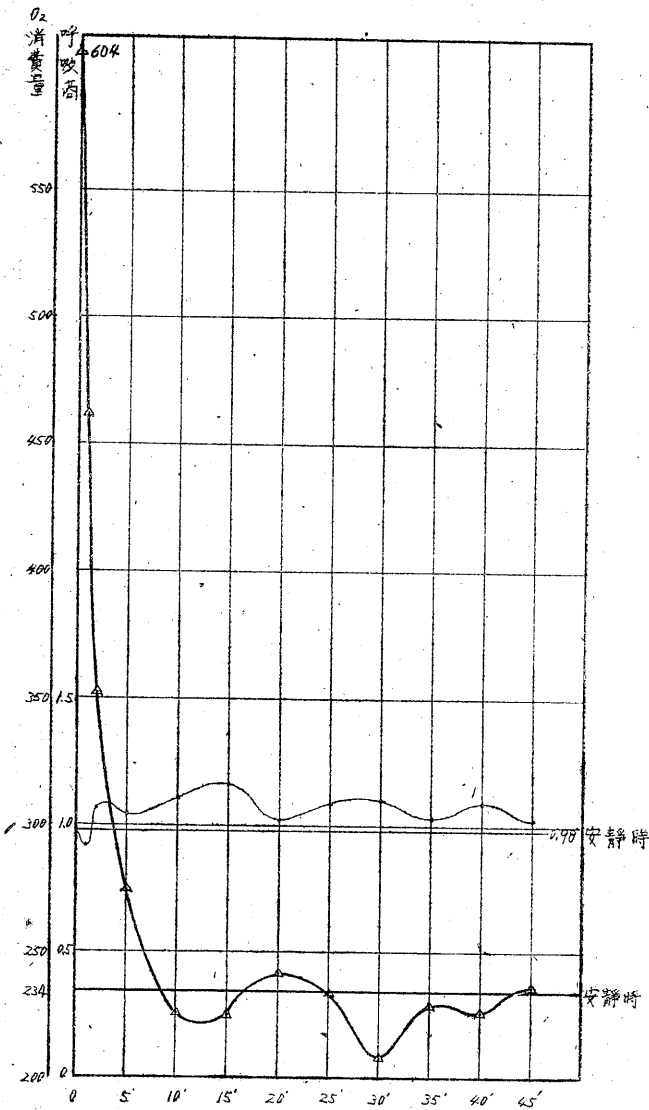


體操の方が小さくなつてゐる。之は呼吸運動が第1體操よりも約2秒長く此の期間に或程度の恢復が行はれるのではないかと考へられる。又連續體操の O_2 負債は第1體操及第2體操の O_2 負債を合計した値よりも遙に大である。

更に恢復過程の詳細を知る爲め運動別に代

第 3 圖

第1,第2種體操連續時呼吸商並-O₂消費量の恢復曲線



表的な1例づつを採つて恢復期間毎5分の O₂ 消費量並に呼吸商の變動を Plot して見ると第1~3圖の如くなる。

圖より明らかな様に第1第2體操の如き輕運動の恢復に際しては運動停止後10分で O₂ 消費量は安靜時の夫よりも低く所謂陰性相 (negative Phase) を呈し其後 O₂ 消費量は減衰振動曲線様の経過をとつて漸次安靜値に戻つてゐる。第1第2體操に比して遙に運動量の大きい連續體操後の O₂ 消費量も大體10~20分で安靜値以下に低下し夫以後減衰振動曲線様の経過をとつて安靜値に戻つてゐる。

更に斯かる輕運動の恢復過程に於ける呼吸商の變動を見ると極て特異な経過をとる事が知られる。吾々の教室で知久、佐々木、松山(10)等が一流短中距離競争選手の極大 O₂ 負債量を測定した際に呼吸商の變動を検討し、運動時に1以上に大きくなつてゐた呼吸商が運動停止後漸

次下降し30分位で0.6と云ふ様な最小値を示しそれより再び上昇して正常値に還る傾向あることを報告して居るが、余等の實驗での呼吸商の變動の仕方はそれと全く異り大多數の實驗例に於て呼吸商を1とした基線よりも僅かに上方に於て小さく變動しながら漸次正常値に戻つてゐる。但し運動中には殆んど安靜時の値と變らない。知久等の實驗した様な激しい運動後の恢復期間には O₂ 攝取量が増大して居る期間に呼吸商の著しく低下する事實から O₂ 利用率が高まつてゐることが考へられるが、余等の實驗した輕運動の恢復期には之と反對の現象が見られるので O₂ 利用率は寧ろ低下してゐることが推定し得られる。

以上は余等の實驗に於て被驗者となつた健康なる青年男子の Radio 體操時の瓦斯代謝に關する基礎的事項に就ての考案であるが、この結果は性別、年齢別のみならずどの位熱心に力を入れてやるかに依つて結果の數値は異つて來るのは當然である。然し一應の基準として見ることが出來やう。

一方この體操時の勢力消費の關係を一層一般化し、古澤、白井(2, 3)に依つて屢々提唱せられて居る運動乃至作業強度の Index としての Energy 代謝率を求めて見ると第7表の如くなる。Energy 代謝率は作業時の

第6表 運動別 Energy 代謝率

分時 O₂ 需用量を基礎代謝時に於ける分時 O₂ 消費量で除したものである。

被驗者	基礎代謝 分時量cc	運動時 O ₂ 需用量 (分時量 cc)			Energy 代謝率		
		第1體操	第2體操	連續體操	第1體操	第2體操	連續體操
加藤	218	214	284	267	0.98	1.30	1.22
小川	207	388	427	429	1.87	2.06	2.07
淺倉	219	264	305	407	1.12	1.39	1.85
須藤	225	343	312	466	1.52	1.38	2.07
平均	217	302	352	392	1.37	1.53	1.82

上表に見る如く相當の個人差はあるが平均値を取つて見れば第1體操で1.37、第2體操で

1.53、連續體操で1.82となる。之等代謝率は作業強度としては大したものでもなく、丁度連續體操時の運動強度は毎分60mの速度で歩行した場合の運動強度に大體匹敵する。

IV. 摘 要

1. 現在全國的に普及施行せられてゐる Radio 體操時の瓦斯代謝を寮生活をしてゐる16歳及17歳の青年學校生徒4名を被驗者として測定した。
2. Radio 體操實施時に於ける O₂ 消費量は、個人差はあるが平均を取つて見ると、第1體操 529cc、第2體操 722cc、連續體操 1309ccとなり、連續體操の O₂ 消費量は第1、第2體操の O₂ 消費量の和より大であつた。
3. 運動後の O₂ 負債量の平均値を比較して見ると第1體操で 157cc、第2體操で 128cc、連續體操で 399cc となつた。
4. 斯かる輕運動時の恢復過程に於ける O₂ 消費量は運動停止後10分位から安靜値以下に低下して所謂陰性相を呈し減衰振動曲線様の経過をとつて安靜値に戻る。
5. 呼吸商の變動は運動時には安靜時と殆ど變化なきに拘らず、恢復期には僅かに1以上上昇して之亦減衰振動様の變動を示し乍ら漸次正常値に戻つた。此呼吸商の變動は強運動の際に見られるものと全く逆の關係になり、斯かる輕運動の恢復過程では O₂ 利用率が寧ろ幾分低下することが推定せられる。
6. Radio 體操時の運動強度の Index としての平均値を求めて見ると第1體操1.37、第2體操1.53、連續體操1.82となり、連續體操の代謝率は大體毎分60mで歩行した場合の運動強度に匹敵する。

撰筆に際し浦本教授杉本助教の懇篤なる指導と校閲とに深謝し併せて名取大村兩講師の援助を深謝

す。

文 獻

- 1) Farkas, G. u. S. Szakall (1932) Magy. arv. Arch. 29 323
- 2) 古澤一夫 (2596) 日本生理誌 1 310
- 3) 古澤一夫・白井伊三郎 (2596) 日本生理誌 1 364
- 4) Gemmil, C., W. Booth and B. Pocock (1930) Am. J. Physiol. 92 253
- 5) 小笠原道生 (2594) 體育研究 2 215, 315
- 6) 奥山美佐雄 (2593) 勞働科學研究 10 156
- 7) 奥山美佐雄 (2593) 勞働科學研究 10 205
- 8) 杉本良一・高木秀雄 (2592) 慈大生理論文集 2 468
- 9) 暉峻義等 (2598) 生物學實驗法講座 12 エネルギー代謝實驗法
- 10) 知久源次郎・佐々木進・松山龍一 (2596) 日本生理誌 1 211

體力に關する研究 (14) 612.766.1
作業前後に於ける赤血球沈降速度の變化に就て

東京慈惠會醫科大學生理學教室

蓮 村 省 三 ・ 田 中 稔

Hasumura-Shozo ・ Tanaka-Minoru

(昭和18年7月28日受付)

I. 緒 言

この報告は昭和14年7月より9月の間に男女工員696名、同事務員54名に就き就業直前の午前8時と終業直後の午後5時に赤血球沈降速度を測定し主として作業強度と赤血球沈降速度の變化との關係を検索したものである。

從來赤血球沈降速度に就ては各方面より廣く検討せられ、殊に結核の早期發見及びその診斷と豫後の判定等に重要な一指針として集團生活を營む工場勞務者、學生等の體力検査に應用せられ顯著な効果を擧げつつある。然るに赤血球沈降速度と筋勞作或は疲勞度の關係に就ては未だ充分に検討せられてをらず、而も夫等の僅少の文獻に徴しても學者の意見が一致してゐない。例へば人體實驗に於て Rosenblum (9) は健康なる兵士に就て實驗し負荷27kg、時速6.6kmで10~20kmを行軍せしめた時の赤血球沈降速度は常に促進せられる事實よりその促進度は勞作の大きさと訓練不足とに比例すると述べ、又 Cassius (1) は8人の兵士に600~1200mを疾走せしめた前後の赤沈速度を検し、蛋白尿を來すものは促進するが然らざるものは却て遅延すると述べ、亦中務 (7) は運動時に赤沈は變化せずと云ひ、清野 (3)、Leffkowitz (5)、倉島 (4)、末田 (10) 等は運動乃至疲勞に依つて赤沈速度は促進すると云ひ、馬淵及塚田 (6) が家兎を用ひた動物實驗では輕運動の際は赤沈速度を遅延せしめるが疲勞を來す如き重運動では之を促進せしめ、中等度の運動では促進遅延相半して判定し難いと云つて居る。又 Piksa 及 Fridemann (8) 等は馬で勞働後の赤沈速度遅延を認め、廣江・長野・安田 (2) も馬に就て同様の實驗結果を得た。

之を要するに從來の實驗結果は運動時及疲勞時に赤沈速度が促進すると云ふ成績が多いが未だ法則的に確かな成績を得てゐない。若し赤沈速度が作業量と一定の關係がありとすれば疲勞度判定法のない現在に於て赤沈速度は疲勞度を判定する一指標となり得る意味に於て重要である。本實驗はその様な事柄を考への中に入れ乍ら企圖したのであつた。

II. 實 驗 方 法

被験者は東京芝浦電氣株式會社鶴見工場の工員及事務員であつた。夫等被験者の年齢は大體

18歳より40歳まであり、若年者は寄宿生活が多く過半は通勤者であつた。赤血球沈降速度の測定は Westergren 氏法(11) に従ひ1時間値(a)と2時間値(b)とを計測し、一般の方式に従ひそれより(1)式により中間値(M)を算出し、數値の比較には M を用ひた。

$$M = \frac{1}{2} \left(a + \frac{b}{2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

採血は凡て被験者の左肘靜脈より行ひ凝固を防止するため 1/4 容の枸橼酸曹達を用ひて測定

管に吸引計測した。採血は始業直前の午前8時と終業直後の午後5時の2回とし工場内で行つた。

被験者の作業は種々であるが夫等を日本勞働科學研究所で採用してゐる方式により重作業、中等作業及輕作業の3種に分類すれば第1表の如くなる。之等の分類基礎は Energy 代謝率を基準としたもので重作業は代謝率3以上のもの、中等作業は1~3のもの、輕作業とは1以下のものである。

第1表 作業分類表

重作業	鐵鋼鑄造業、鑄金鑄造、鐵鋼鍛造、鑄金手組、 鐵鋼手組、大物鑄物、高壓合金鑄造、合金鑄造、 輕合金鑄造、鍛造、火造、大型鐵心仕上組立、 大型鐵心鐵板組立、大型機械仕上組立、鉄金、 コイル押方、コイル入方、コイル巻、起重機組立工。
中等度作業	プレス、ターニング、ドリリング、スロッター、 スロッター-給手、コイル組立、ロータルコイル巻、 ボール巻、駆動發電機仕上組立、木型工、車體整理、 組仕上、鑄造機工、中子工。
輕作業	鋼鐵エナメル塗、鋼線整理、引伸、捲巻、給取作業、 鋼線製作業、成線作業、捲巻機作業、電線捲巻、 瓦斯捲巻、コルベラント製作業、 コンパウンド材料混合作業、マイカセラミクス製作業。

III. 實驗成績

第2表 同一血液を5回測定して求めた赤沈値の實驗誤差範圍(單位mm)

測定回数	1	2	3	4	5	平均値	平均偏差	平均偏差の平均
1	4.2	4.7	4.4	4.6	4.1	4.4	± 0.20	0.099
2	4.6	4.6	4.9	4.6	4.9	4.7	± 0.16	
3	5.8	5.6	5.9	5.6	5.6	5.6	± 0.04	
4	6.0	5.9	5.7	6.0	5.8	5.9	± 0.10	
5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.5	± 0.02	
6	7.5	7.5	7.1	7.1	7.0	7.2	± 0.20	
7	8.9	8.9	9.0	8.9	8.9	8.9	± 0.02	
8	10.7	10.4	10.5	10.7	10.7	10.6	± 0.12	
9	15.2	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	± 0.02	
10	20.9	21.0	20.9	21.1	21.2	21.0	± 0.10	0.33
11	22.7	22.5	21.8	21.3	22.3	22.1	± 0.46	
12	23.6	23.6	23.6	23.6	23.0	23.4	± 0.24	
13	25.0	26.0	25.6	25.4	26.2	25.6	± 0.36	
14	31.0	30.1	31.0	29.6	30.2	30.4	± 0.44	
15	36.2	34.2	35.0	36.5	36.1	36.0	± 0.40	

(平均 ± 0.19)

差を求めて見ると ± 0.19 となる。但し中間値が 20mm 以下のものと以上のものと平均偏差を比較して見ると、一般に沈降速度の速いもの程誤差が大きくなり前者では平均 ± 0.099 であ

豫備實驗。本實驗を行ふに先だち豫備實驗として赤血球沈降速度計測時の實驗誤差範圍を決定してみた。前述せる輕, 中, 重作業群より15名を撰び、作業の3時間目に5倍量の採血を行ひ、5本の試験管に分割しそれぞれ1時間値及2時間値を實測しそれより中間値を求め、同一血液の赤沈速度の平均偏差を算出した結果は第2表の如くである。表は便宜上赤沈値の遅いものから順に排列してみた。

上表より同一血液での平均偏

るのに對し後者では平均 ± 0.33 となつた。

以上の結果より本實驗では作業前後の赤沈値の差が ± 0.33以下のものは誤差の範囲内にあるものと認めこれを同一値と見做した。

本實驗. 本實驗の結果を先づ被験者總員に就ての總括表として示せば第3表になる. この結果は作業により血沈速度の促進するもの61%, 不變なるもの10%, 遅延するもの29%に相當した。

以上の關係を圖に示せば第1圖になるが圖より明らかなやうに作業後の赤沈値の促進率は大であり, 赤沈値が 20~25mm 以上のものは促進するものと遅延するものとが相半する傾向を示し, 不變のものは殆ど見られなくなつた。

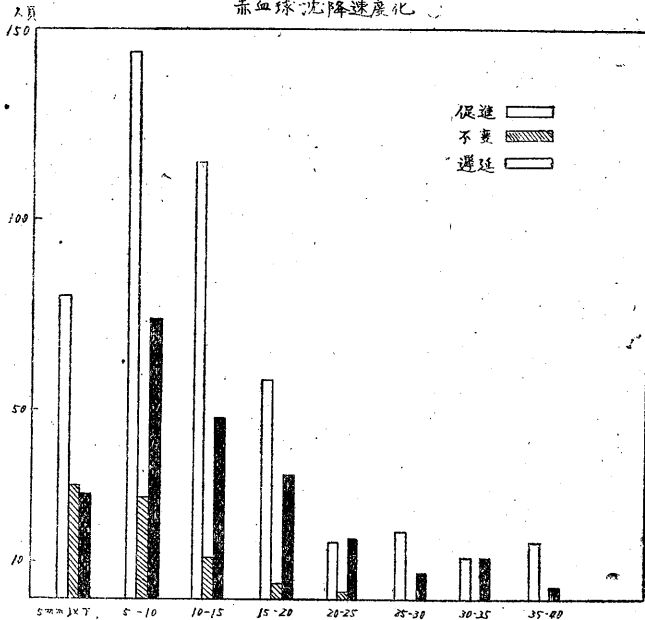
次にこれを性別に分類して見ると第4~5表になる. 尙作業別では男子の輕作業者最も多く237名, 中等度作業者221名, 重作業者94名であり, 之に對し女子の輕作業者103名, 中等度作業者41名となり, 事務員は男子26名女子28名であつた。

以上の結果を作業強度の觀點から觀察して見ると, 先づ

第3表 被験者總員の作業前後の赤血球沈降速度の變化

中間値	促進者	不變者	遅延者	小計
5 以下	80	30	28	138
5 - 10	144	27	74	245
10 - 15	115	11	48	174
15 - 20	58	4	32	94
20 - 25	15	2	16	33
25 - 30	18		7	25
30 - 35	11		11	22
35 - 40	16		3	19
總計	457	74	219	750
%	61	10	29	

第1圖 被験者總員の作業前後の赤血球沈降速度化



第4表 男子作業者並に事務員就業前後の赤沈値變化

中間値	重作業者				中等度作業者				輕作業者				事務員			
	促進者	不變者	遅延者	小計	促進者	不變者	遅延者	小計	促進者	不變者	遅延者	小計	促進者	不變者	遅延者	小計
5 以下	7	4	6	17	33	13	10	56	31	10	12	53	4	2	--	6
5 - 10	15	6	13	34	44	6	23	73	58	9	16	83	8	--	3	11
10 - 15	11	5	8	24	40	4	8	52	44	2	11	57	1	--	2	3
15 - 20	3	--	7	10	18	1	4	23	23	1	4	28	2	--	--	2
20 - 25	2	--	2	4	2	--	1	3	1	--	2	3	--	1	1	2
25 - 30	1	--	1	2	4	--	--	4	5	--	2	7	--	--	--	--
30 - 35	3	--	--	2	2	--	1	3	1	--	--	1	--	--	--	--
35 - 40	1	--	--	1	4	--	--	4	3	--	--	3	--	--	--	--
總計	42	15	37	94	147	27	47	221	166	22	49	237	15	3	8	26
%	45	16	39		67	12	21		70	9	21		54	12	30	

第5表 女子作業者に事務員就業前後の赤沈値變化

中間値 mm	中等度作業者				輕作業者				事務員			
	促進者	不變者	遲延者	小計	促進者	不變者	遲延者	小計	促進者	不變者	遲延者	小計
5 以下	--	--	--	--	2	--	--	2	3	1	--	4
5 - 10	2	--	3	5	10	3	6	19	7	--	6	13
10 - 15	6	--	6	12	11	--	10	21	2	--	3	5
15 - 20	--	1	6	7	9	1	11	21	3	--	--	3
20 - 25	2	--	3	5	8	--	5	13	--	1	2	3
25 - 30	2	--	3	5	6	--	1	7	--	--	--	--
30 - 35	1	--	4	5	5	--	6	11	--	--	--	--
35 - 40	1	--	1	2	7	--	2	9	--	--	--	--
總計	14	1	26	41	58	4	41	103	15	2	11	28
%	34.2	2.4	63.4		56	4	40		53	7	40	

男子では重作業者群に於て促進比率が最低の45%で遅延比率が最高の39%を示して居り、輕作業者群に於て促進比率が最高の70%を示し、筋的作業を殆ど行はない事務員では重輕作業者群の中間的成績を得た。然し男子被験者を全般的に見れば、何れも作業後に促進せられるものの方が遅延せられるものよりは高率である。

次に女子被験者に於ては女子として作業強度の最も大なる中等度作業者群に於て促進比率は最低の34.2%、遅延比率は最高の63.4%を示して居り、輕作業者群に於ては逆の關係を示し、筋的作業を行はざる事務員に於て兩者の中間的成績を得た事は男子の場合と同様である。但し女子中等度作業者群に於ては遅延比率斷然大きく作業後の變化が促進比率を凌駕する結果を得て居る。

以上の結果は筋的作業の強度が増大するほど作業後の沈降速度の遅延する比率が大となり、殊に女子勞務者に於てその傾向が顯著である。この成績は從來の人體實驗の結果と一致せぬ點

