

# 日本生理學雜誌

第 8 卷 第 6 號

昭和 18 年 6 月 13 日 發行

## 原 著

- 杉本良一・原田久雄・和田惠洲男：航空生理學の研究（2）酸素吸入マスクの呼吸代謝學的研究…………… 313
- 川上正義・和田惠洲男・安井敏夫：航空生理學の研究（3）低空環境に於て酸素吸入を行ひつつある状態に於ける疲労度の研究…………… 319
- 名取禮二・川上正義・土橋英夫・大野眞一：航空生理學の研究（4）低壓環境の脈搏數，呼吸數，肺胞氣の  $O_2$  及  $CO_2$  分壓並に壓覺閾に及ぼす影響に就て…………… 324
- 大村 正・原田久雄・堀口正史・高橋英雄：航空生理學の研究（5）低壓環境に於ける血液乳酸の消長に就て…………… 330
- 町田憲二・湯田勝年・安井敏夫・松田 實：航空生理學の研究（6）低壓環境の血液諸性状に及ぼす影響に就て…………… 336
- 安井敏夫・松田 實：航空生理學の研究（7）耐高空能に就ての研究…………… 341
- 小 澤 弘：被刺激形體と刺激電極との大き關係が電氣刺激要素に及ぼす影響に就て（第2報）神經幹全體を1個の被刺激形體と見ての實驗…………… 349
- 石 丸 能 照：單一神經纖維標本の麻酔時に於ける平流電氣の效果に就いて（第1報）神經纖維別出部に於ける體験…………… 369
- 石 丸 能 照：單一神經纖維標本の麻酔時に於ける平流電氣の效果に就いて（第2報）神經幹を含めての實驗…………… 378
- 石 丸 能 照：單一神經纖維に於ける鹽酸コカインの麻酔作用と pH との關係に就いて…………… 384

會 報 (會 員 移 動)

## 大 日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.



# アベラー・ビーイチ

純ビタミンB<sub>1</sub>結晶注射液

強力1號	1cc = 0.25 厩 = 100 鳩單位 ( 250 國際單位)	↓ 各一〇管・五〇管
強力2號	1cc = 0.5 厩 = 200 鳩單位 ( 500 國際單位)	
強力3號	1cc = 1.0 厩 = 400 鳩單位 ( 1000 國際單位)	
強力4號	2cc = 2.5 厩 = 1000 鳩單位 ( 2500 國際單位)	
強力5號	2cc = 5.0 厩 = 2000 鳩單位 ( 5000 國際單位)	
強力6號	2cc = 10.0 厩 = 4000 鳩單位 ( 10000 國際單位)	

# V.B<sub>1</sub> V.B<sub>2</sub>

第一製藥株式會社

# カタフラビン

純ビタミンB<sub>2</sub>劑

特許方法により純粹に精製したるV.B<sub>2</sub>の溶液にして、顯著なる發育促進作用を營み、ペラグラ様皮膚炎、眼疾患等に卓效を奏する新劑にして1管2cc中V.B<sub>2</sub>1厩を含有す。(1日1—2筒を皮下又は靜脈内に注入)。

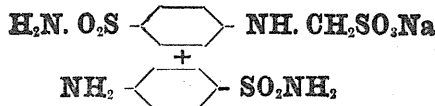
包裝 = 2cc (1.厩) 5管、10管

第一製藥株式會社

東京・日本橋區江戸橋三丁目  
大阪・東區道修町一丁目

# NEO-RUBIASIL

## 連鎖状並葡萄状球菌 淋菌性疾患特效



絶 讚!!

メルフオンアミド注射劑の完結

一〇%純水溶性 大量靜脈内注射好適品

(本劑の特徵)

- 一、純水溶性にして些の溶媒をも含有せざること
- 一、副作用絶無殊に蕁麻疹様發疹血管痛等なきこと
- 一、皮下筋肉何れに用ゆるも疼痛なきこと
- 一、婦人小兒も連用し得て目的を達すること
- 一、効果優秀九〇%以上

(適應症)

敗血症・産褥熱・化膿性疾患・急性慢性淋菌性諸疾患・肺炎  
子宮附屬器炎・中耳炎・扁桃腺炎・丹毒・腎盂炎等

皮下筋肉靜脈兼用

- 二cc 一〇管 五〇管
- 一〇cc 一〇管 五〇管
- 二〇cc 一〇管 五〇管

發賣元

日東製藥株式會社

東京市目黒區下目黒二丁目二番五  
電話(大崎)四九一〇九六番  
支店 東京一六四六番  
特約店  
岩城市太田町四ノ一  
安原三郎商店  
福安原三郎商店  
井原三郎商店  
大阪市東區道修町二丁目



# ネオ・ルビアシール

本邦唯一

# AZO

## 赤色アゾ色素剤

# アゾケイブル

A-15

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・疔・膿疱疹・瘰癧・淋疾その他の尿路疾患・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効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

注射液 (13) 10管 3.20 50管 17.00  
 (23) 5管 3.10 10管 6.20 50管 31.00



### 社名變更

新社名 塩野義製藥株式会社

(舊社名 鹽野義商店)

本店 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 京城市府黃金町二丁目

# Ⓟ Philopon

M33N

## 除倦覚醒剤

# ピロポン

「製法特許」

### 集成

塩酸塩  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-N(CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2\text{)-COO}^-$

### 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充進し、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状、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

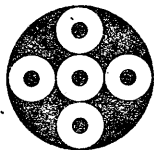
錠劑 (錠中0.025瓦含有) 30錠 50錠 100錠 200錠  
 散劑 (88倍稀釋、1瓦中0.025瓦含有) 10瓦 25瓦 100瓦  
 注射劑 (1cc中0.025瓦含有) 1cc 5管 10管 50管

文献申込次第贈呈

製造元

大阪市東區道修町三丁目  
**大日本製藥株式会社**

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



# 卵胞

# ホルモン剤の 最高水準

# エスチモン

本剤は純正なる化學的組成を有する合成發情物質にして、從來の製劑に比し遙かに優れたる卵胞ホルモン作用により、少量にて偉効を發揮し且つ内服によるも何等効力に損減を來さない。又本剤の有する末梢血流の改善作用は著明なる効力を發揮し、凍傷、潰瘍、四肢冷感に對して卓効を現出す。



包 裝	注射液	0.1瓶(2,000I.E.)	10管	50管
		(0.5cc) 0.5瓶(10,000I.E.)	10管	50管
		1.0瓶(20,000I.E.)	10管	50管
	錠劑	0.1瓶(2,000I.E.)	50錠	100錠
				500錠

製造發賣元・大阪市東區道修町 田邊製藥株式會社  
關東販賣元・東京都日本橋區本町 株式會社 田邊元三郎商店

# 北里研所製要目

## 新發賣

葡萄狀球菌抗毒血清  
甲種 乙種(強力)

ワエルシユ氏  
瓦斯壞疽菌血清  
包裝 5 cc 20 cc 40 cc

サルモネラ菌屬診斷用  
家兎免疫血清  
包裝 1 cc

★價格表は御申越にヨリ郵呈

- 液體チフテリア血清
- 強力液體チフテリア血清
- ワイル氏病治療血清(出血性黃疸スピロヘ  
ータ血清)
- 猩紅熱連鎖狀球菌血清
- 痘 苗
- チフテリア豫防液
- 赤痢豫防液
- 感作腸チフスワクチン
- チフス菌バラチフス菌混合感作ワクチン
- 流行性腦脊髄膜炎感作ワクチン
- 新ツベルクリン
- 淺川氏腸チフス診斷液
- 腸チフス診斷液
- バラチフスA型診斷液
- バラチフスB型診斷液
- 腸チフスバラチフスA型バラチフスB型診  
斷液
- 腸チフス菌診斷用家兎免疫血清
- 液體破傷風血清
- 志賀赤痢血清
- 赤痢本型菌血清
- コレラ血清
- 腸チフス血清
- コレラ感作ワクチン
- インフルエンザ感作ワクチン
- 疫痢赤痢内服ワクチン
- 狂犬病豫防劑
- 梅野狂犬病豫防劑(大體用)
- 腺疫ワクチン(馬體用)
- 淺川氏丹毒治療液
- ツベルクリン(治療用)
- バラチフスA型菌診斷用家兎免疫血清
- 腸チフス菌バラチフスA型菌バラチフスB  
型菌診斷用家兎免疫血清
- 赤痢本型菌(志賀菌)診斷用家兎免疫血清
- 赤痢異型菌共通診斷用家兎免疫血清
- 連鎖球菌血清
- 流行性腦脊髄膜炎血清
- 肺炎球菌血清
- インフルエンザ菌血清
- 腺疫血清(馬體用)
- 感作チフスワクチン
- 百日咳菌感作ワクチン
- 連鎖球菌感作ワクチン
- 感作葡萄狀球菌ワクチン
- 肺炎球菌感作ワクチン
- 志賀感作結核ワクチン
- ツベルクリン(ビルケー氏用)
- ツベルクリン(マンツー氏用)
- 大原箕田菌診斷用家兎免疫血清
- 赤痢本型菌志賀菌赤痢異型菌共通大原箕田  
菌診斷用家兎免疫血清
- 微毒診斷用アンチゲン
- 血型診斷用血清

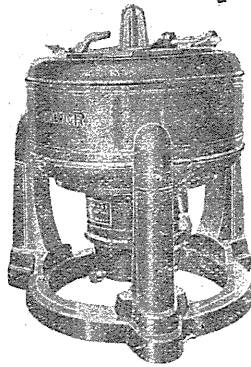
大 販 賣 所

東京大坂  
鹽野義商店  
株式會社

東京本町  
中村瀧商店  
株式會社

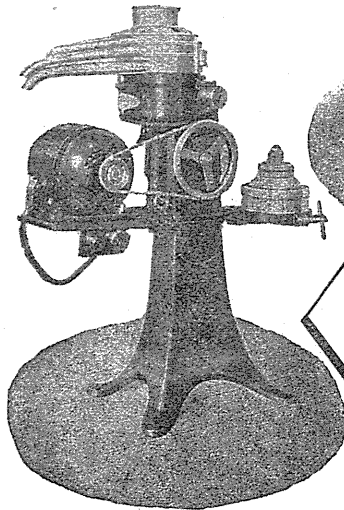
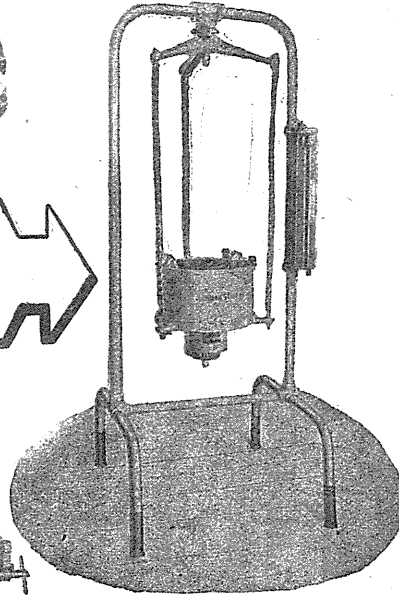
# 研究室備品

## マルサン式遠心器



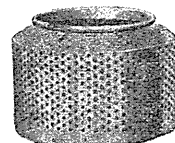
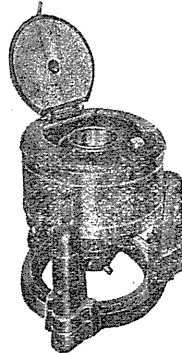
研究室=最速遠心器  
**No.90 三基懸垂式遠心器**  
 50cc x 4本架 R.P.M. 4,000  
 沈澱分離用 容量 50cc ~ 500cc

コロイド及び濾過性病原体  
 沈降分離研究用  
**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連続分離  
 エマルジョン及び油と水完全連続分離  
**連続式遠心分離器**  
 増進及び濾過用  
 1/2馬力 毎時40cc処理他=大量用アリ

濾過、脱水、清澄、残渣採取  
**實驗用小型脱水器**  
 (ステンレス製耐酸アルカリ用)  
 R.P.M. 4,000 回転調節器付、使用法種々アリ  
 バスケット径 15cm, 20cm, 25cm, 他=大型用アリ  
 吸野ロータ代用、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 東京市日本橋區家町三丁目一番地  
 電話 日本橋(24) 三九五二・五四七八  
 工場 東京市蒲田區南六郷三丁目十六番地  
 電話 蒲田 五二七〇

御一報次第各種總合型録謹呈

## 航空生理學の研究 (2) 612.275

### 酸素吸入マスクの呼吸代謝學的研究

(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

杉本良一・原田久雄・和田惠州男

Sugimoto-Ryoiti・Harada-Hisao・Wada-Esuo

(昭和18年2月5日受付)

#### I. 緒言

昭和5年に吾々の教室では朝日新聞航空部の援助に依り極めて簡単な航空生理學に就ての實驗(5)を行つたが、低壓室の如き實驗設備を持たないため其後實驗を繼續する機會を失つて居た。茲に報告する實驗竝に以下報告する4つの實驗は、再び朝日新聞航空部の援助に依る外、逓信省中央航空研究所竝に陸軍技術本部の援助により、昭和16年8月18日より9月15日迄の間に行つた實驗である。此様な關係から、本報告の中には祕密を要する装置等もあるため、記載に精密を缺く場合が尠くない。此點は豫め附記しておく。

本第1報告は其目的とする所基礎的な方面と應用的な方面とがあるが、基礎的なものとしては低壓に於ける酸素缺乏の實際を知らんとし、應用的なものとしてはそれへの對策及びそれに關する特殊装置の良否の批判などが主である。

低壓の生體殊に人體に及ぼす影響は航空生理學に於ける重要課題として、各方面から研究が進められて居る。然し低壓に於ける酸素缺乏の對策に用ひられる酸素吸入の方法に關しては實際問題として極めて重要であるに拘らずそれほど研究されてゐない。特に成層圏飛行の場合に於ける酸素吸入法は現時最も要望せられつゝあるに拘らず、その方面の研究も少いかに思はれる。本報告は東京朝日新聞社航空部と協同し、逓信省中央航空研究所々屬の、低温低壓實驗室を使用し、且陸軍航空技術研究所の試作せる、2種の酸素吸入用マスクを用ひ、又後に述べる特殊の酸素發生器を用ひ、4000~1000mの高空に相當する低壓、低温下に於て、肺胞氣竝びに呼氣の $O_2$ 及び $CO_2$ 張力の變化を検討し、前記2種の酸素吸入マスクの性能を比較検討すると共に、それらのマスクでどの位の高度まで被験者が生理的狀態を保ち得るか、又その際の酸素補給量が、どの程度であるか等を求めんとしたものである。勿論酸素吸入マスクを用ふる際、マスク内に100%の酸素を充滿せしむるには特殊な装置を必要とする。つまりその中に呼氣が加はるのみならず、開放性マスクでは、外氣の混入稀釋せられることは防ぎ得ない。従つて酸素吸入マスクを用ひてもマスクの性能により生理的狀態を保つための限界高度には、自ら一定

限界がある。それでマスクに種々な點からの考慮を加へた改良が企圖されるわけである。更に吾々の教室の運動醫學的研究が明かにしたやうに (1, 4), かの状態で換氣量を増すためには炭酸張力をも或る程度増加せしめる必要がある。此報告は上述の如く既製のマスクを用ひたもので、吾々の手でそのマスクを改良することを直接の目的としたものではないが、吾々の實驗結果から將來の改良方法が自ら案出せられねばならぬわけである。尙實驗裝置と方法に關する詳細は次章に記載することにする。

本要旨は大日本生理學會第4回小講演會に於て發表した。

## II. 實 方 法 驗

被檢者は高空鍛鍊者である小俣氏(東京朝日新聞社航空部所屬一等操縦士, 一等航空士), と非鍛鍊者と見做さるゝ鈴木, 佐々木兩氏(東京朝日新聞社航空部所屬)に依頼した。

實驗に用ひた a, b 2つの酸素吸入マスクは, a型が開放性で, b型は半閉鎖性であり, 後者の排氣管は, 長さ  $xm$ , 内腔は  $xl$  であつた。吸入用の酸素は, 清水氏考案の特殊魔法瓶に貯藏せられた液體酸素を利用した。

瓶内より噴出する酸素は一旦附屬裝置に集められ, 2~4人に分配給與される様に出て居る。此裝置で1人當りの酸素供給量は毎分  $xl$  であつた。

實驗に當り被檢者には電熱飛行服を着用せしめ, 4000~10000mの高度に相當する低溫低壓環境下に, 酸素吸入用マスク着裝時と非着裝時の呼氣, 肺胞氣を安靜状態に於て自家考案の採集瓶に採集した。採集瓶はロゾール酸溶液中に浸して  $O_2$  殊に  $CO_2$  の逸出を防ぎ,  $O_2$  及び  $CO_2$  の張力は常壓下に, 勞研式瓦斯分析器を用ひて測定した。マスク着裝時の呼氣と肺胞氣との採集は a型の場合は, 採集管を直接口中に挿入し, b型の場合は採集管口にゴムサツクを取付け酸素マスク中の瓦斯に外氣が混入しない様に考案して採集した。

6000m以上の高度に相當する低壓下では, 酸素吸入をしなければ早晚苦しくなる。依つてその時の呼氣竝に肺胞氣はマスクを脱ぎ, 1, 2回深呼吸を行はしめてから採集した。次に換氣量の測定は, 一定容積(8l)のセロファン袋を作製し, 之が呼氣によつて充満される迄の時間を測定することによつて目的を果した。

## III. 實 驗 成 績

4000~10000mの高度に相當する低壓で2種のマスクを裝用し, 酸素を吸入しつつある時の肺胞氣竝に呼氣の  $O_2$  及び  $CO_2$  の含有量を測定した。結果は第1, 2表に示す如くであり, 尙第1表に於ける4000mの結果は酸素吸入を行はない場合の成績で, 其他は總て酸素吸入時に於ける測定値の平均である。又此數値は平壓に於て分析せる容量百分率から各高度に相當する低壓の  $O_2$  竝びに  $CO_2$  張力(mmHg)に換算したもので, 此値は蒸氣壓及び溫度の補正は行つて居ないものである。

以上の結果を判り易くするために圖示すれば第1, 2圖になる。平壓で生理的な肺胞氣の  $O_2$

第1表 aマスク着装時の肺胞氣, 呼氣の組成

瓦斯分析 低壓度		被檢者	肺胞氣 (mmHg)		呼氣 (mmHg)	
			O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
O <sub>2</sub> 吸入せず	462mmHg (4000m)	小 俣	65	25	92	25
		佐々木	55.5	33	72	18.2
		鈴木	77	32	85	17.2
O <sub>2</sub> 吸入	354mmHg (6000m)	小 俣	121	28	122	25
		佐々木	117	31	121	31
		鈴木	119	22	126	22
吸	267mmHg (8000m)	小 俣	109	19.2	110	28.5
		佐々木	96	20.5	89	16.5
		鈴木	105	20.5	110	25.5
入	231mmHg (9000m)	小 俣	94	13.5	92	20.1
	198mmHg (10000m)	小 俣	91	12.8	96	19.5

第2表 bマスク着装時の肺胞氣, 呼氣の組成 (被檢者 小俣氏)

瓦斯分析 低壓度 (mmHg)		肺胞氣 (mmHg)		呼氣 (mmHg)	
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
354 (6000m)		191	36.5	210	40.5
267 (8000m)		165	43.5	193	45.5
198 (10000m)		109	45.2	162	42.3

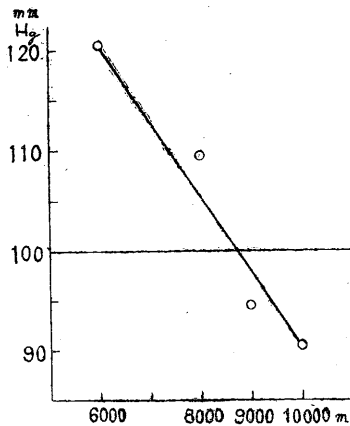
張力を大體 100mmHg (圖中横線にて示す) と假定すると, aマスク着装時には 9000m 位から幾分 O<sub>2</sub> 張力は此値よりも低下して來る. 従つて第1圖の高度上昇に伴ふ O<sub>2</sub> 張力の低下の仕方から推定すると, このマスクを使用しては 10000m 以上の低壓になると肺胞内 O<sub>2</sub> 張力は生理的範圍より逸脱する傾向が見られるものと考へられる.

然るに改良型の b マスクを着用すれば肺胞氣内の O<sub>2</sub> 張力は著しく高く, 10000m の低壓に於て充分なる餘裕を示して居る事が判る. 從來酸素吸入時の肺胞氣の O<sub>2</sub> 張力を實測した實驗は餘り多くないが (6), 1, 2 實測されたものを調べて見ると, 8500m に於て 99mmHg, 11000m に於て 71.3mmHg で, 大體 a 型マスク着装時の結果に匹敵する.

次に 8000 m<sup>3</sup> 並びに 10000m の高度に相當する低壓に於て a, b 兩マスク着裝時の換氣量を比較して見た結果は第3表の如くになつた。即ち b マスク着裝時には肺胞内 O<sub>2</sub> 張力が高まつて居るにも係らず、換氣量が平壓時に於けるものと殆ど變化のない状態が保たれて居る。之は極めて意義深いことと考へられる。其原因は b マスクの構造に特殊な考案が施され、呼氣の一部が再呼吸されるやうになつて居るためである。従つて新しい酸素が補給せられると同時に、呼出した炭酸瓦斯も再吸入されるから、第2表でも明かなやうに、呼氣並びに肺胞氣内 CO<sub>2</sub> 張力が a マスク着裝時に比較して著しく高くなつて居る。之が換氣量を増大せしむる原因になつて居るのである。

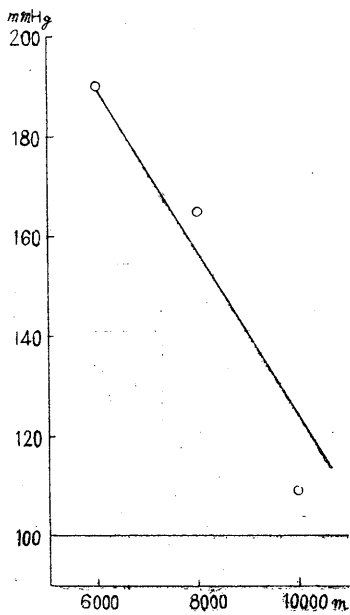
第 1 圖

a マスク着裝時の肺胞氣酸素張力



第 2 圖

b マスク着裝時の肺胞氣酸素張力



次にマスク内の O<sub>2</sub> 張力は吸氣相に於て第4表の成績となつた。表より明かなやうに、a マスクでは O<sub>2</sub> 張力が比較的 low、容量百分率で表はせば、8000 ~10000m では 60% 内外にしか當らない。つまり外氣より稀釋されることを意味する。従つて開放式のマスクは甚だ能率が悪いことが判る。

處で a マスクの如き開放式マスクを着裝する場合、各氣壓に於てどの位の O<sub>2</sub> を補給すれば平壓時の空氣の O<sub>2</sub> 張力に等しい O<sub>2</sub> 張力を保ち、即ち生理的狀態を保持し得るか、其酸素補給量 (O<sub>2</sub>/min) は從來理論的に次の如くして求められて來た (7)。

$$O_2/min = \frac{v(160 - 0.21b)}{0.79b} \dots\dots\dots (1)$$

式中 v は換氣量、b は氣壓である。今 10000m に於て a マスク着裝時の換氣量は第3表に示す如く大

第3表 a, b マスク着裝時の換氣量の比較

マスク	a 型	b 型
高度		
8000m	ca 6000cc	ca 8000cc
10000m	ca 5400cc	ca 8700cc

第4表 マスク内の O<sub>2</sub> 張力 (mmHg)

マスク	a 型	b 型
高度		
8000m	162	243
10000m	120	189

體 5.4 l であるから、假りに上式に依つて酸素補給量を計算して見ると、 $O_2/\text{min}=4.1 \text{ l}$  となり、之を平壓の容積に換算して見ると 1.1 l となる。然るに平壓に於て安靜時の換氣量を大體 8 l 内外とすれば、毎分約 1.6 l の酸素が吸入されてゐることになる。従つて開放式の a マスクを使用する場合、上述の酸素補給量では必ずしも平壓に於ける空氣の  $O_2$  張力と等しい  $O_2$  張力のものを呼吸して居るとは云ひ得ない。即ち前にも述べたやうな理由から、マスクの性能に依つて換氣量が著しく違つて來るから、上記の理論式はマスクの性能を顧慮することなしに直に適用することは妥當でない。

後の報告 (2) にも述べるやうに、10000m の高度環境で a マスク着裝時に軽度の運動例へば毎分 30 回の膝關節半屈伸運動を 1, 2 分行はしめると、忽ち呼吸困難を起す事實から考へても、a マスク着裝時に於ける酸素補給量が潤澤でない事を物語つて居る。その原因は第 2 表に示す如く  $CO_2$  張力が著しく減じて居るため肺胞氣内  $O_2$  張力は尙 90mmHg を保つて居るにも拘らず、呼吸が淺くなつて居る結果と考へられる。

然るに b マスクの方は半閉鎖式であり、第 4 表からも判るやうにマスク内の酸素の容量百分率は殆ど 100% に近い。従つて換氣量も少くてよい筈であるが、第 3 表に示す如く却つて之が多くなつて居る。即ち 8000m で毎分 8 l, 10000m で 8.4 l となつて居て、之を上記の式で酸素補給量を計算すると 8000m の時 2.7 l, 10000m の時 2.1 l となり、必要以上の酸素が補給されて居ることになる。此原因は既に述べた如く  $CO_2$  張力の上昇による換氣量の増大に歸因する。而してこの  $CO_2$  張力の増大は先づ排氣管の形狀に關係する。即ち排氣管の長さ、直徑、内腔容積の 3 つが重要な因子となり、太くて短かければ  $CO_2$  の再呼吸は少なくなる。又  $O_2$  の流出量が大きければ排氣管内の瓦斯は逆に再呼吸され難くなる譯である。實際問題として出来るだけ補給する酸素の量を少なくして、而かも肺胞氣の  $O_2$  張力を充分高めることが望ましいのであるから、此目的のためには、吸入氣の  $CO_2$  張力を高めて自然に呼吸増強を計り換氣量を増大せしめる事が最も合理的である。このため呼氣中に含まれる  $CO_2$  をなるべく多く再呼吸せしめるやう酸素吸入マスク自體の型を考案するか、或は豫め吸入する酸素そのものに一定の  $CO_2$  を混合せしめて  $CO_2$  張力を高めるかの二途を撰ぶべきであると考へられる。本實驗の限りでは未だ之等の點に關する量的な表示は出來ないが、一應定性的な示唆は與へ得たと考へられる。尙將來更に合理的な酸素吸入方法が確立せられるなれば、從來酸素吸入のみによつて上昇し得る限界高度 (13000~14000m) (3) を更に高め得る可能性あることを信するものである。

#### IV. 摘 要

1. 4000~10000m に相當する低壓環境で、2 種の酸素吸入マスクを用ひ、酸素吸入をする場合の肺胞氣及び呼氣の  $O_2$  及び  $CO_2$  張力、換氣量等を求めた。
2. 一般に使用される開放式マスクでは、10000m に相當する低壓環境で  $O_2$  張力が多少平壓に於ける正常値より低下し、呼吸も稍々淺表となり、之以上の高空に於ける使用は推奨出來ぬ

事が判つた。

3. 之に對し呼氣の一部を再呼吸する如き長い排氣管を有する半閉鎖式のマスクを用ひた場合には10000mに相當する低壓環境で肺胞氣内  $O_2$  張力が尙 100mmHg を越して居り、換氣量も減弱せず、より高空に使用し得べきことが判つた。

附記 本研究の動因は主として朝日新聞社航空部の勧誘と援助とに俟つものであつた。茲に本研究に特別の便宜を與へられた陸軍航空技術研究所並に逓信省中央航空研究所に深謝すると共に、朝日新聞社に深謝する。實驗の實際に絶大な援助を賜つた同社の河内航空部長、中野副部長並に終始實驗の協力者となつた、小俣氏の勞を深謝する。

尙浦本教授の校閲に對し、また名取、大村兩講師の援助に對し感謝の意を表する。

#### 文 獻

- 1) 北條和雄 (2597) 日本生理誌 2 4
- 2) 川上正義・和田惠洲男・安井敏夫 (2603) 日本生理誌 8 319
- 3) Loewy, A. (1932) Physiologie des Höhenklimas 360
- 4) 大村 正 (2601) 日本生理誌 6 221
- 5) 佐藤市四郎・飯野富雄・北條和雄・伊能健治・上山重烈 (2594) 慈惠醫大生理學論文集 3 80
- 6) Schubert, G. (1935) Physiologie des Menschen in Flugzeug 170
- 7) Schubert, G. (1935) Ibid 190

航空生理學の研究 (3) 612.275

低壓環境に於て酸素吸入を行ひつゝある  
状態に於ける疲労度の研究

(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

川上正義・和田惠州男・安井敏夫

Kawakami-Masayosi・Wada-Esuo・Yasui-Tosio

(昭和18年2月5日受付)

I. 緒 言

本研究の主な目的は4000~10000mの高空に相當する低壓、低温下で充分酸素吸入を行つて居れば、被験者には殆ど身體的障碍の自覺症狀が起らない。然るに連日かかる環境に置かれるか、或は實際に連日高空飛行を繰り返す時は、遂には一種の病的症狀を惹起するに到る事は屢々實際経験者の訴へる處である。この本態に關しては未だ充分明らかにされて居らぬが、田中(3)は之を低壓下に於ける慢性變調となし、眞柄が低壓實驗室でしらべた處によると、5000m以上、8000mの實驗を毎日繰り返すと2週間で本症狀を惹起すると云つて居る。其變調の主症狀を抜萃して見ると、自覺的には全身倦怠、頭痛、睡眠障碍、記憶力、作業力等の低下を來たし、他覺的には呼吸保留力の低下、不整脈、蛋白尿、視聽力の減退、腱反射の亢進、神經麻痺或は神經痛、其他新陳代謝異常等を起すものである。之等の諸症狀を通觀すると低壓環境に反復出入することが徐々に疲労の累積を招來し、そのためにかかる變調が誘發されるのではないかと考へられる。

之等の觀點から低壓、低温環境に反復出入するため果して疲労が累積せられるものであるかを検討するため、次に述べるやうな方法で疲労の綜合判定をすると共に、かかる環境下に於て軽度の運動を行はしめて、其恢復狀況が如何に影響されるかを、血壓、脈搏、呼吸數の變化等からも検討した。

所謂疲労度の測定には從來種々な方法が採用されて居る。最近余等の教室では最も簡便に而かも數量的に表はし得る疲労度測定器として膝蓋腱反射閾値の測定器を考案したので(1)之を利用し、同時に中樞神經機能の變化を觀るため反應時を測定し、更に運動機能の變化を判定する意味で拇指叩打數を測定し、夫等の結果から綜合的に疲労の度合を判定せんとした。

從來低壓環境即ち酸素缺乏状態に於ける反射過程の變化に就いては比較的詳細な検討が行はれて居る。然し上述の如く酸素吸入を行ひつゝある場合に就いての研究は殆んど見られない。

然し現實の問題としては上述の如き顯著なる慢性變調を誘發する危險を持つて居るものであるから、之等の基礎的な研究も決して忽せにすべきものではないと確信する。

## II. 實驗方法とその成績

被験者、着裝、酸素吸入装置等は凡て前報告 (2) に於けると同様である。使用した酸素マスクはa型であつた。

實驗は緒言に述べた如く各低壓環境に於ける膝蓋腱反射閾、反應時及び拇指叩打數の測定、運動後の血壓、脈搏、呼吸數の恢復狀態の4項目を4000、6000、8000及び10000mの各高度に相當する低壓、低溫下に行つた。以下各項目毎に實驗方法並にその成績を述べることにする。

1. 反應時の測定 Hipp の装置を用ひ、槌音及び赤光に就いて反應時を5回宛測定した。但し温度が餘り低くなると測定装置が使用出来なくなるので、此測定に限り零下10°Cを限度とした。實驗に於て第1に留意しなければならぬ點は、平壓から所定の低壓になる迄、及びそれから反應時を測定する迄の時間で、之が長ければ長い程變化も大きい事が豫想される。そこで測定は所定の低壓になつた直後及びそれから30分後の2回行ふことにし、1、2の例では1時間及び2時間後にも求めて見た。夫等の成績から代表的なものを擧げれば第1表になる。この

第1表 低壓に於ける反應時の變化

被験者	刺激 低壓度mmHg	光				音					
		平壓	354 (6000m)	308 (7000m)	267 (8000m)	231 (9000m)	平壓	354 (6000m)	267 (8000m)	231 (9000m)	198 (10000m)
小 俣		170	150	120	145	180	100	80	100	140	135
鈴 木		160	165	170	160	180	115	100	100	125	—
佐々木		130	170	170	150	170	90	100	110	115	—

實驗で反應時を5回宛測定したのは、吾々の教室の成績(4)から、反應時は測定回數を或る程度まで多くする程一般に短縮し、大體5回位で極小値に近づくことが知られて居るので、之より略々反應時の正しい値を求め得ると考へたからである。第1表から明らかなやうに小俣氏は平壓時より寧ろ6000~8000mの方が速くなつて居る。之に對し佐々木、鈴木兩氏は音では殆んど變らないが、光では非常に遅くなつて來ることが判る、然るに小俣氏は前報告にも記載したやうに、高空鍛鍊者と云ふべきものであり、鈴木、佐々木兩氏は非鍛鍊者と見做されるから、反應時を示標とする限り、鍛鍊者は一定範圍内の低壓環境下に機能亢進を起し、非鍛鍊者は低壓環境にふれると機能低下の一途を辿る傾向を示すものと考へられる。

2. 膝蓋腱反射閾の測定 此實驗の目的は緒言に述べた如く、低壓環境に於ける疲勞度を直接推定するのにある。實驗装置は上述のやうに慈大型腱反射閾測定装置を用ひた。これは一定

の慣性能率を有する槌を或る角度から廻轉落下せしめ、丁度膝反射の起る閾値を角度で表はす方法を用ひた。前項の實驗と同じ低壓條件での膝反射閾の變化は第2表に示す如くであつた。即ち被験者凡てを通じて膝反射閾値に餘り著しい變化は現はれて來なかつた。然し之を仔細に觀察すると、高空鍛鍊者では4000~8000mの高空環境下に膝反射閾が低下し、非鍛鍊者では逆に高まる事が判り、上述の反應時に於けると同様の傾向が觀取された。

第2表 低壓に於ける膝蓋膝反射閾値の變化 (落下角度)

被験者	低壓度mmHg	462	354	308	267	231	198
	平 壓	(4000m)	(6000m)	(7000m)	(8000m)	(9000m)	(10000m)
小 俣	40°	35°	35°	35°	35°	40°	40°
鈴 木	35°	40°	35°	40°	40°	35°	35°
佐々木	35°	35°	50°	45°	50°	45°	45°

次に連日低壓實驗を反復した場合の膝反射閾値を逐日的に求めた成績は、第3表の如くで、毎日1~2時間4000~10000mの高空に相當する低壓環境を9日間経験した場合、鍛鍊者の膝反射閾値は殆んど變らぬか、或ひは寧ろ低下の傾向があるのに對し、非鍛鍊者のそれは漸次高まり、即ち疲勞の累積せられることが推定された。

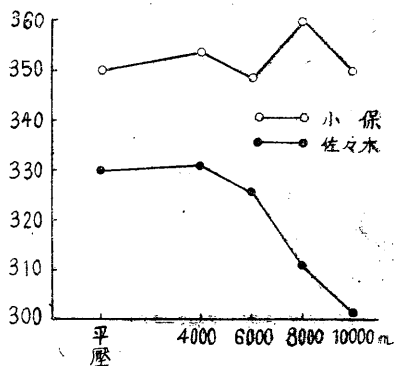
第3表 連日低壓實驗を反復して膝蓋膝反射閾値を測定せる結果 (落下角度)

被験者	實驗日次	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	第8日	第9日
	小 俣		40°	40°	35°	35°	35°	30°	30°	30°
鈴 木		35°	40°	45°	45°	45°	50°	50°	50°	50°
佐々木		35°	45°	45°	45°	50°	50°	55°	55°	60°

3. 拇指叩打數の變化 山越製の運動速度能力測定器を利用し、低壓環境下に於ける拇指叩打數の變化を測定した。その成績は第1圖に示す如く、高空鍛鍊者は低壓環境でも運動速度は殆んど變化して居らぬのに對し、非鍛鍊者では低壓が進むに伴て、運動速度が可なり低下して來た。

以上3項の實驗成績を通覽すれば、高空鍛鍊者は酸素吸入をして居る限り、低壓環境下に疲勞現象や作業能力の低下は殆ど見られず、寧ろ一定の低壓下

第1圖 低壓環境下に於ける拇指叩打數



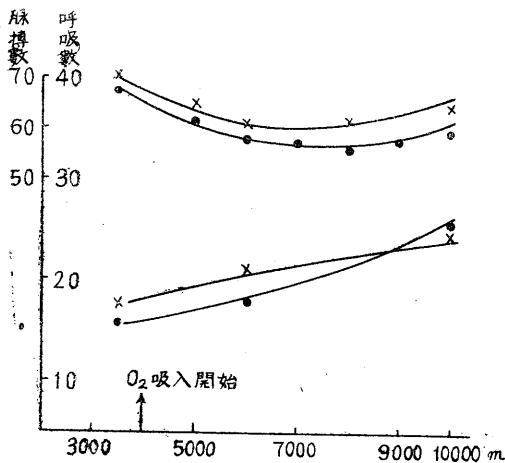
に機能の亢進すら認められ、且又連日低壓環境に暴露されても、此實驗の反復日數位では殆んど疲労現象が認められないのに対し、非鍛鍊者では低壓環境下に置かれると直ちに機能低下の傾向が見られ、逐日的に疲労が累積せられて行くことが判る。

4. 低壓環境下に於ける輕運動後の恢復過程 上述の諸成績から低壓環境下では酸素吸入をして居つても、非鍛鍊者にあつては多少機能低下の傾向があることが明らかになつた。然し安靜にして居る場合には別に自覺的の苦痛を訴へることはないので、此際一定強度の運動を課し、血壓、脈搏、呼吸數の運動後の恢復過程と低壓度との關係をしらべて見た。最初先づ各低壓環境に於ける安靜時の脈搏及び呼吸數を測定して見た。その成績は第4表並に第2圖に示す如くで低壓度の進むにつれて脈搏數は減少し、呼吸數は増加した。

第4表 低壓環境に於ける脈搏、呼吸數の變化

被験者	低壓度mmHg		平 壓	O <sub>2</sub>	493	405	354	308	267	231	198
	測定値				(3500m)	(5000m)	(6000m)	(7000m)	(8000m)	(9000m)	(10000m)
原 田	脈 搏	72	吸 入	70	65	61	—	62	—	64	
	呼 吸 數	18		18	—	21	—	—	—	24	
大 野	脈 搏	68	吸 入	68	62	58	57	56	58	58	
	呼 吸 數	16		16	—	18	—	—	—	26	

第2圖 低壓に於ける脈搏數、呼吸數の變化



次に2秒に1回の膝關節半屈伸運動を2分間行はしめた後の脈搏數、呼吸數及び血壓の變化を測定した結果は第3圖に示す如くである。即ち6000~8000m位の低壓環境下では酸素吸入をして居る限り、平壓に於て同一の運動を行はせた場合の恢復過程と餘り著明な相違が見られなかつた。然し10000mの低壓になると運動繼續中に脈搏、呼吸數が著しく多くなり、急速に多量の酸素補給をなし、運動を中絶せしめなければならなかつた。之は前報告(2)にも記載した如く本實驗に使用したaマスクは、10000mの低壓環境に於ては酸素の補給量に稍不足を來すことから理解出来ることであつて、酸素補給量さへ充分であれば、10000m位の低壓下で充分輕度の運動に堪え得られるものと考へられる。

次に2秒に1回の膝關節半屈伸運動を2分間行はしめた後の脈搏數、呼吸數及び血壓の變化を測定した結果は第3圖に示す如くである。即ち6000~8000m位の低壓環境下では酸素吸入をして居る限り、平壓に於て同一の運動を行はせた場合の恢復過程と餘り著明な相違が見られなかつた。然し10000mの低壓になると運動繼續中に脈搏、呼吸數が著しく多くなり、急速に多量の酸素補給をなし、運動を中絶せしめなければならなかつた。之は前報告(2)にも記載した如く本實驗に使用したaマスクは、10000mの低壓環境に於ては酸素の補給量に稍不足を來すことから理解出来ることであつて、酸素補給量さへ充分であれば、10000m位の低壓下で充分輕度の運動に堪え得られるものと考へられる。

## III. 摘 要

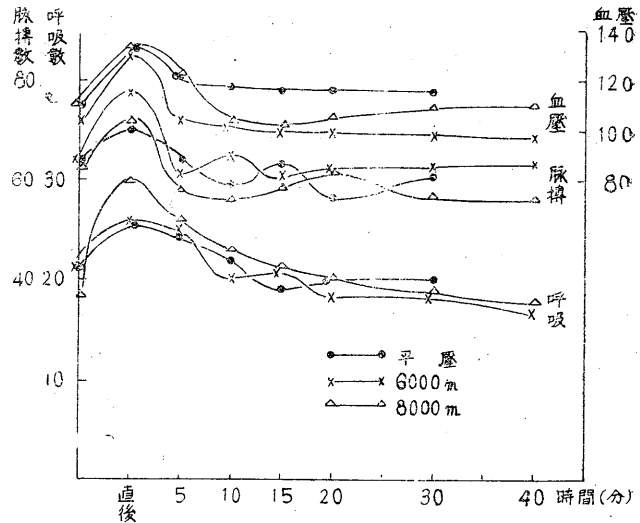
1. 4000~10000m の高空に相當する低壓、低溫下に於ても充分 O<sub>2</sub> 吸入を行つて居れば、殆んど身體的障礙を自覺しない。然るに連日かかる環境に置かれると、慢性變調として種々の障礙を惹起することが云はれて居る。その1つとして疲勞の累積が考へられるので、反應時、膝蓋腱反射閾値、拇指叩打數等の變化を測定して疲勞現象の綜合判定を行ふと共に連日低壓實驗を反復した場合の疲勞の累積狀態を検討した。

2. 其結果高空鍛鍊者では酸素吸入を行つて居る限り、反應時、膝蓋腱反射、拇指叩打數等に殆んど變化が見られず、即ち全く疲勞現象を起して居らぬことが判定せられ、寧ろ一定の低壓下に於ては却て作業機能や反射機能の充進すらが認められ、且又連日低壓環境に暴露されても、この實驗の反復日數位では殆んど疲勞の累積は認められなかつた。之に反し非鍛鍊者では低壓環境下に置かれると直ちに反射竝に作業機能の低下の傾向が認められ、而かも之を反復することにより逐日的に疲勞の累積されて行くことが判つた。

3. 更に上述と全く同じ實驗條件の下に軽い運動を行はしめて、運動後の血壓、脈搏及び呼吸數の恢復過程を測定した。其結果 6000~8000m 位の低壓環境下でも酸素吸入を行つて居る限り、平壓に於て同一運動を行はせた場合の恢復過程と變りがないことが判つた。

附記 本研究の動因は主として朝日新聞社航空部の勧誘と援助に俟つものであつた。茲に本研究に特別の便宜を與へられたる陸軍航空技術研究所並に逓信省中央航空研究所に深謝すると共に朝日新聞社に深謝する。尙主なる被験者となつてもらつた同社の小俣、鈴木、佐々木3氏の勞に深謝する。尙浦本教授、杉本助教の指導校閲に對し、また名取、大村兩講師の實驗援助に對し感謝の意を表する。

第3圖 低壓に於ける運動の恢復過程



## 文 獻

- 1) 上岡文雄 (2601) 日本生理評論 1 356
- 2) 杉本良一・原田久雄・和田恵州男 (2603) 日本生理誌 8 313
- 3) 田中肥後太郎・神村美治 (2594) 海軍軍醫團雜誌 23 226
- 4) 土橋義雄 (2602) 日本生理誌 7 432

航空生理學の研究 (4) 612.275

低壓環境の脈搏數、呼吸數、肺胞氣のO<sub>2</sub>及CO<sub>2</sub>

分壓竝に壓覺閾に及ぼす影響に就て

(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

名取禮二・川上正義・土橋英夫

Natori-Reiji・Kawakami-Masayosi・Tutihasi-Hideo

大野眞一

Ono-Siniti

(昭和18年2月5日受付)

I. 緒言

低壓の人體に及ぼす諸影響の研究は、航空生理學の課題の1つとして最も早くから手をつけられた領域で、其業績も極めて多い。例へば低壓環境下の血壓、脈搏數、呼吸數に就てはSchneider (8) の業績以來、Koch (7), Herbst (4), Schwarz (9), Besserer (2) 等枚舉に違ないと云つてよい。然し此分野が實際問題と關連し、人體が低壓環境に暴露された場合失神或は虚脱に陥る迄の時間を如何にすれば少しでも餘計延長出来るかの研究は、極く近年に始まり、發表せられて居る業績に乏しく、今後の研究に俟つところ極めて大である。そこで吾々は低壓環境下に脈搏、呼吸數、肺胞氣組成等の變化を求め、進んで上述せる保有時間(Zeitreserve)の延長の方法について1,2 検討を加へてみた。

實驗は前報告と同時に行つたもので、其要旨は大日本生理學會第4回小講演會に於て發表した。

II. 實驗方法

被檢者は著者等の中の3名であつた。それらの人々の基本體格及基礎體力は第1, 2表に示す如くである。

第 1 表

被 験 者	年 齡	身長 cm	體重 kg	胸 圍 cm	胸 徑 cm	肩 幅 cm	腹圍 cm	腰幅 cm	上肢長 cm	上膊圍 cm	下肢長 cm	大腿圍 cm	坐高 cm						
		cm	kg	差	左 右 前後	cm	cm	cm	左 右	左 右	左 右	左 右	cm						
川上正義	33	167	64.5	88.3	6.3	29.3	21.5	38.1	84.3	29.2	69	70.1	29	29.5	101	101	58	58.1	191.2
大野眞一	32	161	53.5	81	5.3	26.5	18.8	33.5	69	0.2	65	65.5	23.5	24.2	90	90	48.2	48.8	89.9

實驗は先づ表題の研究其2 (10)に記載した低壓低溫室に入り、aマスクを使用し、充分酸素の補給を行ひつゝ、6000~8000mの高空に相當する低壓環境下でマスクを取つて、酸素補給を絶つと共に、第3表の如き組合せで、何れも3日措きに3度實驗を重ねた。尙呼吸はPneumogramを描寫し呼吸數の他に呼吸の深さを求めて換氣量を計測し得る様にし脈搏數は觸診法により毎分の數を測り、肺胞氣の採取と分析は前報告(10)に據つた。

第 2 表

被 驗 者	脈搏	呼吸	血 壓 mmHg		肺活量	握 力 kg		背筋力	拇指叩打數 1分間		反 應 時 msec		
	毎分	毎分	最大	最小	cc	左	右	kg	左	右	音	光	觸
川上正義	68	15	112	74	4000	51	58	150	228	280	110	205	180
大野眞一	64	15	110	65	3200	40	44.5	105	250	295	105	200	185

第3表、6000mの低壓環境下の實驗の順序(2度目の實驗よりは表中第1回の實驗を最終に行ひ、第4回の測定を15分後とした)。

第 3 表

第 1 回	實 驗 後 三 〇 分 間 入	第 2 回	五 分 間 酸 素 吸 入	第 3 回	五 分 間 酸 素 吸 入	第 4 回
呼吸曲線の描寫、脈搏數の測定等を呼吸曲線に週期性動搖のあらはれる迄續行		マスクを取りはずし、直後の肺胞氣採取		マスクを取りはずし、1分後の肺胞氣採取		マスクを取りはずし、5分後の肺胞氣採取

第4表、8000mの高空に相當する低壓環境下の實驗(2度目より第1回の實驗を最終に行つた)。

第 4 表

第 1 回	三 〇 分 間 酸 素 吸 入	第 2 回	五 分 間 酸 素 吸 入	第 3 回
呼吸曲線の描寫、脈搏數の測定を呼吸困難を訴へる迄續行		マスクを取りはずし、直後の肺胞氣採取		マスクを取りはずし、1分後の肺胞氣採取

次に上述の實驗に引續き、7日以上低壓實驗を體驗した者と全く無經驗の者に就て低壓環境の皮膚壓覺閾に及ぼす影響を観察した。實驗には土橋の方法(13)により、壓迫面積0.15mm<sup>2</sup>、壓迫速度毎秒5mmの撥條式壓覺閾測定装置を利用し、中指第2節背面の所謂壓點の閾値を測定し、その成績を平壓平溫時に於ける成績に比較した。

### III. 實驗成績と其考察

1. 低壓環境下の脈搏數、呼吸數、換氣量、及び肺胞氣組成 本項の實驗で、6000mの高空

に相當する低壓環境下の成績は第5表と第6表に示した。之等の實驗で、マスクを取はずし酸素の補給を絶つと、脈搏數は、時間の経過につれて次第に増加し、その場合呼吸數は最初の1, 2分間は酸素吸入時よりも却つて減じ、次で時間経過と共に増してくる(第1圖)。實驗第1

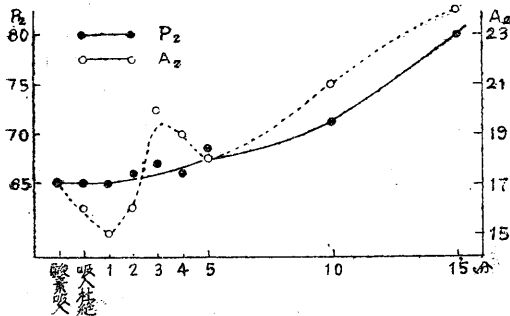
第5表 6000mの低壓環境下の脈搏數(Pz), 呼吸數(Az)の變化

測定日	被験者	Pz・Az (分)	酸素吸入	吸入絶	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後	10分後	15分後	20分後	30分後	40分後	50分後
第1日	大野	Pz	66	66	68	70	72	71	80	81	83	—	—	—	—
		Az	18	18	18	18	20	21	24	23	25	—	—	—	—
	川上	Pz	65	65	65	66	67	66	68	72	80	81	—	—	—
		Az	17	16	15	16	20	19	18	21	24	25	—	—	—
第4日	川上	Pz	67	66	67	67	67	68	70	68	68	—	74	—	—
		Az	17	17	15	18	18	20	18	20	23	—	22	—	—
第7日	川上	Pz	65	—	66	—	—	—	—	68	69	—	70	—	80
		Az	18	—	17	—	—	—	—	20	22	—	21	—	22

第6表 6000mの低壓環境下の肺胞氣の O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 分壓と換氣量 (l)

測定項目	平時	酸素吸入	吸入絶	1分	5分	15分
O <sub>2</sub>	99	150	126	46	56	48
CO <sub>2</sub>	41	42	38	48	26	25
換氣量	8	7	8	10	14	12

第1圖



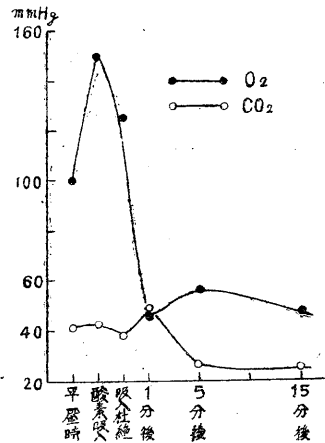
日目の呼吸曲線を観ると、被験者によつて多少差違があるが、大體に於て、マスク除去後15~20分後に Cheyne-Stoke 型の呼吸に移行する前駆症状らしき軽度の週期性動搖が現れて來た。この週期性動搖を起す迄の時點は、低壓實驗を経験するにつれて漸次遅れ、第7日目には45分後を經過しても尙上記の週期性動搖は現はれなかつた。尙表には記載されて居ないが、視診によると、第1日目にはマスク除去後5~10分位經ると次第に口唇、鼻端、頬等に Cyanose を起して來る。Cyanose になる時期は實驗日數が多くなつても餘り變らない様であつた。

以上の成績の中で脈搏數が低壓環境下で増加するのは之迄に諸學者により充分明ら

かにされて居ることで、血中の酸素缺乏に對する頸動脈洞反射其他による合目的的過程として理解される。酸素補給途絶後呼吸數が一時減少し、呼吸氣量が稍々増すことは Benzinger (1) 等の云ふ所謂 Hyperventilation の現象と關連あるものと考へられる。此處で特に興味があるのは、脈搏數、呼吸數等が實驗時日を重ね、低壓實驗に馴れるに從ひ、漸次正常状態に近い値を長時間保ち得るやうになることである。6000m 位の高空に相當する低壓環境を毎日 1, 2 時間づつ 2, 3 日經驗すれば表に示した如く最初 15~20 分のもが 40~50 分或は夫以上の保有時間を持つ様に變つてくる。それは今日此分野の中心課題となつて居る耐高空能(Höhenfestigkeit)の問題に重要な示唆を與へるものと考へる。此事實に關する詳細な検討は目下吾々の教室で白鼠を用ひて行ひつゝあるから、追つて報告されると思ふ。

次に肺胞氣の組成に關しては、マスク除去と共に酸素分壓が次第に減少し(第2圖)、特に酸素補給を絶つてから、1分位の經過で最も小さくなる。之に對し炭酸分壓は1分後に最大となり、次で漸次減少する。此事實はかなり重要な意義を持つ様に考へられる。從來の研究に從へば(11,12)、高山又は高空に於ては低壓の度が進むにつれ、呼吸數は増加し、肺胞氣の酸素及炭酸分壓は減すると報告されて居る。然し上の成績から觀れば高空になると遞減的に酸素缺乏症及び炭酸缺乏症に陥る譯ではなく、其經過中に一時酸素分壓が高まる時期がある。この原因は尙充分明らかでないが、酸素不足に由來すると思はれる過換氣(Hyperventilation)も一役を演ずるであらう。

第 2 圖



第7表 8000m の低壓環境下の呼吸數(Az)及脈搏數(Pz)

測定日	項目	測定時點	平壓時	O <sub>2</sub> 絶直後	1分後	2分後	3分後	5分後	7分後	10分後
			1	Az	17	16	18	21	24	26
	Pz	67	66	69	78	93	95	—	—	
7	Az	16	16	17	19	21	20	27	28	
	Pz	65	68	70	71	75	80	88	93	

2. 8000mの低壓環境下の成績 本項の實驗は少いが之を第7表に示した。保有時間は6000mの低壓環境下に於けるより遙かに短い、脈搏數、呼吸數、肺胞氣の酸素及炭酸分壓の時間的變化の現はれ方は本質的に違ひなかつた。又 6000m の場合の成績と同じく、第1日目は 3~4 分で明らかに呼吸曲線に週期的變動が現はれ自覺的にも呼吸困難を訴へたものが、毎日 1

～2 時間 6000～8000m の環境に居ると7日後には7～10分経ても夫程著しい障害を自覺しないやうになつた。

3. 低壓環境下の壓覺閾の變化 本項の實驗成績は第8表の如くであつた。表中の數字は壓覺閾測定器の讀み(mm)で1mmは1g/mm<sup>2</sup>の壓力に相當する。此成績は孰れの被檢者に就ても平壓時より6000mの低壓環境時の方が多少壓覺閾が高まつて居る。前報告(6)で記載したやうに、低壓下では反應時なども多少短くなる傾向を有して居るが、皮膚感覺は逆に多少鈍感になる。尤もこれは環境竝に皮膚溫度に因るところ少くないやうであつた。表には記載しなかつたが、酸素の吸入を杜絶すれば壓覺閾が概ね高まつた。從來の業績によると、3000m位の高空では聽覺閾は低下し、視覺も調節力が減退して視力障害を起すと報告されて居るが(3,5)、壓覺に關する限り明らかに閾値の上昇が認められる。

第8表 6000mの低壓環境下に於ける壓覺閾

測定時點 被驗者	平 壓 時	O <sub>2</sub> 吸入中	O <sub>2</sub> 吸入杜絶後10分	再 び 平 壓 時
杉本良一	9.2	11.8	11.8	10.8
	10.2	12.8	11.8	10.8
	11.5	11.3	12.3	11.2
川上正義	9.5	13.0	14.5	12.3
	9.8	11.0	12.0	11.5
	10.5	13.0	16.0	11.0
大野眞一	12.0	13.0	14.5	12.3
	12.8	10.0	13.3	13.0
	12.0	11.0	13.5	12.8
手塚 玄	13.5	14.0	14.5	12.5
	11.5	14.0	14.5	12.0
	13.5	13.5	14.0	11.8

此處で問題になる事實の1つは上述の被檢者中2名は脈搏數、呼吸數等より觀ると耐高空能の高まつたと思はれる被檢者であるが、その成績と始めて低壓環境に入つた他の2名の被檢者に就て壓覺閾の變化の程度を比較すると殆んど異同のないことである。暫らく溫度の條件を除外して考へれば、感覺機能は少くとも皮膚の壓覺に關する限り練習による耐高空能性を獲得し難いもののやうに思はれる。