が多い。此事は工場勞務者の持續作業を實驗對象として所謂工場疲勞の状態を検討したものと、一過性の強激なる運動前後の相違を求めたものとの間には自から相違あるが如くである。動物實驗ではあるが馬淵(6)は輕運動に於て遅延し、重運動に於て促進すると云つてゐるが余等の結果とは一致せぬ。

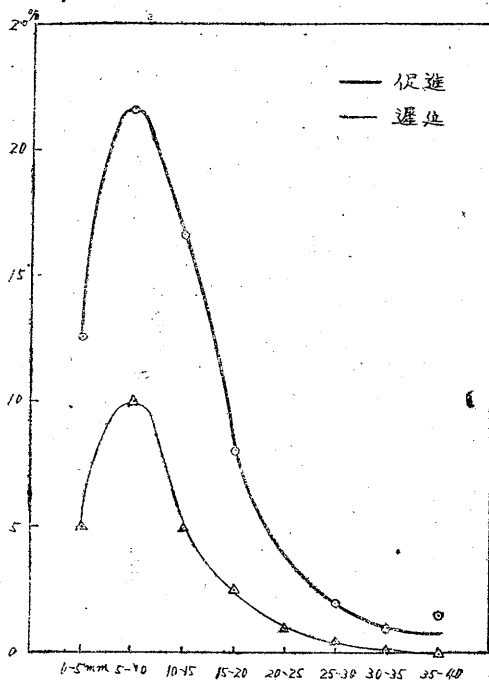
更に性別に依る相違が著しいので判り易くするため、性別の作業前後の赤沈の促進と遅延の百分率表(第6表)を作つてみると共に、之を第2, 3圖に圖示して見た。

圖に於て明な如く男子に於ては促進せられるものが遅延するものに比し著しく多いのに對し、女子に

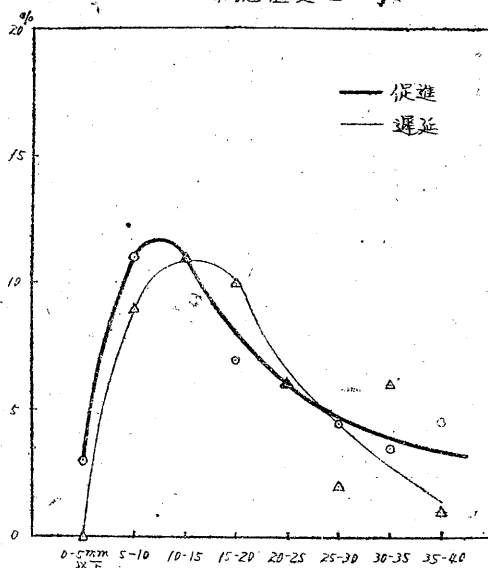
第6表 性別に見た作業前後の赤沈値變化の比較

性別 中間値 mm	男子		女子	
	促進者	遅延者	促進者	遅延者
5 以下	12.5	5	3	--
5 - 10	21.5	10	11	9
10 - 15	16.5	5.1	11	11
15 - 20	8	2.6	7	10
20 - 25	1	1	6	6
25 - 30	2	0.6	4.5	2
30 - 35	1	0.2	3.5	6
35 - 40	1.5	--	4.5	1
%	64.0	24.5	50.5	45.4

第2回 男子の作業前後の赤沈値変化



第3回 女子の作業前後の赤沈値変化



於ては促進と遅延とが相半ばし、而かも男子に於ては促進と遅延とが何れも中間値5~10mmのものに於て最高を示すのに對し、女子に於ては促進せられるものは5~10mmから10~15mmのものに於て最高率を示し、遅延するものは5~10mmから15~20mmのものに於て高率を示して居る。即ち作業後に赤沈値が遅延する割合が女子に於て著しく大きく且つその範圍が増大することを示すものである。

IV. 摘 要

1. 工場勞務者男女696名並に事務員男女54名に就て作業前後の赤血球沈降速度を測定し工場勞務者の作業強度と赤血球沈降速度變化との關係を檢討した。
2. 豫備實驗として同一血液の赤血球沈降速度の實驗誤差範圍を求めた。それによると計測値の平均偏差として中間値が20mm以下のものでは±0.099, 20mm以上のもので平均±0.33であつた。
3. 被験者總員の作業前後の赤血球沈降速度の變化は促進61%, 不變10%, 遅延29%となり一般に赤沈値の低いものほど促進率が大であつた。
4. 赤沈値と作業強度との關係は男子に於ては輕作業群に於て促進比率最も高く70%を示し重作業群は促進比率最も低く45%を示し、筋作業を殆ど行はない事務員に於ては重輕兩作業群の中間に位する成績を得た。女子被験者に於ても大體同様の關係を示したが女子に於ては男子に比較して遅延比率が斷然大きくなつた。

5. 4の結果は、運動強度或は疲勞度に比例して赤沈速度が促進せられると云ふ從來の多くの業績と一致しない。之は從來の實驗が多く一過性の強激な運動前後の相違を求めたものであるのに余等の實驗對象は工場勞務者の持續作業に於ける所謂工場疲勞の状態を検討したものであるからその間に自から相違があるものと考へられる。

本業績の發表に際し浦本教授杉本助教授の御懇篤なる指導と校閲とに深謝し併せて名取大村兩講師の御援助を深謝す。

文 獻

- 1) Cassius, U. (1928) Sec. Biol. Sper.
- 2) 廣江 巖・長野 正・安田純夫 (2594) 中央獸醫誌 47 341
- 3) 清野 博 (2591) 臨床醫學 16 303
- 4) 倉島松一郎 (2597) 名古屋醫學誌 46 956
- 5) Leffkowitz (1923) Ergeb. inn. Med. 33
- 6) 馬淵秀夫・塚田早苗 (2592) 阪醫會誌 31 4591
- 7) 中務留造 (2597) 日本內科學會誌 23
- 8) Piksa, Fredemann ; Handbuch d. inn. Med. u. Kinderheilk. 33
- 9) Rosenblum, D. (1923) Z. eksper. Biol. (russ) 9
- 10) 末田 祇 (2597) 京都府立醫大誌 20 67
- 11) Westergren (1924) Ergeb. d. inn. Med. u. Kinderheilk. 26 578

體力に關する研究 (15) 612.766.1

賃金形態と作業強度とに關する産業生理學的研究

東京慈惠會醫科大學生理學教室

蓮 村 省 三 ・ 田 中 稔

Hasumura-Shozo ・ Tanaka-Minoru

(昭和18年8月24日受付)

I. 緒 言

工場に於ける肉體の作業強度は作業の種類に依つて極めて複雑であると共に強弱の程度に大きな開きがある。作業強度が大であればある程體内の物質消耗は大となる事は當然であつて、これが補給に關して直ちに想起せられる事は勞務者の賃金の問題である(1, 2, 3)。賃金を決定する要素は(1)作業の性質(2)個人の伎倆其他(3)生活費及び(4)一般的要素(雇傭の安定性、賃金の市價、企業に於ける支拂能力等)の如きものが考慮されて賃金が成立するものである。實際問題として勞務管理上勞務者の保健に最も重大な關聯を持つものはこの賃金形態と其の額である。上述の作業に依つて消耗する物質の保障も困難なやうな賃金の決定をすれば勞務者は最低生活の維持すら困難になつて來る爲め、己むを得ず缺勤率は上昇し、必要な休養すら取り得ぬため過勞乃至は疾病に陥らしめる危険がある。又請負制度等で單價の定め方に依つては過大の收入を得る様になると却て缺勤率を増大せしめて作業能率の低下を見る虞れもある。而して現在此賃金支拂形態には大體次の基本的な3種が擧げ得られる。

1) 時間拂制 これは所謂時間給、日給、月給等單位の取り方で色々になるが、この制度は勞務者の生活の安定、過勞に依る罹病率の少い等の長所はあるが作業能率の向上、出來高の増加と言ふ點から見ると非常に不利である。そこで同じ時間拂制の中にも異率時間拂制の如き能率向上方策を加味したものもある。即ち同じ時間拂制でも1日の製産高に一定の標準を設け、之以上の能率を擧げたものには日給に幾らかの歩をつけてやる法式である。

2) 出來高拂制 これは品物の出來高に應じて所定の賃金を支拂はんとするもので所謂請負制度である。これの長所は各人の努力、伎倆が公正に報ひられ、勤勞心を刺激して能力を向上せしめる特長がある。但し短所としては粗製濫造、勞務者の過勞、災害の増加等を擧げることが出來やう。尙この出來高拂制には直線式出來高拂制(通稱單價請負)と異率出來高拂とがある。前者は單價請負で1個いくらと決めて支拂ふ。後者にはテラー式及びメリツク式等の支拂制度があるが、要するに之等は標準生産高を定め出來高がこれを上下する事に依つて賃金を上下せしめる方法である。

3) 割増賃金制 これにも種々の形態があるが、大體時間拂制を基礎としてこれに或種の出來高拂制を加味したものである。要するに上述の異率時間拂をもつと詳しく生産と結びつけた方法と考へればよい。即ち異率時間拂の場合には割増が同額であつたものをこの場合は出來高に依つて割増の歩合を變へて行くのである。これにはハルセ式、ペドー式、マニツト式、ボーム式等色々の形態が考へられて居る。

以上の如く勞務者の保健上極めて重大な關係を持つ賃金形態であるにも拘らず實際勞務者が1日の肉體作業に依つて消費する Energie 量を計測し、之を考慮に入れて賃金形態を決定したものは無い様である。從來労働科學研究所 (5) に於ては各種作業の作業強度を極めて廣範圍に調査發表して居るが、これは賃金決定の批判材料としてなされたものではない。余等は余等の勤務せる工場に於て幸ひ出來高拂制、異率時間拂制度竝に單純の時間拂制の賃金支拂を受くる各群の勞務者があつたので、之等各群の勞務者に就いて製品1個當りの O_2 消費量、1日の生産數から單位 O_2 消費量がいくらの賃金に相等するか又賃金形態の相違に依つて1日に消費する總 O_2 消費量がどの位違ふものであるかを検討して見ることが出來た。本研究は産業能率の向上、勞務者の福利及適正賃金の決定に一つの科學的根據を與へんとして行つたものである。

本實驗は2600年2月より同年12月迄の間に實施した。

II. 實驗材料竝に方法

被験者としては東京芝浦電氣株式會社鶴見工場に勤務する健康な19~28歳の男子工員17名を依頼し、重作業6名、中等度作業6名、輕作業5名を選んで實驗したが、之等勞務者の賃金

第1表 被験者年齢體格概要一覽表

	被験者	年齢	身長 cm	体重 kg
重 作 業 群	K. K.	25	156.3	49.0
	H. T.	28	155.9	51.5
	Y. O.	24	155.3	54.0
	M. Y.	25	157.7	47.0
	T. I.	20	158.7	50.3
	T. Y.	20	167.5	63.0
中 等 度 作 業 群	Y. I.	18	160.4	55.0
	E. S.	26	158.4	53.0
	I. J.	21	156.5	51.0
	H. I.	20	147.9	53.5
	K. Y.	19	155.8	47.5
	G. K.	21	162.8	49.5
輕 作 業 群	U. Y.	26	163.6	59.0
	S. U.	20	159.8	50.0
	S. S.	25	157.0	55.0
	Y. K.	23	157.6	53.5
	K. S.	23	153.1	50.0

形態は重作業群は出來高拂制、中等度作業群は異率時間制、輕作業群は單純の時間拂制であつた。尚各被験者の年齢、體格の概要を示せば第1表の如くなる。

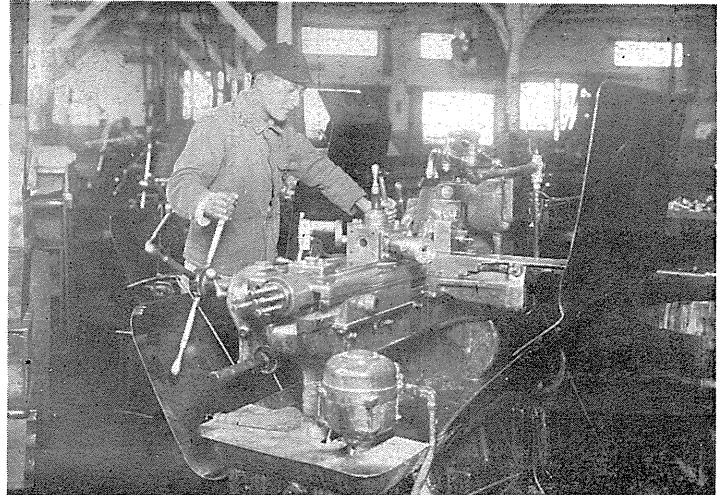
一般勞務者の1日の作業過程は其の作業内容竝に作業強度が決して一定したものでなく、多くは多種の作業が結合されて居るものである。斯かる作業群では1日の總消費 Energie 量を測定する事は比較的困難である。そこで余等は所謂段取作業と稱してこれに附隨する僅かの作業を除けば主要作業は連続して行はれ、而かも1日の作業量は1日の製品數となつて數へられ、1個の製作過程に於ける Energie 消費量を測定すれば1日の總消費 Energie 量が比較

的簡單に計算出来る様なものを特に選んで實驗した。此種の作業に於ける重作業としては鑄物機械込め作業を選んだが、この作業の代謝率は重作業としてはそれほど大でないが連続作業であつて1日の作業時間は約6時間即ち午前4時間、午後2時間の割合であつた(第1圖参照)。

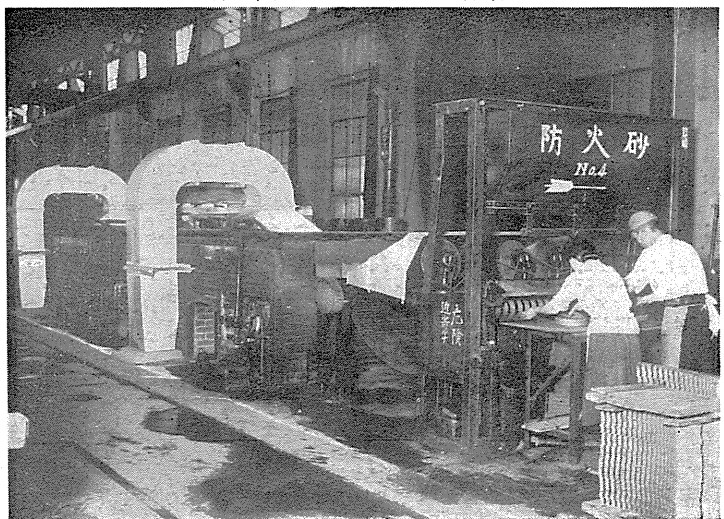
第1圖 鑄物機械込め作業



第2圖 Turret lathe 作業



第3圖 Baking furnace 作業



中等度作業としては、Turret lathe 及旋盤の2作業を選んだ(第2圖参照)。これも連続作業で Turret lathe は支へネジ、止ナツト、旋盤は電氣錐の Brush holder 製作時のものを測定した。軽作業としては Baking furnace を以て各種の焼付を行ふもので(第3圖参照)、1日の作業時間は約10時間であつた。以上3作業は何れも立位の作業で、主として上肢を使用し軽重の別はあるが連続作業である點、左程熟練を要しない點、精神勞作をあまり伴はぬ點及勞作過程が何れも Steady state の状態に入るものである點等が共通して居る。本實驗は被験者が作業して居る現場に出張して Douglas bag 法に依り作業過程中の被験者の呼氣を採取し其間の製品製作數と時間とを嚴密に測定した。尙この際作業勞作は既に Steady state の状態に入つて居る事に注意した。Douglas bag 法に依る呼吸瓦斯代謝の

測定に關しては既に余等が Radio 體操の瓦斯代謝測定の報告 (4) に詳細に記載したからここには省略する。

本實驗に於て求めたものは 1) 被験者の基礎代謝 2) 安靜時 O₂ 消費量 3) 作業時の呼吸瓦斯代謝等である。

III. 實驗成績竝に考察

以上の實驗結果を各被験者に就て作業別に作業時毎分 O₂ 消費量, 作業のみに要する毎分

第 2 表

被験者	作業時毎分 O ₂ 消費量 cc	安靜時毎分 O ₂ 消費量 cc	作業時の呼吸 毎分O ₂ 消費量 cc	基礎代謝的 毎分O ₂ 消費量 cc	エネルギー 代謝率	
重 作 業 群	K. K.	888.7	309.0	579.7	290.7	1.99
	H. T.	1008.5	276.6	731.9	267.3	2.73
	Y. O.	828.9	245.5	583.3	237.3	2.45
	M. Y.	921.4	308.9	612.4	292.8	2.09
	T. I.	810.1	231.0	579.0	222.1	2.61
	T. Y.	910.9	280.1	630.0	266.8	2.36
平均	894.7	275.1	619.3	262.8	2.37	
中 等 度 作 業 群	Y. I.	533.8	282.8	251.0	271.9	0.92
	E. S.	516.2	300.0	215.7	278.1	0.77
	I. J.	398.7	194.1	204.6	188.4	1.08
	H. I.	390.1	243.7	146.4	229.2	0.63
	K. Y.	337.2	172.0	165.2	167.0	0.98
	G. K.	586.4	226.9	359.5	216.1	1.58
平均	460.4	236.5	223.7	225.0	0.99	
輕 作 業 群	U. Y.	427.1	306.6	120.5	288.8	0.41
	S. U.	435.4	244.8	190.6	234.0	0.81
	S. S.	494.6	271.0	223.6	257.3	0.86
	Y. K.	453.8	296.4	157.4	283.5	0.55
	K. S.	346.9	225.4	121.4	214.9	0.56
	平均	431.5	268.8	162.7	255.7	0.63

O₂ 消費量, Energie 代謝率等を一括表

示すれば第2表の如くなる。

表に於て明かな様に重作業群に於て同じ鑄型機械込め作業でも格一作業でないため作業に相當の強弱があつて, 作業のみに要する毎分の O₂ 量を比較して見ても最少 579.0 cc から最大 731.9 cc となり, Energie 代謝率に於ても最少 1.99 から最大 2.73 と言ふ様に比較的大きな開きが見られる。且つこの Energie 代謝率から見た作業強度は寧ろ中等度作業に類する程度のものであるが, 上述の如く連續作業である點に於てこれは重作業に屬するものと考へて差支へない様である。

第 3 表

被験者	製品1個當りに 要するO ₂ 消費量 cc	1日の製作 製品 數	1日の全製品に 消費するO ₂ 消費量cc	1日の賃金	製品1個當 りの單價	賃金1銭當り のO ₂ 消費量 cc	
重 作 業 群	K. K.	1159.4	100.0	115940	800.0	8.0	144.9
	H. T.	624.4	250.0	156100	900.0	3.6	173.4
	Y. O.	850.6	200.0	170120	380.0	1.9	441.6
	M. Y.	2266.0	60.0	135960	960.0	16.0	141.6
	T. I.	674.0	280.0	188720	476.0	1.7	396.5
	T. Y.	964.2	150.0	146900	405.0	2.7	401.9
平均	1089.7	173.3	152290	653.5	5.65	283.3	
中 等 度 作 業 群	Y. I.	183.0	300.0	54900	144.0	0.48	381.2
	E. S.	196.5	280.0	55020	178.0	0.46	427.1
	I. J.	341.5	150.0	51225	127.5	0.85	401.7
	H. I.	237.2	250.0	59300	210.0	0.84	281.0
	K. Y.	275.3	180.0	49554	192.0	1.06	258.2
	G. K.	307.0	280.0	105560	228.0	0.81	463.1
平均	268.4	240.0	62595	171.7	0.75	368.7	
輕 作 業 群	U. Y.	317.1	20000.0	63430	275.0	0.13	231.4
	S. U.	335.6	20000.0	67132	216.0	0.10	310.8
	S. S.	591.6	13000.0	76908	240.0	1.84	321.5
	Y. K.	230.1	30000.0	69030	264.0	0.88	261.4
	K. S.	632.5	4000.0	25300	264.0	0.66	95.8
	平均	421.4	17400.0	60361	251.8	0.73	244.1

中等度作業群に於ても同様に於て作業のみに要する毎分の O₂ 消費量は最少 146.4cc から最大 359.5cc となり, Energie 代謝率を比較して見ても最少 0.63 から最大 1.58 に及んで居る。この Energie 代謝率も寧ろ輕作業に類する作業強度であるが上述と同じ理由に依つて中等度作業に屬せしめたものである。輕作業群は作

業に要する毎分の O_2 消費量は最少 120.5cc から最大 223.6cc であつて Energie 代謝率は最少 0.41 から最大 0.86 であつた。次に製品 1 個當りに要する O_2 消費量, 1 日の製作製品数, 1 日の全製品に消費する總 O_2 消費量, 1 日の賃金, 製品 1 個當りの單價, 賃金 1 錢當りの O_2 消費量等を計算して表示すると第 3 表の如くなる。