### III. 摘 要

1. 6000～8000mの高空に相當する低壓環境下で酸素吸入を杜絶した場合の脈搏數、呼吸數、肺胞氣組成の變化を時間的に追求し、且つ所謂保有時間(Zeitreserve)の性格に就て1,2検討を進めた。

2. 頭書の高空環境下に酸素補給を絶つと脈搏數は時間の経過につれて次第に増加し、呼吸數は最初1,2分間酸素吸入時より減じ、次で時間経過とともに増加した。

3. 之に對し肺胞氣のO<sub>2</sub>分壓は時間経過につれて遞減し、外氣と平衡するやうになるが、CO<sub>2</sub>分壓は1分後に一時最大となり、次で漸次減少する。

4. 頭書の高空環境下では壓覺閾は高まり、感覺は鈍くなる。この變化は高空經驗者でも非經驗者でも變りなかつた。溫度條件を暫らく除外して考へると、皮膚の感覺の高空への適應は

其他のものよりも遅れるやうである。

5. 然し脈搏數, 呼吸數等の時間的變化は被檢者が低壓實驗を経験するに従つて段々長時正常値に近い値を保つやうになつた。従つて耐高空能は低壓訓練を行ふことより多少高め得るものと考へられる。

附記 本研究の動因は主として朝日新聞社航空部の勧誘と援助とに俟つものであつた。茲に本研究に特別の便宜を與へられた陸軍航空技術研究所並に遞信省中央航空研究所に深謝すると共に朝日新聞社に深謝する。尙實驗の實際に協力された同社の河内, 中野, 小俣3氏の勞を深謝する。尙浦本教授, 杉本助教授の指導と校閲並に大村講師の援助を感謝す。

#### 文 獻

- 1) Benzinger, Th., R. Kaminski & E. Opitz (1940) Luftfahrtmed. 4 225
- 2) Besserer, G. (1937) Luftfahrtmed. 1 301
- 3) 藤澤秀圃 (2598) 岡山醫學雜誌 585 2118
- 4) Herbst, R. (1937) Luftfahrtmed. 1 141
- 5) 池宗逸治 (2600) 岡山醫學雜誌 601 424
- 6) 川上正義・和田惠州男・安井敏夫 (2603) 日本生理誌 8 319
- 7) Koch, Eb. (1937) Luftfahrtmed. 1 161
- 8) Schneider, E. G. & B. R. Lutz (1919) Amer. J. Physiol. 50 230
- 9) Schwarz, W. (1936) Luftfahrtmed. 1 82
- 10) 杉本良一・原田久雄・和田惠州男 (2603) 日本生理誌 8 313
- 11) 田中肥後太郎・原隼人 (2591) 海軍軍醫雜誌 20 83
- 12) 寺師義信 (2584) 軍醫團雜誌 137 803
- 13) 土橋英夫 (2603) 日本生理誌 8 259

航空生理學の研究(5) 612.275

低壓環境に於ける血液乳酸の消長に就て

(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

大村 正・原田久雄・堀口正史  
Ohmura-Tadasi・Harada-Hisao・Horiguti-Masafumi

高橋 英雄

Takahasi-Hideo

(昭和18年2月5日受付)

I. 緒 言

低壓下に血液乳酸の含有量が増すことは高地或は低壓室實驗に依つて多くの報告が爲されて居る(2, 8, 3, 5, 17, 13, 9, 10), Calabresi 等(3)は稀薄なる空氣を呼吸する際には酸・鹽基平衡の變化に依つて血液乳酸量を増すと云つて居るが、一般に低壓下の血液乳酸量の増加は酸素供給の缺乏に依るものと主張されて居る。Liebig 以來酸素供給が少なければ糖よりの乳酸生成が促進されると云はれ、田中・本林(17)は低壓下では生體の酸素不足と共に特殊臟器殊に肝臟に障礙を起す爲めに乳酸量が増すと云ひ、森(9)も低壓實驗で同様の結論を下して居る。更に田中(15)も低壓下に肝臟機能の低下を認めて居る。斯やうな高空上昇時の血液乳酸の増加を幾分でも防止し得れば、高空飛行に對する障礙を軽減し得る理である。吾々の教室では是迄運動生理學の研究で、運動後に蓄積した乳酸は5%程度のCO<sub>2</sub>をO<sub>2</sub>に混合して呼吸せしめると最も早く消却せられることを確めたので(7)；低壓下に蓄積する乳酸も同様CO<sub>2</sub>を加へたO<sub>2</sub>を吸入することに依つて或る程度防止し得るか否かを検討するため純粹のO<sub>2</sub>を吸入せる場合と比較實驗して見た。低壓條件は6000mに相當せる低壓を用ひた。

II. 實 驗 方 法

被験者は實驗擔當者中の2名が當ることになつたが、孰れも健康人である。血液は肘關節部に於て正中靜脈より採血した。被験者の中1名(安井)は本實驗の前約20日間に亘つて連日4000~10000mの高度實驗に馴されたものであり、他の1名(松田)は本實驗に際して始めて低壓を經驗せるものである。前節に記載せる混合瓦斯の吸入は前報告に記載した酸素發生装置を用ひ、O<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>との混合瓦斯は豫め調製し、容積を少くするため瓦斯ボンベにつめて用ひた。使用前勞研式瓦斯分析器を用ひてその組成を調べた結果はO<sub>2</sub>は94.7%、CO<sub>2</sub>は5.3%の割合であつた。尙瓦斯の噴出量は毎分8lで、之を被験者2名が吸入するやうにし、吸入用マスクは前報告(14)に記載したaマスクを用ひた。

第 1 表

月 日	實 驗 條 件		被 驗 者	一 般 症 狀						
	760mmHgより 353mmHg 壓に 要せる時間 (分)	353mmHgより 760mmHg 壓に 要せる時間 (分)		低壓室 溫度	吸入瓦斯 種 類	呼 吸 數 (毎分)	353mmHgにて 瓦斯吸入後	353mmHg 直 後	353mmHgにて 瓦斯吸入30分後	症 狀
10/K	21	8.5	O <sub>2</sub>	15	—	—	Cyanose	—	—	瓦斯吸入後輕快
				18	—	—	Cyanose	—	—	瓦斯吸入後輕快
11/K	22	8.0	CO <sub>2</sub> 5.3% O <sub>2</sub> 94.7%	15	19	19	Cyanose	19	19	瓦斯吸入15分頃輕度の頭痛あるも輕快す
				18	24	21	Cyanose	21	21	瓦斯吸入15分頃輕度の頭痛あるも輕快す
12/K	23	7.0	CO <sub>2</sub> 5.3% O <sub>2</sub> 94.7%	15	22	18	Cyanose	18	18	瓦斯吸入後輕快, 5分頃より頭痛あり20分頃輕快す
				18	24	19	Cyanose 輕度の胸内苦悶あり	19	19	瓦斯吸入後輕快, 5分頃より頭痛あり10分頃輕快す
13/K	21	8.0	O <sub>2</sub>	15	19	15	Cyanose	15	15	瓦斯吸入後輕快, 5分頃頭痛あり10分頃輕快
				18	20	20	Cyanose 輕度の胸内苦悶あり	20	20	瓦斯吸入後輕快, 5分頃頭痛あり10分頃輕快

被験者は防寒用の飛行服、帽子、靴等を着装して低壓室に入り、椅子に腰掛けのまま実験を行った。初め低壓開始前に 20~30 分間安静状態にして第1回の採血を行ひ、血液乳酸靜止價を求め、低壓を開始し 6000m (353mmHg) の高度で低壓装置の運轉を中止し、5分間を経て第2回目の採血を行ひ、採血後より初めて混合瓦斯を吸入せしめ、30分を経て第3回目の採血をなし、而る後混合瓦斯吸入のまま平壓に還し、その直後に第4回目の採血を行ひ、次で低壓室より靜かに準備室に戻り、腰掛けのまま30分間安静を保ち最後の第5回の採血を行った。尙此實驗は4回繰返したが、平壓より 353mmHg まで低壓にする時間と逆に 353mmHg より平壓に戻す時間をなるべく一定にするやうに努め、その結果、前者は21~23分、後者は7~8.5分となつた。低壓室の室温は壓には平行せず6000mの高度に相當せる低温で大體-1.0~-6.0°Cであつた。毎回の實驗條件の異同は被験者の一般症狀と共に實驗成績の條下に詳述する。尙實驗第1日と第4日は純酸素を、第2日と第3日とは前記混合瓦斯を吸入せしめ、血液乳酸の定量法は吾々の教室で曩に報告した van Slyke の測壓式瓦斯分析装置を用ひた北條の方法(6)に倣つた。

### III. 實驗成績

4回の實驗成績を作表してみると第1, 2表に示す如くである。平壓より 6000m の高度に相

第 2 表

被 験 者	吸 入 瓦 斯	實 験 月 日	血 液 乳 酸 量				
			空 氣 吸 入		瓦 斯 吸 入		空 氣 吸 入
			平 壓 正 常 値	353mmHg 5 分 後	353mmHg 瓦 斯 吸 入 30 分 後	平 壓 瓦 斯 吸 入 40 分 後	平 壓 30 分 後
			mM	mM	mM	mM	mM
松 田	O <sub>2</sub>	13/K	1.75	2.76	3.50	—	1.67
		10/K	—	3.32	2.32	3.30	2.45
		平 均	1.75	3.04	2.91	3.30	2.06
實	CO <sub>2</sub> 5.3% O <sub>2</sub> 94.7%	12/K	2.00	2.78	2.01	—	2.35
		11/K	—	3.33	1.78	2.86	2.53
		平 均	2.00	3.06	1.90	2.86	2.44
安 井	O <sub>2</sub>	13/K	1.58	1.69	1.52	—	1.51
		10/K	—	2.57	2.65	2.04	1.69
		平 均	1.58	2.13	2.09	2.04	1.60
敏 夫	CO <sub>2</sub> 5.3% O <sub>2</sub> 94.7%	12/K	1.75	×	1.99	—	1.64
		11/K	—	×	2.05	1.77	1.42
		平 均	1.75	×	2.02	1.77	1.53

當する低壓まで混合瓦斯を吸入せしめなかつたため、第1表に記載せる如く、酸素又は混合瓦斯を吸入するまで顔面に著明な Cyanose を呈し、被験者により軽度の胸苦しさを訴へた。然しそれらの症状は瓦斯吸入後直ちに輕快した。それでも表の最後の項に記入せる如く瓦斯吸入開始後1~15分頃に頭痛を訴へる場合が少くなかつた。呼吸頻度なども表に示す如く若干の變化が見られた。

一方血液乳酸量の測定成績は第2表に示す如く、被験者の1名では低壓状態で靜止價の2倍に達してゐる。この被験者は平壓に復歸し、30分を経たところでも幾分靜止價より高まつて居り、他の1名では、低壓で増加する迄は同じ傾向を示したが、平壓復歸後稍々陰性相を呈してゐる點が注意された。

O<sub>2</sub>のみと O<sub>2</sub> 及 CO<sub>2</sub> の混合瓦斯吸入の比較は、實驗例が少くはあるが、混合瓦斯吸入の方が低壓状態での乳酸量の増加の程度が低く、また平均復歸後の値が低いと云へる。これらの詳細は次章に考察する。

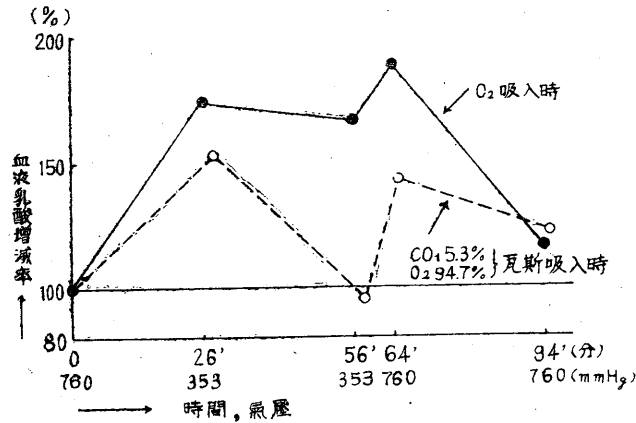
#### IV. 實驗結果に對する考察

低壓室實驗では 3500~4000m の高度に相當する低壓になれば、酸素吸入を行ふのが普通である。この程度の低壓では、殊に酸素吸入をしてゐては、血液乳酸量は變化しないか、しても軽度であり、標題の實驗目的を達成し難いと考へ、多少の危険を豫想し乍ら、酸素吸入なしで 6000m の低壓まで落して見たのであつた。此際の症状は前章に記載したやうに、Cyanose と軽度の胸苦しきで濟んだ。これらは酸素缺乏症竝に炭酸缺乏症に基くもので、その後の酸素または酸素と炭酸瓦斯の混合瓦斯吸入で、途中頭痛を訴へる場合も少くなかつたが、輕快した。

一方血液乳酸量は前章に記載した如き結果で、兩被験者により多少の差異はあつたが、全體としては同一の傾向を辿つて變化した。上記の個人差は低壓室に馴れたか否かの差に基くところが多いやうである。馴れると適應が著明になる(11)のは當然で、吾々の被験者でも安井は松田よりもより馴れてゐた。その結果第2採血時の成績は安井に於て7%前後の増加であつたのに松田は39~57.5%の増加を示し、其後の採血の結果も亦前章記載の如き差異を示した。此種の實驗に關し、動物實驗で家兎を用ひ、森(9)は 250mmHg (約 9000m) の低壓状態 10 分間で 80.6%、20 分間で 181.9%、30 分間で 219% の増加を見たと報告して居る。

實驗成績の處で少しく觸れたが、次に O<sub>2</sub> 竝に CO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub> 混合瓦斯吸入に依る血液乳酸の時間的變化を考察しやう。安井の例では表に示す如く、混合瓦斯の場合、折角の測定が失敗に終つたものがあるので以下主として松田の例で考察する。先づ O<sub>2</sub> 吸入の場合を見るに、353mmHg に於て酸素吸入後 30 分を経て血液乳酸量が増した場合と減つた場合とが現はれた。然るに CO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub> 混合瓦斯を吸入せる場合はいづれも同じ 30 分後に著るしき減少を示し、而かも共に低壓前の靜止價に戻つて居る。判り易くするため 4 回の實驗の平均値を求めてその増減率を比較すれば第1圖の如くなる。圖によつて O<sub>2</sub> と CO<sub>2</sub>・O<sub>2</sub> の混合瓦斯の優劣が略々はつきりす

第 1 圖



る。此事實は吾々の教室で北條 (7), 大村 (12), 原田 (4) 等の  $\text{CO}_2 \cdot \text{O}_2$  混合瓦斯の血液乳酸消却に對する効果が低壓環境に對しても亦純酸素吸入より有效なることを示してゐると思はれる。低壓では稀薄なる空氣を吸入するため、肺胞内の  $\text{O}_2$  張力低下し、酸素缺乏症を呈し、この場合  $\text{O}_2$  を吸入せしめることに依り、右の症状を除き得ると考へられるのに、血液乳酸量は充分の恢復を示さない。然るに  $\text{O}_2$  に  $\text{CO}_2$  を混合せしめると始めて血液乳酸量を靜止價に戻すことが出来る。云ふまでもなく之は  $\text{CO}_2$  の混入により呼吸中樞を刺激して換氣を旺んにし、進んで血液乳酸の消却に効果的に働いたためである。航空時に短時間で高空に昇る場合、肺胞氣は  $\text{O}_2$  張力のみならず  $\text{CO}_2$  張力も亦著しく減少すると云はれ (18), 田中・原 (16) は低壓實驗で同様のことを立證した。血液乳酸が肺胞で消却され (1), その際  $\text{CO}_2$  の存在が必要であるとの所説 (12) に鑑み低壓状態でも肺胞氣の  $\text{CO}_2$  張力が減少して居ては血液乳酸の消却を阻害することは確である。従つて  $\text{O}_2$  吸入よりも  $\text{CO}_2 \cdot \text{O}_2$  混合瓦斯を吸入せしめることは、肺胞氣の  $\text{CO}_2$  張力を増加せしめることにより血液乳酸の消却を促進せしめるものと認められ、第 1 圖は此事實を實證するものと思ふ。

尙松田の場合、353mmHg で瓦斯吸入 30 分後、8.5 分で平壓に戻した時の乳酸量は上記の低壓状態よりも増して居る。此事實は安井の例では却つて靜止價よりも低く、若しその靜止價が眞に靜止價であるとすれば、陰性相とさへ思はれるのであるが、それと松田の場合の鍊成條件などを考へ今後の研究で明かにせねばならない。平壓に戻してから 30 分後に靜止價に戻つてゐないのは絶對安靜を保たしめ得なかつたからかも知れない。

## V. 摘 要

1. 健康なる男子 2 名を被験者とし、酸素吸入なしで 6000m の高度に相當せる 353mmHg の低壓に持ち來たし、其後酸素或は酸素と 5.3% の割合に炭酸瓦斯を混ぜた混合瓦斯を吸入せしめ、一定時後再び平壓に戻した時の血液乳酸の消長を觀察した。

2. 酸素を吸入せしめずに平壓より 353mmHg の低壓に持ち來たした時間は平均 22分であつたが、其際呼吸數の増加, Cyanose, 軽度の胸苦しさ等酸素缺乏及炭酸缺乏の一般症狀を呈したが、酸素又は前項の酸素・炭酸瓦斯の混合瓦斯を吸入せしめることに依りそれらの症狀は間もなく輕快した。

3. 353mmHg の低壓で一般症狀を呈せる時の血液乳酸量はその靜止價に對し 7~57.5% の増加を示し、低壓經驗者は 7% 前後であるのに、經驗なきものは 39~57.5% で著明に適應の存在を實證した。

4. 上記の低壓状態で酸素又は酸素・炭酸瓦斯混合氣を吸入せしめた場合の血液乳酸量の消長を比較すると混合瓦斯を吸入せしめた場合の方が有効であつた。

5. 前項の事實は炭酸瓦斯が呼吸中樞を刺激して換氣を旺んにするのみならず、血液乳酸の消却を促進せしめる結果である。故に高空航行時には純酸素の吸入よりも 5% 程度に炭酸瓦斯を混合せる混合瓦斯を補給することが必要である。

附記 本研究の動因は主として朝日新聞社航空部の勧誘と援助とに俟つものであつた。茲に本研究に特別の便宜を與へられた陸軍航空技術研究所並に遞信省中央航空研究所に深謝すると共に朝日新聞社に深謝する。尙實驗の實際に協力された同社の河内、中野、小俣 3 氏の勞に深謝する。尙浦本教授、杉本助教授の指導と校閲並に名取講師の援助を銘謝す。

#### 文 獻

- 1) Alpern, D., E. Simonson, G. Sirkina & L. Tutkiewitsch (1935) Pflüger' Arch. 235 554
- 2) 荒木寅三郎 (1891) Zeits, physiol. chem. 15 235
- 3) Calabresi, Massimo & Willy Schwarz (1930) Riforma med. II 1111
- 4) 原田久雄 (2602) 日本生理誌 7 389
- 5) Henderson, Y., E. M. Radloff & L. A. Greenberg (1933) Amer. J. Physiol. 105 49
- 6) 北條和雄 (2596) 日本生理誌 1 231
- 7) 北條和雄 (2597) Ibid 2 4
- 8) Laquer, F. (1924) Pflüger' Arch 203 35
- 9) 森 利通 (2600) 滿洲醫學雜誌 32 443
- 10) 森 利通 (2600) Ibid 32 627
- 11) 生沼曹六 (2598) 日本學術協會報告 13 477
- 12) 大村 正 (2601) 日本生理誌 6 4
- 13) 關根榮一 (2598) 北越醫學會雜誌 53 1640
- 14) 杉本良一・原田久雄・和田惠州男 (2603) 日本生理誌 8 313
- 15) 田中肥後太郎 (2595) 海軍々醫會雜誌 24 490
- 16) 田中肥後太郎・原 隼人 (2591) Ibid 20 83
- 17) 田中肥後太郎・本林富士郎 (2595) Ibid. 24 1
- 18) 寺師義信 (2584) 軍醫團雜誌 137 803

航空生理學の研究(6) 612.275

低壓環境の血液諸性狀に及ぼす影響に就て

(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

町田 憲二・湯田 勝年・安井 敏夫

Matida-Kenji・Yuda-Katutosi・Yasui-Tosio

松 田 實

Matuda-Minoru

(昭和18年2月5日受付)

I. 緒 言

高地に一定期間滞在すると、赤血球が増し、血液像に種々の變化が現はれることは夙に諸學者の報告せる處であるが、毎日短時間高空環境に曝される場合類似の變化が現はれるかの研究は今日尙乏しい状態である。然し此問題は航空機搭乗者の所謂耐高空能の獲得、高空適應、高空病豫防等の實際問題にとり基礎的な課題として極めて重要である。此課題に對し、吾々は表題の研究の一環として、6000~10000mの高空に相當する低温、低壓環境に毎日1~2時間7~14日間暴露された被檢者の赤血球數、血液像、血液沈降速度等を逐日的に測定してみた。

實驗は前報告の實驗(2, 5, 6, 7)と同時にに行ったもので、その要旨は第4回大日本生理學會小講演會に於て發表した。

II. 實驗方法

被檢者は前報告(2, 5, 7)で實驗を擔當した5名であるので、その體格及體力の記載は省略する。各被檢者の低壓暴露條件が少しづつ違ふのでその條件を第1表に示した。表中酸素吸入

第 1 表

被 験 者	暴 露 條 件	8月18日→8月27日 6000~8000 m の 低壓下に1~1.5時間 暴露 5000m以上酸素吸入	9月3日→9月13日 6000~10000 m の 低壓下に1~1.5時間 暴露 5000m以上酸素吸入
川 上 正 義		第1日入室せず	前報(Ⅲ)記載の日割で一時 酸素吸入杜絶
大 野 眞 一		此期間入室せず	同 上
大 村 正		第3, 第6日入室せず	第1, 第2日入室せず
手 塚 玄		此期間入室せず	第1日より入室
湯 田 勝 年		同 上	同 上

(減壓及加壓條件は前報(Ⅳ)の記載の如くであつた)

と記したのは前報告に記載した a 型マスクを用いたのである。血球数は法の如く Thoma-Zeiss 計算器で、血色素量は Sahli の血色素計で求め、別に血液沈降速度を測定した。

### III. 実験成績

1. 低壓環境の血球数に及ぼす影響 低壓実験を経験するにつれて全被検者とも赤血球数が多少増加した(第2表)。従来高空環境下の赤血球数増加の原因として酸素缺乏による造血器官の機能増進、血液貯蔵器、例へば脾臓の縮小(1)、高空氣象例へば紫外線、寒冷の影響(3)、等が擧げられて居る。然し本報告に關する限り、被検者の大部分が、4500~5000m以上の低壓環境になると酸素吸入を行ひ、また肺胞氣の酸素分壓のうへでは酸素補給量は不足して居るとは云へないから(1報)、一概に酸素缺乏を主因とするわけにはいかない。又低壓室実験であるから紫外線の影響は無視してよく、採血は低壓室外で、而かも夏季常溫下に行つたので、寒冷による皮下血流の鬱滞(3)によるものとは云へない。従つて上述の実験に於ける赤血球増加の本態は軽度の酸素缺乏以外には、血中炭酸の減少と減壓による全機能的な生理機能の變化に由來する現象だとする以外には解釋されない。一方白血球数は上述の実験期間内には大して變化をみなかつた

第2表 低壓環境の血球数に及ぼす影響

被 験 者	測定項目		赤血球数 (萬)	白血球数
	測定日			
大村 正	9月 3日		543	7000
	6		545	7200
	11		560	7400
	16		530	7300
川上正義	9月 3日		512	6800
	6		520	7400
	11		535	7200
	16		510	7200
手塚 玄	8月30日		490	6200
	9月 3日		495	6090
	6		520	7800
	16		500	6800
湯田勝年	8月30日		480	7400
	9月 3日		480	6000
	6		495	6400
	12		465	6800
大野眞一	9月 6日		510	6600
	11		605	6500
	16		495	6200

第2表)。従來の業績を觀るに、酸素不足のより激しい實驗条件下でも白血球の變動は殆んど現はれないと報告されて居るから(4)、低壓環境は白血球数の總數にあまり影響を及ぼさぬものと考へられる。

2. 低壓關係の血液像に及ぼす影響 先づ赤血球像を見るに、全實驗期間内を通じて幼弱赤血球は認められず、低壓実験を1週間位體驗した處で軽度の Anisozytose が認められたに過ぎなかつた。従つて骨髓刺激による赤血球の新生増加はあまり起らぬものと認められる。

次に白血球像は極めて特異な變動を示した(第3表)。低壓環境に暴露される回數が重なるにつれ、中性嗜好多核白血球数減少し、淋巴球は稍々増して居り、その正常への復歸過程には逆順に順次多核白血球が増加し、淋巴球が減少していつた。従來の業績を觀るに、低壓環境に滞在

第3表 低壓環境の血液像に及ぼす影響

被験者 血液の 種別 (%)	手塚 玄		川上正義		湯田勝年		大野眞一		大村 正	
	30/VIII 3/X	6/X 11/X 17/X	30/VIII 3/X	6/X 12/X 22/X	30/VIII 3/X	6/X 12/X	6/X 11/X 16/X	6/X 11/X 16/X	3/X 6/X	11/X 16/X
鹽基性嗜好白血球	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エオザン嗜好白血球	0	3	0.5	2.5	0	1.5	0.5	0.5	2.5	1
大單核及移行型	3	6.5	4	5.5	5	11	1.5	5	1.5	10.5
淋巴球 { 小 大	24	42	27	49	26.5	34.5	37	50	32.5	41
	11.5	3	10	2.5	8.5	1.5	4	2.5	10	1
プラスマ細胞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
刺 激 型	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中性嗜好白血球 { 骨髓細胞 幼弱骨髓細胞 桿狀核型 分節核型	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	4.5	1.5	2.5	2.5	7.5	4	3	3	6
	55.5	41	57	62	57.5	44	47	39	51.5	38.5
	36	41.5	38	38	48	48	48.5	38.5	38.5	59.5
	40	49.5	62.5	62.5						

すると多核白血球の減少とともに淋巴球の増加する事が報告されて居るが、本實驗に於ても同様な關係が認められた。次に注意されたことは大多核白血球及び複合白血球の増加である。増加率は10%を超えて居るから生理的變動を遙に越えて居ると認められる。之を要するに白血球像の變化は從來比較的激しい酸素缺乏下に實驗された諸報告の結果と略々一致してゐる。

3. 低壓關係の赤血球沈降速度に及ぼす影響 實驗成績は第4表に示す如く低壓實驗が進むにつれて沈降速度が稍々増加した。一方血色素量は殆んど正常値と變つて居ない。從來の報告によると低壓環境下に血色素量は多少増加するが、その増加量は僅かで、赤血球數の増加率とは一致しないと云はれて居る。従つて上述の如き僅かな間だけ低壓環境に暴露される場合は、血色素量に認め得る程度の變化は現はれぬものと考へられる。

IV. 總 括

此實驗は以上述べた如く、低壓環境に暴露される時間は毎日 1~2 時間であり、而かも酸素吸入をしてゐるので、酸素缺乏を起すとは考へられぬ。それにも拘らず血液諸性状には高地居住者に觀られる如き變化が現はれた。従つて酸素補給を充分にしても、尙且つ航空機搭乗者の血液諸性状には一定の變化が起ると考へられる。此事實は耐高空能の獲得、高空環境への適應に對して相當重要な事柄である。従つてその機序を低壓環境に於ける滞在時間、壓の變化の時間的割合等々上述の血液諸性状變化の要

第4表 低壓環境の血液沈降速度に及ぼす影響

測定日 被験者 實測時分	手塚			川上正義			大野眞一			大村正			湯田勝年				
	30/Ⅷ	3/K	6/K	15/K	22/K	3/K	6/K	10/K	22/K	3/K	11/K	16/K	22/K	30/Ⅷ	6/K	16/K	22/K
15	1	1	0	0.5	1	0	0	1	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	0.5	1
30	2	1.5	4	1.5	2	1	2	1.5	2	1	1	1.5	1	2	3	1.5	3
60	4	4	10	5	6	2	3	5	3	2	2	3	3	7	9	4	7
120	10	12	20	16	18	5	6	9	6	7	3	8	6	13	20	11	15
180	18	20	30	24	28	5	10	9	7	14	9	12	10	27	32	20	26
平均値	4.5	5.0	10	7.5	6.0	2.3	3.0	5.3	4.0	3.3	1.8	3.0	3.0	6.8	9.5	4.8	7.3

因となるべき事項につき、更に詳細に研究せねばならぬ。

附記 本研究の動因は主として朝日新聞社航空部の勧誘と援助とに俟つものであつた。茲に本研究に特別の便宜を與へられたる陸軍航空技術研究所並に逓信省中央航空研究所に深謝すると共に朝日新聞社に深謝する。尙實驗の實際に協力された同社の河内、中野、小俣3氏の勞を深謝する。

尙浦本教授、杉本助教授の指導校閲に對し、また名取、大村兩講師の實驗援助に對し感謝の意を表する。

#### 文 獻

- 1) Barcroft (1927) Die Atmungsfunktion des Blutes. Berlin.
- 2) 川上正義・和田惠州男・安井敏夫 (2603) 日本生理誌 8 319
- 3) Loewy, A. & L. L. Zuntz (1896) Pflügers Arch. 66
- 4) Loewy, A. (1932) Physiol. d. Höhenklimas 91, 92
- 5) 名取禮二・川上正義・土橋英夫・大野眞一 (2603) 日本生理誌 8 324
- 6) 大村 正・原田久雄・堀口正史・高橋英雄 (2603) 日本生理誌 8 330
- 7) 杉本良一・原田久雄・和田惠州男 (2603) 日本生理誌 8 313

## 航空生理學の研究 (7) 612.275

### 耐高空能に就ての研究

(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

安井敏夫・松田實

Yasui-Tosio・Matuda-Minoru

(昭和18年2月5日受付)

#### I. 緒言

この報告は耐高空能に就ての基礎的研究としてマウスを實驗動物とし、硝子製真空乾燥器を利用し、4000~12000mの低壓の範圍につき、マウスの反應を外より觀たところから反應閾、障礙閾、危険閾を判定してみた實驗である。

高山の如き低壓環境に比較的長く滞在する場合の馴化 (Akklimation) は一般に知られて居るが、航空機での急激な上昇や低壓室實驗時の如き急激な氣壓變化への順應作用は多少異つて居る。Strugholdはこの順應機轉を調節作用 (Akkomodation) と稱し(13)、其際低壓に順應し得られる反應力を航空生理學の領域では耐高空能 (Höhenfestigkeit) と稱して居る。

この耐高空能は人では個人差がある他、低壓に慣れるか否かで著しき差異を生ずる。この低壓順應現象に就ては既に數多の報告があり(2, 3, 5, 8, 9, 13, 14, 16)、余等の教室に於ても曩に6000及び8000mの高度に相當する低壓下に10日間の經驗後、保有時間 (Zeitreserve) が6000mでは30~40分、8000mでは約3分間の延長が見られた(7)。斯やうに低壓經驗によつて低壓順應機轉が發達すると共に耐高空能も著しく上昇する。人體に於ける耐高空能の練習效果に關しては Sukoviy (17) 及び Meier-Müller (6) 等の報告などがある。然し乍ら此の耐高空能の練習效果に依る發達過程に就ては未だ確然たる報告はない。因て余等はマウスを用ひ、その基礎的實驗を行つたのである。同時に一度獲得したと思はれる耐高空能の持続性をも觀察した。

實驗は昭和17年2月より4月迄の間に行つたものである。

#### II. 實驗方法

A. 實驗動物 上述の如く被驗動物には生後20~30日のマウスを用ひた。それらの飼育には食物に關し特別の制限乃至注意は拂はなかつた。

B. 低壓瓶 これは内容8.3l、口徑30cmの無色透明硝子製真空乾燥瓶で、蓋の中央部のゴム栓に括栓付硝子管を挿入し、厚ゴム管で吸引ポンプに連結して低壓にするやうにし、瓶内の壓は瓶の下方の口にゴム栓を挿入し、これにも硝子管を嵌め更にゴム管で水銀 Manometer に

連結し読みを取つた。水銀 Manometer は、内徑 4 mm、長さ 52 cm の硝子盲管で Torricelli の真空にした壓力計である。壓力計との連結は内徑 4 mm、長さ 10 cm の硝子管を挿入し、その一端を低壓瓶に連結した。又低壓瓶中には寒暖計を装置し、氣壓（高度）と溫度を讀み取つた。溫度は 11~14°C の範圍であつた。

C. 實驗の實施 實驗はマウスを低壓瓶中に入れ、瓶の縁によく白色ワセリンを塗り、蓋を密封し、吸引ポンプで瓶内を低壓にして行つたが、低壓に要する時間（速度）は 4000m:16秒、6000m:49秒、8000m:2分、10000m:4分50秒と云ふ割合であつた。實驗は次の數項に分けられる。

1. 低壓時に於けるマウスの一般症狀の觀察竝にそれによる反應閾 (Reaktionsschwelle)、障碍閾 (Störungsschwelle)、危險閾 (Kritische Schwelle) 等の高空作用閾の判定。
2. 各種の低壓を経験せるマウスに就ての危險閾の比較 之にはマウスを 3 群に分け、4000, 6000, 8000m に於て夫々 10 分間低壓を経験せしめ、1 時間後各群毎に危險閾を比較した。
3. 各種の低壓經驗マウスの低壓經驗前後に於ける障碍閾及び危險閾の比較 (2) の實驗を詳細に觀察するため豫め個々のマウスに就き一應障碍閾及び危險閾を觀測し、3 日の後夫等を 3 群に分け、4000, 6000, 8000m の低壓で夫々 10 分間低壓を経験せしめた。而して 1 時間後に各群毎に障碍閾及び危險閾を比較した。
4. 耐高空能の持續性の檢討 (2), (3) の實驗に於て 4000, 6000, 8000m の各低壓で 10 分間の低壓經驗に依り生起せられたと思はれる耐高空能の持續期間を各群毎に危險閾に依り觀察した。

### III. 實驗成績

1. 低壓時に於けるマウスの一般症狀の觀察竝に高空作用閾の判定 實驗條件で述べた如き吸引速度で低壓度を進め乍らマウスの一般症狀を觀察するに、4000m 位の低壓で先づ呼吸數の増すのが見られ、更に 7500~8000m の低壓になると著明な且つ特有の症狀を呈した。即ち不安状態となつて瓶の中を歩き廻つて居るマウスは四肢の自由を失ひ通常の姿勢を保ち得なくなり、腹部を下に付けて匍匐の状態をとり、呼吸數は減少する。殊にこの症狀を呈する初期には、最初に下半身の、就中後肢の麻痺が起り、腰部を下に付けて前肢で歩き廻り、漸次前肢の麻痺を起して匍匐の状態になつた。次で 9000m 前後の低壓を過ぎると痙攣 (Krampf) を起すがこれも亦後肢に始まり、次で前肢に及び遂にマウスは顛倒するに至つた。

以上の如き一般状態の觀察よりマウスに於ける高空作用閾を推定すれば反應閾は 4000m、障碍閾は 7500~8000m、危險閾は 8000~9000m と觀られる。尙低壓經驗マウスでは次に述ぶる如く高空作用閾が上昇するが、一般症狀にも前述するところとは多少異つて來る。即ち低壓經驗マウスは低壓度が進むと瓶の中を歩き廻ることをせず、恰も低壓に堪えるための如く體を丸くしてうづくまり靜止状態を保持してゐる。而して危險閾の痙攣は其後間もなく止り、呼吸

數も増加し、匍匐の姿勢に戻り、更に若干の低壓度の進行に堪えた。低壓未経験マウスも経験マウスも危険閾の痙攣は復壓すれば直ちに正常状態に恢復した。

2. 各種低壓経験マウスに於ける危険閾の比較

4000, 6000, 8000mの各低壓10分間の経験マウス3群に於ける危険閾は第1表に示す如くである。経験高度の高い程閾値の上る事は夫等の平均値に依り知られる。尙 4000m の低壓條件群に限り10分間の低壓後復壓に際して全身痙攣を起して苦悶死亡せしものが8例中3例見られた。

3. 各種低壓経験マウスの低壓経験前後に於ける障

第 1 表

低壓経験高度	低壓経験時間	實驗番號	危 險 閾
m	分		mmHg
4000 (462mmHg)	10	1	255
		3	216
		5	214
		6	253
		8	218
	平 均		
6000 (353mmHg)	10	9	242
		10	240
		11	230
		12	154
		13	220
	平 均		
8000 (267mmHg)	10	14	140 *
		15	140 *
		16	140 *
		17	186
		18	154
	平 均		

\* 印……痙攣を認めず

第 2 表

實驗番號	低 壓 經 験 前			低壓経験高度	低壓経験時間	低 壓 經 験 後		
	障 碍 閾	危 險 閾	差			障 碍 閾	危 險 閾	差
	mmHg	mmHg	mmHg			mmHg	mmHg	mmHg
19	270	210	—	4000 (462mmHg)	10	250	140	—
20	250	198	—			200	176	—
平均	260	204	56			225	158	67
21	270	195	—	6000 (353mmHg)	10	240	190	—
22	260	205	—			240	140	—
平均	265	200	65			240	165	75
23	260	210	—	8000 (267mmHg)	10	245	140	—
24	280	240	—			250	140	—
平均	270	225	45			247.5	140	107.5

碍閾及び危険閾の比較 實驗結果は第2表の如くである。此の際各低壓經驗前後の障碍閾と危険閾との高度差の變化をも求めて見た。

4. 耐高空能の持続性の検討 これに関する實驗結果は第3表の如くである。

第 3 表

實驗番號	低壓無經驗時 (危険閾)	低壓經驗高度及時間		低壓經驗後(危険閾)					
		高度	時間	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日
	mmHg	m	分	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
25	198	4000	10	176	185				
26	210			140	—	160			
27	270			240	—	270			
28	215	6000	10	140	—	—	220		
29	260			170	190				
30	210			190	—	230			
31	220			140	—	—	224		
32	210	8000	10	140	—	140			
33	260			140	—	140	—	—	240
34	260			180	—	—	—	200	
35	240			158	—	—	—	—	270

## IV. 實驗結果に対する考察

生物に對する高度作用閾の判定は第4表に示す如く Ruff u. Strughold (11) の判定と余等の場合とは大體似てゐるが、マウスの高度作用閾が幾分高く評價されるやうである。この實驗は

第 4 表

實驗者	生物種類	反應閾	障碍閾	危険閾	致死閾
		m	m	m	m
Ruff u. Strughold	一般	2000~3000	4000~5000	6000~8000	8000以上
安井・松田	Maus	4000	7500~8000	8000~9000	9000以上

動物實驗で且つ外から見ただけで低壓に伴ふ生體内の變化を觀なかつたので、多少のずれがあるかとも考へられる。反應閾では瓦斯代謝の促進により呼吸數を増し、また心臓の機能亢進に依り、酸素缺乏に對する完全代償が行はれて居るが(11)、マウスでは4000m前後で呼吸數が増すからこの高度が反應閾と見做される。4000m以上になると特に中樞神経系の機能障碍が著明に表はれるが(11)、マウスでは不安状態になつて瓶の中を歩き廻り、7500~8000mに至ると呼吸數は減じ、四肢の自由を失つて匍匐姿勢をとる様になる。殊に著明なる症状として最初下

半身が侵され所謂腰が抜けた如き状態を呈し、後肢の麻痺を起して腰部を下に付けて前肢で匍ひ廻り、後には前肢も侵され、遂に腹部を全く下に付けて匍匐姿勢をとる。因てマウスの障碍閾は 7500~8000m と見做される。この際最初下半身が侵されて腰が抜けた如き症状を呈してから、前肢次で全身に麻痺症状が波及してゆく状況は低壓に於ける麻痺症状の現はれ方を示すものであつて、この事は高空作用によつて身體の姿勢反射が侵され(15)、又 Höhenkrämpfe は四肢の震顫を前驅症状として現はれるといふ(10)こと等と關聯して誠に興味ある事柄と考へられる。次で 9000m 前後を過ぎると痙攣を起して顛倒苦悶状態になる。この高度が危険閾と見做される。以上の如く一般状態より高度作用閾を定めたが、障碍閾と危険閾の高度の差が一般の高度作用閾に於ける夫より小となつてゐる。これは上述の如く一般状態の觀察によるものであるため、詳細に検討を加へれば障碍閾の高度が多少下るものと考へられる。元來高度作用閾を左右する因子として外的因子と内的因子とが考へられ(12)、外的因子としては高度上昇速度及溫度、内的因子としては年齢、性別等が考慮せられる。上昇速度が低壓進行度竝に酸素欠乏度に影響する事甚大なることより高度上昇速度と作用閾とは密接なる關係がある。

Hohmeyer (3) は鳩を 10500m 上昇せしめるに 6 時間を要した結果、上昇後呼吸、脈搏に特別の變化が認められなかつたと云ふ。余等の實驗では比較的短時間に上昇せしめたので低壓竝に酸素欠乏の影響も速かに現はれたものと考へられる。溫度も亦代謝作用竝に之が代償に必要な循環系に對する負荷作用等に對して影響を及ぼすこと大であるから、低壓に低温を伴へば影響は一層大であらうが、余等の實驗溫度は 11~14°C で行つたので、溫度の影響は考慮に入れて居ない。次に内的因子として生後 1 ヶ月の白鼠が最も閾値が高く、1/2~1 年のものが之に次ぐと云はれるが(1)、本實驗では生後 20~30 日のマウスを用ひて上述の作用閾を判定したのである。實驗成績には記載しなかつたが、生後 2 ヶ月以後のマウスでは比較的閾値が低い如く觀察せられた。これは今後の研究に俟たねはならぬ。性別に就ては雌は雄よりも少しく低壓に堪えると云はれるが(1)、本實驗では特に之の點を考へに入れなかつた。耐高空能に就ての動物實驗では痙攣を起すところを危険閾としてゐる(13)。余等も亦これに従つた。實驗の(2)で低壓經驗マウスの危険閾は、4000, 6000, 8000m の各低壓を 10 分間經驗しただけで閾値が夫々 231mmHg (約 9000m), 210.4mmHg (約 9580m), 152mmHg (約 11600m) となり(第 1 表)、閾値は 9000m 以上に上昇し、低壓未經驗マウスのそれとは明らかに相違する。この實驗では低壓經驗時間が一定であるため、閾の上昇は經驗高度(低壓)に比例するかの如く、8000m の場合では 11600m 迄になり、12200m (140mmHg) に於て尙痙攣を起さぬものが 3 例もあつた程である。斯やうに 10 分間の唯 1 回の低壓經驗に依つて閾が上るのであるが、低壓經驗なきマウスは低壓が進むにつれて不安状態となり瓶内を歩き廻り、之に反し經驗マウスは或程度の低壓になると既に述べた如く低壓に堪えるために體を丸くし、静止状態を保持してゐる。低壓の環境内に於ては少しの筋勞作を伴ふ場合にも呼吸困難、心悸亢進等を起して代

償不全症候を早期に惹起せしめる故に低壓環境に於ては身體を安靜に保ち酸素消費量を低減せしめることを第1とせねばならないと云はれ、余等の前報告でも教室員が低壓實驗に際して體驗したことである(4)。

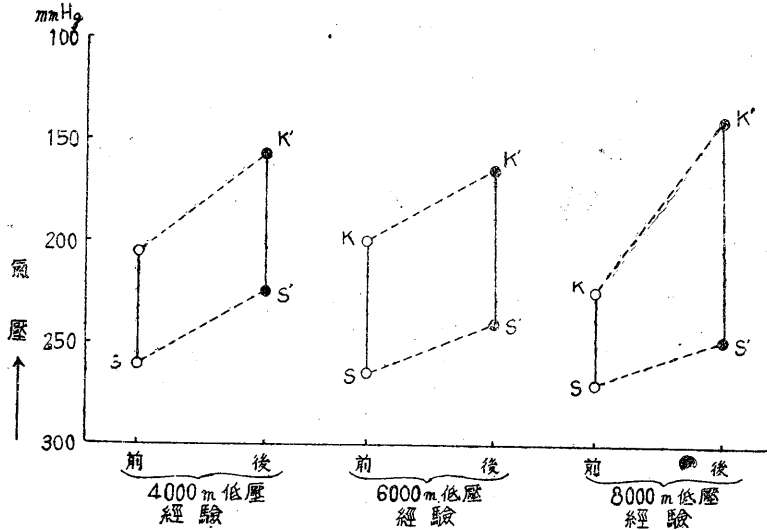
尙 4000m の低壓條件群に限り 10 分間の低壓後復壓に際し、全身痙攣を起して死んだのが 8 例中 3 例あつた。これは 6000~8000m の低壓條件群には見られなかつたが、恐らくこれは復壓が 4000m では急激なためと考へられる。追つて實驗を剖見に進めて見たいと思ふ。

次に (2) の實驗より進んで低壓經驗前後に於ける障礙閾及び危險閾の高度を比較し、耐高空能の生起状態を稍々詳細に調べるため(3)の實驗を行つた。この場合一度低壓を經驗すると閾が上るので、豫備實驗では低壓經驗時間を出来るだけ短くしてその持続性を持たぬやうにし、次の實驗までの間はなるべく長くした。かやうにして低壓經驗を 2 分以内、實驗間隔は 3 日にしてみた。3 日なれば豫備實驗で略々影響のないことを確めたからであつた。

そこで第 2 表に示す本實驗の結果は、之を判り易くするため圖に示すと第 1 圖の如く、低壓

第 1 圖

S, S'...障礙閾  
K, K'...危險閾



經驗に因り障礙閾、危險閾は共に上り、障礙閾は 600~1000m、危險閾は 1300~3000m 上つてゐる。而して圖に於て明らかな如く、障礙閾の上昇割合より危險閾の上昇割合の方が大であつて、此變化は 8000m 經驗マウスが一番大であつた。之を實際問題に當嵌めて見れば障礙閾に到達してから危險閾に至るまでの安全圏が低壓經驗により増大することを示すものであり、耐高空能に就て極めて重要な意義を有するものと考へられる。

最後に 4000, 6000, 8000m の各高度に於て 10 分間の低壓經驗に因り生起せられた耐高空能の持続性を檢した第 4 實驗を見るに(第 3 表)、低壓經驗により耐高空能を獲得せるものは然らざるものに比して低壓に順應せんとする機序が比較的速に現はれ、且つ保有時間(Zeitreserve)

の延長が見られ (7), 耐高空能の練習効果が窺はれる。然し乍らその耐高空能の持続性は余等の實驗に因ると比較的短時日の中に消失されるものの如くであつた。即ち第3表に見られる如く, 4000, 6000mの低壓經驗では第2日目に危険閾が低下し, 8000mの低壓經驗では第3日目迄不變であつたが第5日目には低下してゐる。本實驗條件の如き極めて短時間の低壓經驗で獲得せられた耐高空能では, その持続性の有無を決定するに困難のきらひはあるが, 僅かに8000mの低壓經驗のものに於て第3日目迄耐高空能が保持せられてゐることが知られた。耐高空能の持続性に就ては尙今後の研究に俟たねばならぬ。

## V. 摘 要

1. この報告は幼弱なるマウスを用ひ, 特別に装置せる低壓瓶により低壓時に於ける一般状態の變化並に高空作用閾を觀察し, 更に耐高空能の生起過程及びその持続性をも検討した。
2. 4000mに相當せる低壓で呼吸數が増加し, 更に低壓度が進むと不安状態になつて瓶内を歩き廻り, 7500~8000mに至ると最初後肢の麻痺が起り所謂腰がぬけた如き症状を呈し, 漸次前肢に麻痺が波及して四肢の自由を失ひ, 腹部を下に付けて匍匐姿勢をとり呼吸數は減じた。9000m前後を過ぎると後肢に始まる痙攣を起し, 次で前肢に及んで全身痙攣を起した。
3. マウスの高空作用閾は反應閾 4000m, 障碍閾 7500~8000m, 危険閾 8000~9000m, 致死閾 9000m 以上と觀られた。
4. 低壓經驗マウスは低壓度が進むと低壓に堪へやうとする如くうづくまり, 靜止状態を保持し, 危険閾の痙攣發作後暫くして痙攣は止り, 呼吸數も増加して匍匐姿勢に戻り, 更に若干の低壓進行に耐へた。
5. 低壓經驗により耐高空能が生起され高空作用閾は上昇し, 一定の低壓經驗時間の低壓經驗によれば, 高度の高いもの程作用閾は上昇した。
6. 低壓經驗によつて上昇する高空作用閾は障碍閾の上昇割合より危険閾の上昇割合の方が大となり, 低壓經驗によつて障碍閾と危険閾との高度の幅が大となつた。この事は實際問題として障碍閾に到達してから危険閾に至る迄の高空安全圏が増大することを示すもので, 耐高空能に於ける極めて重要な意義をもつものである。
7. 短時間の低壓經驗により獲得せる耐高空能は比較的短時日に消失するものの如くである。
8. 以上の事柄を總括するに低壓室の如き簡単な装置の下に耐高空能が獲得せられる如き機序が窺はれ, 實際問題として飛行乗務員に對し低壓室での低壓經驗により耐高空能の生起を促進せしめる上に重要な示唆を與へるものと考へられる。

擧筆に際し浦本教授, 杉本助教授の指導校閱を銘謝し, 併せて大村講師の助力を謝す。

## 文 獻

- 1) Chang, T. T. (1938) Luftfahrtmed. 2 239

- 2) Graff, W. D. (1937) Ibid. 1 351
- 3) Hohmeyer, H. (1939) Ibid. 3 161
- 4) 川上正義・和田惠州男・安井敏夫 (2603) 日本生理誌 8 319
- 5) 町田憲二・湯田勝年・安井敏夫・松田 實 (2603) Ibid. 8 336
- 6) Meier-Müller, H. (1939) Flugwehr u. Techn. 1 139 u. 163
- 7) 名取禮二・川上正義・土橋英夫・大野眞一 (2603) 日本生理誌 8 324
- 8) 生沼曹六 (2598) 日本學術協會報告 13 477
- 9) 大村 正・原田久雄・堀口正史・高橋英雄 (2603) 日本生理誌 8 330
- 10) Ruff, S. u. H. Strughold (1939) Grundriß d. Luftfahrtmed. 55
- 11) Ruff, S. u. H. Strughold (1939) Ibid. 58
- 12) Ruff, S. u. H. Strughold (1939) Ibid. 61
- 13) Ruff, S. u. H. Strughold (1939) Ibid. 92
- 14) Schubert, G. (1932) Pflüger' Arch. 231 1
- 15) Stehfen, M. (1939) Luftfahrtmed. 3 191
- 16) 杉本良一・原田久雄・和田惠州男 (2603) 日本生理誌 8 313
- 17) Sukoviy, F. I. (1939) Fiziol. Z. 27 481

## 被刺激形體と刺激電極との大きさ關係が

電氣刺激要素に及ぼす影響に就て 612.816.1

(第2報) 神經幹全體を1個の被刺激形體と見ての實驗

千葉醫科大學生理學教室

小 澤 弘

Ozawa-Hirosi

(昭和18年3月26日受付)

### I. 緒 言

嚮に本教室の松本(10)は本業績と同名の論文に於て電氣刺激に於ける強さ要素及び時間要素に對し、被刺激形體對刺激電極の大きさ關係が一定の影響あることを見た。即ち從來の多くの文獻(上記10の文獻参照)を検するに、上記強さ要素として例へば閾値、又時間要素として時値等の値が被刺激形體の大きさの差異又は變化に従ひ、一定の方向に異なる事が見られる。夫と共に之等の値が他面刺激電極の大きさの差異又は變化に従つて又一定の方向に變異することが見られてゐる。そしてこの兩方面に於ける之等の値の變異を比較するに、之を被刺激形體對電極の大きさ關係といふ見地からすれば、全く同一の方向の變化なる事を見るのである。松本はこの見地より、この大きさ關係が上記兩要素に及ぼす影響を系統的に開明すべく、或は電極關係を一定にして被刺激形體の大きさを變へ、或は被刺激形體を一定にして電極の大きさを變へ、すべての場合に於て  $i-t$  曲線全部を求め、上述大きさ關係の變化に因つて起る影響をこの曲線に就き點檢したのであつた。私はこの業績に續いて同様の檢索を神經幹全體を1つの被刺激形體として取扱ふ見地に於て試みようと思ひ立つたのである。

從來の多くの刺激生理學的實驗は最小刺激を目標とし、従つて最も興奮性の高い纖維の興奮が測られてゐるのである。前記松本の實驗に於ける、被刺激形體を一定とし電極の大きさを變へた際も同様であつて、蛙の縫匠筋に種々の孔径の細孔電極をあて、刺激する際に、筋が示す最小攣縮を目標としたのであつた。即ち目標とされた當該筋纖維に對する電極の大きさ關係を見たのであつたが、今私は神經幹全體を1つの被刺激形體として取扱ひ、之に對する電極の大きさ關係を變へて、刺激要素がそのために受ける影響を見ようとするのであるから、目標とする興奮は神經幹全體として刺激される時、即ち最大刺激の時のものたることを要する。言を換へて云へば私の實驗に於ては最大攣縮の起否を目標とせねばならない。従つて私は先づ最大刺激に於ける  $i-t$  曲線を描く必要があつた。

然るに今迄に最小刺激に比すれば最大刺激を以てする刺激實驗、特にその  $i-t$  關係を論ずる

ものは多くない。その内最も廣汎な業績は Hirvonen (4) ののである。彼は蓄電器放電電流並びに直角電流を用ひて蛙の神経筋標本を間接或は直接に刺激し、最小刺激より漸次大になり遂に最大刺激に至る種々なる大きさの刺激に於ける  $i-t$  曲線を検した。彼に依れば直接刺激に於ても間接刺激に於ても、又何れの刺激電流に於ても、 $i-t$  曲線は、刺激が最小より最大に變じてもその形をかへない。即ち夫々 Hoorweg (6) 及び Weiss (17) の式を満足する。而も夫等の曲線は縦に平行に移動するのみであつて、所謂  $a$  値は一定である。即ち以上の兩式を夫々、 $V=a/CR+b$  及び  $i=a/t+b$  とする時の  $a$  が刺激の大きさに關せず同一であるといふ。刺激が大であるといふことは上式にて  $b$  (大體基電流を表はす) が大となることであるから、 $a$  が一定ならば  $a/b$  は小となる。この大きさは、 $i-t$  曲線が上式を満足するとき、大體時値を表はす値である。即ち Hirvonen の結果は興奮の目標を大きくしても Hoorweg, Weiss の式は満足され、その  $a$  値は一定であり、刺激が大なるに従つて時値は小となるといふのである。Rémion (12) は蛙の坐骨神経及び迷走神経を蓄電器放電電流にて刺激し最小、最大刺激の  $i-t$  曲線を描いて大體 Hirvonen の如き結果を得、Rosenblueth & Mc Riok (13), Brücke (1) は交感神経刺激に際しての  $i-t$  曲線を描き、目標とする刺激効果の大なるに従ひ時値の小となることを見てゐる。併し Brücke に依れば上述の  $a$  値は一定でなく、基電流を大にするに従ひやゝ大となるといふ。刺激効果を大ならしむるにつれての時値のみの變化に關しては夙に Fredericq (2) が心筋及び腓腸筋に就て負荷を大ならしめると閾値が上り時値の減することを見、木下 (7) は坐骨神経腓腸筋標本につき、收縮の大なるにつれて時値の下ることを見てゐる。Lubinska et Laugier (9) は同様の所見を得たが、之を電極の分極性に歸し不分極電極を用ふれば消滅せしめ得るとなす。

私は蛙の坐骨神経腓腸筋標本に於て神経幹を直角電流にて刺激し、筋の最小攣縮を目標としてのと最大攣縮を目標としてのと兩方の  $i-t$  關係を求めた所、兩者とも Weiss の式に相當し、大體 Hirvonen の如き結果を得た。而してかくの如く最大攣縮の  $i-t$  曲線が十分に検討に堪へる規則性を持つことが明かとなつたので之を利用し、神経幹全體を1つの被刺激形體と見ての被刺激形體對刺激電極の大きさ關係が、その際の電氣刺激要素に及ぼす影響に就て實驗を進めた。即ち普通の装置に於て神経幹を刺激するのを、神経幹に對し電極の大きさが最も小なる極端と見、漸次大きな電極より當該神経幹に刺激電流を通ずる仕組として、或は無關物體を神経幹の周圍に置いてその容積を増し、或は刺激電極に相當する液體電極の斷面積を漸次大ならしめ、各々の場合の  $i-t$  關係を求めたのであつた。