既に述べた様に賃金形態から言ふと重作業群は出來高拂制であるから, 製品 1 個當りの單價は決められて居るものであるが, 中等度作業並に輕作業群は時間拂制であるために 1 個當りの單價は便宜上 1 日の支拂賃金を 1 日の製品數で割つて求めたものである。尙ほ表中製品 1 個當りの O_2 消費量並に製品 1 個當りの單價の欄は輕作業群の場合のみは 1 個當りの數が餘り少さいため 100 個當りの數値を取つてある。

扱て第 3 表を通覽して先づ氣付くことは出來高拂制の重作業群の 1 日の賃金の相當高額なことである。而して此群の 1 日の全製品製作に消費する總 O_2 量の平均は 152290cc となり, 勿論之は附帶作業に消費する O_2 量は計測されて居らぬが, 今假りに消費 O_2 1 l に就いて發生する熱量を簡單に 5 kcal として概算して見ると略々 760 cal に相當する。之は重作業群の作業消費熱量としては意外に小さい値であることが判る。

中等度作業群の 1 日の賃金は最も低く平均 1 圓 71 錢強で 1 日の全製品製作に消費する總 O_2 量は平均 62595cc となり, 之を熱量に概算すると 310 cal 位に相當する。又輕作業群の 1 日の平均賃金は 2 圓 51 錢強で 1 日の全製作消費 O_2 總量は 60361 cc となり, 熱量に換算すると大體 300 cal に相當する。

製作の難易, 特殊な技術, 附帶作業の大小等を顧慮せねば充分ではないが, 今假りに賃金 1 錢當りの O_2 消費量を計算して見ると第 3 表の最後の欄に掲載したやうな結果になる。其平均値をとつて見ると重作業群では 283.3cc, 中等度作業群では 368.7cc, 輕作業群では 244.1cc となり輕作業群の消費量を 1 にとれば輕 : 中等 : 重 = 1 : 1.5 : 1.16 となり此結果に現はれた限りに於ては中等度作業群が賃金に對する消費量から見て割が悪い形になつて來る。

尙賃金形態から見て出來高拂制である重作業群の結果は, 1 日の収入と睨み合せて 1 日の作業を打ち切る傾向が見られ, 上述の程度の作業強度では過勞に陥るやうな危険は認められぬやうである。

次に異率時間拂制である中等度作業群では一定限度の作業をすれば割増金が貰えるので, この限度迄は頑張る爲め 1 錢當りの O_2 消費量が 1 番大きく出て來たのではないかと考へられる。

最後の單純な時間拂制即ち日給の場合の輕作業群では, 勤勞心の缺如せるものがあれば, 製産高に直接響いて來ることは當然で, 1 錢當りの O_2 消費量の最も小なるものがこの群の中に發見せられるのは, この賃金形態の缺陷を如實に物語つて居るものと考へられる。以上甚だ唯物的な觀方ではあるが, 作業時 O_2 消費量の測定から賃金形態の夫々の特質をある程度批判

し得たと信ずる。之等の資料を參考にしてより適切な賃金形態が考案され、増産必勝の現況に幾分の貢獻をなし得れば幸甚である。

IV. 摘 要

1. 従來賃金を決定するのに勞務者が實際に1日の肉體作業に消費する Energie 量を計測して、これを考慮に入れて行つたものは無い様である。余等は同種賃金形態に依つて賃金の支拂を受ける各群の勞務者に就て、製品1個當りの O_2 消費量及1日の生産數から單位 O_2 消費量がいくらの賃金に相等するか又賃金形態の相違に依つて作業能率に相違を生ずるか否かを検討して見た。

2. 出來高拂制の賃金を受ける重作業群は1日生産に消費する Energie 量は最大であるが受ける賃金も最高で、異率時間拂制の中等度作業群及單純の時間拂制を受ける輕作業群の1日の總 Energie 消費量は大體相ひ似た値を示し、賃金の額は中等度作業群に於て比較上最低である。

3. 製作の難易、附帶作業の大小等を顧慮せねばならぬが上述の成績から賃金1錢當り O_2 消費量を計算して見ると重作業群では平均 283.3cc, 中等度作業群では 368.7cc, 輕作業群では 244.1cc となり、賃金に對する O_2 消費量の點から見ると中等度作業群が一番割の悪い形になる。

4. 賃金形態の觀點から見ると出來高拂制は1日の収入を睨み合せて作業を打ち切る傾向が見られ、異率時間拂制では一定限度の作業をすれば割増金をもらへるためこの限度までは頑張るために1錢當りの O_2 消費量が一番大きく出て來る。又單純な時間拂制の場合には勤勞心の有無が問題になるが、余等の計測した場合にもかくの如き勤勞心の缺除せる實例がこれら勞務者群に見られた。

5. 作業能率は固より單に賃金形態のみに依つて左右せられるものでない。勞務者の作業態度(勤勞觀等をも含む)、家庭、社會、國家環境よりの影響等をも顧慮せねばならぬが、此處では余の實驗した特殊作業時の O_2 消費量と賃金形態との關聯のみを検討したものである。

本實驗は東京芝浦電氣株式會社の諒解の下に行つたものである。擱筆に當り浦本教授並に杉本助教授の指導校閲を銘謝する。

文 獻

- 1) 淡路圓治郎 (2598) 人事管理
- 2) 井上好一・上田武人 (2599) 能率賃金支拂法
- 3) 石川知福・山口正義・小池重夫 (2603) 衛生學的工場診査
- 4) 蓮村省三・田中 稔 (2603) 日本生理誌 9 444
- 5) 暉峻義等 (2601) 勞働科學 18 371, 496

測壓式定量法による腦脊髄液乳酸靜止價に就て 612,824.1

東東慈惠會醫科大學生理學教室

堀口正史・高橋英雄

Horiguti-Masahumi・Takahasi-Hideo

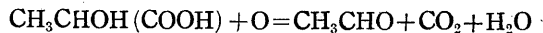
(昭和18年7月28日受付)

I. 緒言

腦脊髄液乳酸量の定量に關する今日までの文獻を按ずるに Fürth-Charnass (4), Clausen (3), 高畑・久米(10)等の改良せる所謂蒸溜法に依るか或は Mender-Goldscheider (8) の考案せる比色法に依る以外にはないやうである。

蒸溜法は被檢液を酸性溶液中で硫酸マンガンを觸媒として過マンガン酸加里を滴下し煮沸し乍ら乳酸を酸化して發生する Acetaldehyd を一定量の酸性亞硫酸曹達で捕集し之を沃度規定液を以て滴定する方法であつて、現今最も正確な方法とされてゐるが、其操作は稍々複雑であり且技術に相當の熟練を要する。

一方比色法は乳酸に Veratol-Alkohol 溶液を加へて生ずる色調を比色計によつて一定の標準色と比色定量するのである。其操作簡單なるため廣く採用せられてゐるのであるが其正確度に於て不十分な憾がある。然るに血液乳酸定量に際し Baumberger 及 Field (2) は van Slyke の測壓式瓦斯分析装置を用ひ、所謂測壓法によつて、硫酸及硫酸マンガンを以て乳酸を酸化した際に發生する CO₂ の壓から血液乳酸を測定し得べき可能性あることを發見し、次で Avery 及 Hastings (1) は室溫に於て血液中の乳酸を硫酸と過マンガン酸加里で酸化すると



の反應を以て 1M の乳酸から 1M の CO₂ を發生することから、發生せる CO₂ を測壓法によつて測定し、極めて簡単に血液乳酸を定量をする方法を考案した。

この際蒸溜法たる Friedmann-Cotonio-Schaffer 法(5)で得た値と測壓法で得た値とを比較すると、後者が常に高く其差は略々一定で恐らくは除蛋白除糖せる所謂 Folin-Wu 濾液中に含まれる乳酸以外の有機物から發生する CO₂ に由來するものと考へ、後者の値より補正值として 0.5mM を控除すれば正しい値が得られることを實證した。

余等の教室に於ても北條(6)は上述の Avery 及 Hastings 法を詳細に検討し、上記の補正值は 0.46mM であるとし、此方法が血液乳酸定量法として最も正確且簡便なる方法であることを確認した。

この報告は Avery 及 Hastings の測壓式瓦斯分析法による血液乳酸定量法を腦脊髄液乳酸

の定量に展開し、その成績を従来の脳脊髄液乳酸に就ての Friedmann-Cotonio-Schaffer の蒸溜法による成績と比較し、脳脊髄液乳酸定量時に於ける補正值をも求めて見た実験である。脳脊髄液乳酸定量に本法を應用するのは本報告を以て嚆矢とする。

実験は昭和16年10月より翌年6月までの間に行つた。

II. 実験方法

実験材料に人體の脳脊髄液を用ひた。実験は總數20例の内健康者男5例、麻痺性痴呆患者男3例女2例、精神分裂症患者男3例女7例であつた。脳脊髄液採取には法の如く被檢者に側臥位をとらしめ III~IV 腰椎間の穿刺で毎回約3ccを採取した。脳脊髄液は採取後直ちに除蛋白除糖し、一半を測壓法に一半を蒸溜法に用ひた。

蒸溜法による定量法の詳細は叶山(7)、測壓法による定量法は北條(6)の報告に詳述せられてゐるから省略する。但し測壓法では van Slyke-Hawkins(12)による除蛋白の處理時間を5分間とし、除糖の處理時間は van Slyke(11)に従つて30分とした。

尚脳脊髄液の低温保存に關連し採取後無處理の脳脊髄液を4°Cの水室に入れ1時間、24時間及び48時間を経過したものにつき、また除蛋白除糖を行つた脳脊髄液に就ては最長7日間保存せる場合に就て乳酸量の變化をも検討した。

III. 実験成績並に考察

第1表 測壓法と蒸溜法との乳酸静止價比較成績(單位mM)

實驗番号	蒸溜水	測壓法	両法の差
1	0.97	1.05	0.08
2	1.11	1.12	0.01
3	1.36	1.47	0.11
4	1.13	1.16	0.03
5	1.34	1.41	0.07
6	1.27	1.28	0.01
7	1.36	1.36	0
8	1.23	1.39	0.16
9	1.14	1.37	0.23
10	1.24	1.33	0.09
11	1.13	1.18	0.05
12	1.40	1.54	0.14
13	1.46	1.67	0.21
14	1.19	1.21	0.02
15	1.28	1.53	0.25
16	1.22	1.34	0.12
17	1.77	1.77	0
18	1.51	1.72	0.21
19	1.79	1.79	0
20	1.36	1.43	0.07
平均値	1.343	1.436	0.1

20例の脳脊髄液に就て測壓法並に蒸溜法によつて測定した乳酸量は第1表に示す如くである。

上表に於て明らかな如く兩法の測定値を比較すると3例だけが全く同じ値を示し、他は總べて測壓法の値が高く、其値は平均値として0.1mMに相當した。緒言に述べた如く測壓法による血液乳酸の測定には Avery 及 Hastings によれば0.1mM、北條によれば0.46mMの補正值を要したが脳脊髄液では僅かに0.1mMでよいことが明らかとなつた。即ち此場合は Avery 及 Hastings の計算式を(1)式にして算出してよい。

脳脊髄液 1 l 中の乳酸量 (mM)

$$= (P_1 - P_2 - C) f - 0.1 \dots \dots \dots (1)$$

斯く脳脊髄液での補正值が血液より少い理由は CO₂ を發生する有機物の含有量が血液に比して少いためであらう。

次に脳脊髄液を低温に保存した場合の成績は無處理のものは第2表、除蛋白除糖のものは第3表の如くである。

第2表 除糖除蛋白處理をなさざる脳脊髄液の時間経過による乳酸量の變化(單位mM)

實驗例	直後	1時間目	24時間目	48時間目
1	0.97	0.95	1.05	1.02
2	1.07	1.08	1.13	1.15
3	1.00	1.04	0.98	1.08
平均	1.01	1.02	1.05	1.08

第3表 除糖除蛋白處理をなせる脳脊髄液の日時経過に伴ふ乳酸量の變化(單位mM)

経過日数	第1例	第2例
第1日	0.97	0.87
第2日	1.02	0.88
第3日	1.05	0.83
第4日	1.02	0.83
第5日	1.05	0.86
第6日	--	0.99
第7日	0.88	0.92

上表より無處理のものは僅か3例に過ぎないが採取直後の乳酸量は1時間後と殆んど差が無く、更に24時間値48時間値に於ては僅かに増加してゐるが其差は極めて僅少である。即ち無菌的に採取した脳脊髄液を4°C内外の低温に保存すれば除蛋白除糖の處理を行はないでも解糖作用は殆んど完全に抑制せられると見做して差支へない。一方除蛋白除糖を行つた脳脊髄液の乳酸量は5日目迄變化なく6,7日目に極く僅かに増してゐるのみである。北條(6)が血液に就て同様の實驗を行つた結果は7日間は殆んど不變であつたが大體それと同じである。

尙脳脊髄液は精神病患者から採取したものが少くないがそれに就ては高橋が別に報告するのでここではそれに就て考察しない。

IV. 摘 要

1. 人體の脳脊髄液を材料としその乳酸含有量の測定に蒸溜法と Avery 及 Hastings の測壓法を用ひ兩者を比較検討した。
2. 兩法の測定値は測壓法による値が常に高く大體0.1mMの恒差があつた。此恒差0.1mMを測壓法での補正值とすれば正しい乳酸量の値が求め得られる。測壓法は蒸溜法より操作簡單であるから血液よりも補正值の小さい脳脊髄液の乳酸測定には測壓法は甚だ便利である。
3. 脳脊髄液での解糖作用は4°C位で略々完全に抑制せられ、48時間後に於ても乳酸の増加は極めて微量である。
4. 脳脊髄液に除蛋白除糖操作を行ひ且つ4°C位に保てば5日間は乳酸値に變化がない。

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を銘謝し並に名取大村兩講師の援助を深謝す。

文 獻

- 1) Avery, B. F. & B. Hastings (1931) Journ. of Biol. chem. 94 273
- 2) Baumberger, J. P. & J. Field (1927) Proc. Soc. Exp. Biol. and Med. 25 87
- 3) Clausen, S. W. (1922) J. biol. chem. 52 263
- 4) Fürth u. Charnass (1910) Biochem. Z. 29 199
- 5) Friedemann-Cotonio-Schaffer (1927) Journ. of Biol. Chem. 73 335
- 6) 北條和雄 (2696) 日本生理誌 1 5
- 7) 叶山常吉 (2592) 慈大生理學論文集 II 123
- 8) Mendel-Goldscheider (1925) Biochem. Z. 164 163
- 9) Mendel-Goldscheider (1926) Klin. Wochschr. 28 272
- 10) 高畑哲五郎・久米實一 (2588) 福岡醫科大學雜誌 19 154
- 11) van Slyke, D. D. (1927) Journ. of Biol. Chem. 73 121
- 12) van Slyke-Hawkins (1928) Journ. of Biol. Chem. 79 739

條件反射の研究 (XII) 612.313.8

陰性感應現象に就ての2・3の觀察

東京慈惠會醫科大學生理學教室

川上正義

Kawakami-Masayosi

(昭和18年8月24日受付)

I. 緒言

Pawlow 及其門下により多くの高次中樞に於ける感應現象の研究が行はれて居り(6), Ishlondsky(1)も亦この現象に就ての考察を述べてゐるが、吾々の教室に於ても數年來八十島(8), 黒羽根(3), 野澤(5)等によつて陽性感應現象の研究が行はれ、次で西井(4)による陰性感應現象の現れ方に就ての研究に進展し、又感應現象に就ての綜説(2)によつてこの現象に對する解析的説明が付けられ、その結果一應感應現象なるものの定義乃至意味付けが出来上つた。即ち形成されつつあるAなる條件反射の興奮の方向がBなる條件反射によつて一時的に強化される方に進めば陽性、弱化する方に進めば陰性感應現象と云ふべきであり、同時に感應現象は興奮過程の方向許りでなく、興奮の強度及分化の過程と云ふ3つの要因によつて決定されるものであることが明かにされた。之によつて始めて吾々の感應現象の研究には確固たる指針が與へられた次第である。

處で従來の八十島、黒羽根の研究によると、異種又は同種分析器間に於ける陽性感應現象の現れ方は殆んど同じ結果を示すことが報告されてゐるが、西井の陰性感應現象の實驗は異種分析器に屬するものに就て觀察されたものであるから、同種分析器に於ける現れ方には尙殘された問題がある。

又確立された陽性條件反射を陰性條件反射に轉換(消去)する場合には、一般に30秒間の條件刺激に對する唾液分泌は漸次減少しつつ零に近づき、遂に分泌がみられなくなるのであるが、この際注目すべき現象として條件刺激終了後に直ちに、或は數秒の潜在期を以て少量の短時間に消失する唾液分泌がみられる。之に關しては須田(7)が詳細なる實驗を行ひ、消去後分泌と云ふ名稱を與へてゐる。然るに感應現象を觀察するには、前行の條件刺激が陽性的場合には本來はその刺激に引續いて無條件刺激(食飼)が伴ふように訓練されてゐるにも拘らず、その際は無條件刺激は與へられずに直ちに後行の條件刺激が續くのであるから、前述の陰性轉換(消去)の場合と類似するわけである。そこで前行の陽性條件刺激の後分泌(と假稱する)と、後行の條件刺激に現れる感應性唾液分泌とが重り合つて、後者の量的の値に混亂を來すことが考へられ

るのである。

余は以上の2問題を考慮しつつ以下述べる如き2・3の実験を行つた。

実験は2602年10月より翌2603年4月までの間に行つたものである。

II. 実験方法

実験室、実験装置及実験食飼の與へ方等は之迄の諸報告(4, 5)と概ね同じであるから省略する。実験に使用した犬の資性その他実験要件は第1表に示す通りである。

第 1 表

犬名	性	年齢	體重 (kg)	種類	経歴及既往症	永久唾液腺瘻	外觀的個性	食餌給與
太郎	♂	4	17	ポインター雑種	条件反射実験に使用せず Dystemper 経過	左側耳下腺	興奮型	1回15時
次郎	♂	3	22	土佐犬雑種	同上	同上	同上	同上

実験は大體兩犬に就ての一連實驗であるが、方法上から第1~4實驗に分ける。その内容に關しては實驗成績の條下に詳述する。条件刺激としては聴覺刺激を用ひ、連續音のみに限つて電鈴(B)、プザー(Bz)及每秒500振動數の電磁音又(SG)の3種を用ひた。電磁音又はその音量が非常に小さいので、之をボール紙製の共鳴箱に接着させて音量の擴大を圖つた。又第3實驗では以上の3つの連續音以外の同じような連續音を使用したかつたけれども、適當な装置が得られなかつたので、止むを得ず毎分144拍節のMetronom(M 144)の斷續音を使用した。

III. 實驗成績と其考察

A. 第1實驗 之は2つの陽性条件反射間の陰性感應現象を觀察したもので、B及Bzを前行の陽性条件刺激とし、後行の陽性条件刺激SGの条件反射性效果(以下單に效果と略稱する)の變化を觀た。その成績の1部を示せば第2表のようになる。

前行、後行の兩刺激共に条件反射の未だ確立されない汎化期に於ては、後行のSGの效果に變化のない場合もあるが、減少して陰性の方向に向つてゐるのもみられる(24/XIIの成績)。西井の異種分析器内の實驗では陽性の方向に進んで所謂擬似陽性感應現象が現れるとしてゐるので、この場合も結果は反對であるが、同じ考によれば擬似陰性感應現象とみることが出来るわけである。更に分化の過程が進んで汎化期の末期になると、SGの效果の減弱は一層著しくなり、その次のSG(1系列中第6の条件刺激)に迄影響が及んで後制止の状態を示してゐるが、第7のSGでは舊に復してゐるのが判る(28/XIIの成績)。即ち汎化期に於ては陽性感應現象はみられないで、陰性感應現象が現れるが、初期には不確實であることが判つた。