## II. 實驗方法

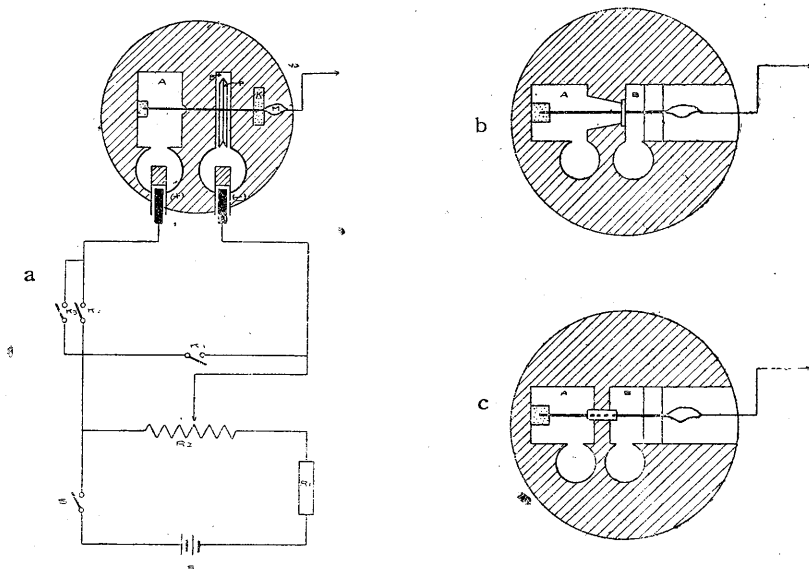
實驗材料はトノサマカヘル (*Rana nigromaculata*) の坐骨神経腓腸筋標本である。被刺激形體對刺激電極の大きさ關係を變へるには2様の方法を用ひた。その1は神経幹の周圍に無關物體を置いて之を通じて刺激電流を神経幹に作用せしめ、この無關物體の容積を漸次大ならしめる

のである。而してこの無關物體として、切出した他の蛙の坐骨神経を用ひた。即ち作用電極(陰極)として Ringer 液で濕した濾紙を2つ折にした稜線を用ひ、之の上に神経筋標本の神経のみを置いた場合を、神経幹に對し電極の大きさの最小の極端とし、漸次多數の摘出神経を下積にしてその上に被刺激神経を横たへ、被刺激形體に對する電極の大きさを大ならしめた。第2の方法は液體電極を用ひ、陰極側に於て神経を水密にワセリンにて隔絶するのを神経に對して電極の大きさの最小の極端とし、この陰極部神経周圍の溶液の斷面積を漸次大きくすることにより、電極の相對的の大きさを大ならしめることにした。先づ濾紙陰極を用ひ、1本の神経幹に於ける附屬筋の最大攣縮目標の  $i-t$  關係を求めて最小攣縮目標のものと比較し、之が使用に堪へ得ることを確めてから、之を利用して被刺激形體對電極の大きさ關係を變へる實驗に移つていつた。

**A. 濾紙陰極及びその上に摘出神経幹を積み重ねて電極面の大きさを變へる場合**

濾紙陰極は Ringer 液で濕されたる濾紙を2つ折とし、その稜線上に之と直交する様に神経幹を置いた空中電極である。神経幹の脊髓端は液體電極を形成する Ringer 槽に浸され之が陽極となる。之等の爲には次の様なパラフィン床を作つた(第1圖)。即ち直徑約 9.5cm, 深さ約

第1圖 配線及び裝置略圖



2 cm のシャーレにパラフィンを流し込み、その中央部に第1圖 a に見られる如き長さ 2 cm, 幅 0.2 cm, 深さ 0.5 cm の溝 B を掘り、此處に前述の2つ折の濾紙 F を入れ、その稜線をパラフィン床より少しく上に出す様にする。溝 B の端は電極筒の入る凹みと連絡し、溝と凹みとは深さを違へて、凹みに Ringer 液を入れ電極筒を挿入する場合に濾紙 F は Ringer 液で濕ひはするが浸される事のない様にした。溝 B より約 1 cm の間隔を置いて一側には 2 cm 四方の槽 A

を掘り、反對側にはコルク板Kを嵌め込む。A槽も他の電極筒の入る凹みと連絡がある。電極筒は Zn-ZnSO<sub>4</sub>-Ringer ゼラチンを入れたガラス圓筒である。切り出されたる標本は筋の神経端がコルク板Kにピンで固定され、他端は數日間錘をかけて撚りを少くしたカタン絲で桿杆に連なる様に置かれる。その坐骨神経幹はコルク板Kより濾紙Fの稜線上を経てパラフィン上に張られ脊髓端がA槽に浸される。この際濾紙の處には神経幹の中央部にある分枝部を避け、少くすらすらして筋側の方が當る様に置かれた。被刺激神経幹の下に積まれる無關物體としての神経幹には、必要なだけ他の蛙から坐骨神経幹を切り出して用ひた。1段より3段まで積まれたが、1段積は切り出された神経幹2本を平行密接させて1端をコルク板Kの上に置き濾紙を経て他端をA槽内に浸した。この上に被刺激神経幹が載る。2段積の場合には1段積の下に更に3本の神経幹を並べ、3段積は2段積の下に4本の神経幹が密接平行に置かれることになる。従つて濾紙の處に於ける神経幹群の横断面を見れば被刺激神経幹を頂點とする三角形を呈する。この様にして装置した場合、兩極間の間隔は約1cmであつて、濾紙の稜線の神経に接する幅は、1段積から3段積まで重なりが増しても大差なく略々0.1cmであつた。

#### B. 被刺激神経幹周囲の Ringer 液斷面積を變へる場合

之には液體電極を用ひた。そして兩方の電極筒の浸される Ringer 槽の間に於て、長さ1cmの間神経幹をワセリン綿にて包み、水密に隔絶したのを、神経に對し電極の大きさの最も小さい極端とし、又兩 Ringer 槽の間を長さ1.0cm、幅1.5~0.7cmの溝にて連ね、溝の陰極槽端の口に於ける Ringer 液柱の斷面積を0.7cm平方ならしめ、神経幹をその中心に張つた装置を、神経に對し電極の大きさの大きい極端とした。そしてその間に於てこの大きさ關係を變異せしめるために、初めは兩 Ringer 槽を長さ1.0cm、内徑夫々3.0及び1.0mmなるガラス管にて連ね、神経をその管の中を通して張つたが、後には兩槽の間を前述の溝にて連ね、たゞ陰極に相當する Ringer 槽の口に厚さ0.5mmのセルロイド板を張り、之に直徑夫々2.0及び1.0mmの圓孔を穿ち、之を通じて神経を張つた。之等の管徑或は孔の直徑は Okular Schraubenmikrometer (Carl Zeiss) 及び Objektmikrometer (Carl Zeiss) の助けにより定めた、被刺激神経幹は總腓骨神経と脛骨神経の分枝部より少く上方が陰極槽より隔絶部、溝、管孔或は圓孔に入る部分に相當し、而も孔の壁に觸れず略々孔の中央に置かれる様に注意して張つた。之等の爲にも次の様なパラフィン床を作つた。即ち前同様パラフィンを流し込んだガラス製のシャーレの中央部に呂形の槽を掘り(第1圖b)一方の矩形Aは前同様の陽極 Ringer 槽であり、他方の矩形Bは標本筋が入る陰極 Ringer 槽である。兩方の槽の間はハの字形の溝にて連絡する。この溝は深さ1.5cm、長さ1.0cmで、幅は陰極側即ち筋側が狭く0.7cmであつて陽極側即ち神経の脊髓端側に向つて擴がる。筋側の端に前述セルロイド板を垂直に嵌め込んだ。板の邊緣はその都度周圍のパラフィンで溶接した。又ガラス管の場合(第1圖c)には溝の代りに隧道を通して之にガラス管を密に挿入溶接し、この管を通じて兩槽の間の Ringer 液の交通を自由ならしめ

た。前述の電極の最も大きい極端としての刺激装置は、第1圖bに於けるハの字形の溝のB端にセルロイド板を張らず、Ringer液を0.7cmの深さに注ぐのである。かくすれば、この溝の陰極端のRinger液の横断面は0.7cm平方になる。この溝を陽極側に漸次廣くしたのは、陽極端に於て電流密度を小にして開放刺激を避けるためである。電極を最も小さくした極端としての装置は、この溝にワセリン綿を填めて神経幹を約1cmの長さに於て隔絶したものである。この場合にはワセリン綿にて包む前に神経幹を軽く濾紙にて拭ひ、周囲のRinger液を除く様に努めた。ガラス管或はセルロイド板の孔に被刺激神経幹を通す場合は、標本作製中に置いた結紮糸を頼りにして通すのであるが、管又は孔の直径が1.0mmのものでは、神経幹の断面の長径が約0.7~1mm位であり、結紮糸を引くため神経断端から入らずに結紮部から神経幹が折れ曲り2重となつて入る結果、之が機械的刺激となつて筋が攣縮する事がある。之を避けるため2つの結紮を行ひ、中樞側の第1結紮糸によつて孔を通し、後兩結紮間を切断して第1の部分を捨てた。呂形の兩槽A、Bには夫々Zn-ZnSO<sub>4</sub>-Ringerゼラチンの不分極電極の挿入せられる凹みが附屬する。

A、B何れの場合にも全装置を2重ブリキ製の恒温箱に入れ2重壁中を流水で灌流する。1實驗中温度の變動は0.5°C以下が多く1°Cを越ゆるものはなかつた。全實驗温度は12~19°Cで大部分は14~18°Cであつた。切り出された標本は40分~1時間Ringer液に浸し、次で装置に入れて少くとも1時間放置してから刺激を加へた。

刺激電流配線は第1圖aに示されてある。直角な刺激電流を得る爲に普通行はれてある副回路法を用ひた。Eは2~6Vの鉛蓄電池、Sは開閉器、K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>は東式電流断絶器の第1、第2及び第3接觸部、R<sub>1</sub>は良好なラジオ用固定抵抗(Karbowid D. R. P. 10000Ω, Rikenom 1021Ω及び200Ωを適宜交換して用ふ)、R<sub>2</sub>は加減抵抗器(安藤、無誘導、11110Ω)、使用範圍は100Ω以上3000Ω以下である。Eの電壓は實驗前後にボルト計を以て精密に測定する。東式電流断絶器はRadakovicの方法(11)及び電流計の零點法に準ずる鈴木教授の方法(15)により較正した。微動ネジ1廻轉は50に目盛られ、0.60msecである。實驗前後の零點の決定は若林(16)の方法で受話器を用ひて行つた。刺激期間は2.98msecと0.15msec間を採用し、唯前述Bの0.7cm平方の場合のみ最小限を0.3msec或は0.6msec迄とした。刺激電流は常に下向き、即ち第1圖aに示す方向であつて刺激間隔には30秒を置いた。

刺激効果の示標としては附屬筋の攣縮を、アキレス腱端と連なる桿杆の先が煤紙の表面に畫く投上高により觀察して定めた。最大刺激の閾値は弱い電流から段々に増加して行く場合と、強い電流から減少して行く場合とでは閾値に差異があり得るので、常に弱い電流より増加する様にして閾値を定めた。即ち2%以下の刺激電流の増加により投上高が連続的に高くなり、遂に一定となる處を以て最大攣縮とし、その刺激の強さを閾値となした。攣縮後桿杆を元の位置に戻す爲に5gの負荷をかけた。閾値決定に伴ふ困難としては、電流の増加と共に投上高が徐

徐に連続的に増さず飛躍的に上るもの、又最大攣縮と思はれるものに達した後刺激電流を増すと却つて投上高の減じて行く場合等であつた。前者の場合には注意して電流を細かく増す事により一定する處が求められ、後者の場合には繰返へして閾値を求めて見ると投上高の一番高い處が閾値となつてゐることを知る。この様な閾値決定の困難は1つの標本で之が現はれると引續いて見られ、突然唯1回の閾値決定にだけ表はれて後は出ないと云ふ事はない。筋の引張り方等の機械的原因より來ると思はれるものも多かつた。その外切り出してから Ringer 液中に休ませる時間が不足と思はれる様なものもあつた。i-t 關係の追求には常に刺激期間の長い方から短い方へ次いで逆に戻つて兩方の平均を取つた。

### III. 實驗成績

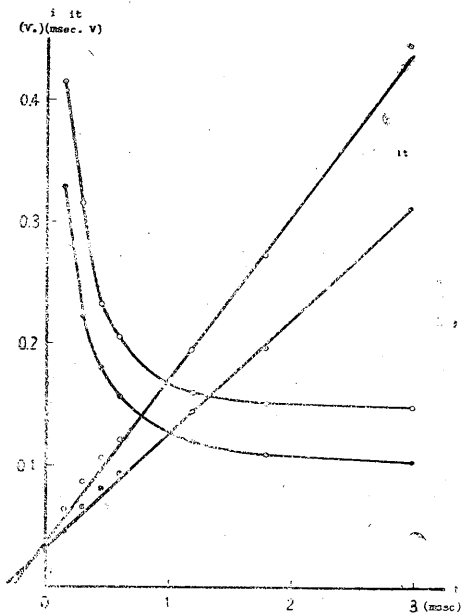
#### A. 最大刺激に於ける i-t 關係

先づ上述の装置(A)に於て附屬筋の最大攣縮を示標として得られたる i-t 關係が使用に堪へ得るものか否かを検査した。

この場合1實驗中の1測定系列では、一定刺激期間に對する最小攣縮示標に對する刺激電流の強さを定め引續いて最大攣縮示標に對するその強さを定めたのであるが、各測定系列の前後には最小及び最大攣縮示標で夫々の基電流値を求め、この前後の基電流値の變動が2%以内の

第 2 圖

最小刺激(●印)及び最大刺激(○印)による i-t 並びに it-t 關係。横軸は t を盛り單位 msec, 縦軸は i 及び it を盛り、その單位夫々 V 及び msecV. 兩軸に盛る量並びに單位に關しては、以下各圖とも本圖と同斷である。



場合だけを取り、それ以上の變動を見た時は測定をし直してから次の測定系列に移る様にして i-t 曲線を追求したのである。

かくして得られた i-t 曲線は最小刺激、最大刺激共に大體滑かな双曲線的のものであり、兩者を同一グラフに畫くと第2圖の如くで之に相當する數値は第1表に示す。圖に見られる如く最大刺激の i-t 曲線は最小刺激のものと同じ形をなす。常に最大刺激の曲線は最小刺激の曲線の上及び縦軸の方へずれてゐる如く見える。i-t 曲線は兩者共に殆ど直線的で、Weiss の式に大體従ふことを知る。t の小なる部分に於ては最大刺激、最小刺激共に僅か乍ら食匙形の彎曲を示した。例外として13例中2例だけ最大刺激のものに淺き上向きの彎曲を見せたものがあつた。之等の彎曲とは t の大なる範圍に於ける it の點を連ねた直線に對し t の小なる部分の點の示す偏位であつて多くは食匙形(佐竹14)であ

る。この食匙形の先の部分が下る事なく上に向いて終るのを上向きといふ。始めより下向きの場合は殆どなかつた。而も之等の彎曲の程度は後に述べる B 以下の場合に比べれば程度が僅かであり、而も數例に於てはその僅かな彎曲もなく殆ど全範圍に於て直線と見るべきものであつた。猶之に就ては B 以下に於てもまた述べるであらう。松本 (10) の考察に基き又私の後に述べる論據により、この偏位の始まる迄の直線を Weiss の法則に於ける  $it-t$  直線と見て、各例に於て

$$it = a + bt$$

にて表はし、この直線と縦横軸との交點よりして  $a, b$  及び  $a/b$  を求めた。  $b$  は橋田教授 (3) の所謂理論的基電流値であり  $a/b$  は同じく理論的時値である。最近 Holzer (5) はこの  $a/b$  に charakterische Zeiterregbarkeit なる名を與へた。又  $a$  は緒言で述べた如く Hirvonen (4) 以來、最小最大兩刺激に於けるその値が同一か否か問題になつてゐる値である。

全例の計算の結果を第 2 表に掲げる。誤差計算は平均誤差を求めた。全例に於て  $b$  が最大刺激に於ては最小刺激に於けるよ

第 1 表 (i 及び it 關の數字は小數點 3 位繰上げの事)

最大刺激及び最小刺激に於ける  $i-t$  關係  
 26/ixi 1940 壹 陽 11時 10分 寒 12時 10分 節 13時 40分  
 室温箱温度 16°C 年 159 (0級種)

t ( msec )	i (V)		it ( msec V )	
	最小刺激	最大刺激	最小刺激	最大刺激
8.31	103.5	149.0		
2.98	103.5	149.0	308.8	445.6
18.31	102.6	150.8		
1.79	109.3	152.2	196.2	273.0
18.31	101.6	152.2		
1.14	120.6	161.9	144.2	194.8
18.31	103.5	155.1		
0.59	157.1	205.7	93.4	122.4
18.31	105.4	155.1		
0.45	180.8	222.9	81.3	104.7
18.31	103.5	156.2		
0.30	223.3	290.5	66.9	87.0
18.31	104.5	153.0		
0.15	304.4	390.1	47.1	60.4
18.31	103.5	151.9		

第 2 表

最大刺激及び最小刺激に於ける  $i-t$  關係の  $a, b, a/b$   
 $a$  (Weiss 式の恒數),  $b$  (理論的基電流) 及び  $a/b$  (理論的時値)

實驗番號	最小刺激			最大刺激		
	a ( msec V )	b (理論的基電流) (V)	a/b (理論的時値) ( msec )	a ( msec V )	b (理論的基電流) (V)	a/b (理論的時値) ( msec )
9	0.027	0.038	0.31	0.027	0.105	0.26
10	0.036	0.104	0.34	0.038	0.31	0.29
12	0.026	0.050	0.52	0.027	0.065	0.43
17	0.039	0.082	0.47	0.034	0.118	0.28
19	0.031	0.086	0.35	0.033	0.113	0.29
20	0.030	0.074	0.40	0.032	0.094	0.34
21	0.035	0.071	0.49	0.037	0.116	0.32
22	0.033	0.078	0.42	0.042	0.120	0.35
24	0.033	0.078	0.42	0.036	0.134	0.26
26	0.031	0.072	0.43	0.036	0.092	0.39
27	0.040	0.090	0.44	0.041	0.132	0.31
32	0.033	0.071	0.46	0.036	0.096	0.37
33	0.039	0.105	0.37	0.044	0.136	0.33
平均	0.033	0.081	0.41	0.035	0.111	0.33
	±0.0012	±0.0040	±0.019	±0.0014	±0.0057	±0.014

り大である事は、之が基電流に相當する事より自明の事である。而してこの事は it-t 直線が最大刺激の關係に於ては、最小刺激の夫よりも t 軸に對し大なる傾角をなす事を意味する。之は第 2 圖に見る通りである。a なる値は全例中 1 例を除いて最小刺激に於けるより最大刺激に於ける方が大きい。併しその差は大ならず大體兩刺激に於て略々同じ大さであると見得る程度である。たゞ殆ど全例に於て最大刺激の方に稍大きくなつてゐるから、この方で僅少乍ら大きくなる傾きがあると見る事ができる。この事も第 2 圖に於て、兩直線の縦軸を極めて僅かな差を以て切つてゐる事に於て見る事ができる。前述の如く Hirvonen はこの場合兩直線が同一點で切るとなすのであるが、私の成績に於ては全例の數値の變異よりして、正しく同一點で切るとは云ひ得ない。僅か乍ら差を示し最大刺激の方が上方を切るが、a の値は等しいに近いと云ひ得る。a が等しいか或は等しきに近くして b が大きくなれば、a/b なる値は小さくなる。a/b は前述の如く時値に近い値であるから、Hirvonen に於ては最大刺激に於て時値が小さくなると云つてゐる。私に於ても第 2 表に見る如く理論の時値 a/b は最大刺激に於ては小さく出てゐる。即ち最小刺激に於て 0.41msec, 最大刺激に於て 0.33msec の平均値を示してゐる。猶緒言に於て述べた如く Brücke (1) は交感神經刺激に於て、基電流の大なるに従ひ時値が減少するけれど、a の値は一定でなく僅か増大する事を見てゐるが、私の成績は之に近いと云ふ事ができる。

かくの如くして最大刺激の i-t 關係は最小刺激の i-t 關係と同じく Weiss の式を満足し、檢討に足る規則性を有する事が明かとなつたので、之を使用して本論の題目たる次の實驗に移つた。

B. 濾紙陰極の上に摘出神經幹を重ねて被刺激形體對刺激電極の大さを變へた場合

第 3 表

a 1 段接			b 2 段接			c 3 段接		
t (msec)	i (V)	i t (msec.V)	t (msec)	i (V)	i t (msec.V)	t (msec)	i (V)	i t (msec.V)
18.31	0.140		18.31	0.148		18.31	0.296	
2.98	0.140	0.420	2.98	0.148	0.442	2.98	0.296	885
18.31	0.140		18.31	0.148		2.38	0.308	735
2.38	0.139	0.332	2.38	0.151	0.360	1.79	0.330	595
1.79	0.152	0.274	1.79	0.162	0.291	1.19	0.382	458
1.19	0.172	0.206	1.19	0.181	0.217	0.88	0.445	395
0.88	0.187	0.166	0.88	0.208	0.184	0.59	0.585	343
0.59	0.229	0.136	0.59	0.255	0.152	0.45	0.701	316
0.45	0.279	0.126	0.45	0.312	0.140	0.30	0.980	294
0.30	0.361	0.108	0.30	0.409	0.123	0.15	1.882	291
0.15	0.609	0.094	0.15	0.709	0.110	18.31	0.290	
18.31	0.133		18.31	0.148				

24/11 1940 晴 14.9℃  
 朝日出し 11時30分 気温 12時40分 雨降 1分 解 20分  
 湿度箱内 15℃

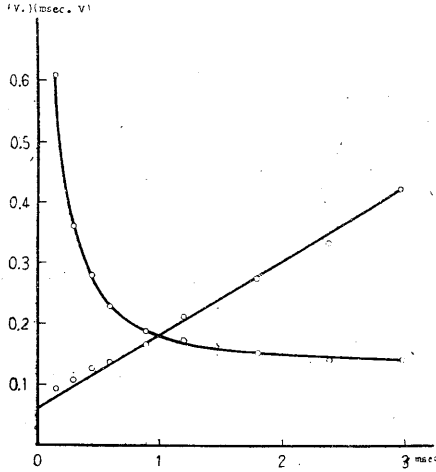
21/1 1941 晴 14.9℃  
 朝日出し 11時15分 気温 12時15分 雨降 13時55分  
 湿度箱内 14.5℃

8/11 1941 晴 14.9℃  
 朝日出し 12時15分 気温 13時35分 雨降 14時30分  
 終了 16時25分 湿度箱内 14.2℃

第3圖 a

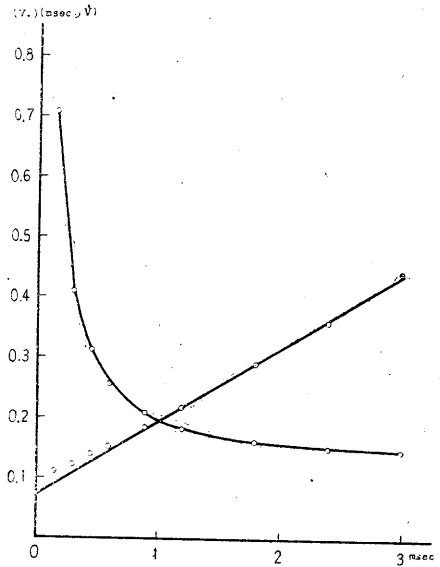
實驗裝置 B に於て無關物體としての  
摘出神經幹 1 段積 (a), 2 段積 (b), 3  
段積 (c) の場合の  $i-t$  及び  $ti-t$  關係

(1 段積)



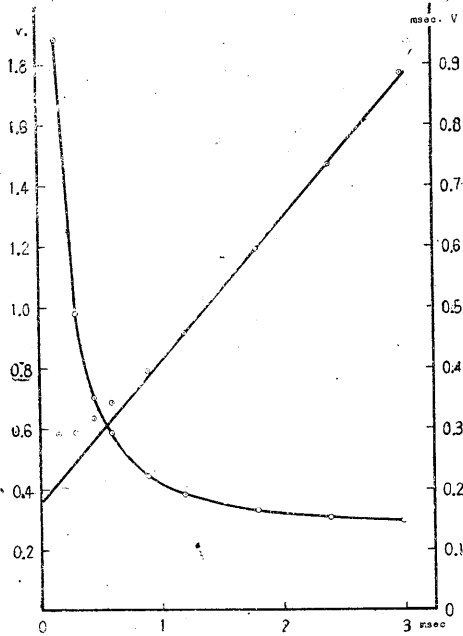
第3圖 b

(2 段積)



第3圖 c

(3 段積)



積まれる神經幹が1段より3段迄、何れの場合にも得られたる  $i-t$  曲線は滑かな双曲線的のものであつた。  $ti-t$  曲線は何れの場合にも大體直線的と見られるものを得た。之等の成績の各1例を第3表 a, b, c に掲げ、之に相當する曲線を第3圖 a, b, c にて示す。之等の例と共に計測全例に就て検討するに、  $ti-t$  曲線は A にて述べた如く  $t$  の小なる部分に於て直線より若干偏位する。そして大體積まれる神經幹の段數が増す程偏位が著しい。この偏位による曲線の彎曲は大體食匙形を思はせるが、その先端を缺くか或はこの部分が更に上昇の勢を示すが如き形であつて段數が増す程後者の傾きを取る。そして又之等の偏位が直線より始まる時間の値が段數の多い程

大きくなる傾きがある。即ち A にて述べた如く段數 0 (即ち下積なし) の場合には彎曲は全體として著しからず數例にては夫さへも全くない。そしてその著しからざる彎曲の起始部の時間値は多く 0.7~0.8msec である。1 段積の場合にはこの時間値が 0.9~1.0msec であり、10 例中 2 例にあつては彎曲の程度が著しくない。2 段積の場合は前述の時間値が 1.2~1.3msec であり、

彎曲の程度は前のものより著しいが11例中4例ではさほど著しくない。3段積に於ては彎曲起始の時間値は余り大ならず 1.0~1.3msec であるが彎曲の程度大で且つ多くのものが最後の部分で上昇の形をとつてゐる。之等の偏位に關しては考察の章に於て又論するであらう。

第 4 表

實驗番号	1 段 積			實驗番号	2 段 積			實驗番号	3 段 積		
	$a$ (msec. V)	$b$ (理論的厚電流 (T))	$a/b$ (msec.)		$a$ (msec. V)	$b$ (V)	$a/b$ (msec.)		$a$ (msec. V)	$b$ (V)	$a/b$ (msec.)
35	0.063	0.190	0.33	47	0.066	0.183	0.36	63	0.169	0.297	0.59
36	0.073	0.14	0.72	48	0.068	0.200	0.34	64	0.147	0.181	0.81
37	0.092	0.191	0.48	49	0.093	0.190	0.49	69	0.111	0.268	0.41
38	0.071	0.137	0.51	50	0.071	0.120	0.58	70	0.137	0.142	0.97
39	0.069	0.097	0.71	52	0.157	0.220	0.69	71	0.146	0.124	0.78
40	0.056	0.101	0.54	53	0.110	0.183	0.60	72	0.175	0.235	0.74
41	0.062	0.144	0.43	56	0.110	0.150	0.73	74	0.110	0.250	0.44
42	0.059	0.110	0.50	57	0.106	0.153	0.69	75	0.169	0.131	0.73
44	0.072	0.118	0.63	58	0.155	0.242	0.62	76	0.144	0.163	0.88
46	0.057	0.124	0.41	59	0.095	0.109	0.87				
				60	0.100	0.174	0.57				
平均	0.068 ±0.0038	0.133 ±0.0105	0.52 ±0.040	平均	0.102 ±0.0092	0.174 ±0.0120	0.59 ±0.047	平均	0.145 ±0.0078	0.200 ±0.0209	0.70 ±0.063

第 5 表

神 經 裝 置	實驗例数	$a$ (msec. V)	$b$ (理論的厚電流 (V))	$a/b$ (理論的時值 (msec.))
①	min	0.033 ±0.0012	0.081 ±0.0040	0.41 ±0.0172
	max	0.035 ±0.0014	0.111 ±0.0059	0.33 ±0.0142
②	10	0.068 ±0.0038	0.133 ±0.0103	0.52 ±0.0403
③	11	0.102 ±0.0092	0.174 ±0.0120	0.59 ±0.0471
④	9	0.145 ±0.0078	0.200 ±0.0209	0.70 ±0.063

この種々の段數に於ける i-t 關係にあつても、その i-t 關係の直線よりの偏位による彎曲の表はれる迄の直線部分を Weiss の式に従ふ直線  $it=a+bt$  とし、之より a, b 及び a/b を求めて觀察した。今各段積の全例の數値を第4表に掲げる。誤差計算は前同様平均誤差を求めた。之を見れば a, b, a/b 何れの値も、各段積なる各系列内に於て一定の幅の變異を示し、相互隣接系列間の値に於ては大小の順序の反對となる例も勿論あるが、平均値に於ては見るが如く1段積、2段積、3段積の順序に漸次大となるを見る。更に比較を便にするためにその平均値のみを A に於ける成績と共に第5表

に示す。即ち0段積に於ける最小刺激と最大刺激との比較にあつては、bが前者より後者に於て大であるが、aは相等しいに近いか或はごく僅かしか大でないためa/bは小となる。即ち最大刺激に於ては最小刺激に於けるより基電流は大きいが時値は小さくなる。然るに段積の数が0より1, 2, 3と進むに従ひbが漸次大となるが夫と共にaも亦大となる。而もaの大となり方がbよりも程度が著しいため、a/bも大となるのを見るのである。即ち段積の数の大なるにつれ基電流と共に時値も大となるのを見るのである。