次に各条件反射の確立せられた分化期の實驗結果をみると、大體汎化期の末期と同じようであるが、後制止の現象は一層著明になつて行つた(23Iの成績)。

尙この頃から各条件反射の強化訓練を行ふ際に、既に確立してゐるにも拘らずその各々の效

第 2 表

		太 郎						次 郎										
月 日	時 介	條 件 刺 激			條 件 反 射 果		後 分 泌 潜 在 期 (秒)	無 條 件 反 射 性 分 泌 量 (目盛)	又 は 後 分 泌 量 (目盛)	月 日	時 介	條 件 刺 激			條 件 反 射 果		後 分 泌 潜 在 期 (秒)	無 條 件 反 射 性 分 泌 量 (目盛)
		訓練回数	種 類	作用時 (秒)	潜伏期 (秒)	分泌量 (目盛)						訓練回数	種 類	作用時 (秒)	潜伏期 (秒)	分泌量 (目盛)		
24/XII	10° 30'	25	SG	25	8	1.0	0	13.6	24/XII	11° 5'	30	SG	25	10	2.7	0	32.4	
	33	26	"	"	4	5.0				31	"	"	4	8.6				
	36	27	"	"	4	5.5				32	"	"	3	8.0				
	39	Bz	"	"	5	2.3				14	Rz	"	3	8.0				
	42	23	SG	"	5	5.7				14	30	SG	5	7.5				
	45	30	"	"	4	5.4				17	"	"	5	4.5				
28/XII	10° 10'	38	SG	25	5	7.3	0	16.5	28/XII	10° 45'	43	SG	25	6	5.5	0	29.0	
	13	39	"	"	3	2.2				48	"	"	3	6.2				
	16	40	"	"	3	7.4				51	"	"	4	6.8				
	19	47	Bz	"	4	6.8				54	Rz	"	3	6.9				
	19	41	SG	"	7	6.6				54	30	SG	8	3.8				
	22	42	"	"	4	5.3				57	"	"	6	5.0				
2/I	10° 3'	51	SG	30	6	4.5	0	12.2	2/I	10° 30'	56	SG	30	9	3.4	0	32.6	
	6	52	"	"	3	4.3				33	"	"	4	7.9				
	9	32	"	"	4	8.3				56	"	"	3	7.8				
	12	77	Bz	"	4	7.2				59	Bz	"	5	8.9				
	15	54	SG	"	11	2.7				39	SG	"	8	4.2				
	18	58	"	"	14	1.1				42	"	"	8	1.3				
9/I	10° 35'	81	SG	30	7	7.0	0	17.2	9/I	11° 8'	86	SG	30	9	5.8	0	33.7	
	41	85	"	"	9	5.6				11	"	"	3	9.0				
	44	84	Bz	"	9	6.0				14	"	"	4	8.1				
	47	84	SG	"	12	4.2				17	Rz	"	7	7.7				
	47	65	"	"	13	4.2				17	30	SG	10	4.7				
	50	86	"	"	15	4.0				20	"	"	26	0.6				
25/I	11° 12'	112	SG	30	9	4.3	1	17.1	25/I	10° 45'	117	SG	30	15	2.4	0	37.2	
	15	115	"	"	19	3.0				48	"	"	19	3.2				
	18	114	"	"	15	3.3				51	"	"	20	3.3				
	21	100	Bz	"	20	6.5				54	Bz	"	26	1.0				
	24	118	SG	"	20	9.9				57	SG	"	27	0.3				
	27	115	"	"	20	3.5				11° 0'	"	"	27	1.2				

第 3 表

		太 郎					次 郎										
月 日	時 介	條 件 刺 激			條 件 反 射 果		後 分 泌 潜 在 期 (秒)	無 條 件 反 射 性 分 泌 量 (目盛)	月 日	時 介	條 件 刺 激			條 件 反 射 果		後 分 泌 潜 在 期 (秒)	無 條 件 反 射 性 分 泌 量 (目盛)
		訓練回数	種 類	作用時 (秒)	潜伏期 (秒)	分泌量 (目盛)					訓練回数	種 類	作用時 (秒)	潜伏期 (秒)	分泌量 (目盛)		
5/I	56	Bz	30	3	4.9	13.9	4/I	65	Bz	30	7	5.1	32.8				
	57	"	"	3	7.2	14.2		66	"	"	3	8.2	35.2				
	58	"	"	3	7.0	15.1		64	"	"	3	8.9	35.9				
	59	"	"	4	6.6	13.2		65	"	"	5	8.0	32.0				
	50	"	"	3.5	6.9	12.4		66	"	"	6	8.2	31.6				
	61	"	"	5	7.0	14.6		67	"	"	6	8.4	32.8				
12/I	65	Bz	30	4	5.6	15.1	15/I	78	Bz	30	7	7.4	36.5				
	66	"	"	8	6.8	14.7		80	"	"	14	4.2	35.5				
	67	"	"	6	7.6	14.1		81	"	"	6	6.6	37.7				
	68	"	"	12	3.9	15.3		82	"	"	13	6.0	34.7				
	69	"	"	10	3.2	14.0		83	"	"	13	5.2	34.9				
	70	"	"	7	7.2	13.5		84	"	"	17	2.8	30.5				
19/I	89	Bz	30	6	9.2	15.3	15/I	85	Bz	30	10	4.9	32.9				
	100	"	"	9	8.4	15.2		104	SG	30	15	1.7	32.9				
	101	"	"	17	6.4	16.5		105	"	"	6	9.9	35.2				
	102	"	"	17	4.0	16.1		108	"	"	8	5.7	35.5				
	103	"	"	18	3.6	15.6		107	"	"	14	3.3	36.6				
	104	"	"	15	5.9	14.9		108	"	"	9	5.8	32.5				
22/I	81	Bz	30	12	6.4	17.2	24/I	84	Bz	30	15	5.2	34.5				
	82	"	"	22	3.6	16.9		93	"	"	9	6.8	36.2				
	83	"	"	22	3.5	17.4		96	"	"	10	5.2	33.1				
	84	"	"	23	4.1	17.5		97	"	"	18	3.1	32.9				
	85	"	"	22	3.0	16.9		98	"	"	12	3.3	35.4				
	86	"	"	19	4.3	16.4		109	"	"	19	1.5	36.3				
25/I	118	SG	30	9	4.6	15.5	25/I	123	SG	30	24	1.5	34.3				
	119	"	"	15	3.6	17.2		124	"	"	18	2.1	32.5				
	120	"	"	19	1.5	16.4		125	"	"	23	0.4	36.3				
	121	"	"	14	3.0	16.9		126	"	"	22	0.3	36.7				
	122	"	"	20	1.0	17.3		127	"	"	-	0	32.0				
	123	"	"	26	0.5	13.2		128	"	"	-	0	32.1				
124	"	"	22	1.0	14.2	129	"	"	-	0	30.8						

果が減弱し始めた。即ち第3表に示すように初めは潜在期が延長するのみだったが、漸次唾液量も減少して行つた。特にSGの効果の減弱は甚しく、遂には全く零になるような時期に達して終つた(25/I次郎の成績)。こう云ふことは異種分析器の場合には殆んどみられなかつた現象である。SGの効果は甚しく減弱したことは明かにSGに現れた抑制の擴散現象であるし、B及Bzの効果の減

弱は之等がSGに前行する時に無條件刺激を伴はないことも關係してゐるが、その主因は矢張りSGに現れた抑制作用が同種分析器に屬する兩刺激に擴散して惹起されたものと考えらる。

B. 第2實驗 之は陽性條件反射と陰性條件反射との間の陰性感應現象の現れ方を觀察したものである。第1實驗のSGを陰性に轉換(消去)し、陽性條件刺激B及Bzを前行させ、後行の陰性條件刺激-SGの効果の變化をみた。前實驗で效果の減弱したSGに就てそのまま陰性轉換を行つたが、その成立の様子は須田(7)の場合と大體一致してゐる。又B及Bzは前實驗で著しく抑制されてゐたので、強化訓練を施して略々正常の效果を示すようにした。この實驗成績の一部を示すと第4表となる。即ち後行の-SGに唾液分泌が認められた。之は-SGの抑制が弱化したために分泌が現れたわけで、陰性感應現象と云ふことが出来る。次郎の場合はその次の-SGに迄分泌を認め得たのである。

第 4 表

太 郎		次 郎																		
月 日	時 分	條 件 刺 激			陰 性 反 射 型		後 行 刺 激 在 期 (秒)	後 行 刺 激 強 度 (目盛)	後 行 刺 激 強 度 (目盛)	後 行 刺 激 強 度 (目盛)	後 行 刺 激 強 度 (目盛)	後 行 刺 激 強 度 (目盛)	後 行 刺 激 強 度 (目盛)							
		刺 激 回 數	種 類	作 用 時 間 (秒)	消 去 時 間 (秒)	今 次 強 度 (目盛)								分 泌 量 (目盛)	消 去 時 間 (秒)	種 類	作 用 時 間 (秒)	消 去 時 間 (秒)	分 泌 量 (目盛)	消 去 時 間 (秒)
24	10° 13' 16 19 22 22 30' 25 28	41	-SG	30	13	1.2	0	(1.0)	24	10° 45' 45 49 52 52 30' 55 58	44	-SG	30	-	-	12	(0.5)			
		42	"	"	14	1.0	12	(0.5)			45	"	"	"	"	"	"	(0.3)		
		43	"	"	28	0.5	-	(0)			49	"	"	"	"	"	"	"	(0)	
		141	Bz	"	12	10.2	0	(5.0)			52	"	"	"	"	"	"	"	(0)	
		44	-SG	"	12	1.6	0	(2.3)			52	30'	47	-SG	"	10	4.5	3	(1.3)	
		45	"	"	"	0	0	-			(0)	55	"	"	"	"	"	"	"	(0)
		46	"	"	"	-	0	-			(0)	58	"	"	"	"	"	"	"	(0)
3	10° 0' 8 9 9 30' 12 15	65	-SG	30	9	1.6	5	(0.3)	3	10° 30' 33 36 39 39 30' 42 45	68	-SG	30	-	-	-	(0)			
		66	"	"	15	0.3	-	-			-	-	-	-	-	-	(0)			
		67	"	"	20	0.5	-	(0)			69	"	"	"	"	"	"	(0)		
		146	Bz	"	20	5.2	0	(2.1)			70	"	"	"	"	"	"	(0)		
		68	-SG	"	5	2.1	0	(0.7)			161	B	"	"	"	"	"	"	(0)	
		79	"	"	-	0	-	-			39	30'	-SG	"	16	1.1	3	(0.5)		
23	10° 20' 23 26 29 32 35 38	38	-SG	30	6	2.4	3	(0.7)	23	10° 50' 56 59 11° 2 5 8	41	-SG	30	25	0.2	11	(0.6)			
		39	"	"	22	0.2	19	(0.2)			42	"	"	"	"	"	(0)			
		40	"	"	-	0	-	(0)			43	"	"	"	"	"	(0)			
		140	Bz	"	21	0.4	-	14.1			148	B	"	25	2.3	-	27.6			
		141	"	"	5	10.0	-	11.9			149	"	"	6	8.3	-	35.7			
		142	"	"	8	7.7	-	13.6			150	"	"	4	16.1	-	29.1			
		143	"	"	12	6.4	-	12.7			151	"	"	4.5	8.3	-	32.2			
		2	10° 15' 18 21 24 27 30 33	62	-SG	30	16	3.5			3	(2.8)	2	10° 45' 48 51 54 57 0 3	66	-SG	30	12	0.3	15
63	"			"	-	0	-	10	-	-	-	-			-	(0)				
64	"			"	-	0	-	-	-	-	-	-			-	-	(0)			
142	Bz			"	11	7.3	-	1.5	167	B	"	14			7.5	-	33.2			
143	"			"	6	10.8	-	12.3	168	"	"	6			13.4	-	31.0			
144	"			"	5	10.5	-	12.2	169	"	"	5			14.9	-	30.9			
145	"			"	3	7.8	-	13.2	160	"	"	6			9.0	-	32.6			

尙この實驗間各條件反射を強化する目的で、1系列中先づ-SGを3回與へ、次の4回はB或はBzを與へる方法を探つて訓練を行つたところ、最初のB又はBzの効果は著しく抑制されてゐるのに對し、第2(時に第3)回目の夫は甚しく興奮を示して特に大量の分泌を認め、潜在期も亦短縮してゐるのがみられた(第4表 23/II, 2/IIIの成績)。之は勿論脱制止の現象であつて、Zawadskyの實驗(6)にも同じような結果がみられる。

以上第1・第2の實驗事實から大體陰性感應現象の現れることは認められるのであるけれども、ここに緒言に於て述べたような注意すべき事柄がある。即ち前行陽性條件刺激の後分泌と後行陽性及陰性條件刺激の感應性唾液分泌とが重り合つて、兩者を判然と區別することが困難

になつて來ることである。勿論分泌の状態をみればその區別は大體可能であつて、第1・第2實驗の成績にみられるように、後分泌は一般に刺激が終ると直ちに(0~2秒)起るが、陰性感應性唾液分泌は10秒内外から20秒位の潜在期を示す點から區別し得る。又後分泌の起らぬような場合に陰性感應性唾液分泌の現れるか否かをみれば、陰性感應現象が存在するか否かの證明となし得るわけであると考へる。この點から第4表 24/II, 3/IIIの次郎の成績をみると、Bの効果は零であり且後分泌を認められないが、-SGには夫々10秒の潜在期の後に唾液分泌が認められ、之によつて-SGに陰性感應現象の現れることが證明し得られたと考へるのである。然し乍ら本問題の解明は尙不充分で、更に實驗を進めて一層詳細な検討を行ふべきである。

C. 第3實驗 この實驗では今迄使用しなかつた毎分144拍節の Metronom (M 144)を前行せしめ、夫が後行の-SGに及ぼす影響を観たのであるが、その際2匹の實驗犬に就て夫々 Metronom の刺激の與へ方を變へてみた。太

第 5 表

月 日		時 分		太 郎			後分泌の潜在期(秒)	後分泌量(cc)
		条件刺激	種 類	作用時間(秒)	潜在期(秒)	分泌量(秒)	分泌量(秒)	
4/III	10° 8'	1	M(144)	30	-	0	13.7	
		71	-SG	"	-	0	(1.3)	
		72	"	"	22	0.7	0	(4.5)
		73	"	"	-	0.2	1.5	(3.3)
		20	M(144)	"	-	0	10	(0.8)
		23	-SG	"	20	0.5	24	(0.2)
		29	M(144)	"	20	0.3	0	12.4
6/III	10° 0'	7	M(144)	30	10	4.1	14.2	
		83	-SG	"	26	1.2	0	(2.5)
		84	"	"	20	0.2	0	(0)
		85	"	"	-	0	0	(0)
		8	M(144)	"	22	0.5	0	11.7
		12	-SG	"	11	1.0	0	(0)
		18	M(144)	"	11	0.4	0	(0)
7/III	11° 30'	10	M(144)	30	8	9.0	14.6	
		33	-SG	"	10	3.0	3	(0.9)
		36	"	"	-	0	12	(0.4)
		39	"	"	-	0	0	(0)
		42	M(144)	"	20	3.0	0	(4.6)
		42	-SG	"	19	2.1	3	(3.6)
		51	M(144)	"	23	2.2	0	14.2
8/III	10° 20'	13	M(144)	30	4	7.0	13.2	
		95	-SG	"	9	2.0	0	(0.5)
		96	"	"	-	0	0	(0)
		29	"	"	-	0	0	(0)
		32	M(144)	"	15	2.2	0	(2.9)
		32	-SG	"	16	1.5	0	(0.8)
		41	M(144)	"	8	0.3	20	(0.3)
9/III	9° 50'	16	M(144)	30	6	7.4	13.2	
		101	-SG	"	10	2.0	0	(0)
		102	"	"	-	0	0	(0)
		59	"	"	-	0	0	(0)
		2	M(144)	"	13	5.5	0	(2.6)
		2	-SG	"	17	2.1	5	(0.5)
		11	M(144)	"	25	0.5	0	15.3
10/III	10° 5'	19	M(144)	30	8	6.9	13.2	
		20	"	"	4	7.9	0	14.0
		14	"	"	5	6.7	0	13.1
		17	"	"	6	5.9	0	13.5
		20	"	"	10	3.9	0	13.2
		23	"	"	6	3.9	0	13.2

郎では第5表に示すような順序で、1系列中第1に(M 144)を陽性条件刺激として食飼を伴はさせ、第2~第4の刺激は-SGとし、第5は(M 144)で第6の-SGに前行させその-SGの効果の變化を觀察し、第7~第8は-SG、最後はM(144)で食飼を伴はさせると云つた特殊な方法をとつた。次郎の方は第6表に示すように普通の方法で前行条件刺激としてM(144)を與へた。こうして兩犬共に毎日反復して感應實驗を行ひ、各刺激の強化訓練は全く行はなかつた。そのために次郎の場合はM(144)は全く食飼を伴はなかつたので、陽性ではなく寧ろ陰性条件刺激と見做すべきものであつた。

そこで實驗成績をみると、太郎では第1・2日にはM(144)の後分泌のみで、後行の-SGには唾液分泌はみられなかつたが、第3・4日(6/III, 7/III)になると明らかに唾液分泌が認められた。この際注意してみると、第4日(9/III)から最初に與へるM(144)の効果がこの犬の正常条件反射量

第 6 表

(7.0~8.5) と略々同じ位に出るのが認められたので、この M(144) が果して陽性条件反射として確立してゐるか否かを確かめるために最後に行つた強化訓練の成績をみると (10/III)、僅かに 1 系列のみでは明言出来ないけれども、先づ確立してゐると認めてよいようである。若し之を分化期と云ひ切ることを許されるならば、第 1 實驗で、陰性感應現象は汎化期には不確實だが分化期には確實に現れると云ふ結果を得たのと一致する現象であり、M(144) が非常に早く確立したために陰性感應現象が現れたと説明することが出来るかと考へる。

次に次郎では第 1・2 日 (4/III, 5/III) に後行の-SG に若干の唾液分泌が認められるので、陰性感應現象が現れたように見える。この M(144) は前述したように陰性条件刺激と見做すべきものなので、若しこの唾液分泌を感應現象の出現とするならば、2 つの陰性条件反射間にも陰性感應現象の起ることを示すものである。この場合兩刺激は同種分析器に屬するもの故、陰性の汎化と考へれば汎化期に起つた不確實な陰性感應現象と認めてもよいように考へるのである。この唾液分泌は實驗の第 3・4 日では殆んど消失に近く、第 5・6 日では遂に認められなくなつて終つた。このことは Kalmykow (6) が、何回も繰返して行ふと感應作用は段々弱くなると指摘してゐることと同じであつて、元來が微弱な感應作用だつたので早急に消失したと考へられるのである。

尙この 2 つの陰性条件反射間に陰性感應現象が現れることに就ては、後分泌と感應性唾液分泌との關係と共に更に實驗を重ねてみる必要があると考へてゐる。

D. 第 4 實驗 第 3 實驗の次郎の成績で反復實驗によつて感應作用が弱くなり消失することが判つたが、極めて微弱な感應現象に就ての觀察であつたので、本實驗では確實に現れた感應現象の消長をみるべく試みた。實驗犬としては次郎のみを用ひ、-SG 及 B の強化訓練を行つた後、B を前行陽性条件刺激とし後行の-SG に現れる陰性感應現象に就き、強化訓練を挿入せず

		次 郎						
月 日	時 分	条 件 刺 激			条 件 反 射 強 度		後 分 泌 量 (g)	注 意 (目 録)
		訓 練 回 数	種 類	作 用 時 (秒)	強 左 期 (秒)	分 泌 量 (秒)		
4/III	10° 40'	74	-SG	30	7	0.4	9	0.5
	43	75	"	"	-	0	-	0
	46	76	"	"	-	0	-	0
	49	1	M(144)	"	-	0	-	0
	49 30"	77	-SG	"	8	0.5	7	0.3
	52	78	"	"	-	0	-	0
55	79	"	"	-	0	-	0	
5/III	11° 5'	60	-SG	30	5	0.9	7	0.8
	8	61	"	"	-	0	-	0
	11	62	"	"	-	0	-	0
	14	2	M(144)	"	-	0	-	0
	14 30"	63	-SG	"	10	0.4	0	0.5
	17	64	"	"	12	0.3	-	0
20	65	"	"	-	0	-	0	
6/III	10° 40'	86	-SG	30	6	2.2	12	0.7
	43	87	"	"	-	0	-	0
	46	88	"	"	-	0	-	0
	49	3	M(144)	"	-	0	-	0
	49 30"	89	-SG	"	28	0.2	-	0
	52	90	"	"	-	0	-	0
55	91	"	"	-	0	-	0	
7/III	12° 5'	92	-SG	30	7	1.4	15	0.2
	8	93	"	"	-	0	-	0
	11	94	"	"	-	0	-	0
	14	4	M(144)	"	-	0	-	0
	14 30"	95	-SG	"	29	0	-	0
	17	96	"	"	-	0	-	0
20	97	"	"	-	0	-	0	
8/III	11° 0'	98	-SG	30	14	1.2	12	0.4
	3	99	"	"	17	0.4	20	0.7
	6	100	"	"	-	0	-	0
	9	5	M(144)	"	-	0	-	0
	9 30"	101	-SG	"	-	0	-	0
	12	102	"	"	-	0	-	0
15	103	"	"	-	0	-	0	
9/III	10° 30'	104	-SG	30	18	0.9	4	0.6
	33	105	"	"	-	0	-	0
	36	106	"	"	-	0	-	0
	39	6	M(144)	"	-	0	-	0
	39 30"	107	-SG	"	-	0	-	0
	42	108	"	"	-	0	-	0
45	109	"	"	-	0	-	0	

第 7 表

月 日	時 分	條 件 刺 激			條 件 反 射 効 果		後 分 泌 潜 在 期		月 日	時 分	條 件 刺 激			條 件 反 射 効 果		後 分 泌 潜 在 期	
		刺激回数	種 類	作用時 (秒)	潜在期 (秒)	分泌量 (目盛)	潜在期 (秒)	分泌量 (目盛)			刺激回数	種 類	作用時 (秒)	潜在期 (秒)	分泌量 (目盛)	潜在期 (秒)	分泌量 (目盛)
16/III	10° 35'	119	-SG	30	12	2.6	3	0.6	15/IV	9° 35'	167	-SG	30	8	0.7	2	0.2
	38	120	"	"	-	0	0	0		38	166	"	"	15	0.3	-	0
	41	121	"	"	-	0	0	0		41	169	"	"	-	0	-	0
	44	173	B	"	12	6.2	0	4.9		44	181	"	"	-	0	-	0
	44	122	-SG	"	12	0.6	0	2.0		44 30"	170	-SG	"	15	0.4	-	0
	47	123	"	"	-	0	-	0		47	171	"	"	-	0	-	0
50	124	"	"	-	0	-	0	50	172	"	"	-	0	-	0		
17/III	10° 30'	125	-SG	30	21	2.0	0	0.9	16/IV	11° 30'	173	-SG	30	12	0.4	4	0.9
	33	128	"	"	-	0	0	0		33	174	"	"	27	0.2	-	0
	36	127	"	"	-	0	0	0		36	175	"	"	-	0	-	0
	39	174	B	"	-	0	0	0		39	182	"	"	-	0	-	0
	39 30"	128	-SG	"	9	1.3	2	0.5		39 30"	176	-SG	"	-	0	-	0
	42	129	"	"	-	0	0	0		42	177	"	"	-	0	-	0
45	150	"	"	-	0	0	0	45	178	"	"	-	0	-	0		
18/III	10° 45'	131	-SG	30	27	0.3	22	0.4	17/IV	11° 0'	179	-SG	30	-	0	-	0
	48	132	"	"	23	0.3	-	0		3	180	"	"	-	0	-	0
	51	133	"	"	-	0	-	0		6	181	"	"	-	0	-	0
	54	176	B	"	-	0	-	0		9	183	"	"	-	0	-	0
	54 30"	134	-SG	"	10	1.2	11	0.3		9 30"	182	-SG	"	-	0	-	0
	57	135	"	"	-	0	-	0		12	183	"	"	-	0	-	0
11° 0'	136	"	"	-	0	-	0	15	184	"	"	-	0	-	0		
19/III	10° 30'	137	-SG	30	-	0	-	0	27/IV	10° 50'	185	-SG	30	7	0.8	3	0.4
	33	138	"	"	-	0	0	0		53	186	"	"	-	0	-	0
	36	139	"	"	-	0	0	0		56	187	"	"	-	0	-	0
	39	176	B	"	-	0	0	0		59	184	"	"	-	0	-	0
	39 30"	140	-SG	"	10	0.9	-	0		59 30"	188	-SG	"	12	2.1	2	0.9
	42	141	"	"	-	0	-	0		12 5	189	"	"	-	0	-	0
45	142	"	"	-	0	-	0	190	190	"	"	-	0	-	0		
20/III	10° 40'	143	-SG	30	9	0.7	5	0.3	28/IV	10° 42'	191	-SG	30	10	1.1	0	1.3
	43	144	"	"	-	0	0	0		45	192	"	"	-	0	-	0
	46	145	"	"	-	0	0	0		48	193	"	"	-	0	-	0
	49	177	B	"	-	0	0	0		51	185	B	"	25	0.4	0	0.8
	49 30"	146	-SG	"	-	0	-	0		51 30"	194	-SG	"	14	0.6	-	0
	52	147	"	"	-	0	-	0		54	195	"	"	-	0	-	0
55	148	"	"	-	0	-	0	57	196	"	"	-	0	-	0		
21/III	10° 35'	149	-SG	30	-	0	-	0	29/IV	11° 5'	197	-SG	30	20	0.3	2	0.4
	38	150	"	"	-	0	0	0		8	198	"	"	-	0	-	0
	41	181	"	"	-	0	0	0		11	199	"	"	-	0	-	0
	44	178	B	"	-	0	0	0		14	186	"	"	-	0	-	0
	44 30"	152	-SG	"	-	0	0	0		14 30"	200	-SG	"	-	0	-	0
	47	153	"	"	-	0	0	0		17	201	"	"	-	0	-	0
50	154	"	"	-	0	0	0	20	202	"	"	-	0	-	0		
13/IV	10° 30'	156	-SG	30	12	0.5	7	0.4	30/IV	10° 50'	203	-SG	30	13	1.2	2	1.2
	33	156	"	"	22	0.2	-	0		53	204	"	"	-	0	-	0
	36	157	"	"	-	0	0	0		56	205	"	"	-	0	-	0
	39	179	B	"	17	2.2	0	2.4		59	187	B	"	-	0	-	0
	39 30"	158	-SG	"	9	2.7	4	1.4		59 30"	206	-SG	"	-	0	-	0
	42	159	"	"	-	0	0	0		11° 2	207	"	"	-	0	-	0
45	160	"	"	-	0	-	0	5	208	"	"	-	0	-	0		
14/IV	10° 40'	161	-SG	30	24	0	-	0	3月22日より4月12日まで23日間及4月18日より26日まで10日間は実験を休止せり。								
	45	162	"	"	-	0	0	0									
	46	163	"	"	-	0	0	0									
	49	180	B	"	22	0.4	-	1.3									
	49 30"	164	-SG	"	15	3.2	2	1.2									
	52	165	"	"	-	0	-	0									
55	166	"	"	-	0	-	0										

に反復感應実験を行ひ、その現れ方が如何に變化するかを觀察した。その成績は第7表に示す通りである。第1~第4日迄は後行の-SGには明かに陰性感應現象が現れたが、第5日(20/III)以後は全く消失して終つた。そこで23日間実験を休止してから13/IVにしらべてみると、-SGに感應性唾液分泌が現れたが夫も第4日(16/IV)で消失した。更に10日間休んでから27/IVに感應実験を行ふと唾液分泌が認められたが、之も同じように反復実験で第3日(29/IV)以後消失して終ふことが判つた。Kalmykow(6)は制止過程が減弱すると感應現象は消失すると云つてゐるが、興奮過程の減弱の場合も同様に云つてよいわけであつて、この場合も連日の反復実験により、陽性條件刺激 B は食飼が伴はないために次第に興奮の強度が減弱した結果とすれ

ば、この事實は説明出来るのであるし、又この事實から感應現象が1つの所謂相的現象 (Phaseerscheinung) であることを知り得るのである。

尙實驗開始の第1或は第2日迄はBには後分泌が認められるけれども、第2或は第3日以後は消失して終ひ、-SGに陰性感應現象の現れることを明かに證據だててゐる。

最後に、反復實驗で一度消失した陰性感應現象が、數日間實驗を中止して放置することにより復舊すると云ふ事實がある。之は Frolov (6) が陽性感應現象の實驗で、弱音と強音の2種の刺激を用ひて行つた結果から、1ヶ月放置すると感應作用は全く消失したと述べてゐるのは全く相反する。1ヶ月と23日とでは長短を理由として説明するわけにはゆかないのであつて、之を興奮過程の強度から説明すれば割合簡單である。即ち興奮過程の強度が減弱することによつて陰性感應現象は消失するが、數日間實驗を中止して放置すれば陽性條件刺激の興奮過程の強度はある程度恢復するから、その結果再び感應作用も恢復して陰性感應現象を現したと云へば首肯出来るものと考へるのである。

IV. 摘 要

1. 同種分析器に屬する數種の條件反射間の陰性感應現象に就て、後分泌との關聯に於てその現れ方に關する觀察を試みた。

2. 2つの陽性條件反射間及陽性條件反射と陰性條件反射との間には、汎化期には不確實に、分化期には確實に陰性感應現象が現れた。その結果各陽性條件反射は強化訓練を行ふにも拘らず、その効果が著しく減弱することが判つた。之は異種分析器の場合にはみられない現象である。

3. 後分泌と感應性唾液分泌とを判然と區別するのは困難であるが、後分泌は刺激終了後直ちに(0~2秒)現れるのに對し、陰性感應現象の唾液分泌は10秒内外から20秒位の潜在期を以て現れることから區別出来る。特に後分泌の現れない場合を求めれば、陰性感應現象の存在を確實に立證することが出来る。

4. 今迄使用しなかつた同種分析器に屬する刺激を陽性條件刺激として前行させると、急速に條件反射が確立して後行の陰性條件刺激に陰性感應現象を起した。

5. 2つの陰性條件反射間にも陰性感應現象は現れるようである。

6. 感應實驗を連日反復して行ふと陰性感應現象が消失して終ふことは、陽性感應現象の場合と同じである。

7. 連日の反復實驗により消失した陰性感應現象も、數日間放置してから實驗を行ふと再び現れて來ることが判つた。

關筆に際し恩師浦本教授の懇篤なる指導校閱を深謝し併せて杉本助教名取講師の援助を感謝する。

文 獻

- 1) Ishlonsky, N. E. (西 1930) Der bedingte Reflex

- 2) 川上正義・池上鉦十郎・佐々木謙三 (2603) 日本生理學評論 2 239
- 3) 黒羽根忠雄 (2598) 日本生理誌 4 267, 275, 282
- 4) 西井 了 (2602) 日本生理誌 7 250
- 5) 野澤市作 (2599) 日本生理誌 4 293
- 6) Pawlow, I. P. (西 1926) 條件反射學 林鶴譯 (2597)
- 7) 須田 勇 (2602) 條件反射 4 381
- 8) 八十島外衛 (2597) 日本生理誌 2 167

筋の潜刺戟時に就いて (第4報) 612.741.7

果して麻醉薬により神経の傳導速度は減ずるか?

日本醫科大學生理學教室

竹 内 剛

Takeuti-Tuyosi

(昭和18年12月15日受付)

I. 前 言 葉

一般に麻醉に依り神経の傳導速度は減少するものと考へられてゐる (Fröhlich F. W. 1). 麻醉といふものが神経の興奮性, 被刺戟性を減少するものである限り當然その傳導性をも減少することは自明の理であるから, この問題は今更検討して見るまでもない事の如くである.

然るに戸塚・佐々木(6), 佐々木(3) 及著者(5) は筋の潜刺戟時の問題を材料として測定に伴つて起る避け得られざる誤差について論ずる所があつた. それは要するに比較しようとする2つの曲線が同形同大の時間的経過を取るものでない限り, 如何なる方法を取らうとも, その起始點の決定に當つて一定の系統的の誤差が伴ふといふ事實に就いてである.

従來神経の傳導速度を測る方法には種々のものがある. 筋神経標本を用ひて畫かれた攣縮曲線の上から測る方法が一番簡單であるが, 此の方法が即ち著者等の批判の對象となるのである. 動作電位の曲線から測るとしても同じ問題にぶつかるのである. 最小間程を利用する方法が此の問題に關する限り無難に近い.

しかも神経幹を麻醉する時には, 麻醉薬は周圍から内部へと次第に浸透して行くものであり, 且つそれを構成する纖維は多少なりともその性質を異にし, 又その走行は必ずしも併行ではないと云ふ様な事情があるから, 麻醉實驗についてその濃度の異なるに従ひ又時間の経過するに従つて, その神経幹を構成する纖維の個々について考へるならば麻醉の程度は種々異なる状態にあるのは確である.

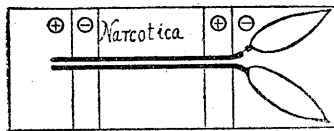
實際神経筋標本を用ひて神経の切斷端より刺戟を繰返しながら, 途中の神経を麻醉する時には次第に筋の收縮高は小さくなつて來て遂に消失すると云ふ周知の事實は, 筋が麻醉されてゐるのでない限り興奮を傳導する運動神経の数が時間的に減少することを直接物語つてゐる. 此の様な曲線が低平になれば著者等の認めた如く, 假令, 眞の潜伏時間が全く等しくあつたにもせよ測られたものは常に延長する筈である. だから麻醉が傳導を遅延するといふことは事實としても少くとも従來の測定方法に依つて得られた値は此の意味の考慮を以つて, 改めて調べて見なければならぬ事になる.

II. 実験方法

問題の核心は實驗中神経の麻醉に依つて筋攣縮高が變化するといふ事にあるので、1つの方法は攣縮高の異なる曲線についての補正を行ふ(戸塚, 佐々木, 竹内)事である。又他の方法は神経幹より神経纖維を單離し、その1本の纖維に所屬する筋の攣縮についてのみ觀察することである。さうすればこの神経纖維を通つて來る興奮は少くとも筋に對しては悉或は無的に作用するから、畫かれた攣縮曲線の形は終始變らない筈で、それから得られた潜伏時間の變化は批難の餘地なき値である。

著者は坐骨神経-腓腸筋標本を兩脚より製作し、片側の神経はそのままとし、他の1本の筋の近くに於て、慶應の方法に従つて單一とした。此の様に作つた2本の神経を一緒にして

第1圖



第1圖の如きしきりのある箱の中におさめ、中間部を麻醉箱とし、その筋に近い部と遠い部とを液體電極として刺戟出來得る様装置した。刺戟は堅型感應電氣器を用ひ、開放電撃が下行的に通る如くし、極大刺戟より少し強い刺戟と

なる様にした。

此の様に2つの筋の收縮曲線を同時に1つの myographion に畫く様に装置した。勿論神経を單離した方の攣縮曲線は甚だ小であるから、槓桿の擴大率を相當に大きくして描かせた。

先づ筋に遠い部分を刺戟して正常の收縮曲線を平行して描かせた後麻醉箱の中の Ringer 溶液を麻醉薬を含む液と交換し、その後一定時間毎に myographion の圓筒を少く宛上げて收縮曲線を描かせ、斯の如き事を、2本の神経の兩方ともに傳導斷絶の起るまで繰返して行ひ、然る後麻醉箱の中の液を Ringer 溶液と取換へ、再三取換へつつ、一定時間毎に刺戟を繰返して次第に恢復する経過を同じ様に記録した。勿論曲線が餘り多くなつて書き切れぬ時は新しい煤紙を貼り換へてやるのである。

myographion の回轉速度は實驗毎に音叉を以つて同時記録を繰返すと良いのであるが、大體各回共に變化しない事を確めた後、實驗の最初と中途の2回煤紙の上縁と下縁とに沿つて1秒100回と稱する(測定の結果は約103回)音叉で同時描寫を行つた。著者の目的は傳導速度の相對的な變化を見るのであるから便宜上この音叉の1波を10msecと看做してある。

潜刺激時の測定のための收縮上昇開始時點は Jacquet の曲線分解器を用ひ林(2)の所謂上縁法に依る値を以つてしたが、必要に応じてはその他に著者の(5)接眼 micrometer による分析をも併用した。

筋に近い刺戟點に依る刺戟は麻醉による傳導斷絶後筋等に異狀なきやを確める爲め及び或る一系列の實驗では遠い刺戟點と近い刺戟點との値の差を索める事に依り神経一定長中の傳導速度を測定した場合もある。

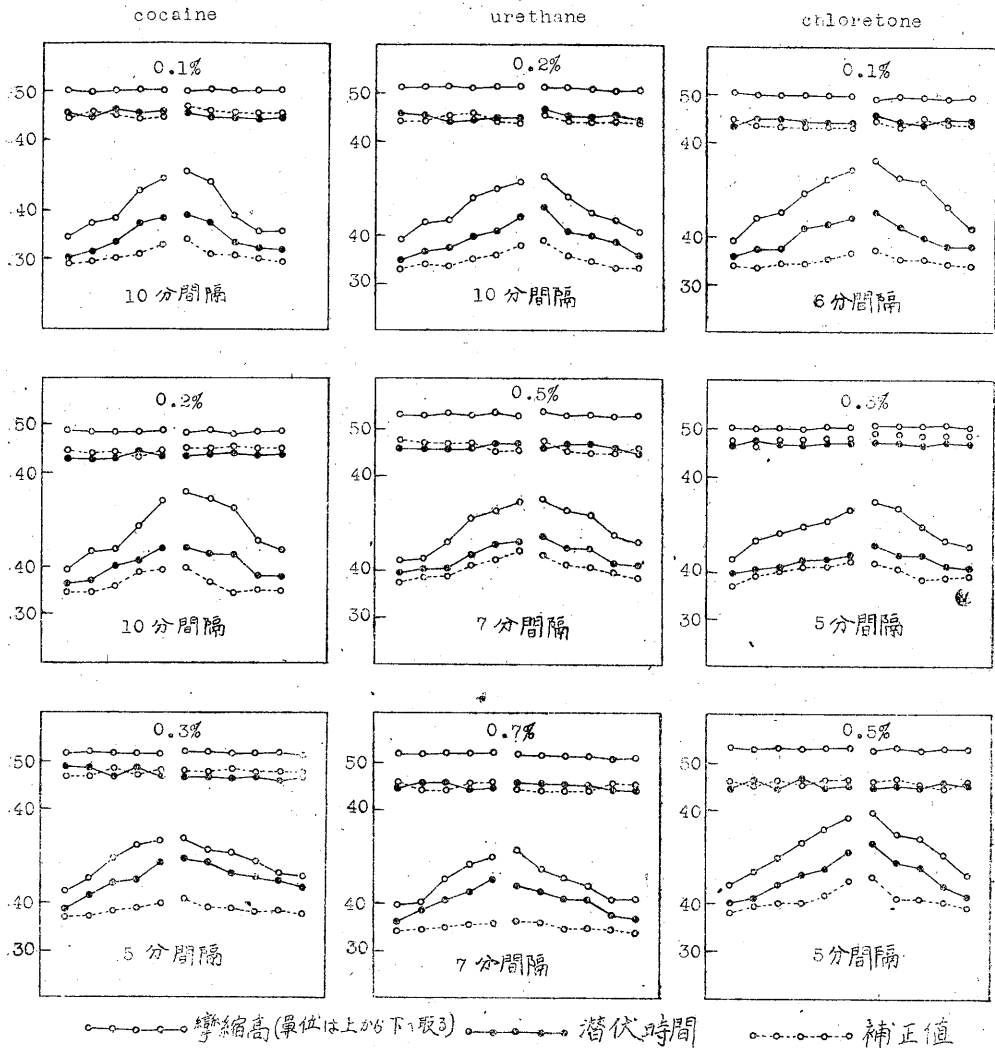
III. 實驗第1段

麻醉薬として cocaine 0.1, 0.2, 0.3%, urethane 0.2, 0.5, 0.7% 及び chloretone 0.1, 0.3, 0.5% となる様に Ringer 溶液に溶かした物を用ひた結果だけを例として採録する (第2圖)。

實驗は前述の兩側筋神経の一方のみを單一にした物を用ひ攣縮高と上縁法によつて得た潜刺激時並びに曲線起始部の形から著者の方法によつて外挿した潜刺激時とを索めた。

この圖に於て攣縮高は上から下へ向つて單位が取つてある。それは攣縮高が小さくなるに従つて潜伏時間が延長して測られる關係を併行關係として見易いであらうとの老婆心からである。

第 2 圖



○—○—○ 攣縮高(單位は上から下へ取3) ●—●—● 潜伏時間 □—□—□ 補正值

上段は單一神經標本, 下段は全神經標本

圖を見て明かな様に全神經を用ひての測定は麻醉及び恢復期間に於て、攣縮高の減少と共に併行して明な潜刺激時間の延長が見られるに對應して單一神經標本の方は攣縮高は終始一定で

あると共に潜伏時間も亦殆んど一定である。然しよく観察すると麻醉薬の最も薄い濃度の實驗の恢復期の最初の部に於てかすか乍ら延長の傾向が見られて居る。著者の方法によつて外挿補正した値は曲線の大小による影響が消去してある筈であるが、圖に示す如くそれでも補正しないものと全く同じ傾向を見せて居る。之は補正式それ自身の不充分を物語つて居るのであらう。

兎も角も、この實驗結果は著者の最初意圖した通り全神経を用ひて測定した結果は眞の潜伏時間の延長より以上に、攣縮高の差に基く誤差の方が遙に大きく現れて居るからこの方法は明に誤りであると云ふ事を直接證明したと云つて良からう。

果して然らば單一神経側の結果は如何であらうか。一見して殆ど延長は見られて居ない。之は果して眞實であらうか？。麻醉と云ふものが興奮性の低下である限り、傳導速度の遲延も必至と思はれるのである。然し田崎(4)の云ふ如く麻醉薬の作用するのは Ranvier 絞輪の部のみであり、然も麻醉作用は時間的に進行するものではなく薬液の作用する瞬間、その濃度に従つて起るとすればよく説明せられる事である。則ち著者の實驗第1段は相當に高い濃度の麻醉薬を用ひて居るから、麻醉薬を與へた瞬間から一定時間後問題の神経纖維にまで薬液が浸透して行くと直きに全麻醉の状態となり傳導が斷絶して仕舞ふためにその延長時期が見逃がされるのであると解釋すれば良く了解出来ると思ふ。濃度薄い實驗の恢復時期に少しではあるが傳導延長の徴候が見られるのはその證據と思つて良くはないか。