C. 被刺激神經幹刺激點周圍の Ringer 液斷面積を變へた場合

ワセリン綿で包みたるもの即ち水密なるものを一方の極端として、セルロイド板の孔の直径1.0mm及び2.0mmなる場合、ガラス管の直径1.0mm及び3.0mmなる場合並びに溝の陰極端の斷面積7mm平方なる場合が觀察された。その何れの場合にも得られたる i-t 曲線は折目なき双曲線的のもので、it-t 曲線は直線的であつた。併しこの場合に於てもtの小なる部分に於ける it-t 曲線の直線よりの小なる偏位が見られる。先づ之等6つの測定系列の夫々より1例づつ>の結果を第6表(a~f)に示し、その曲線を第4圖(a~f)に示す。

今本例及び他の測定全例について之等曲線の状態を觀察して見るに、大體に於て it-t 曲線に於ける上述の偏位は、Bに於ける實驗よりは程度が弱いやうに見える。先づ水密の電極に於ては殆ど全例軽い程度乍ら食匙形の彎曲を示す。第4圖aの例はそのやゝ強い程度のものに當る。内1例のみは偏位甚だ軽く且つ始めより下向きに曲り、又他の1例に於ては食匙形の先の

第 6 圖

a ワセリン綿			b 1.0mm直径の孔			c 2.0mm直径の孔		
t (msec)	i (V)	i·t (msec·V)	t (msec)	i (V)	i·t (msec·V)	t (msec)	i (V)	i·t (msec·V)
R6	0.102		R6	0.269		R6	0.658	
419	0.100	4.21	3.60	0.266	9.57	3.60	0.658	2.36
300	0.099	3.58	2.98	0.267	7.98	2.98	0.664	1.98
298	0.100	2.99	2.38	0.272	6.52	2.38	0.697	1.66
2.38	0.104	2.49	1.79	0.283	5.07	1.79	0.735	1.32
1.79	0.109	1.96	1.19	0.311	3.72	1.19	0.838	0.99
1.19	0.124	1.49	0.88	0.337	2.99	0.88	0.956	0.84
0.88	0.143	1.26	0.59	0.392	2.33	0.59	1.209	0.72
0.59	0.173	1.03	0.45	0.455	2.05	0.45	1.415	0.63
0.45	0.200	0.89	0.30	0.545	1.63	0.30	1.838	0.55
0.30	0.246	0.73	0.15	0.778	1.20	0.15	2.827	0.43
0.15	0.348	0.53	R6	0.254		R6	0.638	
R6	0.095							

4/11 1941 晴 22 号 8  
 10時26分 閉塞 11時25分 開始 13時25分  
 終了 14時50分 室温箱温度 17°C  
 神経幹の径 長径 0.72 mm 短径 0.57 mm

4/11 1942 曇 26 号 8  
 10時11分 閉塞 12時 開始 13時10分  
 終了 15時10分 室温箱温度 30°C  
 神経幹の径 長径 0.87 mm 短径 0.55 mm

第 6 表

d 7mm <sup>2</sup> 平方			e 1.0mm 直径の管			f 3.0mm 直径の管		
t (msec)	i (V)	i t (msec·V)	t (msec)	i (V)	i t (msec·V)	t (msec)	i (V)	i t (msec·V)
R.G.	2.09		R.G.	0.146		R.G.	1.213	
600	2.09	12.59	360	0.146	0.523	2.98	1.213	3.618
479	2.09	10.01	298	0.148	0.444	2.38	1.213	2.894
419	2.14	9.01	238	0.152	0.363	1.79	1.246	2.238
360	2.19	7.91	179	0.158	0.286	1.19	1.405	1.680
298	2.26	6.79	119	0.170	0.204	0.88	1.609	1.425
238	2.38	5.68	88	0.184	0.163	0.59	1.934	1.150
208	2.46	5.11	59	0.228	0.135	0.45	2.297	1.033
179	2.59	4.67	45	0.265	0.120	0.30	2.910	0.873
149	2.80	4.18	30	0.326	0.097	R.G.	1.221	
119	3.09	3.70	15	0.512	0.079			
88	3.51	3.11	R.G.	0.147				
59	4.45	2.64						
R.G.	2.16							

5/II 1942 晴 17.8 °  
 切出し 11時10分 装置 12時20分 開始 13時40分  
 終了 16時 室温 14 °C  
 神経幹の径 長径 0.77 mm 短径 0.47 mm

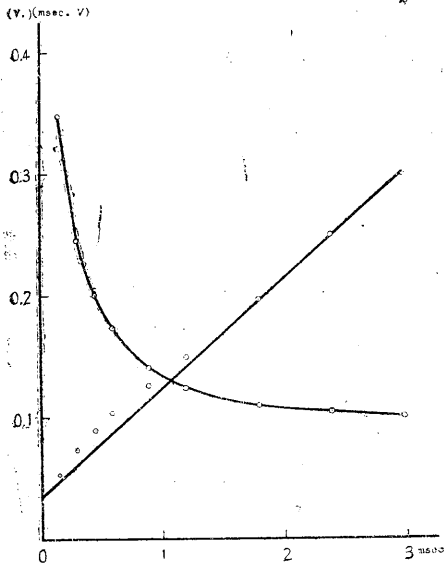
25/II 1941 曇 23.9 °  
 切出し 10時50分 装置 11時50分 開始 12時52分  
 終了 15時12分 室温 18.8 °C  
 神経幹の径 長径 0.77 mm 短径 0.47 mm

23/IV 1941 晴 14.8 °  
 切出し 11時 装置 12時 開始 15時 15分 16時 15分  
 室温 15.5 °C 神経幹の径 0.48 mm

第 4 圖 a

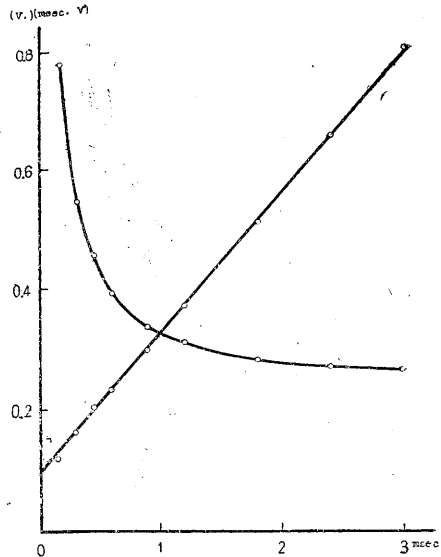
實驗裝置 C に於て液體陰極の下の神經周圍の液體斷面積を種々にせる場合の i-t 及び i t-t 關係. a 水密, b 1.0mm 孔, c 2.0mm 孔, d 7 mm 平方, e 1.0mm 管, f 3.0mm 管

(水密)

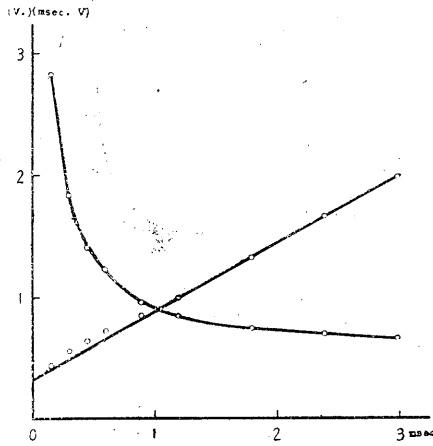


第 4 圖 b

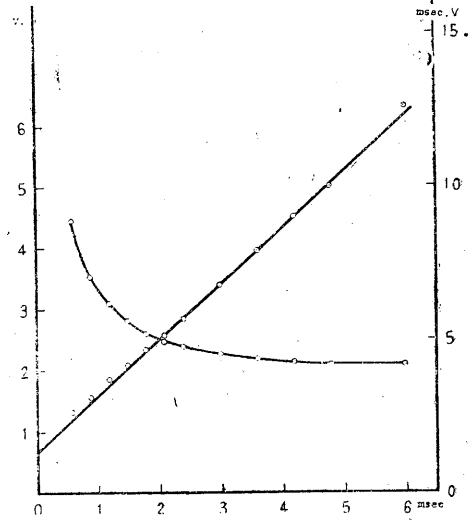
(1.0mm 孔)



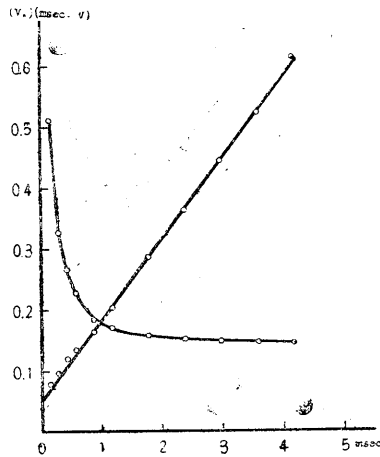
第 4 圖 c  
(2.0mm 孔)



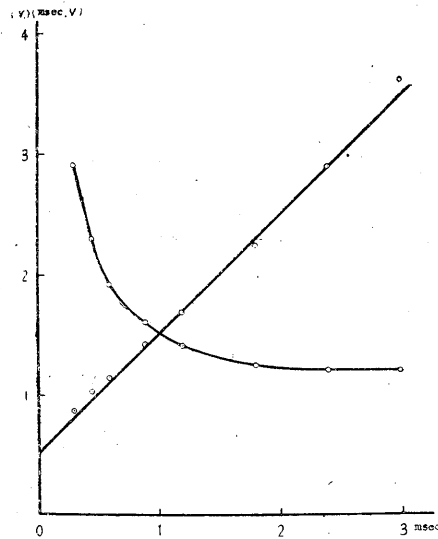
第 4 圖 d  
(7mm 平方)



第 4 圖 e  
(1.0mm 管)



第 4 圖 f  
(3.0mm 管)



部が缺けて上向きのまゝの形である。直径 1.0mm 及び 2.0mm の孔の場合はこの彎曲が甚だ輕度であつて水密の場合より少ない。1.0mm の場合 (第 4 圖 b) はその甚だ少ない程度乍ら、彎曲の形から云へば全 10 例中 7 例は食匙形、3 例は始めより下向きである。2.0mm に於ては全 9 例中 8 例が食匙形、1 例が下向きである。その食匙形の内 2 例は彎曲がやゝ強く第 4 圖 c の例はその 1 である。7 mm 平方の溝口の場合には之等より偏位が強い。全 9 例中 3 例にあつては彎曲は食匙形を示し偏位が餘り著しくないが、残り 6 例では上向きであつてその偏位の度はかなり大きい。第 4 圖 d の例はその内餘り大きくないものゝ例である。内径 1.0mm 及び 3.0mm

- のガラス管は偏位の現はれが大體中程度といへる。1.0mm の場合(第4圖 e)は全 10 例中 2 例はごく僅かの, 7 例は中程度の食匙形彎曲を示し, 1 例はやゝ強い上向きの彎曲を示す。又 3.0mm の場合(第4圖 f)は全 8 例中 4 例は程度弱き食匙形の彎曲を示し, 2 例は中程度, 2 例はやゝ強き上向きの彎曲を示す。

かくの如く偏位の程度は全體から見れば B に於けるより少なく, 又 B に於ての如く電極が形體に比し大なるに従つての増大がそれ程規則的でない。併し大體その大なる程著しく起るといひ得る。この場合も之等の偏位の起る迄の直線を Weiss 式に従ふ直線と見, 兩軸に對する計測

第 7 表

a. 7mm 直径の管				2. 2mm 直径の管				3. 20mm 直径の管			
實驗 番號	a (msec. F)	b (理論的基準電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)	實驗 番號	a (msec. F)	b (理論的基準電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)	實驗 番號	a (msec. F)	b (理論的基準電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)
1	0.040	0.102	0.39	1	0.087	0.256	0.34	1	0.34	0.765	0.46
2	0.019	0.092	0.21	2	0.085	0.170	0.50	2	0.32	0.552	0.58
3	0.028	0.100	0.28	3	0.098	0.260	0.38	3	0.24	0.608	0.40
5	0.051	0.100	0.51	4	0.099	0.228	0.43	4	0.52	0.838	0.61
8	0.034	0.089	0.38	5	0.092	0.232	0.40	5	0.38	0.655	0.58
10	0.036	0.109	0.33	6	0.135	0.453	0.36	7	0.22	0.455	0.48
11	0.037	0.100	0.37	7	0.116	0.225	0.52	8	0.28	0.527	0.55
14	0.035	0.071	0.45	8	0.126	0.264	0.48	9	0.28	0.604	0.48
平均	0.035 ±0.0031	0.095 ±0.0041	0.36 ±0.033	9	0.097	0.210	0.46	11	0.34	0.549	0.62
				10	0.126	0.286	0.44	平均	0.33 ±0.029	0.616 ±0.056	0.52 ±0.025
				平均	0.106 ±0.00565	0.258 ±0.0239	0.43 ±0.019				

a. 9mm 直径の管				b. 10mm 直径の管				c. 30mm 直径の管			
實驗 番號	a (msec. F)	b (理論的基準電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)	實驗 番號	a (msec. F)	b (理論的基準電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)	實驗 番號	a (msec. F)	b (理論的基準電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)
1	1.57	2.04	0.77	1	0.055	0.109	0.51	1	1.02	1.446	0.71
4	1.28	1.73	0.74	3	0.082	0.152	0.54	2	0.46	0.749	0.62
5	1.11	1.31	0.84	5	0.049	0.117	0.41	3	0.51	0.879	0.58
6	1.01	1.61	0.62	6	0.046	0.120	0.39	4	0.44	0.882	0.51
7	1.63	2.01	0.81	7	0.067	0.106	0.54	5	0.28	0.630	0.46
9	1.28	1.84	0.70	9	0.052	0.150	0.35	6	0.53	0.964	0.55
11	1.31	1.82	0.72	10	0.052	0.154	0.34	8	0.46	0.793	0.58
12	1.02	2.10	0.49	11	0.042	0.109	0.39	9	0.41	0.932	0.45
14	1.11	2.09	0.53	12	0.032	0.094	0.34	平均	0.51 ±0.076	0.909 ±0.085	0.55 ±0.030
平均	1.25 ±0.074	1.83 ±0.087	0.69 ±0.060	13	0.050	0.131	0.38				
				平均	0.052 ±0.0042	0.124 ±0.0067	0.41 ±0.025				

より a, b, a/b の値を算出した。今全例に於ける之等の値を系列毎に表として第7表 a, b, c, d, e, f にて示す。

之等の表を觀察するに、之等の系列を電極の被刺激形體に對する相對的大さが小より大に至る順序としては水密 (a), 1.0mm管 (e), 1.0mm孔 (b), 2.0mm孔 (c), 3.0mm管 (f), 7mm平方 (d) の順であらう。この内 (e) と (b) とは、何れが先だつべきか問題であるが、本表に得られた數値によればこの順序が見透しを與へてくれるのである。即ち恒數 a, b, a/b 何れの値も各系列中には夫々の變異あり、各隣接系列中の値とは大小種々の關係があるが、その平均値は前述の順序に何れも漸次大となる。之を見易くするため第8表を作る。之にて明かなる如くこの場合も B に於ける成績と同様に、前述の順序に従ひ b 即ち基電流が漸次大となる。然るに a も亦大となり而もその大となる程度が b よりも著しいため、a/b 即ち時

第 8 表

電極種類	實例數	a (msec V)	b (理論的基電流) (V)	a/b (理論的時值) (msec)
水密	8	0.035 ±0.0031	0.095 ±0.0041	0.36 ±0.033
1.0mm 直径管	10	0.052 ±0.0043	0.124 ±0.0067	0.41 ±0.025
1.0mm 直径孔	10	0.106 ±0.0056	0.258 ±0.0239	0.43 ±0.019
2.0mm 直径孔	9	0.33 ±0.029	0.616 ±0.0356	0.52 ±0.025
3.0mm 直径管	8	0.51 ±0.076	0.909 ±0.0855	0.55 ±0.030
7mm 平方	9	1.25 ±0.0741	1.83 ±0.087	0.69 ±0.040

值も亦この順序に漸次大となるを見るのである。

#### IV. 考 察

先づ it-t 曲線の t の小なる範圍に於ける直線關係よりの偏位に就て論述しよう。すべて強き期間曲線に於て it-t 關係が t の最も小なる部分に於て、それより t の大なる範圍に於ける直線的なる關係より偏位する、殊に下に向つて偏位する事は、從來の同曲線を取扱ふ殆どすべての業績に於て見られてゐる。従つて之は一般被刺激形體に通有なる性質と見ることが出来る。佐竹 (14) はこの偏位に始めから下に向ふ場合のみならず、所謂匙形の場合のある事を示したが、この匙形の最下の部分が缺ければ結局上向きの偏位となるのである。之等の偏位は t の極めて小なる部分に現はれるのみで、本業績で得られた關係等に於て注目すべきは、t の夫より大なる部分の範圍に於ける it-t 關係の直線であつて、廣い範圍に於て正しく直線を示してゐる。この部分の t が主要利用時即ち基電流の利用時以上であるならば、it が t に關して直線的に上るのは自明の理であつて意味はない。が本業績に見る同關係は何れも i-t 關係が漸減を示してゐる範圍の t に於てあつて、之が直線であることは Weiss の數式の成立を示すに外な

らない。松本(10)の業績に於ける同關係の取扱ひも同様の趣旨に従つて行はれ、殊に  $t$  の小なる部分の偏位が直線關係より起始する時間の値及び偏位の程度が、電極の大なるに従つて規則的に大きくなつて行く事實より、電気刺激の時間要素が夫に従つて大きくなつて行く事の現はれと見て、この偏位の始まらない間の直線關係を Weiss 式の直線となし、諸要素を之より算出したのであつた。私の成績處理の方法も大體同様の根據に依り同様に行つた。即ち實驗 A に於てはこの偏位はその程度が僅少であつた。實驗 B に於てはこの偏位が大體松本の場合と同様に無關神經の段積の數を増すに従つて、 $t$  の大なる値に始まり漸増する程度に起つた。實驗 C に於ては之の起り方が B に於ける程被刺激形體對電極の大きさ關係に對し規則的には現はれなかつたが、之にはこの項に於ける上記大きさ關係の變異が種々の方法により行はれた事が與かるのであらう。而もその或る系列に於ては偏位の程度が僅少であり、又他の系列に於ては略々松本の場合に比較し得る様に起つてゐる。之等の根據により之等の偏位の起る迄の直線關係を Weiss 式の直線と見て、その恒數  $a$ ,  $b$  及び  $a/b$  を算出したのであつた。

即ち本業績に於て取扱つたすべての對象に於ては Weiss の式  $i = a/t + b$  が通用するのであり、實驗 A より C に至る迄次に述べる如く結局、 $b$  が増大するにつれて  $a$  が如何に増大するかの問題があるのであるから、先づ典型的な場合に就き豫め論じておくのを便宜とする。Weiss の式が通用する  $t$  の範圍に於てこの式の恒數の表はす意味に就ては前述の如く、 $b$  は理論的基電流であり、 $a/b$  は理論的時値である。種々の實驗的條件の變化により  $b$  即ち理論的基電流が増大するとし、之に従ひ  $a$  が如何に變るかにより種々の場合を生ずる。即ち (i) 先づ  $a$  が不變の場合は、 $i-t$  關係の双曲線は  $t$  軸に沿つて  $b$  の増大だけ上にずれるのみで、曲線の形を變へない。 $it = a + bt$  であるから  $it-t$  關係の直線が縦軸を切る點は變はらず、直線の傾角が増大する。そしてこの直線の横軸を切る點の絶對値が即ち  $a/b$  であつて之が減少する。即ち理論的時値は短縮するのである。(ii) 次に  $a$  も増大するがその増大が  $b$  の増大と同率である場合である。この時は  $i-t$  曲線は上に移ると共に曲り方が緩くなる。 $it-t$  直線は元の直線より傾角が大であると共に夫より上の點で縦軸を切り、而もその延長が横軸を切る點は同一となる。 $a/b$  が同一であるからである。即ちこの場合理論的時値は一同値に止まるのである。(iii) 更に  $a$  も増大し而もその増大の率が  $b$  の増大より著しい場合である。この時は  $i-t$  曲線の變化は (ii) の場合よりも更に曲り方が緩くなる。又  $it-t$  直線は元の直線より傾角が大きく且之より高い點で縦軸を切るのみならず、その延長が横軸を切る點の絶對値は元の直線の夫より大である。即ち  $a/b$  がより大となるのである。この場合理論的時値は延長する。

茲に於て先づ實驗 A 即ち最大刺激に於ける  $i-t$  關係に就て論ずる。即ち直角電流を用ひて神經幹を刺激し附屬筋の最大攣縮を目標にて得られたる  $i-t$  關係は、最小攣縮を目標とするものと同様 Weiss の式に従ふ事が見られた。この際最大攣縮の  $i-t$  關係に於て、理論的基電流  $b$  が最小攣縮に於ける夫より大である事は云ふ迄もないが、夫に伴ひ理論的時値  $a/b$  は最大攣縮

に於て、最小攣縮よりも小となる事が見られた。而して恒數  $a$  は兩系列に於て殆ど等しいが、何れかといへば前者に於て後者に於けるより大きい傾きがある。

最大刺激に於ける時値が最小刺激に於けるものより小となる事は、緒言に於て述べた如く、Frédéricq (2), 木下 (7) 等の直接の時値計測に於ても見られた。又 Lubinska et Laugier (9) は不分極電極を使用すれば攣縮高が増加しても時値容量に變化を見ずとしてゐるが、その成績を詳細に見るならば (387 頁下方の表), 最小刺激の時値容量は  $0.090\mu\text{F}$  で最大刺激の時値容量は  $0.060\mu\text{F}$ , 即ち明かに攣縮高の増加は時値容量の減少を示してゐる。又彼等が之を時値に換算した全實驗での値は  $0.3\sim 0.4\text{msec}$  であつて神經に於ける時値と略々同値であるとする。私の最大刺激の場合の  $0.33\text{msec}$ , 最小刺激の場合の  $0.41\text{msec}$  とよく一致するものである。又之を  $i-t$  全關係探究に依り追跡したのは Hirvonen (4), Rémon (12), Rosenblueth & Mc Riock (13), Brücke (1) 等である。殊に Hirvonen は最も廣汎なる研究を行ひ、蛙の神經筋標本に於て興奮目標の大きさを如何に選んでも Weiss の式に相當する  $i-t$  關係が得られ、而もその  $a$  値は常に一定であるとなすのである。即ち前述の典型的の場合の内 (i) に相當するといふのである。然るに Brücke は交感神經の節後神經刺激に於て  $\surd$  あるが、興奮の大なるに従ひ時値は小になるけれど、 $a$  値は一定ならず僅少乍ら大になるとなす。即ち前記の典型的 (i) と (ii) との中間に當るとなすのである。

私の所見は前述の如く、最小刺激の  $i-t$  關係より最大刺激の夫に至るに、 $a$  値はその差が甚だ僅少で略々同一と見るべき大きさであるが、殆ど全例に於て最大刺激の方が稍大きい  $a$  を與へると見るべきものである。即ち前述の Hirvonen に大體一致するが、稍 Brücke の成績を思はしむる方向、即ち前記の典型的 (i) ではあるが稍 (ii) への方向に傾いてゐる成績であると云ひ得るのである。

次に實驗 B 及び C は所屬筋の最大攣縮を目標とし神經幹全體を 1 個の被刺激形體と見て、之に對する電極の大きさを變へることが、電氣刺激要素即ちこの場合基電流及び時値に對して如何に影響するかを見たのである。即ち B に於ては A に於ける最大攣縮に於ける  $i-t$  關係を一方の極端とし、この神經に無關物質として殘生神經を下積として重ね、その段積の數を増すことにより神經に對する電極の比較的大きさを増したのである。又 C に於ては水密に隔絶した神經を極端とし、電極面に於て神經を圍む液體の斷面積を漸次大にして神經に對する大さ關係を増大せしめた。そしてその結果は前述の如く何れの場合に於ても又何れの神經對電極の大さ關係にあつても、 $i-t$  關係は Weiss の式を満足することが見られ、その  $i-t$  關係の直線より  $a$ ,  $b$ ,  $a/b$  の恒數を求めたが、之等の恒數は前記大さ關係を増すに従つて、B に於けると C に於けると全く同様の變化を示すのである。

この C に於ては電極に於ける溶液斷面の大きさを變化せしむるために種々の裝置を混用した。即ち水密隔絶、ガラス管、セルロイド板の孔及び一定面積 ( $7\text{mm}^2$ ) の溶液斷面である。こ

の内前2者は陰極及陽極と思はれる點の間に1cmの距離があり、後2者に於てはその間に距離はないかの如く見え、之を平等にたゞ電極面の溶液斷面積のみにて比較するのは些か亂暴の如く見られるかも知れない。併し液體電極に於ける眞の刺激電極の機構に關しては未だ明かにされてはなく、從來極間距離の刺激要素に對する影響の見られたものは空中電極に就てゝあつて、之を直ちに液體電極に適用し得るかは疑問である。かくして之等を比較する正當の方法の何れなるかは知らないが、第8表に見るが如くたゞ斷面積の順に表の如く列べて、諸恒數の變化が規則的であり又Bの夫とも一致するので、この順序で前述の大き關係が漸變するものと見ておく事とする。

かくて得られた成績は被刺激形體に對して電極の大きになるに従ひ、Weiss 式の  $b$  が大になると共に  $a$  も大となり、而も  $a$  の増大は  $b$  の夫より著しいために  $a/b$  も増大する。即ち前述の典型(iii)に相當する變化で、理論的基電流の増大すると共に理論的時値も延長するのである。この變化は松本の得た成績と全く同一の方向の變化である。被刺激形體對電極の大き關係の變化に従ひ、時値並びに基電流のいかに變化するか就ての從來の測定は、松本がその論文の緒言に於てそれ迄の個々の測定を當該關係の變化より見て整理した如く、その成績は一樣であり、而も松本がその  $i-t$  關係より算出した理論的基電流並びに同時値の變化と同じ方向である。今私は更に進んで神經幹全體を1個の被刺激形體と見る立場より實驗したが、上述の如く松本が最小攣縮を目標とした  $i-t$  關係追求と全く同様の結果を得たのである。従つてこの被刺激形體對刺激電極の大き關係が、前者に比し後者が大なる程、強さ要素も時間要素も大きくなるといふ事實は、電氣刺激に於ける一般的現象と見ることができる。

本業績は松本の夫と全く同一の立場に於ける實驗であつて、松本がその緒言で述べてゐる如く電氣刺激の現象論的討究にすぎず、即ち電氣刺激は一般にかく現はれるといふ事實を追求する態度なのである。之より直に電氣刺激の本體や機序の云々に入る事はできず、それをなすには電氣刺激に關する事實を更に集積する要があるのである。今日に於てはむしろかくの如く現はれるのが電氣刺激の性質であると見るべきであらう。

上述の Weiss 式の恒數の變化がAに於けるとB、Cに於けると異なるのは注意を要する。Aの成績も見方によれば被刺激形體對電極の大き關係の問題であるのである。即ち最小攣縮と最大攣縮、或は攣縮の大きの小より漸次大となるに至る差異は、同一電極に對し被刺激形體が漸次増す、即ちその大きが漸次増大する事となり、形體に對し電極が相對的に小さくなる關係となる。故に單に形體對電極の相對的の大き關係のみより之を見て、松本及び私の上述の成績を適用するならば、攣縮の大きが大となるに従つて基電流及び時値が共に小となる事を豫期すべきである。併し實際はこの場合は時値は小になるが基電流値は大となり、Weiss 式の恒數値の變化より云へば、先に述べた典型の(i)に近く、 $a$  値が一定に近く出る。之に對して形體對電極の大き關係の變異に伴ふ Weiss 式恒數の變化は先述の典型(iii)に従ひ、兩者全く異なる仕方に於

て變化する。この差異に關しては Brücke (1, 784 頁) も言及してゐるのであつて、彼は Hirvonen 並に彼自身で見出された(又私も上に見た典型 i に従ふ)結果は funktionell gleichartig の神經纖維にて見られた事であつて、單に電極に對する神經の太さによる從來の(即ち典型 iii に従ふ)變化とは同一に論ぜられないと云つてゐるが、この2つの場合は方法論的にも根本的の差異があるのである。即ち松本及び私の大きさ關係變異の實驗に於ては、刺激作用の目標が一定の目標、即ち最小攣縮或は神經全體の刺激の表はれとしての最大攣縮であるのに、攣縮の大きさの異なるものを目標とすることは、被刺激性或は刺激作用の種々なるものを目標としての實驗を比較することになるのである。又筋全體或は神經幹の中にある種々なる被刺激性の纖維は、決して規則的に相平行して竝んでゐるのではなく、極めて錯雜した様相に於て相もつれ相交つて走行してゐる。かゝる形體に於て順次大なる攣縮を結果する刺激を、單に順次大となつてゆく被刺激形體と見ることは、決して當を得たる見方ではなく、最小攣縮と最大攣縮、或は漸次大となつてゆく攣縮に於ける i-t 關係の變化が、形體對電極の大きさ關係變異に於ける同變化と異なる典型に従ふのは怪しむに足りないことである。