そこで著者は麻醉薬の更に薄い部分をも加へて實驗第2段を行ふ事にした。

IV. 實驗第2段

この度は全神経の對照を必要としないと思つて單一神経のみを用ひた。

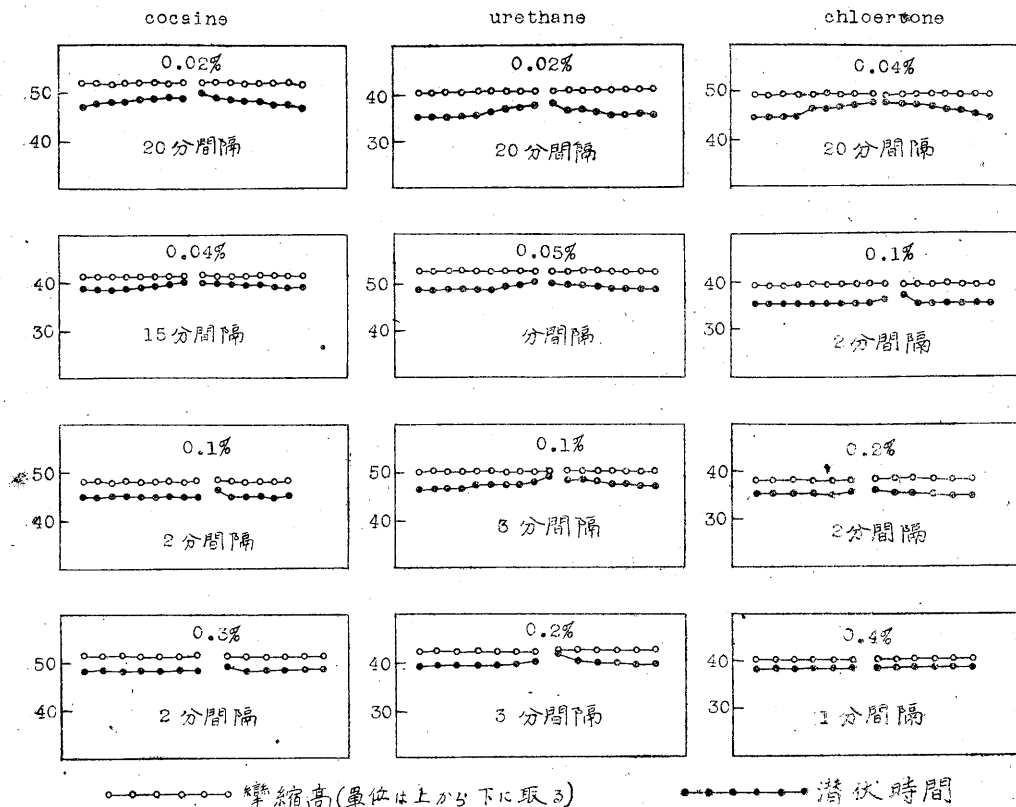
薬液として cocaine 0.02, 0.04, 0.1, 0.3%, urethane 0.02, 0.05, 0.1, 0.2%, chloretone 0.04, 0.1, 0.2, 0.4% を Ringer 溶液に含ませた物のみを採録して第3圖として、等張蔗糖液及び葡萄糖液を Ringer 溶液に置き換へ、再三液を換へてやつた同様の實驗結果を第4圖に示す。圖に於て明かな通り濃度薄い場合には麻醉に達する迄に時間がかかるけれどもその経過中少しではあるが然し明瞭に傳導速度の遲延が見られるのに反して、或程度以上濃くなると麻醉の進行(田崎によれば實は、神経に作用する薬液の濃度)が急激であつて、その過渡現象が見のがされると云ふ事情が明瞭に理解出来るであらう。

V. 終り言葉

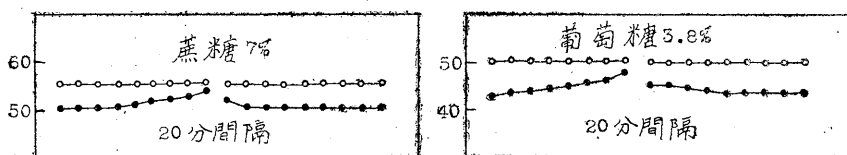
筋攣縮曲線の比較によつて神経の傳導速度の變化を議論しようとする時に全神経を用ひて行ふ時、實際興奮に關與する纖維の数が異なる事により、従つて收縮する筋纖維の数が異なるから、收縮曲線の大きさが異なる。従つて麻醉により傳導速度が變化するか否かは、この意味の誤差に隠されて仕舞つて判定は不可能となる。

然し、神経をその筋に入る近くで1本に分離し、他のものを除外した標本を用ひれば、いや

第 3 圖



第 4 圖



しくも興奮が傳つて來さへすれば常に同大同型の收縮が起るから、その意味の誤差は消去出来る。

この方法を用ひて麻醉薬の作用を見ると、薬液が比較的稀薄な場合には少しではあるが明かな傳導速度の遅延が見られるが、それが濃くなつて來ると、全麻醉となつて傳導斷絶に至る時期は早くなるが、かへつて傳導遅延の時期が消失してしまふ。之は田崎の云ふ様に麻醉作用が液の神經纖維に觸れた瞬間に起る物とすれば、濃すぎる標本では、液が浸透して行くにしてもその過渡時間が短い爲めに、實驗上傳導遅延の時期が見逃がされる爲であらうと解釋される。

終りに當つてこの仕事の御指導を賜つた戸塚教授に厚い感謝の辭を述べる。

文 献

- 1) Fröhlich, F. W. (1903) Zs. all. Physiol. 3 148
- 2) 林 水源 (昭和12年) 日本生理誌 2 223
- 3) 佐々木四郎 (昭和12年) 日本生理誌 2 187
- 4) 田崎一二 (昭和12年) 日本生理誌 2 93
- 5) 竹内 剛 (昭和13年) 日本生理誌 3 412
- 6) 戸塚武彦・佐々木四郎 (昭和10年) 日本醫大誌 6 295

赤血球沈降速度に關する研究 612.118

日本醫科大學生理學教室

鈴木 俊 雄

Suzuki-Tosio

(昭和18年12月15日受付)

I. 前 言 葉

赤血球沈降速度に關しては臨床的方面に於ての有力なる補助反應として廣く利用せられ、それに關する文獻も非常に多いが、多く臨床的方面に關してでその原理的な部分は比較的少い。

赤血球の沈降といふ事は本態的には要するに粒子の液體內に於ける沈降であり、その速度を支配するものは先づ液の比重 ρ_0 及び粒子の比重 ρ の差、液の粘性 η 、粒子の大きさ及び形狀、最後に懸濁液に於ての粒子の稠密度等である。1個の球形をした粒子が液の中を自由に沈んで行く時には、その速度 v は Stokes の法則として知られて居る。

$$v = \frac{2}{9} g \frac{\rho - \rho_0}{\eta} r^2.$$

然し粒子が沈むといふ事は、云ひかへれば粒子がその下にある液とその場所を入れかはると云ふ事であり、相對的には液の上昇である。懸濁液に於て粒子の稠密度が増せば粒子の間の液の運動は當然妨げられ、従つて粒子の沈降も不自由になる理である。爰に Poiseuille の法則の如き毛細管内の液の運動と云ふ様な要素も考へられる。懸濁液の粘性は常にその媒液自身の値よりも高く、それはその中に含まれる粒子の量の増す程大となるといふのも要するに同じ理由に基くものと思はれる。之に關しては Hess の式と云ふ物がある。

$$\eta = \eta_0 \frac{100}{100 - H}$$

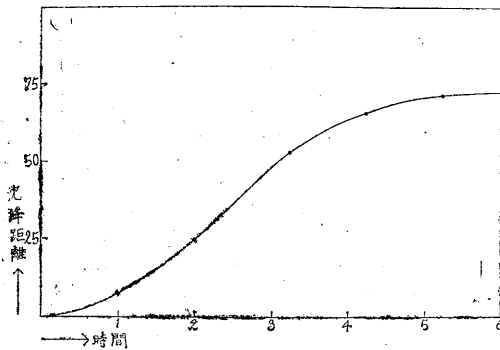
懸濁液の粘性 η 、液のみの粘性 η_0 、粒子のみの占める容積の懸濁液全體の容積に對する百分比を H とする。この H は血液に於ける haematocrit value に相當する。

更にもう1つ考へねばならぬ事がある。それは粒子の液中に於ける散布状態である。最初は媒液中に一樣に散布して居たとしてもそれが放置せられ沈降する途中に於て何等かの事情で互に觸れ合ひ、その結果數個が一緒に固まつて落ちるとすれば、Stokes の法則だけを考へても粒子の半径が増した事になり、又他方媒液内にある毛細管的な隙間がまとまつて太くなるから、両者は共に粒子沈降速度を大ならしめる様に作用する譯である。熱力學の第二法則を考慮すれば速く沈降するといふ事は自由エネルギーを速かに減ずる事であるから、この様にして沈降する粒子は他に何の原因もなかつたとしても、より安定な状態として集合する傾向があつて

然る可きである。この集合を助ける要素としては粒子自身の形状、媒液中に生ずる渦流、粒子と液との界面張力であり、又血球、細菌の如きでは凝集素と云ふ特殊な物質による凝集力と云ふ物も考へねばならぬかもしれない。この集合を妨げる要素としては、粒子と媒液分子との吸着力並びに界面の荷電であらう。この最後の荷電といふ物だけを取り出して考へて見ると、粒子1個が持つて居る電氣量を q としその表面積を A とすればその表面密度は q/A である。今 n 個の粒子が集つたとすればその電氣量は nq となるが表面積は nA とはならず、それよりは小さくなりその割合だけ表面密度が増す事になる。粒子が正立方體とすれば表面は $n^{2/3}A$ となるから、表面密度は $n^{1/3}$ 倍に増すわけである。則ち粒子を集合せしめようとする總ての力が、それを妨げようとする荷電による力と釣合ふ所まで凝集が進んで良いわけである。

之を要するに、懸濁液に於ける粒子の沈降は最初は粒子の1個1個が各別に沈んで行くから遅いけれど、時間の経過と共に集合するため次第に速かとなり一定速度となる可きである。此際更にもう1つの條件を付け加へる必要がある。と云ふのは、液の深さが無限大でない限り、沈降した粒子は下底に溜り沈降が止み、その上部でも液の下底に近い方は粒子が次第に稠密と

第1圖 沈澱上面の時間的下降(模型圖)



なるから、その影響で次第におそくならねばならない。最後には全體が沈んで下につかへて止つて仕舞ふ。即ちすべて懸濁液の沈降は第1圖に示す様な S 字型の沈降を示す筈である。

血球沈降に於て最初の遅い部分を前凝集期、中途の速い部を凝集期、最後の遅くなる部を集積期と名付けて居る。

著者はこの様な考へ方から赤血球の沈降と云ふ物を理解して居るが、本實驗に入る前に比較的條件が簡單で然も或程度自由に control する事の出来る模型實驗を試みて、それによつて沈降と云ふ事に關する基礎的概念を得ようと考へた。

沈降實驗は通常の Westergren 型の 10 本立ての装置を用ひたが必要に應じては太さの異なる硝子管の一端を封じ Westergren 管と同じ長さに切つた物を用ひた。沈降現象と云ふものは媒液の粘性と無關係なものでない限り温度の影響の無視出来ない事は勿論であるが、著者の場合は異つた日の異つた材料を同一の時に少し宛異つた條件に作つて、それらを比較しようと思ふのであるから、敢て恒温槽の面倒をする必要なしと考へて室温で行ふ事とした。

II. 模型實驗

模型實驗としては比較的揃つた大きさの粒子、粉體を擇ぶ必要がある。種々なものについて試みたが結局主として行つたのは石松子及び粘土に就てである。實驗は上述の、考へられるい

くつかの条件の1つ宛を變へて他の物を一定にしてやる様につとめた。

例へば液の比重を變化せしめる爲に食鹽を加へ、粘性を變へる爲にアラビヤゴムを加へたのであるが、食鹽のみを増減しても比重と共に水の粘性は變るから之をアラビヤゴムによつて調製しなければならぬ。つまり右手に Beaumé の比重計と左手に Ostwald の粘稠計とを持つて兩方を同時に control する事にした。pH と比重、粘稠度の間にも同様な關係が少しくある。

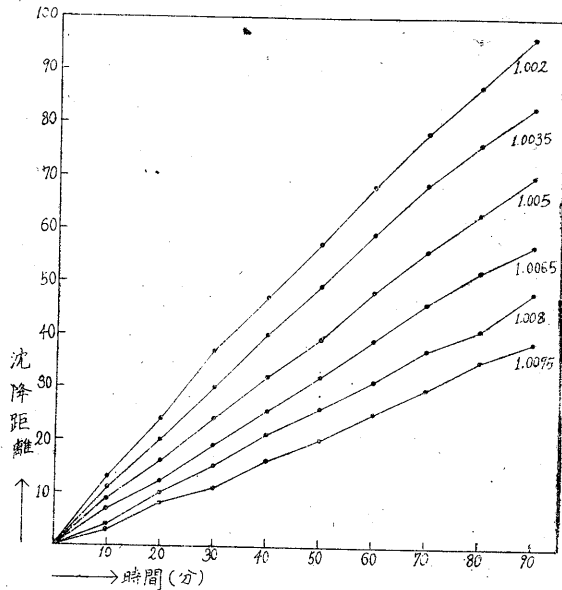
A. 石松子による實驗

石松子即ちヒカゲノカヅラの花粉は凡そ直徑 35 μ 位の可成よく揃つた粒子である。之は空氣を含んで水に沈みにくいので最初少量の Alkohol を滴下し水を少量宛漸次加へてよく煉り、且つ陰壓として中に含んだ空氣の大部分を吸ひ出した後之を薄めて懸濁液を作つた。

1) 液の比重のみを變化させた場合

先づ比重が 1.002, 1.0035, 1.005, 1.0065, 1.008, 1.0095 となる様に液を調製しこの各の 4 cc中に石松子 0.5g 宛を含む様に懸濁した物を作り、之を Westergren 管に吸ひ上げてその沈降を10分毎に測つた。その結果の1つを第2圖として示した。液の比重が増すに従つて沈降速度が遅くなつて居る事が良くわかる。この沈降曲線を見ると前述のS字型の沈降を示す事なく最初から略々一定速度で沈降を開始し、時間と共に集積現象を起して遅くなつて居る。之は石松子に於ては著しい凝集現象を起さないからであり、實際肉眼的に或は Lupe を用ひて沈降の模様を觀察しても相當一様に沈んで行く事がわかる。

第2圖 沈降曲線の液比重による變化



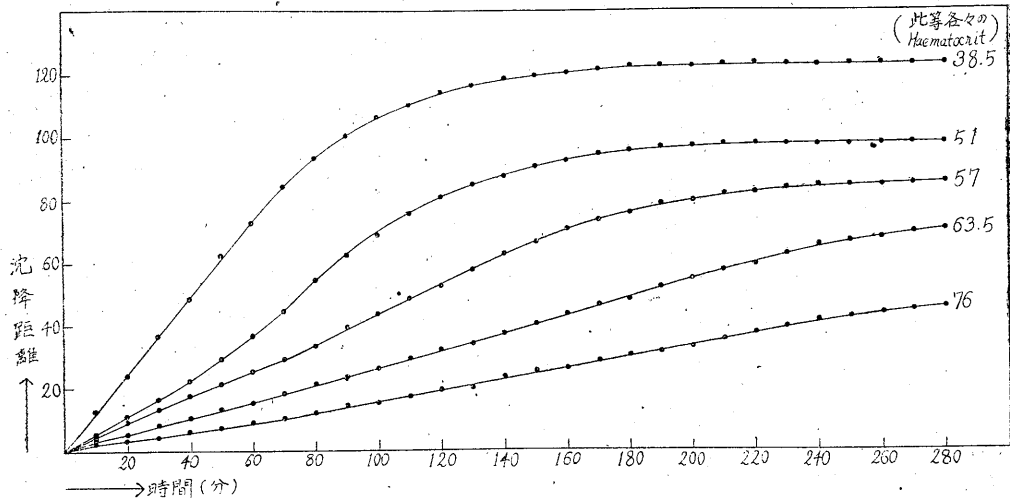
2) 粒子の稠密度のみを變化させた場合

先づ比重、粘性共に1である水の場合を實驗した。即ち蒸溜水 4 ccに石松子を各々0.4, 0.5, 0.6, 0.7 及び 0.8g を入れて作つた懸濁液について測つた。第3圖はその5回の平均値である。

次に粘性が1より大なる液、比重が1より大なる液等を用ひて同様な事を試みたが結果は殆ど同じ様である。

粘性を高める爲に用ひたアラビヤゴムの代りにグリセリンを用ひた場合も同じ様である。此等の實驗に於て最初の30分間の沈降値から毎分の沈降速度を計算し稠密度との間の數量的關係を調べて見たが、稠密度に對しては \propto exponential に速度が減少して居る事がわかつた。

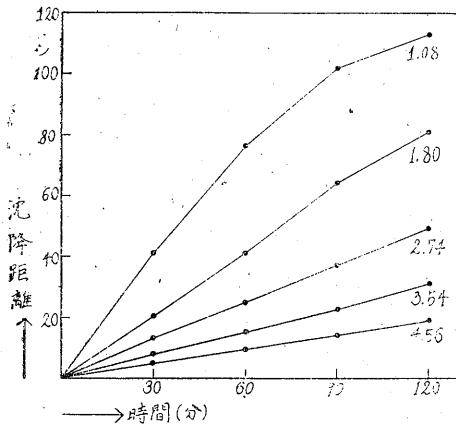
第3圖 沈降曲線の粉體稠密度による變化



3) 粘性のみを變へた場合

比粘度 1.08, 1.80, 2.74, 3.59, 4.36 (19°C) の液を作り比重は 1.009 となる様に調節した液の各々 4cc に石松子 0.4g を懸濁した實驗を第 4 圖に示す。

第4圖 沈降曲線の粘性による變化



第 1 表

pH	2.2	4.2	6.2	8
時間				
30'	17	18	18	18
60'	39	39	38	38
120'	78	80	78	72

粘性と沈降速度との關係は、Stokes の法則がそのまま適用せられるとすれば双曲線となる筈で兩者の積が一定となる筈であるが、丁度さう云ふ關係にはならなかつた。

4) 媒液の pH の變化

Mc Ilvaine の緩衝液を用ひて pH 2.2, 4.2, 6.2 及び 8.0 のものを作り比重を食鹽で補正し 1.0045 (19°C) としそれらの 4cc に石松子 0.5g 宛を懸濁したものについての測定値を第 1 表に示す。即ち pH の差は沈降速度に殆ど影響を示さないと云ふ事がわかる。その他種々の處方による緩衝液を用ひたけれども結果は同様であつた。

石松子の他澱粉の中で比較的粒の揃つて居る corn starch を用ひてやつた實驗成績も大體同様であつたから詳細は略す事にする。

B. 粘土による實驗

市販の純良粘土を乳狀に水で溶き之にアルカリ例へばアンモニヤを加へてよく混ざると、荒

い砂や粒は水底に沈むが微細な粒子は白濁して何時までも浮遊して居る。之を分別し、今度は鹽酸を少量加へて酸性にすると沈澱を始める。之を濾紙で濾し何回も浄水で洗つたものを懸濁液として放置すると粒子は沈澱する。上清の大部分を棄てたものを原液とし之を適當に薄めて實驗に用ひた。粘土の場合には普通の Westergren 管だと内徑が細すぎて途中でよく引つかゝるので内徑 1 cm 位のガラス管を用ひた。

1) 稠密度を變へた場合

上述の粘土の原液の 3, 4, 5, 6cc を取り水を加へて各々 20 cc にしたものを作つて、實驗した。その結果の 1 つを第 2 表として掲げる。稠密度の増加と共に沈降が次第に遅くなつて居る事が明かであると共に、この粘土の場合殊に比較的薄い場合には明かな前凝集期と凝集期との區別が出来て曲線は S 字状を示して居る。實際肉眼的に眺めても、乳狀懸濁液は時間と共にちぎれ雲の様に集つて落ちて行く。

2) 液の比重を變へた場合

適當な稠密度に作つた液 20cc 宛に食鹽を 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5g 宛加へたものについて實驗して見たがその結果は何回繰返しても、加へる食鹽の量を更に大きくしても一定の傾向を示さなかつた。例へば 100 分に於ける値が夫々、4.7, 14.5, 13, 8.3, 7.4, 9.3 となりむしろ食鹽を加へて比重が大となつた方に最速の場合が現れたりする。鹽類の添加は單に比重のみならず同時に粒子表面の荷電を變化せしめると云ふ様な事情もあるから簡単なものではないかもしれない。

3) 粘性を變へた場合

水にグリセリンを加へて粘性を變へたものに一定の粘土原液を加へてやつた。この際比重はグリセリンの割合の大きくなるに従つて大となるから兩者共に沈降を遅くする筈である。然るに例へばグリセリン 0, 2, 4, 6, 8, 10cc を水で 20cc とした液に粘土液 2 cc 宛を加へた物につき 60 分の値を示すと夫々 4.5, 2.5, 2.1, 3.7, 10.8, 9.5 と云ふ様に或る程度から先はかへつて促進するかの如き結果が出たのである。繰返し行つた實驗結果からはつきりした一様な結果が得られなかつた。

4) pH を變へた場合

蒸留水にて 3 回遠心洗淨した粘土の一定量に Mc Ilvaine の緩衝液を加へ pH 試験紙にて pH 値の變化しない事を確めた上測定した結果の 1 つが第 3 表である。此處に値の書いてないのは乳狀懸濁液が濁つた状態のまま、何時までも經つても沈澱の上縁がはつきりとわからないのである。然し何時の間にか下層の方に沈澱が生じて居るのがわかつて來た。その時上方は依然

第 2 表

稠密度 時間	3/20	4/20	5/20	6/20
30'	7	5	2	1
60'	21	9	5	3
90'	117	12	7	5
120'	149	15	9	6
150'	162	17	11	8
180'	172	19	13	10

第 3 表

時間 \ pH	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8
10'	0.4	0.2	2.7	—	—	—	—
20'	0.9	0.4	11.9	—	—	—	—
30'	7.6	7.1	15.4	—	—	—	1.4?
40'	12.0	14.2	16.6	—	—	—	2.5?
50'	13.5	15.8	17.4	—	—	—	3.8?
60'	15.0	16.6	17.7	—	—	—	6.0?
120'	18.0	18.2	18.3	18.8	19.0?	—	13.7
180'	18.8	18.7	18.9	18.8	19.4	18.0	16.3

として或程度濁つたまゝであつた。之は粒子が凝集しなければ 120~180 分の後にも細かいものは殆ど沈澱しない事を現はして居る。然し大體 pH 4.2 か 5.2 位の處で最も速い様である。

C. 小 括

石松子を用ひる實驗では凝集と云ふ事が殆ど認められないのに對して粘土の場合は明かな凝集が起つて始めて沈澱が始る。

前者の場合には比重、粘性並びに稠密度の變化に對して明かな沈降速度の變化が起るが pH の變化に對しては殆ど認められる程の差が見られない。之に反して粘土の場合には稠密度の變化は石松子と同様に作用するが、その他の2つの條件は殆ど影響しない。然し pH の影響は相當はつきりして居つて pH 4~5 のあたりが最も速い沈降を現はす。之は畢竟後者の場合に沈降速度を専ら支配するのは粒子の凝集の程度如何であり、他の條件は之に隠されて現れて來ないからであらう。

III. 人血を用ひた實驗

A. 豫備實驗

著者が用ひた人血は、自身並びに研究室の同僚のものを用ひた場合もあるが、多くの場合臨床に於ける瀉血を利用したから、採血から實驗までの道程に於て血液沈降速度に變化を來すかどうかを一應知つて置かねばならない。尤もこの問題は模型實驗に於て溫度に就て考慮すべきや否やを論じたのと同じ事で、問題にするには當たらぬかも知れないが、種々實驗上の操作からの影響も考へて一應次の様にして調べて置いた。尙ほ血液は全實驗を通じ採血直後 3.8% の枸橼酸ソーダを出来るだけ正確に血液の容積の $\frac{1}{4}$ 容混じて凝固を防いだものであるが必要に應じて脱纖維血とした場合もある。

豫備實驗として

- 1) 採血直後のもの、
- 2) 毎分 2000 廻轉 20 分の遠心沈澱を行つた後混合したもの、
- 3) 採血-

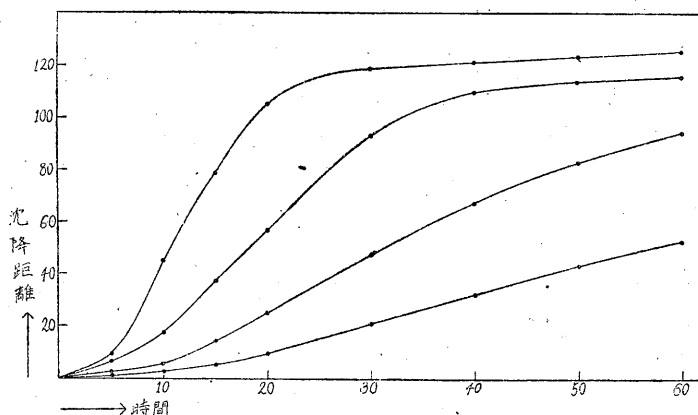
直後から約1時間振動を與へたもの、4) 氷室中に4時間放置したもの、5) 同じく24時間放置したもの、之等各々について沈降速度を比較した。尙ほ之等に於ける速度の相違は數珠(rouleaux)を既に形成したものと然らざるものとの相違であるとの Cutler (3) 等の説もあるので、Westergren 管に立てる前によく振盪した。各々に就ての詳細は略すが、大體上記の番號順に極く僅か遅くなつたものがある。實驗例は20例であるから明確な結論をする事は避けたいが、上記の結論を得たものは最初から非常に速い沈降を示すものに就てのみである。兎に角上記の影響はあるにしても大したものではないけれど、實驗操作中一應は考慮を拂つて實驗を續けた。

B. 種々な條件の影響に就て

1) Haematocrit 値を變へた場合

a) 模型實驗に於ける稠密度の變化に相當する條件であり赤血球沈降に際し集積期のある限りこの影響は必ず存在するとの豫想の下に、先づ血液を遠心し血球と血漿とに分けた上、それらを再び種々の割合に混じたものに就て行つた。この實驗は著者が貧血の場合の矯正に就ての實驗として別に詳細に報告して居るので(15)爰には略さうと思ふけれどその1つの例を第5圖に掲げよう。要するに上記模型實驗の場合と全く一致し血球の稠密度が増すに従つては \propto exponential に沈降速度が減少して居る。

第5圖 沈降曲線の Haematocrit value による變化



b) 前實驗で分離した血球を血漿と混ぜる代りに他の物、例へば Ringer-Locke 液(と云つてもこの場合は NaCl, KCl, CaCl₂ のみを混じて作つたもの、以下之を R-L 液と略稱する)と種々の割合に混じたなら如何であらうか? 即ち最初全血の 9, 8, 7, 6 容を取り之に R-L 液を加へて10容としたものについて實驗した。その1例は第4表である。

第4表

混合比 時間	10:0	9:1	8:2	7:3	6:4
60'	4	2	2	2	1.5
120'	10	8	7	6	4.0
200'	14	12	11	9	6.5

即ち R-L 液と全血とを混じた場合、一方血漿は薄められてその粘性は減じ(8:2 の場合、最初比粘度 1.35 であつたものが 1.33 に減する)、他方血液が薄められるのであるから、それだけ血球の稠密度も減少するので、この兩者共に沈降速度を促進する影響と考へられるのに、事

實は之と全く反對で R-L 液の添加は常に沈降速度を減少する。即ち前述の原因を打ち消して餘りある他の遅延的な影響がある事がわかる。

c) そこで血液 4 cc 中から血漿 0.8cc を取り去つた後、その代りに R-L 液を 0.8cc 加へる事によつて血球稠密度に變化のない様にしてやつて見た。第 5 表はそれであつて、この場合も

第 5 表

時間	全血	一部置換
20'	4	1.5
60'	28	4
120'	60	15

明かに R-L 液の代置によつて遅延が起る事がわかつた。

d) R-L 液を加へる事はあらゆる條件が促進的に作用すべき筈なのに結果は全く逆である。依つて R-L 液の中何が斯く作用するかを調べなければならない。そこで 1) 血液そのまゝ、2) 上記と同じく血漿の一部を R-L 液で置換したもの、3) 血液 2 cc に 0.4cc の R-L 液を乾燥した結晶のみを加へたもの、4) 血液 2 cc の血漿 0.4cc と 5% 葡萄糖液 0.4 cc と置換したものに就て行つ

第 6 表

時間	全血	R-L 液置換	結晶加	葡萄糖液置換
3.5時	10	2.5	10	2.5
21時	57	20	53	19
24時	61	21	57	21

た實驗が第 6 表である。之によれば R-L 液の水分を含まぬ要素を添加したものは全血と殆ど異なる事なく、之に反して血漿の一部を R-L 液で置換したのもも葡萄糖液で置換したのもも全く等しい遅延作用が認められた。同じ事は枸橼酸ソーダ液でやつても認められる。つまり遅延

作用は R-L 液中に含まれる成分ではなく、その中の水分によるものである事が明かとなつた。そこで滲透壓が異なるので少し亂暴とも考へられるが R-L 液をその 1.3 倍、1.5 倍及び $\frac{3}{4}$ 倍、 $\frac{1}{2}$ 倍の濃度に調製し、2 cc の全血に之等及び R-L 液を 0.4cc 宛加へたものについてやつて見たが、それらは殆ど全く同じ影響であつた。

之等水分の添加が遅延作用を持つと云ふ事は逆に云へば血漿中には何物か促進作用を持つ物質があり、それが薄められるのであるとも解釋出来る事である。

2) 血漿膠質濃度の變化の影響

a) 前述の實驗を逆に血漿を濃くする様な條件を行つたらば如何なるであらうか。その方法として血漿中の水分を蒸發せしむる事が考へられるが、血漿を加温すると云ふ事に關しては諸家の意見が一致しない。Gordan & Cohn (4) 或は Rourke & Plass (11) の如く高温處理によつて沈降速度を促進すると云ふもの、Linzenmeier (6) の如く 56°C 以上では遅延すると云ひ、津田・堤 (17) は 60°C までは遅延すると云ふ。之等の説を考慮して著者は減壓する事により低温で蒸發して容積を元の $\frac{1}{3}$ としたものを作り、このものと R-L 液とを種々な割合に混合したものを 0.4cc 宛を元の血液の 1.6cc に加へて實驗した。その際對照として ① 血液 1.6cc + 濃縮しない血漿 0.4cc ② 血液 1.6cc + R-L 液 0.4cc も同時に立てた。その結果は第 7 表の様になつた。即ち濃縮した血漿を加へたものは著しく沈降を速め、之を稀釋したものは大體原濃度まで薄めた

ものは対照と等しく、更に稀めたものは対照よりもかへつて遅くなつて居る。

第 7 表

加へたもの 時間	血漿	濃縮血漿	同 4:1 R-L液	2:1	1:2	1:4	R-L 液
30'	10	24	19	12	8	5	3
60'	25	57	40	28	18	13	8
90'	40	83	57	45	28	20	13

b) そこで沈降速度を促進する要素は血漿中の膠質部分であると云ふ事がほゞ明かになつたから、他の膠質即ちその1つとして gelatin は如何になるだらうかしらと思つてやつて見た。即ち R-L 液 200cc の中に gelatin 2.5g を溶かしたものを原液とし、之を 2, 3, 4 倍に R-L 液で薄めたものを作つて、之を血液 2 cc に各々 0.4cc 宛加へて實驗した。對照として血液 2 cc

第 8 表

加へたもの 時間	血漿	原液	1/2	1/3	1/4
30'	5	29	12	6.5	4
60'	12	66	33	19.5	10
120'	29	102	63	45.5	25

に血漿 0.4 cc 加へたものを同時に立てた。その 1 例が第 8 表である。即ち gelatin による促進作用は濃い所では起るが或程度以上に薄いとかへつて遅くなる事がわかる。この様にして、R-L 液の代りに枸橼酸ソーダ液又は葡萄糖液を用ひてその中に gelatin を溶かしても、大體

300cc の中に 1g の gelatin の割合の場合には血漿と等價値であると云ふ事がわかつた。

そこで沈降速度の促進は敢て血漿中の膠質でなくとも gelatin でも同様に作用すると云ふ事がわかつたから、血液を遠心して血球のみとし之を R-L 液で何度も洗つたものを作り、之に種々の濃度の gelatin-R-L 液を加へて見た處、結果は全く同様であり、gelatin は濃度が増せば粘性が増すに關らず、常に沈降促進の作用がある事がわかつた。

c) 膠質として gelatin 以外のものは如何であらうか。先づ R-L 液 50cc にアラビヤゴム末を 2g 溶かし、それを倍數稀釋したものについて行つたが結果は全く同様であり、この原液を 6 倍にうすめた物即ち 150 cc 中 1g の割合が血漿と等價値であり、それよりも濃ければ促進、薄ければ遅延の影響がある事がわかつた。

次に寒天を用ひた。之も結果は全く同様で 500cc 中 1g の寒天が等價値であるといふ事がわかつた。但し寒天の場合は或る程度濃度を増して粘性が高くなると促進的作用がかへつて少くなる事が見られた。鈴江(14)はこの境が等電點にあると云ひ、gelatin でも同様の事があると云つて居るが著者の實驗では gelatin では相當濃くともその事がなかつた。但し鈴江の實驗は馬の脱纖維血液で行つた實驗である。ちなみに寒天を放置して醗酵液化したものを用ひた場合にはかへつて遅延作用が現れた。即ち寒天が分解して簡単な糖などになつて、最早膠質ではなくなると促進作用がなくなり、その中の水分が血漿の稀釋作用として役立つ爲であらう。

d) 卵白 血球沈降速度が臨床的に應用せられる所以のものは血液成分の中の膠質部分の組成が物を云ふ事は明かであり、主として Globulin, Fibrin が促進的に作用すると云ふ事である。著者は卵白を血液に添加してその影響を調べて見た。1) 卵白原液, 2) R-L 液で 1.5 倍に薄めたもの, 3) 2 倍のもの, 4) 2.5 倍のもの, 5) 3 倍のものを作り之を血液 2 cc に 0.4 cc 宛

第 9 表

加へたもの 時間	1倍	1.5倍	2倍	2.5倍	3倍	血漿
1 時	8	7	5	5	4	20
2 時	21	26	14	12	11	47
3 時	40	27	23	20	19	66

加へ、對照として血漿の 0.4 cc を加へたものについて實驗した。結果は第 9 表であり、卵白それ自身を加へたものでも既に相當遅く作用し、R-L 液で薄めたものはそれ以上に遅くなつて居る。血液中の Albumin と卵白 Albumin とは性質の異なるものであるにもせよ、兎も角

Albumin が膠質であり乍ら促進作用が少いと云ふ事は想像する事が出来るとして、血漿の蛋白成分を劃分して調べる實驗を略す事にした。

e) 澱粉, 片栗, 馬鈴薯澱粉, corn starch 等を用ひた實驗では充分糊化したものでやつても之を R-L 液で薄めた場合一樣に溶解しないのでうまく實驗が進められなかつた。然し促進作用がない様に判定せられた。

更に著者は之等各膠質を互に混合し又置換して實驗を行つたが混合したものは夫々促進作用の代數和と云ふ様な關係になり、互に相補的に作用する事がわかつた。即ち促進作用と云ふものは各々の物質に特有な、特別な現象ではなく、共通な物理的の作用であると解釋すべきである。恐らくは膠質粒子のもつ荷電と云ふ事が物を云ふのであらう。

3) 荷電

血球表面が陰性荷電を持つ事は周知の事實であり (Fåhrus, Mond 8), 著者も亦 Abramson (1), Northrop (9) に倣つて Cathaphoresis を以て之を確めたのであるが、然らば之を變化させる要因として差當り pH, 色素添加及び酸素の増減等の實驗を行つて見た。

a) pH の變化 正路 (13) の温血動物用の緩衝液を作り之等の 1 cc を血液 2 cc に加へたもの

第 10 表

pH 時間	7.6	7.1	6.9	6.1	4.8	3.8
1 時	1.5	1	1.5	1	1	2
3 時	5	5	3.5	3	3	4
24 時	41	38	47	34	溶血	溶血

で試みた結果の 1 例は第 10 表の如くであり、緩衝液の割合の異なるもの、血漿の一部と入れかへたもの等を行つたが結果は大同小異で pH の低い方の部分が多少遅いと云ふ傾向である。

b) 色素の添加 岡村 (10) 等によれば陽性荷電物質により沈降は促進し陰性荷電物質により

遅延すると云ふ。陽性荷電物質として Malachitgrün, 陰性荷電物質として Wasserblau を取り、各々 R-L 液に 1% の割合に溶かしたものを作り、R-L 液で倍數稀釋して試みた。對照は R-L 液のみである。その 1 例が第 11 表である。色素を R-L 液で溶かした事が遅延の原因とな

第 11 表

濃度 時間	Wasserblau				對 照	Malachitgrün			
	1	1/2	1/4	1/8		1	1/2	1/4	1/8
10'	15	18	24	44	10	0	0	1	14
20'	42	78	80	78	35	1	1	3	40
30'	64	100	101	86	50	1	2	12	56
90'	102	114	114	104	90	3	8	95	95

第 12 表

濃度 時間	Wasserblau				對 照	Malachitgrün			
	1	1/2	1/4	1/8		1	1/2	1/4	1/8
1 時	28	36	40	37	34	1.5	3	3	13
2 時	66	73	75	74	61	2	5.5	8	46
3 時	75	82	83	80	69	4	7	20	61

る事を恐れて血漿に濃厚なものを入れたものを原液として、それを血漿でうすめてやつても見た。それは第12表である。孰れにしても Wasserblau は薄い所で促進作用があり濃くなるとその作用が減弱して来るのに反して、Malachitgrün は濃度が増すに従つて遅延作用が増して居る。

以上挙げた例の如き原血液に於ての沈降速度が比較的速いものでは明かな差違が現れたにしても、元々遅い血液では殆ど影響のない事もあり、むしろ Wasserblau でおそくなり Malachitgrün では影響のない様な場合も見られた。

之等色素を添加すると Malachitgrün は陽性荷電色素であり赤血球は陰性であるから、良く吸着して血球は青緑に染まるが、Wasserblau の方は血漿のみを青黒くして沈降する血球は染まつて居ない。

同様な実験を Eosin と Methyleneblau を以て行つたが一樣な結論には達しなかつた。

c) 酸素飽和度 血球の表面荷電が内部の血色素によつて影響するとすれば、その酸素との結合度によつて変化がある可きである。

血液に水素を通ずる事によつて Haemoglobin が酸素を含みます、血液が暗色を呈する様になつたものをその上に流動-paraffin を加へ空気に觸れぬ様にしたものと、原血液と、更に上記處理したものに再び空氣を通じて酸素で飽和したものとを3本並べて立て、實驗したのであるが、之等の3者には見る可き差はなかつた。

d) 數珠形成 (Rouleaux formation) 沈降速度變化の要因が血球の凝集の多少に關する物である事は確であり、それは血漿の性質によると云ふ説 (Löhr 7, Linzenmeier 6) と同時に血球自身の變化によると云ふ Bürker (2), Rubin & Smith (12) の如き主張も多く見られる。

著者は凝集を起すのは血球の表面の性質、形狀に基くのであるがその凝集を促進するのは血漿の性質如何に依るもので血球にはない事を次の様にして證明した。詳細は別報 (15) に譲るが、要するに、元來速い沈降速度を持つ A 血液を血球 E_A と血漿 P_A に分け、遅い血液 B から同様に E_B, P_B を作り之等の組み合わせ $E_A P_A, E_A P_B, E_B P_A, E_B P_B$ を比較すると、常に元來速かつた血液の血漿と混じたものが赤血球の如何に關らず一様に速く沈降したからである。

この血球の集合は所謂數珠であり、著者は扁平な切口を有する毛細管の中に R-L 液で或程度薄めた血液を吸ひ上げ顯微鏡の下に觀察を行ひ種々面白い思ひをしたが、要するに血球が扁平板状であるため互に相觸れた場合その平な部分が重なり合ふ事によつてその表面積を減少するため、所謂貨幣を重ねた様、又は數珠の様に連るのであると云ふ事を知つた。粘土の如き不定形のものでも凝集するからその要因は表面の性質にもよる事は確であるが、石松子、corn starch の如き球形をしたものでは媒質を血漿又は gelatin としても連珠形には連らず、血球では連ると云ふ形狀上の原因も亦見逃す事は出来ない。

そこで著者は化粧用の刷毛(何の毛だか知らぬが太さ約 50μ 位)の毛を束ね、之を Mikrotom で 10μ 位の厚さとしたものと 50μ 位の厚さに切つた物とを造つた。前者は大きさは大きいが大體血球に相似の圓板であり後者は石松子と同じ位の粒である。之等についてやつて見ようとしたが、前者は著しく凝集して仕舞つて實驗の前に一様に混合しようとしても全く離れない程なので到頭實驗は不可能となつてしまつた。兎もあれ圓板状に切つた時には血球ならずとも良く凝集すると云ふ事は確め得たものとして満足する事にした。

C. 血液型の同じ物と異なるものとの混合

血球の沈降速度が凝集と云ふ現象に支配せられるならば異型血液の混合は促進的な作用を持つてあらう事が豫想出来る。勿論この場合の凝集は顯微鏡下でもわかる様に單なる數珠ではなく、雜然たる血球の集合と云ふ相違がある。著者はこの異型血液による血球の凝集に、假令凝集素の作用があり、特殊なものであるにもせよ、やはり物理的な或種の引力が働らくので、本

第 13 表

混合比 時間	AB_1	4:1	1:1	1:4	AB_2
1 時	3	8	15	29	43
2 時	12	19	36	62	80
3 時	20	32	54	80	92

質的には數珠形成と大差のない機序による物であらうとは想像するけれども現在その點について研究の歩を進めた譯ではなく、血球沈降速度の立場から如何なるたらうと調べて見たのである。この點で將來別個の研究が要求せられると思ふ。

1) 同型の異なる人から取つた血液即ち A_1+A_2 , B_1+B_2 , AB_1+AB_2 , O_1+O_2 を混合する実験は、混合する兩血液の沈降速度が異なる時には通常その中間の値を取る。1例を第13表に示す。つまり、そこには特別な凝集と云ふ物が起つて居ない事を示して居る。