## V. 總 括

1) 直角電流を以て蛙の坐骨神經を刺激し最小刺激と同時に最大刺激に於ける i-t 關係を求めてこの兩者を比較した。

2) 最大刺激に於ける i-t 關係は Weiss の法則に従ふ。最小刺激のものも同様であつて、i-t 關係は何れも t の極めて小なる部分を除き直線  $it = a + bt$  を満足する。これより a, b, a/b を算出し兩方を比較するに、最大刺激の場合は最小刺激の場合よりも b 即ち理論的基電流値は大であり、a/b 即ち理論的時値は小である。兩者の積なる a 値は大體兩者に於て等しいと見得るが、前者に於て後者に於けるより僅か乍ら大である傾向を認め得る。

3) 最大刺激に於ける i-t 關係の規則性を利用して、之を神經幹全體の刺激とし、神經幹を 1 個の被刺激形體と見る立場に於て被刺激形體對電極の大きさ關係を變異し、之が電氣刺激要素に及ぼす影響を及ぼすかを追求した。

4) Ringer 液で濕されたる濾紙を陰極とし、之に被刺激神經幹と同種の摘出神經幹を無關物質として積み重ねその上に被刺激神經を置く。この積段の數を多くしてゆくことによつて被刺激形體に對し相對的に電極の大きさを變へる。段數を 1 より 3 にかへるに何れの場合も i-t 關係は Weiss の法則に従ひ、t の小なる部分を除き i-t 關係は直線をなす。之より a, b, a/b を算出して比較するに、無關神經幹の段の數の大なる程 b が大となると共に a がより著しく大となり、従つて a/b は大となる。

5) 液體電極を用ひ、神經幹刺激點周圍の Ringer 液を増すことにより被刺激形體に對し電極面の大きさを大ならしめる。之には 2~3 の變つた方法を併せ用ひた。各場合の i-t 關係を求むるに何れも Weiss の式が妥當すること大體(2)及び(4)に於けると同様である。之より恒數

a, b, a/b を計算するに、電極の相對的サイズの増すに従ひ(4)に於けると同様の變化を之等の恒數に於て見る。

6) (4)及び(5)に於て述べた恒數の變化は被刺激形體に對し電極の大となるに従ひ、理論的基電流と共に理論的時値も大となる變化に相當し、之は松本が最小攣縮を目標とした同様の實驗成績と同方向の變化であつて、電気刺激に於ての一般的現象と認めることができることを考察した。猶考察に於ては  $it-t$  曲線の  $t$  の小なる部分に於ける直線よりの偏位に就ても論及した。又上述の形體對電極の大きさ關係の變異に於ける諸恒數變化と(2)に於ける同恒數變化の差異に關しても論じた。

摺筆に臨み終始御懇篤なる御指導と御校閲の勞を賜はつた恩師鈴木教授に深甚の謝意を表す。又色々と御便宜を與へて下さつた東部第1991部隊高級醫官熊谷利雄大尉に謹んで感謝の意を表はす。

#### 文 獻

- 1) Brücke, F. (1934) Pflügers Arch. 133 777
- 2) Frédéricq, H. (1924) Arch. intern. Physiol. 23 174
- 3) 橋田邦彦 (1932) 科學 2 104
- 4) Hirvonen, M. (1932) Skand. Arch. Physiol. 64 23
- 5) Holzer, W. (1940) Pflügers Arch. 244 226
- 6) Hoorweg, L. (1892) Pflügers Arch. 52 87
- 7) 木下治雄 (1938) Proc. Imp. Acad. Tokyo. 14 23
- 8) Lapique, L. (1913) C. r. Soc. Biol. 75 35
- 9) Lubinska et Laugier (1928) C. r. Soc. Biol. 99 385
- 10) 松本茂彦 (1941) 日本生理誌 6 252
- 11) Radakovic, M. (1900) Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. 109 Abt. Ila (M. Gildemeister(1903) Pflügers Arch. 94 551に據る)
- 12) Rémon, M. (1938) Arch. intern. Physiol. 47 175
- 13) Rosenblueth aud Mc Riock (1933) Amer. J. Physiol. 104 519
- 14) 佐竹結實 (1940) 日本生理誌 5 143
- 15) 鈴木正夫 (1935) 生理學餘外集 1-12, 10
- 16) 若林 勳 (1935) 生理學餘外集 1-9, 6
- 17) Weiss, G. (1901) C. r. Soc. Biol. 53 253, 400, 466 ; Arch. ital. Biol. 35 413

# 單一神經纖維筋標本の麻醉時に 於ける平流電氣の效果に就いて 612.743

## (第1報) 神經纖維別出部に於ける實驗

慶應義塾大學醫學部生理學教室

石丸 能 照

Ishimaru-Yoshiteru

(昭和18年6月21日受付)

### I. 序 論

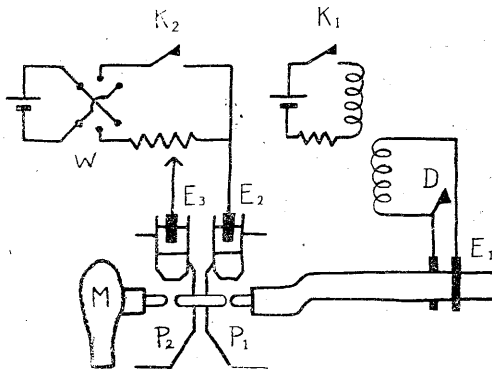
神經の興奮性並びに傳導性に對する平流電氣の影響に關しては1873年 Hermann (1) 以來多數の學者によつて報告されてゐる。就中 Samojloff 並びに Kisseleff (8) は神經纖維束の中間小部に平流電氣を作用させると、その陽極側より傳導して來た興奮を中斷せしむるには陰極側より來た興奮を中斷せしむるよりも遙かに強い電流を必要とする事を發見した。此の Samojloff 等の發見した現象は單一神經纖維に於ても認められ、田崎 (9) の髓鞘乾燥法によつて電氣的に絶縁した單一神經纖維別出部位の相隣れる2個の Ranvier 氏紋輪間に平流電氣を作用せしめる時は、その平流が上向の時は約 50mV になると近心側より傳導して來た興奮は中斷されるが、下向の時は約 300mV を要する事が最近齋藤 (7) により報告された。即ち平流電氣は何れの方に作用せしめても興奮傳導を中斷する事が明らかにされた。

然るに一方 Woronzow (12, 13), 中島 (5) により諸種藥物及び麻醉藥等によつて興奮傳導中斷に陥つた神經幹の該部に平流電氣を通ずる事によつて陽極電氣緊張 (或る物質にあつては陰極電氣緊張) の状態に置く時は、却つてその興奮傳導性を恢復する事が確證されてゐる。即ち一旦興奮傳導中斷に陥つた時平流を作用させる事によつて再び之が恢復するのである。依つて著者は別出單一神經纖維に於ては麻醉藥を作用させた場合には興奮傳導の中斷は如何なる様式を以て起こるか、又濃い麻醉藥その他の物質によつて生じた興奮傳導中斷は別出 Ranvier 氏紋輪を電氣緊張の状態に置く時は如何なる影響を受けるかを追求し、若し神經幹に於けると同様な現象が認められるならば、平流の傳導中斷作用と傳導恢復作用は如何なる機轉を以て起こるものなるかを考察し、依つて麻醉作用と平流電氣效果との關係を明瞭にせんとして次に述べる様な實驗を行つた。

### II. 實 驗 方 法

實驗材料には大なる雄蟻を用ひ、腓腸筋、縫匠筋或ひは半腱様筋を示標筋とする單一運動神經纖維筋標本を作製し、別出部位の相隣れる2個の Ranvier 氏紋輪部を髓鞘乾燥装置の2つ

第 1 圖



- D Du Bois Raymond 氏電極  
 W 方向變換器  
 K<sub>1</sub> 東式 Pendel の鍵  
 K<sub>2</sub> 水銀斷續器  
 E<sub>1</sub> 白金電極  
 E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> 不分極電極  
 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> Ringer 氏液池  
 M 示標筋

の Ringer 氏液池に浸し、近心神経幹部の大部分は池より空氣中に露出させた。

平流電氣は Ringer 氏液池中に浸した Zn/ZnSO<sub>4</sub> 飽和溶液/Gelatine-Ringer 氏液型不分極電極を介して別出部位の相隣れる 2 個の Ranvier 氏絞輪間に作用せしめ、その強さは石川 (3) の自作した電壓調節用分壓器を以て加減し、Pohl 氏方向變換器によつて上向流又は下向流とした。更に神経幹の可及的近心部位に白金電極を置き開放感應電擊を與へる様にし、その強さは第一次回路に挿入した抵抗箱の値を加減する事によつて調節し、方向は凡て下向に與へた。第1圖はその概略を示すものである。

麻醉藥その他の物質は池の Ringer 氏液と靜かに數回置換する事によつて該部の Ranvier 氏絞輪に作用せしめた。麻醉藥としては Urethane 溶液及び Cocaine 溶液を用ひ、その他種々の濃度の鹽酸、葡萄糖溶液及び鹽化カルシウム等を用ひて實驗を行つた。

### III. 實驗成績

#### A. 豫備實驗

先づ近心神経部 E<sub>1</sub> に閾値より稍強い單一開放電擊を與へて、之によつて生ずる示標筋の攣縮が單一神経纖維の別出部位に如何なる強さの平流電氣を作用させたならば制止されるかを檢べた。齋藤 (7) の記載によると平流が上向の時には約 50mV で十分であるのに反し下向の時は約 300mV を要するが、著者の實驗によると平流が上向の時に比して下向の時は可成不安定で、最初には 300mV 程度であるが間もなく之より低い電壓で制止される様になり、ほゞ 200mV 乃至 250mV で安定して來る様になる。且つ後述する様に別出部位に臨界濃度 (9) 以下の薄い麻醉藥を作用させ比較的短時間の後に之を洗ひ去つても、傳導中斷に要する平流の強さは、その方向如何に拘らず麻醉藥作用後と全く同一の値に戻る事は少なく之よりも少しく低い電壓で十分制止を起すのが常である。即ち數回の麻醉實驗を繰り返した後には上向の時は約 30mV、下向の時は約 100mV 程度の電壓で充分示標筋の攣縮が起らなくなつた。然し乍ら常に下向の時の方が上向の時より遙かに高い電壓を要すると云ふ關係は終始變らなかつた。依つて著者は正常時と麻醉時によつて傳導中斷に要する平流電氣の強さを比較するのに、正常時に於て十分安定となつた時の値を標準とする様にした。

#### B. 臨界濃度以下の麻醉藥を用ひた場合に就いて

上述の正常時に於ける神経纖維に對する平流電氣の興奮傳導中斷作用は、麻酔藥を別出 Ranvier 氏絞輪に作用させた時は如何なるであらうか。先づ臨界濃度以下の濃さ即ち傳導中斷を起さない程度の濃度である 0.5% Urethane-Ringer 氏液を作用させて見た。多數實驗例中の 1 例を擧げて説明すると第 1 表 (I) に示す様に、麻酔藥作用前には平流が上向の時には

第 1 表

示標筋, *M. gastrocnemius* 室温, 18.0°C

麻酔藥, 0.5% Urethane-Ringer 氏溶液

A (I)	上 向 流	下 向 流
正 常 時	53mV.....54mV	196mV.....200mV
P <sub>1</sub> 麻 酔 時	20mV.....21mV	108mV.....110mV
恢 復 後	49mV.....50mV	196mV.....200mV

3 分 間 休 憩

A (II)	上 向 流	下 向 流
正 常 時	47mV .....48mV	205mV.....210mV
P <sub>2</sub> 麻 酔 時	9mV.....10mV	205mV.....210mV
恢 復 後	31mV.....32mV	205mV.....210mV

示標筋, *M. gastrocnemius* 室温, 18.0°C

麻酔藥, 0.5% Urethane-Ringer 氏溶液

B	上 向 流	下 向 流
正 常 時	57mV.....58mV	206mV.....210mV
P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> 麻 酔 時	31mV.....32mV	83mV..... 84mV
恢 復 後	51mV.....52mV	160mV.....162mV

53mV 以下では筋攣縮が見られたのに 54mV にすると筋攣縮が見られなくなり、平流を如何に強くしても再び筋攣縮を生ずる事は無かつたのに反し、下向の時には 190mV 迄筋攣縮が見られ 200mV に至つて始めて見られなくなつた。茲に於て 0.5% Urethane-Ringer 氏液で反筋側池 P<sub>1</sub> の Ringer 氏液を靜かに置換した後、近心神経幹部より來る興奮傳導を中斷するに要する平流の強さを測つて見ると、上向の時は 21mV、下向の時は 110mV で十分であつた。即ち麻酔時に於ては正常時に比し遙かに低い電壓で十分制止の起る事が判つた。更に此の麻酔藥を Ringer 氏液と置換すると、上向の時は 50mV、下向の時は 200mV を要する様になつたから、麻酔時に於ける制止に要する電壓の低下は時間を経たための影響によるものでないと云

ふ事が出来る。

次に約3分間を経た後同一標本に於て平流電氣の興奮傳導中斷に要する強さを測つて見た所、第1表(II)に示す様に上向の時は48mV、下向の時は140mVを得た。茲に於て筋側池P<sub>2</sub>に麻酔薬を導入してから、傳導中斷に要する平流の強さを測つた所上向では僅か10mVで十分であるのに反し、下向流では麻酔前と同じく210mVを要した。更に麻酔薬を Ringer 氏液と置換した後は上向流では32mVに上昇したが、下向流では同じく210mVを要した。即ち前實驗と異り筋側池にある Ranvier 氏絞輪を臨界濃度以下の Urethane-Ringer 氏液で麻酔せしめても、傳導中斷に要する下向流の強さは影響を受けなかつた。

次に P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 兩池にある Ranvier 氏絞輪を同時に 0.5% Urethane-Ringer 氏液を以て麻酔した場合、興奮傳導中斷に要する平流電氣の強さは如何に變化するかを検した。今その代表例を擧げて説明すれば第1表Bに示す様に、麻酔前には平流が上向の時は58mV、下向の時は210mVで傳導中斷に陥入つたのが、P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 兩池を麻酔薬で置換した後は上向の時は42mV、下向の時は84mVで十分であつた。更に兩池を Ringer 氏液で置換した後は上向の時は52mV、下向の時は162mVとなり麻酔前の値に近づいてゐる。

### C. 臨界濃度以上の麻酔薬を用ひた場合に就いて

麻酔薬としては臨界濃度より稍濃い、2.5~3.0% Urethane-Ringer 氏液及び0.1% Cocaine-Ringer 氏液を用ひた。夫々1例を擧げて説明すれば、第2表Aの Urethane 溶液の場合は麻酔薬を作用させると直ちに傳導中斷に陥入るが、(I)に示す様に反筋側池P<sub>1</sub>に作用させた時は

第 2 表

示標筋, M. gastrocnemius 室温, 18.0°C  
麻酔薬, 3.0% Urethane-Ringer 氏溶液。

A (I)	上 向 流	下 向 流
正 常 時	48mV.....50mV	245mV.....250mV
P <sub>1</sub> 麻 酔 時	(-)	205mV.....210mV
恢 復 後	25mV.....27mV	200mV.....205mV

示標筋, M. gastrocnemius 室温, 18.0°C  
麻酔薬, 3.0 Urethane-Ringer 氏溶液

A (II)	上 向 流	下 向 流
正 常 時	52mV.....54mV	210mV.....215mV
P <sub>2</sub> 麻 酔 時	(-)	205mV.....210mV
恢 復 後	18mV.....20mV	205mV.....210mV

示標筋, M. semitendinosus 室温, 15.5°C  
麻酔薬, 0.1% Cocaine-Ringer 氏溶液

B	上 向 流	下 向 流
正 常 時	62mV.....54mV	210mV.....215mV
P <sub>1</sub> 麻 酔 時	(—)	0mV... 38mV 200mV.....205mV
恢 復 後	18mV.....20mV	175mV.....180mV

平流を上向に作用させると電流を如何なる強さにしても傳導中斷は恢復されない。下向に作用させると直ちに傳導は恢復筋の攣縮が見られるが 210mV 迄電壓を高めると傳導中斷に陥入る。又 (II) に示す様に筋側池 P<sub>2</sub> に麻酔薬を作用させると、平流を上向に作用させても矢張り傳導性の恢復は見られないが、下向に作用させると正常時に於けると略同程度の電壓を加へる迄筋の攣縮が認められた。即ち制止に要する電壓は正常時は 215mV で、麻酔時は 210mV であつた。

第2表 B の Cocaine 溶液の場合は、矢張り同様に麻酔は瞬間的に來るが、この時平流を上向に作用させると電壓を如何程にしても傳導中斷は恢復されない事は Urethane 溶液の場合と同様である。之に反し下向の時は 38mV 迄の低い電壓では筋は攣縮を示さなかつたが、40mV より 200mV 迄では攣縮が起こり、205mV に至つて再び傳導中斷に陥入つた。然し比較的短時間の後麻酔薬を除去すれば多くは數分の後傳導性は恢復する。

茲に注目すべきは下向流による傳導中斷恢復作用は麻酔薬作用後僅々數分間に過ぎない事である。數分を経過した後には如何なる強さの平流を下向に作用させても筋攣縮は見られなくなる。

#### D. 鹽酸、葡萄糖液及び鹽化カルシウムを用いた場合に就いて

之等の物質を用いた場合も麻酔薬を用いた場合と略相似た結果を示したから、以下實驗の概略を述べるに止める。

鹽酸は 8/10000 N 鹽酸及び 1/100 N 鹽酸を用ひ反筋側池 P<sub>1</sub> より作用させた。何れの場合も作用と同時に瞬間的に興奮傳導中斷に陥入る (4)。この時平流を上向に作用させても無効であるが、下向に作用させると興奮傳導が恢復する。而して正常時と殆んど同程度の電壓で傳導中斷に陥入る。然し此の平流電氣による傳導性恢復作用は鹽酸作用後短時間で消失し、1/100N 鹽酸では 1~2分に限られてゐる。鹽酸を Ringer 氏液と置換して檢すると、著者の實驗では、8/10000 N の場合は傳導性を恢復したが、1/100 N の場合には恢復しないものもあつた。

4.05% 等張葡萄糖溶液を反筋側池 P<sub>1</sub> に作用させると約 10 分後に至り近心部よりの興奮傳導は中斷したが、此の時平流を下向に作用させると矢張正常時と同じ強さの電壓に至る迄筋攣縮が見られたが、上向の時は全く無効であつた。但し葡萄糖の場合は鹽酸と異り平流電氣に依る

傳導性恢復は長時間保たれ數十分以上に及ぶ。勿論 Ringer 氏液と置換すれば30秒以内で興奮傳導性は恢復する。

1.0%鹽化カルシウム溶液を反筋側池 P<sub>1</sub> に作用させた場合には近心神経幹部よりの興奮傳導が中斷するのには約15分程度を要した。此の時も前同様下向の平流による傳導性の恢復が認められるが、上向流では効果が無かつた。而して Ringer 氏液と置換すれば殆んど瞬間的に傳導の恢復する事が觀察された。

#### IV. 考 察

前述の豫備實驗に於て認めた様に、2つの相隣れる Ranvier 氏絞輪間に種々の強さの平流電氣を作用させた場合、近心神経幹部よりの興奮傳導を中斷するには平流が下向の時には上向の時に比して遙かに強い電壓を要するが、此の事は次の3つの事實を基礎として解説されてゐる(7)。即ち

(1) 興奮の傳導は1つの Ranvier 氏絞輪部の興奮によつて發生した動作電流が隣接絞輪を刺戟し之を興奮せしめる事によつて起る(10, 6)。

(2) 陽極電氣緊張の状態にある Ranvier 氏絞輪の出す動作電流は正常の絞輪の出すものに比して其の強さ大である。之に反し陰極電氣緊張の状態にある絞輪の出す動作電流の強さは正常のものよりも其の値小である(10)。

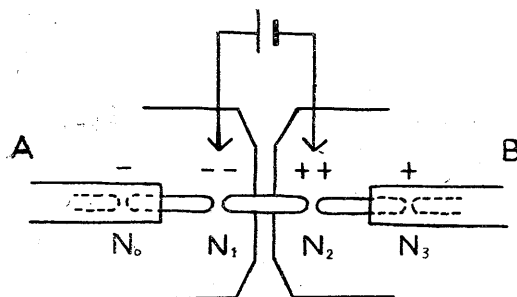
(3) 陽極電氣緊張の状態にある絞輪の閾値は正常にあるものゝ其れよりも高く、陰極電氣緊張の状態にあるものに於ては正常時よりも低い(10)。

之等に更に次の2つの事實を加へれば、著者の行つた前記諸實驗の結果を明快に解説する事が出来る。即ち

(4) 麻醉状態にある Ranvier 氏絞輪の出す動作電流の強さは正常のものゝ其れよりも弱い(11)。

(5) 麻醉状態にある Ranvier 氏絞輪の閾値は正常のものよりも高い(2)。

第 2 圖



即ち正常時に於ては第2圖に示す如く、別出単一神経纖維の露出して Ringer 氏液池中にある隣接せる2絞輪 N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> 間に圖の如き方向に平流電氣を作用させる時は、N<sub>1</sub> は陰極電氣緊張の状態にある故その動作電流の強さは正常値に比して著しく弱いから、A側より興奮が傳導して來る場合には N<sub>1</sub> の出す動作電流は N<sub>2</sub> に對し容易に闕

下となる。依つて平流の方向が上向の時は比較的弱い電壓で N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> 間に於て傳導中斷に陥入る事になる。然し B 側より興奮が傳導して來る場合には N<sub>2</sub> の出す動作電流は N<sub>1</sub> に對し闕下と

なる事はないが、平流の電壓を大にすれば  $N_2$  の閾値が上昇するから之に對し神経幹中にある隣接絞輪  $N_3$  の出す正常値の動作電流が  $N_2$  に對し閾下となり、 $N_2$ 、 $N_3$  間に於て傳導中斷が起る事になる。以上は正常状態にある場合の平流による傳導中斷作用の起る機轉であり、之に關しては齋藤 (7) の詳細な記載がある。

今臨界濃度以下の薄い麻酔薬を反筋側池  $P_1$  に作用させた後平流を上向に作用させた場合は、第2圖に於て麻酔薬によつて絞輪  $N_1$  の出す動作電流の強さを弱めた時に A 側から興奮が傳導して來ると考へる事が出来る。従つて  $N_1$  の出す動作電流は陰極電氣緊張の状態になる事によつて、正常状態にあるものが陰極電氣緊張の状態になつた場合よりも其の減弱の程度がより甚だしいから、正常値のものよりも小なる電壓の平流を作用せしめる事によつて容易に  $N_2$  に對し閾下となる。又筋側池  $P_2$  に麻酔薬を作用せしめて平流を上向にした場合は、麻酔薬によつて絞輪  $N_2$  の閾値を上昇せしめた時に A 側より興奮が傳導して來ると考へる事が出来るから、陰極電氣緊張の状態にある事によつて小さくなつた  $N_1$  の出す動作電流は陽極電氣緊張の状態にある事によつて、正常状態にあるものが陽極電氣緊張の状態に置かれた場合よりも更に遙かに上昇した  $N_2$  の閾値に對し容易に閾下となり、その結果  $N_1$ 、 $N_2$  間に於て傳導中斷に陥入るものと考へられる。

然るに平流を下向に作用させた時は B 側から興奮が傳導して來ると考へれば良い。故に反筋側池  $P_1$  に麻酔薬を作用させた場合は、絞輪  $N_2$  の出す動作電流は、正常状態にある時よりも小ではあるが、陽極電氣緊張に依つて強められるから、それが閾値の下降せる絞輪  $N_1$  に對し閾下となる事はない。故に  $N_1$ 、 $N_2$  間に於て傳導中斷に陥入る事はないが、 $N_2$  に於ける閾値の上昇は正常時に於けるよりも著しいから、 $N_3$  の出す動作電流は正常時よりも小なる電壓の平流を作用させても既に  $N_2$  に對し閾下となると考へられる。即ち傳導中斷は  $N_2$ 、 $N_3$  間に於て起る。又筋側池  $P_2$  に麻酔薬を作用させた場合は、之によつて絞輪  $N_1$  の閾値は上昇するが、臨界濃度以下の麻酔薬であるから之によつて  $N_1$ 、 $N_2$  間に於て傳導中斷に陥入る事はない。従つて此の場合は傳導中斷の様式には2つの可能性が考へられる。即ち麻酔によつて小となつた  $N_1$  の出す動作電流が陰極電氣緊張となる事によつて更に著しく小となり遂に  $N_2$  に對し閾下となるか、又は正常時に於ける如く、 $N_2$  の閾値上昇により  $N_2$ 、 $N_3$  間に於て傳導中斷を來すかの2つである。第1表 A (II) に於ける如き場合は麻酔時も正常時も傳導中斷に要する平流の電壓が等しい場合は恐らく後者の形を取つたものと考へられる。

次に第1表 B に於ける如く兩池に麻酔薬を導入した場合は、絞輪  $N_1$  も  $N_2$  も共に閾値上昇し、生ずる動作電流も小さいから、平流を何れの方角に作用させても共に正常時に於けるよりは低い電壓で傳導中斷の起るのは容易に理解する事が出来る。又麻酔實驗を繰返した後には麻酔前に比して低い電壓で中斷の起るのは、實驗開始時よりも動作電流の強さの減する事と絞輪の閾値の上昇する事の2つに依ると考へられる。

次に臨界濃度以上の麻酔薬を反筋側池  $P_1$  に作用させて一旦傳導中斷に陥入つたものが平流を下向に作用させた時にのみ傳導性を恢復するのは如何に説明せらるべきであらうか。今絞輪  $N_2$  は完全に麻痺してゐるとすれば、この絞輪からは刺戟電流が來ても働作電流は生じない。故に此の場合に  $N_1$ ,  $N_2$  間に平流を作用させる事によつて興奮傳導を恢復せしめ得るとすれば、 $N_1$  は  $N_2$  の生ずる働作電流によつて刺戟されねばならない。之は多くの場合絞輪  $N_1$  の閾値を下降せしめればよいのであるが、下向に平流を作用させれば  $N_1$  は陰極電氣緊張状態となる事によつて閾値の下降を來たすから、 $N_2$  の出す働作電流が麻酔せる絞輪  $N_2$  を越えて (6)  $N_1$  に對し閾値以上になるものと思はれる。然しながら陰極電氣緊張の狀態に於ける閾値の下降には限度があり 100~200mV 以上の電壓を作用させると閾値は漸次却つて上昇する傾向にある (10) ために、平流の電壓を高めれば遂に傳導中斷となるものと考へられる。又麻酔薬作用後時間の経過と共に漸次神經幹中にある絞輪  $N_3$  の出す働作電流も小となるため、數分後には傳導中斷の恢復は困難となる譯である。

然るに上向に平流を作用させた場合には絞輪  $N_2$  の閾値は上昇するのであるから、絞輪  $N_0$  の出す働作電流が  $N_2$  に對し閾値以上になる事は無い。従つて上向流による傳導中斷恢復作用は見られない譯である。

又麻酔薬を筋側池に作用させた場合には平流を下向に作用させる事によつて傳導性が恢復するのは、絞輪  $N_1$  は完全に麻酔状態にあるから  $N_2$  の出す働作電流が  $N_0$  に對して閾値以上になる爲でなければならぬ。然るに今  $N_2$  は陽極電氣緊張の狀態に置かれてゐる故その出す働作電流は正常値よりも大きくなつてゐるから、 $N_1$  を越えて  $N_0$  に對し閾値以上となり傳導が恢復するものと考へられる。然し同時に  $N_2$  の閾値は上昇するから  $N_3$  の出す働作電流が  $N_2$  に對し閾下となり傳導の中斷に陥入るものと考へられる。且つ時間の経過と共に  $N_0$  の閾値も上昇するから間もなく傳導性の恢復は困難となる。

上向に平流を作用させた場合は、 $N_1$  の出す働作電流は陰極電氣緊張の狀態となる事によつて増々小となり、之が  $N_3$  に對し閾値以上になる事はないから勿論傳導性の恢復は見られない譯である。