2) $A+B$ A 型の血液と B 型の血液を混合すると、それは明かな促進作用がある。然しその場合 A と B とを等量に混じた場合が丁度最速であると云ふわけの物ではない(第14表)。

第14表

比 時間	A	4:1	1:1	1:4	B
1時	6	83	90	26	20
2時	16	90	101	82	48
3時	24	93	103	92	68

第15表

比 時間	B	4:1	1:1	1:4	O
1時	20	40	51	93	42
2時	48	83	102	102	76
3時	68	97	111	106	68

3) $A+O$, $B+O$, $AB+O$ この場合、混ぜる血液の沈降速度が大體等しい場合には、明かに混合による促進が見られるが(第15表)兩者の値が著しく異なる時には中間値を取る場合が多い(第16表)。

第16表

比 時間	A	4:1	1:1	1:4	O
1時	6	20	26	33	42
2時	16	50	64	75	76
3時	24	59	81	90	86

孰れにしても、この組合せの場合には促進作用はあるけれども、 $A+B$ の時程著しくはない。量的に云つて半分程と云へるとすれば、最初の場合には A 血液が B を凝集させ、 B 血液が A を凝集するに反して、この場合は一方しか凝集しないからとして一應説明がつく様である。

4) $A+AB$, $B+AB$ 前の議論をそのまま用ひればこの場合も片方の血液しか凝集しないから、促進性は $A+B$ の場合の半分である可きである。

実験成績は省略するが、大體に於てもその通りで、促進するけれど餘り大した事はないと云ふ結論になる。

IV. 結 び 言 葉

石松子を用ひる模型実験では沈降速度は液の比重と粒子の比重との差に比例し、粘性には \propto 反比例する事、 \propto Stokes の法則の要求する如くであり、更に粒子の稠密度を増すと \propto それに對して exponential な関係におそくなる。沈降—時間曲線は最初稍直線的であるが、時間と共に次第に水平に傾いて次第に遅くなり遂に底に集積すると云ふ單純な型を示す。粒子は最初から一様に散布して居て時間が経つても大體同じ様に沈んで行く。良く見ると管の中途では時々集つては速く落ちて行くものもあるけれども沈降の上面をなす部分にはその様な事が見られない。或は液の比重を大にして沈降速度を非常に遅くしたらば集合状態が少しは見えたくもしいれないが、その実験は行はなかつた。之に反して粘土を用ひた実験では alkali 性では粒

子が集合する事なく、然も永く懸濁の状態になつて居るが中性又は酸性にすると粒子は時間の経過と共にちぎれ雲の様に凝集して速かに沈降して行く。即ち pH の影響が著しい。或る程度 (pH 4~5) 以上の酸性はかへつて遅くする様である。この様な場合には沈降—時間曲線は最初遅く中程で速くなり終りに又遅くなつて S 字型を示す。この場合他の条件則ち液の比重、粘性は殆ど大した影響を現さない。粒子の稠密度の影響は石松子の場合と全く同じである。要するに稠密度を一定とする限り沈降速度を支配するものは粒子が凝集して大きな塊となると云ふ事であると云ふ事が良くわかる。

人血の場合も現象的に見れば粘土の場合と全く同じ事であつて沈降速度の差は落下して行く血球集合體(數珠)の大きさが主要要素となる事が明かである。従つて異なる血液に於ける沈降速度の差は凝集の起る早さと、凝集塊の大きさによるのであるから單に 1 時間値又は 2 時間値等を測定するのでは意味がなく少くとも最初 15 分、30 分、1 時間(出來れば 2 時間)値を見、之を曲線に描いて最も速かな部分の速度を問題にしなければならない事がわかると思ふ。もう少し具體的に云へば、

15 分値 $\times 4$, (30 分値 - 15 分値) $\times 4$, (1 時間値 - 30 分値) $\times 2$, 2 時間値 - 1 時間値
を比較してその最速値を問題にして判定す可きであらう。

稠密度は模型實驗と全く同じ關係になるから 24 時間値をも記録し(之は大體 Haematocrit value を 50 となる様に補正して比較する可きである。

著者はこの稠密度の變化を同じ血液の血漿を以てした時に上述の様になつたのであるが、之を R-L 液又は葡萄糖液を以て行つた場合には豫想に反して粘性、比重並びに稠密度の孰れもが小となるに拘らず、沈降速度はかへつて遅くなつた。之は血漿中の膠質が凝集を促進する作用を有し従つて沈降速度を促進する作用がある事がわかつた。之は他の膠質 gelatin, アラビヤゴム, 寒天等でも同様の影響が見られる事がわかつた。gelatin では大體 $1/300$, アラビヤゴムでは $1/150$, 寒天では $1/500$ 位が大體血漿と等價値であり、之より濃ければ沈降速度を促進し薄ければ遅延する。同じ膠質でも澱粉、卵白には促進作用はない様である。寒天も甚だ高い濃度ではかへつて遅延する。之は粘性が十分に高くなつて來て、この、さうでなければ隠されて居る影響が manifest になつて來たものと思はれる。

この膠質添加による沈降の促進の原因をつきつめて考へて見れば結局血球が持つ荷電による斥力が打ち消されるからであると思ふが、血球の表面荷電は陰性であり、異種の荷電を持つ粒子の吸着によつてそれが中和せられ等電點に近づく事により凝集し易くなると云ふ説は、この際膠質も血球も共に陰性荷電を持つものであるから、その儘では明かに成立しない。膠質も陰性荷電の小なる Albumin の如きは餘り促進作用なく、大きい酸性の Globulin の如きものの方が大であると云ふ事は益々この解釋を困難にする。一方 pH の變化は大した影響をもたす稍酸性のところ即ち血球の等電點は pH 5.6 邊であると云ふのに、その近くでか

へつて幾分なりとも速度がおそくなると云ふのは益々妙である。更に色素添加の實驗に於て、陰性荷電を持つ色素である Wasserblau の方が幾分なりとも促進作用あり、陽性荷電を持ち、従つて血球の表面によく吸着染色する Malachitgrün が遅延作用を持つと云ふ現象は問題が益々逆であると云ふ感じを起させる。

之等に對して著者は次の様に解釋して見た。血球が荷電を有して斥力があると云ふのは媒液中に於けると電位の勾配が作用するからであらう。ところが血液は膠質を含む溶液であり膠質粒子が同じく陰性荷電でその周圍に同じ様なく電位を持つ物であるから、膠質による電位と血球の現す電位とが丁度等しいならば、そこには何の荷電もないものゝ様に作用するのではないかしらと考へて見た。

つまり膠質の濃度が適當であり、その現す陰性荷電が丁度血液のそれと等しい處が等電的に作用するとすれば前述の實驗のすべてが一義的に解釋出來ると思ふ。pH の影響の少いのも、pH の作用が血球と膠質の兩者に一樣に變化を與へるとすればむしろ當然の事であり、色素粒子も血球と膠質の兩者に對して共に吸着、反撥するとすればその量的な差によつて結果は如何様に出ようとも不思議はないのである。

更に著者は血液型の異同の血液の混合と云ふ實驗を行つたが、之は所謂血球の agglutination と云ふものと、生理的にある rouleaux formation と云ふ物が似寄りの物理學的現象であるから一應やつて見たのであつて、同型の血液は混合しても特別な沈降速度の促進と云ふものが見られないのに對し、A型B型の混合ではその混合の割合に従つて差はあるが常に非常に促進する。最も速い處が兩者の等量混合の部ではない。A+O, B+O, AB+O, A+AB, B+AB の場合は促進するが A+B の場合程著しくはなかつた。この問題を契機として血球凝集の問題に寄與する處があるかも知れないが更に將來を期したいと思ふ。

欄筆に當つて戸塚教授の御懇篤なる御指導と御校閲に對し深謝し、併せて人血の實驗に際し多大の御便宜を賜つた恩師聖ルカ病院長橋本寛敏博士並びに醫局員諸氏に感謝の意を表す。

文 獻

- 1) Abramson, H. A. (1929) J. Gen. Physiol. 12
- 2) Bürkel, K. (1922) Münch. Med. Wochs. 16
- 3) Cutler, J. W., F. R. Park & B. S. Herr (1938) Am. J. Med. Sci. 195
- 4) Gordan, M. B. & D. J. Cohn (1928) Am. J. Med. Sci. 76
- 5) Kosaka, K. & M. Seki (1921) Okayama Ig. Z. 372
- 6) Linzenmeier (1920) Arch. f. Gyn. 3
- 7) Löhr, W. (1921) Deut. Med. Wochs. 44
- 8) Mond, R. (1923) Pflügers Arch. 197
- 9) Northrop, G. H. & M. Kunitz (1925) J. Gen. Physiol. 7
- 10) 岡村三郎 (1936) 北越醫會誌 46
- 11) Rourke, M. D. & E. D. Plass (1929) J. Clin. Invest. 7
- 12) Rubin, E. H. & N. N. Smith (1927) Arch. Intern. Med. 39
- 13) 正路倫之助・吉村壽人 (1931) 生物の物理化學
- 14) 鈴木茂平 (1926) J. Biophys. 1
- 15) 鈴木俊雄 (1941) 醫界週報 355
- 16) 富田 精 (1927) 京都帝大醫學部紀要 9
- 17) 津田 榮・堤 辰郎 (1929) 慶應醫學 1

大日本生理學會々則

1. 本會ハ大日本生理學會ト稱ス。
2. 本會ノ目的ハ同學者相ヨリ斯學ノ進歩發展ヲ期スルニアリ。
3. 本會々員ハ本會ノ主旨ニ賛成ナル同學者ニシテ評議員ノ紹介アルモノヨリナル。
4. 本會ハ毎年1回大會ヲ開キ會員ノ業績ヲ發表討議スル他評議員會及ビ會員總會ヲ開ク。
5. 本會ハ雜誌“日本生理學雜誌”ヲ發行ス。
本雜誌ハ會員業績發表機關トシ兼テ日本ニ於ケル生理學ノ總覽トス。從ツテ會員ハ如何ナル形式ニ於テ發表シタル生理學業績ト雖モ、原則トシテ本雜誌ニ其ノ抄録ヲ投稿シ且ツ次期ノ大會ニ於テ之ガ質議應答ヲナス義務アルモノトス。雜誌發行ニ關スル規定ハ別ニ之ヲ定ム。
6. 會員ハ會費年額8圓ヲ負擔スベキモノニシテ本會雜誌ニ寄稿シ、ソノ配布ヲ受ケ、且ツ大會ニ學術報告ヲナス事ヲ得。
7. 本會ニ評議員、常任幹事及ビ當番幹事ヲ置ク。
8. 評議員ハ各大學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校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。但シ重任ヲ妨ゲズ。
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々上ニ發表ス。
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. 原稿ハ口語體・平假名交リ・横書キトスル。掲載ノ原稿ハ返還シナイ。
2. 抄録ハ組上リ1 page (約2400字、插圖ノ占メル空間ヲ含ミ)ヲ超過セズ事。掲載料ハ無料デアル。但シ特ニ費用ヲ要スル圖版等及ビ別刷ハ著者ノ負擔トスル。
3. 學會發表前刷リノ原稿ハ抄録ニ準ズル。
4. 原著ノ組上リ2 page 及ビ別刷50部ヲ會デ負擔スル。但シ年度内ニ於ケル會ノ豫算ガ缺乏シタルトキハ全額負擔ヲ願フコトガナル。
5. 原稿ノ第1枚ニハソノ下半分ニ表題、著者及ビソノ所屬、國際十進分類法ニヨル番號、表及插圖ノ數等ヲ次ノ形式ニ從ツテ書キ、

(原著) (圖3表1)

末梢神經の不應期の電氣緊張による變化
に就て 612. 813. 3
東京慈惠會醫科大學生理學教室
瓦田 只二
Kawarada-Tadaji

(抄録) (圖3表1)

戸塚武彦 (Totuka-Takehiko) ・佐々木
四郎 (Sasaki-Sirô) (日本醫大生理) 筋の
潛刺激時 (第1報) 荷重と見掛上の潛伏
時との關係 (1935 日醫大誌 6 295)

上部ノ餘白ニハ別刷請求部數等、編輯者ヘノ注意ヲ附記セラレタイ。

6. 原稿ノ項目分ケハ第一章第一節等トスル事ナク、次ノ順ニ從ツテ分ケラレタイ。
I
 A
 1
7. 脚註ハナル可ク遠慮セラレタイ。
8. (A) 插圖原稿ハ別紙ニ認メ必ズ第何圖ノ番號ヲ附ケル事。(B) 亞鉛凸版用原稿ハ白紙又ハ青色方眼紙ニ墨汁ヲ以テ明瞭ニ書ク事。(C) 圖中ノ文字ハ編輯部ニ於テ淨書スル事ニナツテ居ルカラ鉛筆ニテ書キ込マレタイ。(D) 插圖原稿ノ淨寫ヲ専門家ニ依頼シ度イ希望ノ時及ビ原稿ガ餘リニ見苦シイ時ハ編輯者ニ於テ淨寫スル。(實費著者負擔)。(E) 寫眞ハナル可ク滑面ニシテ光澤アル印畫紙ニ燒付ケラレ度イ。(F) 插圖原稿ハ折り疊ム事ナク送付セラレタイ。
9. 外國語ハ明瞭ナ‘ローマ’字體 (ナク可ク Typewriter) ヲ以テ書ク事、文中ノ外國語、外國人名ハ横文字ヲ以テ書カレタイ。外來語ヲ片假名でカクコトハ差支ヘナイ。
10. 數詞ハ‘アラビア’數字ヲ用ヒル、〔例〕第1圖, 100m, 等。〔例外〕一般ニ、數百ノ等。
11. 引用著者名ハ末尾文獻集ノ番號並ニ必要ノ際ハ引用ノ page ヲ括弧ニ入レテ附記セラレタイ。
〔例〕…… (Hofmann, F. B. 3 226), …… F. B. Hofmann (3 226) ニヨレバ……
12. 末尾引用文獻ハ A B C 順ニ配列シ、番號ヲ附シ、文中ニ引用セラレタルモノニ限ル事。ソノ形式ハ下記ノ例ニ從ハレタイ。孫引キハ特ヲ明記セラレタイ。
〔例〕文獻
1) Gaskell, W. H. (1883) J. Physiol. 4
2) Heidenhain, H. (1854) Dissertation, Berlin (Hofmann 1895 ニヨル)
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 1, Berlin u. Leipzig

會 報

會 員 移 動、(3月15日まで)

入 會 (12名)

	所 屬	住 所	紹 介 者
五十嵐 術	陸軍軍醫學校	東京都杉並區西高井戸1の137	杉本良一
小林正一	新潟醫大生理	新潟市旭町二番町5229 舍川方	横田武三
大關清康	同 上	新潟市學校裏35 佐澤方	同 上
長谷川 渙	同 上	新潟市外青山	同 上
土屋重朗	同 上	新潟市白山浦1の364 目黒方	同 上
高橋文代	厚生省研究所環境衛生	東京都芝區二本榎町1の371	石川知福
野間全治	長崎醫科大學生理學教室		清原寛一
唐原 功	名古屋帝國大學醫學部生理學教室		久野 寧
松田純一	同 上		同 上
奥川二吉	第八陸軍航空技術研究所第12研究室		瀨尾愛三郎
水谷 潔	慶應大學醫學部外科	東京都四谷區大番町26の3	田崎一二
築詰勝彦	北海道帝大醫學部生理・超短波研究所		養島 高

轉居・轉任 (24名)

平和良彦	京都府何鹿郡物部村(舊京都市)
小野江爲正	第七陸軍技術研究所(舊札幌)
羽根田彌太	南方派遣陸軍司政官(舊東京)
井原俊男	京城府櫻井町2の181(舊東京)
佐藤謙助	第八陸軍航空技術研究所第12研究室(舊新潟)
小川政禧	東京都下吉祥寺1306(舊名古屋)
奥田 宜	名古屋市西區下園町3の1(舊下園町2丁目)
湯田勝年	青森縣南津輕郡黒岩町(舊秋田)
大里俊吾	仙臺市北四番丁15(舊金澤)
下司孝鷹	高知市帶屋町2丁目 町田病院(舊岡山)
名和 精	岡山市西中山下52(舊東京)
深谷一夫	茨城縣東茨城郡河和田村2324 高倉方

天野智恵美 樺太醫學專門學校(舊札幌)
 吉野彦助 静岡市神明町95 池田方(舊東京)
 竹本長秀 京城府東大門町敦岩町291の46(舊城大)
 田中三男 奉天市大和區彌生町38(舊新京)
 佐藤正彦 岡山縣淺口郡里庄村大字里見(舊東京)
 保田止郎 熊本市八代郡鏡町23(舊東京)
 村地孝一 東京都本郷區駒込上富士前町109(舊小石川)
 阿部祐吉 東京都澁谷區代々木西原町967(舊牛込區)
 三浦俊夫 埼玉縣忍町行田(舊東京)
 豐永吉次郎 蘆屋市松濱町7(舊蘆屋市西新田)
 伊藤信義 奈良市佐保山町104(舊佐世保)
 田村滿國 八戸市 日本赤十字病院産婦人科(舊新潟)

退 會 (9名)

羽生靖夫 (兵庫) 近藤忠雄 (東京) 中澤 勇 (神奈川)
 若井榮次郎 (東京) 松尾久喜 (長崎) 中尾龍一 (京城)
 奥川忠利 (廣島) 味木福孫 (下關) 荒木 亨 (奉天)

昭和19年3月5日印刷
昭和19年3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

(東東2328)

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2,3號

本號に限り 定價2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)
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

品製  田武



覺醒新劑

ゼドリン錠

本劑はα・メチル・フェネチールアミンの硫酸塩にして其の藥理作用は大腦・血管等主として不隨意筋に認められるものにして、そのエフェドリン様作用は化學構造より見るも窺ひ得らるゝ所なり。

ブシコノイローゼの場合に極少量の内服により中樞神經を興奮せしめて快感、元氣恢復、疲勞感恢復、活動力の増大等の諸作用を呈し……
腦炎後遺症、憂鬱症及び病後恢復期並に嗜眠の覺醒等に好適す。

【用法・用量】
一般に成人一日一錠を用ひ症狀に應じ増量す

【包裝】

(一〇〇錠) 五〇錠 一〇〇錠

町修道市阪大 社會式株業工品藥田武 元賣發造製
(店商衛兵長田武 社會式株 稱舊)

新らしい鎮咳祛痰薬



帝国学士院賞受領

理学博士 北里善次郎氏創製

北研

500cc 4円50セン さびとん液

北研サビトーン液

本品はムクロシノトリウムを含有し効力的確なり。

支店 郵呈

東京市芝区白金三光町138
北里研究所販売部

販売元

東京市日本橋区本町3丁目
株式会社 中村滝商店

販売元

大阪市東区道修町3丁目
株式会社 塩野義商店

製造元

東京市芝区白金三光町138
北里研究所



胃腸整調・食慾亢進 消化賦活剤 ファスターゼ

(文献贈呈)

納豆菌及麹菌を用ひ、一種の植物種實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)及びビタミンA、B₁、B₂等を含有す。

臨牀的に知られたる驚異すべき性能

一、ファスターゼは胃液の酸度並にペプシン量を増加し例外なく食慾亢進を來す。

二、右の作用は胃酸度低下せる者に最も顯著に現はれる。

三、バリウムによる胃のレントゲン學的検査に於て個人の平常排出時間に比較し明に短縮を來し、胃蠕動の旺盛を認める。

【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効を期待せらる)急性慢性胃腸カタル、宿醉、胃酸過多及減少症、便秘症、下痢症、消化不良、營養障礙

【配合薬】 各科配合薬として推奨さる(殊にアスピリン、スルフアミン劑、カフェイン劑、ヂギタリス製劑等の如き食慾不振を招來すべき薬品と同時に使用するは極めて大切なる事なりと稱せらる)

【装包】	
粉末	五〇瓦 一〇〇瓦 五〇〇瓦 一〇〇〇瓦
錠劑	五〇錠 一〇〇錠 三〇〇錠 五〇〇錠

東京都日本橋區本町三丁目三番地
一手販賣元 株式会社 鳥居商店

FASTASE

優 良 國 產

久保田式

久保田式

超短波治療機

超音波發生裝置

特 長

應 用

特ニ高周波電流計（同調度指示計）並ニ電流調整器ヲ整備シアル故機器ノ生命タル管球ノ負荷ヲ最低ニ保テツ、最大ノ效果ヲ學ゲ得

細菌血清等ノ處理・實驗研究ヨリ膠質化學・光學方面・或ハ金屬研究等各方面ニ於テ活用サル

御 納 入 先

陸海軍・厚生省・各大學
民間・一般臨床醫家

型 錄 文 獻 進 呈

株 式 會 社 **久 保 田 製 作 所**

東京市豊島區西巢鴨一丁目三・二七七番地
電話 大塚 (86) 5348・6775番

福岡營業所 福岡市箱崎宮松町二・五八〇番地
電話 東八六七番