以上の説明によつて種々なる濃度の麻酔薬を別出 Ranvier 氏絞輪に作用させた場合の興奮傳導の中斷及び恢復に對する平流電氣の作用方向と強さとの關係は明らかになつた。鹽酸、葡萄糖溶液及び鹽化カルシウムを作用させた場合も同様な機轉によるもので、その Ranvier 氏絞輪に對する麻酔速度の差により前述の如き差異を生ずるものと考へられる。

## V. 結 論

單一神經纖維の相隣れる 2 個の別出 Ranvier 氏絞輪の一方又は兩者に種々なる濃度の麻酔薬その他の物質を作用せしめた場合、同絞輪間に平流電氣を作用せしめて之が興奮傳導の中斷又は恢復に對する影響を検した。

臨界濃度以下の麻醉薬を作用させて近心神経幹部よりの興奮傳導を保たしめてある場合には、平流が上向の時にも下向の時にも共にある程度以上の電壓にすると傳導中斷に陥入る。

然しその強さは筋側麻醉下向流作用の場合の外は、何れも正常時よりも小なる値で十分である。

臨界濃度以上の麻醉薬を何れか一方の剔出 Ranvier 氏絞輪に作用させた場合には興奮傳導は中斷されるが、この時平流を下向に作用させると傳導性は恢復するも漸次平流電氣の電壓を高めて行くと再び傳導中斷に陥入る。此の中斷に要する平流の強さは正常時と餘り異なる。但し平流の方向が上向の時は傳導性の恢復は見られない。この關係は鹽酸、葡萄糖溶液及び鹽化カルシウム溶液を作用せしめた場合に於ても適用される。

以上の興奮傳導中斷作用と恢復作用とは前述の單一神經纖維に於ける分極電流並びに麻醉時 Ranvier 氏絞輪に於ける研究結果を以て、何等の矛盾なくその機轉を説明する事が出来る。

稿を終るに臨み加藤教授の絶えざる御鞭撻と久保教授の御懇篤なる御指導並びに御校閲に對し深く感謝の意を捧げる。

#### 文 獻

- 1) Hermann (1873) Pflügers Arch. 7
- 2) 井上 政 (昭和12年) 慶應醫學 17
- 3) 石川一男 (昭和16年) 慶應醫學 21
- 4) 峯島 庸 (昭和15年) 慶應醫學 20
- 5) 中島賢二郎 (和昭4年) 慶應醫學 9
- 6) 根岸雅夫 (昭和15年) 慶應醫學 20
- 7) 齋藤脩二 (昭和17年) 慶應醫學 22
- 8) Samojloff, A. u. M. Kisseleff, (1925) Pflügers Arch. 209
- 9) 田崎一二 (昭和13年) 慶應醫學 18
- 10) 田崎一二・竹内大二・加納豐哉 (昭和16年) 日本生理誌 7 384
- 11) 田崎三二・竹内大二 (1941) Pflügers Arch. (發表豫定)
- 12) Woronzow, D. S. (1924) Pflügers Arch. 203
- 13) Woronzow, D. S. (1925) Pflügers Arch. 210

單一神經纖維筋標本の麻醉時に  
於ける平流電氣の效果に就いて 612.743

(第2報) 神經幹を含めての實驗

慶應義塾大學醫學部生理學教室

石丸 能 照

Ishimaru-Yoshiteru

(昭和18年6月21日受付)

I. 序 論

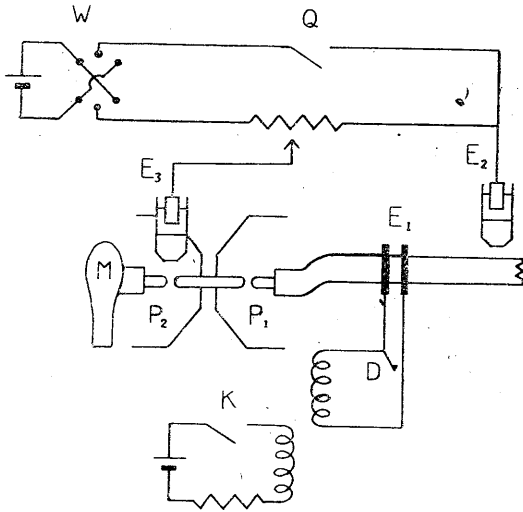
1923~25年 Woronzow (4) は種々なる物質を神經幹の一部に作用せしめて興奮傳導性を消失した時に、神經に平流電氣を通じて該部を陽極又は陰極電氣緊張の状態に置くくと各物質により夫々何れかの状態に於て再び傳導性を恢復する事を發見報告した。次いで吾が教室の中島 (2) は麻醉藥として Urethane 溶液其他を用ひて同様な實驗を試み、一旦麻痺せる部を陽極電氣緊張の状態に置く時は矢張り傳導性を恢復する事を認めた。先に著者 (1) は單一神經纖維別出部の1個の Ranvier 氏絞輪に Urethane 溶液を作用せしめて一旦傳導不能の状態になった時に、該絞輪とその隣接絞輪との間に平流電氣を適用せしめると、その方向如何に拘らず再び傳導性の恢復するを發見し、之に關しその機轉を詳細に解説した。此の場合に若し平流電氣を直接2つの隣接絞輪間に作用せしめる方法に依らず、上記の Woronzow—中島の配置を用ひるが、單にその麻醉部位を1個の別出絞輪に限つた場合、又は結締織を除去して露出した神經纖維束を麻醉した場合に、果して如何なる結果を示すであらうかと云ふ點は、神經に於ける麻醉と平流電氣效果の關係を究明する上に興味ある問題であり、又之によつて從來の神經幹に於ける實驗結果に對する新しい立場からの解明を期待し得るであらうと考へて本實驗を試みた。

II. 實驗方法

實驗材料は大なる雄蟻を用ひて腓腸筋を示標とする單一運動神經纖維筋標本を製作し、別出部位の相隣れる2個の Ranvier 氏絞輪部を髓鞘乾燥装置の2つの Ringer 氏液池に浸し、近心神經幹部の大部分を池から空氣中に露出させた。

電極は第1圖に示す様に  $Zn/ZnSO_4$  飽和溶液/Gelatine-Ringer 氏液型不分極電極で、その一方  $E_3$  は Ringer 氏液  $P_2$  池に浸し、他方は近心神經幹の端に當てた。この電極を介して神經に平流電氣を通じたが、その装置並びに感應電撃を與へる装置は總て前報 (1) と同様である。感應電撃は下向きとして與へた。但し白金電極  $E_1$  は  $E_2, E_3$  間の神經幹上の種々なる位置に置

第 2 圖



- K 東式 Pendel の鍵
- Q 水銀斷續器
- D Du Bois Reymond 氏電鍵
- W 方向隨換器
- E<sub>1</sub> 白金電極
- E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> 不分極電極
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> Ringer 氏液 Pool
- M 示 標 筋

いたが結果は何れも同様であつた。電極 E<sub>1</sub> の兩極間隔は 5 mm で、E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> の間隔は 2.5~5cm に及んだ。室温は 12~18°C であつた。

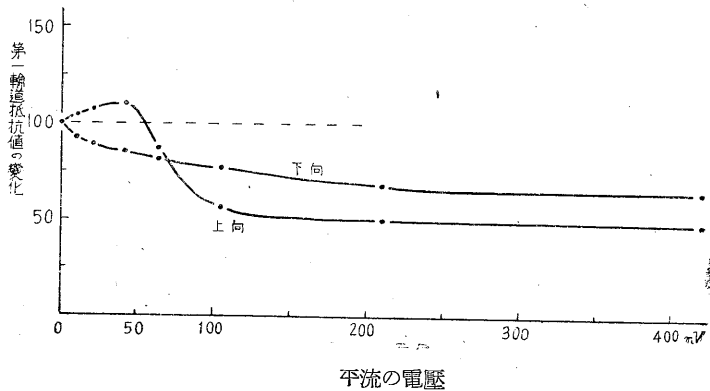
### III. 單一神經纖維を用ひた實驗

#### A. 實驗成績

前報に於て著者 (1) は相隣れる別出絞輪間に平流電氣を作用させた所、その方向如何に拘らず適用電壓がある程度に達すると、近心神經幹よりの興奮傳導が中斷されると云ふ齋藤 (3) の報告に觸れ、之を詳細に検討したが、その際近心神經幹に於ける興奮初發部位の閾値は中斷直前迄何等の變化が無かつた。然し本報の様な配置で平流電氣を作用させると、感應電撃を與へる電極 E<sub>1</sub> は不分極電極 E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> の中間に位置するので、その閾値は平流電氣によつて何等かの影響を受けるであらうと考へて之を検して見た。

今平流電氣の方向並びに強さを變化した際、感應電氣機の第 1 次回路に挿入した抵抗の讀みによつて閾値を測定して之を S とし、平流電氣を通じない時の E<sub>1</sub> に於ける閾値を S<sub>0</sub> とすれば、閾値の變化の度合は  $100 \times \frac{S}{S_0}$  を

第 2 圖



以て表現する事が出来る。1例を示せば第2圖の様になる。即ち平流が上向きの際は 40mV 迄

は僅かに閾値の下降が見られるが、50mVになると急に閾値は上昇する。然し平流が下向きの方は始めから漸次閾値上昇を示した。400mV程度になると平流の方向如何に拘らず閾値は著しく上昇するが、猶筋は収縮を示し、之以上の電壓では検出不可能であつた。即ち以上の範圍の電壓では實驗例7例共總て同一傾向を示し、前報の様な傳導中斷に陥つた例は1例も無かつた。

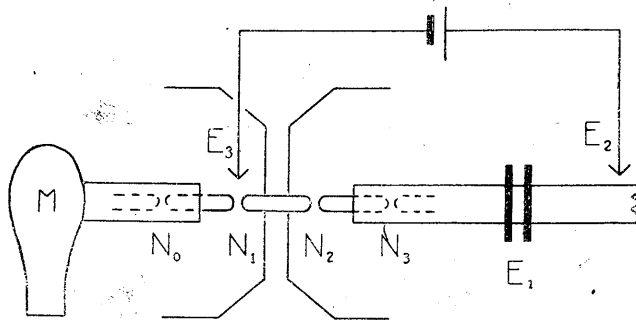
扱て新鮮標本を用ひて麻酔實驗を行つて見る。3.0% Urethane-Ringer 氏液を筋側池  $P_2$  に導入すると直ちに近心神経幹よりの傳導は中斷され、感應電擊を如何に強くしても筋は収縮しない。此の時  $E_2, E_3$  を介して平流電氣を上向きに通じて、その強さ如何に拘らず近心神経幹よりの刺戟に對し筋は収縮を示さない。又平流電氣を下向きに通じてその強さを種々にした場合に、感應電擊の強さを豫想せられる上昇閾値より強くして検しても、矢張り筋は収縮を示さなかつた。即ち實驗例10例共總て一旦傳導不能に陥つたものに平流電氣を作用させても傳導の恢復を來したものは無かつた。然し實驗後麻酔藥を除去して正常 Ringer 氏液を導入すれば直ちに例外なく2分以内に傳導は恢復した。

又麻酔藥の作用を成る可く筋側別出 Ranvier 氏絞輪に限定せんが爲、筋及び筋側神経幹の一部を池中より出して一段高く位置せしめて同様な實驗を行つたが、全く上記と同様な結果を得た。

### B. 考 察

前報の配置では平流を作用せしめた場合近心神経幹  $E_1$  に於ける閾値は變化を受けなかつたのに、本報の配置では著明な影響を受け平流が上向きの方は閾値は一旦下降した後急に上昇し、下向きの方は初めから上昇するのが認められたが、2つの配置に於ける相違は電極  $E_2$  の位置のみであるから、此の閾値の變化はその検出電極の位置に由來するものと考へられる。然し何れの場合でも一旦中斷した興奮傳導は検出部に與へる感應電擊の強度に何等の影響を受けないから、傳導中斷の發現は別出部位に於ける現象であると考へられる。然るに前報の配置では筋側池  $P_2$  に麻酔藥を導入して傳導中斷に陥つた時、平流を下向きに與へると傳導性の恢復が見られたが、本報の配置では之が認められないのは、傳導恢復は別出 Ranvier 氏絞輪に

第 3 圖



於ける生理的分極電壓の影響であると云ふ見解 (1) に従へば、電極  $E_2$  を別出部位より遙か遠方の神経幹に置いた第3圖の様な配置では、反筋側池絞輪  $N_2$  に於いては平流による影響が前報の配置よりも遙かに弱いか又は見られない

と解すれば理解される。即ち第3圖に於いて筋側池に麻酔薬を導入して絞輪  $N_1$  を麻痺せしめて興奮傳導中斷を來した時は、絞輪  $N_2$  に發生した動作電流が麻痺せる絞輪  $N_1$  を越えて筋側絞輪  $N_0$  に達した場合閾下であつたと解されるから、平流を作用させても絞輪  $N_2$  に於ける動作電流の増大又は絞輪  $N_0$  に於ける閾値下降が無い限りは傳導性の恢復は見られない。然るに平流を上向きに作用させると、前報の配置では  $N_2$  に於いて動作電流を減弱せしめる方向に作用するのであるから、本報の配置でも勿論傳導性の恢復は認められない。又平流を下向きに作用させると前報の配置では  $N_2$  の動作電流を増大せしめる様に作用したから傳導の恢復が認められたが、本報の配置では前述の様に反筋側池中にある絞輪には分極電壓の影響が弱いとすれば、傳導性の恢復は認められない譯である。

斯くの如く考へると、本報に於ては前報と違ひ、前述の様に  $E_1$  に於ける閾値検出の實驗に於いて、平流電氣を可成り強くしても傳導中斷作用の認められないと云ふ現象も良く理解出来る。即ち第3圖に於いて平流を上向きにした時は、絞輪  $N_1$  に於ける閾値は上昇するが、之に對し  $N_2$  に發生した動作電流は前報と異りその減弱が無いとすれば、平流を可成りの程度に強くしても猶筋側絞輪  $N_1$  に對して閾値以上であり得るし、又平流を下向きにした時には  $N_1$  の閾値は下降するから、 $N_2$  の動作電流はその増強が無くても勿論  $N_1$  に對し閾値以上であるが、 $N_2$  の閾値の上昇が無いとすれば  $N_2, N_3$  間に於ける傳導の中斷も無いであらうから、平流の方向に拘らず中斷が起らなかつたものと解される。

扱て弱い平流を上向きに作用させた時には始め  $E_1$  に於ける閾値下降し、下向きにした時は閾値上昇するのは、從來 Pflüger 以來神経幹に就いて知られた事實と丁度反對の結果となつてゐる。此の點を更に究明する必要がある。又前記中島 (2) の神経幹を用ひた實驗に於いては平流の方向を上向きにした時のみ、麻酔薬によつて一旦傳導中斷に陥入つた部分を近心部よりの興奮が通過する様になるのは如何なる機轉によるものであるかを考へて見たい。そこで神経の麻酔箱中にある部分の結締織を除去して、麻酔薬が直接露出せる神経纖維束に作用する様にし、中島 (2) と同様な配置で實驗を試み、その結果を神経幹及び単一神経纖維に於ける成績と比較した。

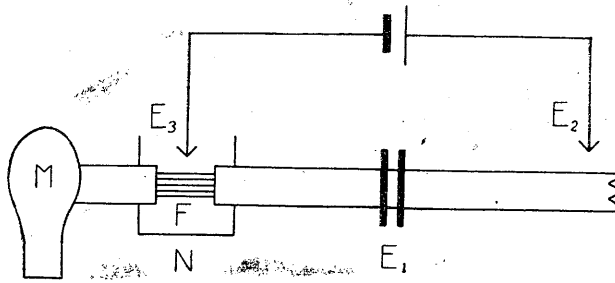
#### IV. 結締織除去神経纖維束を用ひた實驗

##### A. 實驗成績

實驗裝置は第4圖に見る様に腓腸筋又は半腱様筋及び縫匠筋を示標筋とする坐骨神経の示標筋への分枝部に於いて長さ1cmに亘り結締織を除去して神経纖維束を露出し、この部を含み約2cm長を麻酔箱中に入れた。麻酔箱中には先づRinger氏液を入れ、之に不分極電極  $E_2$  を浸し、それより近心神経幹は空氣中に出して電極  $E_1$  を出来るだけ近心端に置いた。

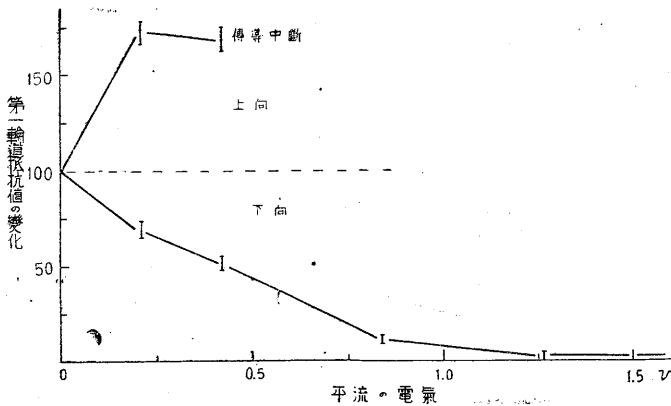
先づ  $E_2, E_3$  間に平流電氣を作用せしめ、 $E_1$  に於いて下向開放感應電撃を與へて、平流電氣の適用電壓と  $E_1$  に於ける閾値との關係を求めて見た所、第5圖の様に、平流を上向きにして  $E_3$

第 4 圖



N 麻 醉 箱  
F 神 經 纖 維 束

第 5 圖



側を陽極電氣緊張の状態に置くと始め閾値は著明に下降し、次いで適用電壓 400 ~ 800mV 間で7例中1例を除いて傳導中斷に陥つた。平流を下向きにして E<sub>3</sub> 側を陰極電氣緊張の状態にすると E<sub>1</sub> に於ける閾値は著明に上昇するが、7例共傳導中斷に陥る事は無かつた。

次に新鮮標本を用ひて、麻醉箱中に 3.0% Urethane-Ringer 氏液を導入すれば、例外なく1分以内に E<sub>1</sub> よりの興奮傳導は中斷された。この時 E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> 間に平流電氣を上向きに作用させて、適用電壓を種々に

變更して傳導恢復の有無を検した所、上記の1例が 400mV 迄傳導が恢復するのが見られた外他の6例總て無効であつた。下向きの時は7例共總て傳導恢復は認められなかつた。勿論麻醉藥を除去して正常 Ringer 氏液を導入すれば1分にして傳導性を恢復した。

B. 考 察

以上實驗成績の示す様に結締織除去神經纖維束を用ひた場合に於いても、平流電氣を作用せしめた時、その極間部に於ける閾値の變化は、從來神經幹に就いて知られた結果と反對であつた。之によつて該檢出部の閾値の變化は神經幹結締織の電氣的影響に依るものと解し得るであらう。上向きの平流を作用せしめた時、單一神經纖維に於いては平流による傳導中斷作用が現はれなかつたのに神經纖維束標本に於いては之が現出したのは、前者が唯1個の Ranvier 氏絞輪のみを陽極電氣緊張の状態に置いたのに反し、後者に於ては約 1cm 長に亘り神經纖維を露出して之を陽極電氣緊張の状態に置いた爲であると考へられる。

次に本例の様に相當長い範圍に亘つて神經纖維を露出して、麻醉藥が確實に原濃度で作用する様にすれば、Woronzow—中島の見た様な平流による傳導恢復は認められない事及び中島の記載せる如く麻醉藥適用により傳導が中斷されて後、短時間の間のみ平流による傳導恢復が

可能な事より推論すれば、麻酔薬が神経幹結締織を通して擴散侵入した時、麻酔薬に最も抵抗の強い纖維が丁度麻痺状態になり、傳導中斷に陥入つた許りの時に、平流電氣を上向きに作用させる事によつて、該神経纖維の働作電流の増強を來たして、爲に一時的に傳導可能の状態に成るものと考へられる。此の點は中島が麻酔部位に於ける働作電流の檢索に依つて知つた。働作電流は麻痺直前の程度に迄恢復するに過ぎずと云ふ事實とも良く一致する。又傳導中斷後猶暫時麻酔薬中に神経を置く時は、恢復作用認められぬと云ふ事も以上の様に考へれば首肯し得られる。

## V. 結 論

別出單一神経纖維 (髓鞘乾燥法による) 或ひは結締織除去神経纖維束に於いて Woronzow—中島の配置によつて神経幹を含めて別出部に平流電氣を通じ、その電極間神経幹部に下向開放感應電擊を與へてその閾値を檢すると、平流が上向きの時は適用電壓が低い時は何れも閾値の下降が見られるが、更に電壓を上昇すると前者に於ては閾値上昇し、後者に於いては傳導中斷に陥入る。平流が下向きの時には最初より閾値上昇するが傳導中斷に陥入る事はない。以上の現象は從來神経幹に於て知られた實驗事實と反對の結果を示してゐるが、之は神経束を包む結締織の電氣的影響に由來するものと考へられる。

又兩標本に於て、前者は筋側 Ranvier 氏絞輪、後者は別出神経纖維束に麻酔薬を作用せしめて傳導中斷に陥入せると、平流電氣を通じても Woronzow—中島が神経幹に於いて認められた様な傳導性の恢復は見られない。之等の事實及び著者の前報に於ける成績より推察すると、麻痺せる神経幹に於ける平流電氣の興奮傳導性恢復作用は、神経幹中の麻酔薬に對して最も抵抗の強い神経纖維が、將に傳導中斷に陥入つてから完全に麻痺状態に陥入る迄に見られる現象であると理解される。

稿を終るに臨み加藤教授の絶えざる御鞭撻と久保教授の御懇篤なる御指導及び御校閲に對し深謝の意を表す。

## 文 獻

- 1) 石丸能照 (昭和18年) 慶應醫學 23
- 2) 中島賢二郎 (昭和4年) 慶應醫學 9
- 3) 齋藤脩二 (昭和17年) 慶應醫學 22
- 4) Woronzow (1923~1924~1929) Pflügers Arch. 179, 203, 210

## 單一神經纖維に於ける鹽酸コカインの 麻酔作用と pH との關係に就いて 612. 741. 15

慶應義塾大學醫學部生理學教室

石丸 能 照

Ishimaru-Yoshiteru

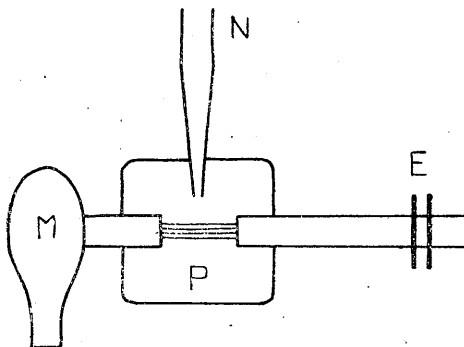
(昭和18年6月21日受付)

### I. 序 論

鹽酸コカインは神經筋生理學の研究に於て最も屢々用ひられる麻酔藥の1つであるが、其の作用効果が溶媒の pH の如何により著しく違つて來る事は古くより知られてゐる事實である。例へば Gros (1) 及び Sollmann (5) は鹽酸コカインに少量の重炭酸曹達を加へれば麻酔作用は遙かに強大となる事を確證し、又小笠原(4)、館(6)も鹽酸コカインに苛性曹達を加へれば其の麻酔作用は増強し、鹽酸を加へれば作用減弱する事を報告してゐる。更に長崎(3)は青蛙の坐骨神經中の求心性纖維を目標として研究を行ひ同様な結果を得てゐるが、重炭酸曹達及び苛性曹達を加へてアルカリ性とした場合、溶液の pH の増加と麻酔作用の増大とは平行してゐるが、其れには或る限度がありコカインアルカロイドが析出沈澱する様になると麻酔作用は減却又は消失すると述べてゐる。

先に吾教室に於ては原(2)は蟻の坐骨神經幹中の運動神經纖維を目標として鹽酸コカインの麻酔作用に關する研究を行ひ、鹽酸コカインは微量の重曹を加ふる事により著しく其の作用増強し、此の作用増強の程度と該溶液の pH とは同一方向に相伴ふて消長する事を確證した。然

第 1 圖



- P 麻 酔 用 池
- N 麻 酔 藥 注 入 用 ピ ー ン 針
- E 白 金 電 極
- M 示 標 筋

し此の現象は別出單一運動神經纖維に於て消滅時間を目標とする擴散現象を除いた實驗に於ても認められるであらうか。著者は此の疑問を解決せんが爲に次の様な實驗を行ひ、且其の成績を上述の諸説と比較検討せんとした。

### II. 實 驗 方 法

實驗材料は雄蟻の坐骨神經腓腸筋、縫匠筋又は半腱様筋標本を作り、それより單一神經纖維別出と同一の方法により4~5本の運動神經纖維を残したものを用ひた。單一神經纖

維を用ひずに 4~5 本の纖維を用ひたのは、其の中の麻醉薬に對する抵抗の最も大なる纖維を目標とする爲で、以て各回實驗の比較研究を容易ならしめる事が出来る。而して結果に於て單一神経纖維を目標とした事になる譯である。剔出部位の長さは 6~10mm である。此の剔出部位を硝子板上にパラフィンを以て劃せる麻醉用池の中に入れて Ringer 氏液を以て浸し、近心神経幹部に白金電極を置き單一開放感應電撃を與ふる様にした。池中の液の交換に際してはピペットで池中の Ringer 氏液を吸ひ出しながら、同時に丁度池中にその先端が届く様に固定した他のピペットより麻醉薬を注入する事により素早く池中を求むる濃度の液で充す事が出来た。

鹽酸コカインを溶解すべき Ringer 氏液を種々なる pH とするには次の様な操作によつた。即ち硼砂及び鹽酸を冷血動物用普通 Ringer 氏液(處方, NaCl 0.67, KCl 0.02, CaCl<sub>2</sub> 0.02, H<sub>2</sub>O 100.0) に溶かし、0.05M 硼砂 Ringer 氏液及び 0.1N 鹽酸 Ringer 氏液を作り、實驗に際し之を適當の割合に混じて用ひた。鹽酸コカインは實驗直前に檢すべき溶媒を以て 1.0% Cocaine-Ringer 氏液を作り、之より 0.005, 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25% の各液を作製して用ひ、實驗終了後其の度毎に必ず用ひたる溶媒の pH を水素電極及び  $\frac{N}{10}$ -KCl 甘汞電極を用ひる瓦斯連鎖測定法により測定した。實驗には次の 4 つの pH の異なる Ringer 氏液を用ひた。

pH 5.68 のもの……冷血動物用普通 Ringer 氏液(處方前掲)。

pH 6.82 のもの……冷血動物心臓 Ringer 氏液(前掲處方に NaHCO<sub>3</sub> 0.02 を加ふ)。

pH 7.60 のもの……0.05M 硼砂 Ringer 氏液 6.0 と 0.1N 鹽酸 Ringer 氏液 4.0 の割合に混じたるもの。

pH 8.05 のもの……0.05M 硼砂 Ringer 氏液 7.0 と 0.1N 鹽酸 Ringer 氏液 3.0 の割合に混じたるもの。

猶室温は全實驗を通じて 24.0~26.0°C であつた。

### III. 實驗成績

第 1 表

示標筋, M. semitendinosus 室温, 26.0°C

鹽酸コカインの濃度 (%)	重曹加 Ringer 氏液 (pH 6.82)	普通 Ringer 氏液 (pH 5.68)
0.25	M	M
0.1	M	M
0.05	M	2'+X
0.025	2'+X	2'+X
0.01	2'+X	2'+X

(註) M は瞬間的に麻痺に陥入りたる事を示す。

2'+X は 2 分以上経過せるも麻痺に陥らざる事を示す。

多數の實驗例より代表例を挙げれば第1表及び第2表の様になる。即ち第1表では重炭酸曹達加 Ringer 氏液 (pH 6.82) と普通 Ringer 氏液 (pH 5.08) を溶媒とした場合に於ける鹽酸コカインの濃度と麻痺に要する時間とを示したもので、0.1%では兩者共に作用と同時に殆んど瞬間的に麻痺に陥入つたが、0.05%では前者に於ては矢張り瞬間的であつたのに後者では2分を経ても麻痺に陥入らなかつた。然し0.025%になると兩者共に2分以上経つても麻痺に陥入らない。

第 2. 表  
示標筋, M. gastrocnemius 室温, 26.0°C

鹽酸コカインの濃度 (%)	pH 6.82	pH 7.60	pH 8.05
0.25	M	M	M
0.1	M	M	M
0.05	M	M	M
0.025	2'30''	M	25''
0.01	2'+X	2'+X	2'+X

第2表は種々なる pH の Ringer 氏液を溶媒とせる場合で、0.05%以上の濃度では何れも瞬間的に麻痺に陥入つたが、0.025%の場合は pH 7.6 の時のみ瞬間的で pH 8.05 の時は25秒、pH 6.82 の時は2分30秒を要した。然し0.01%では何れの場合も2分を経ても麻痺に陥らない。

之等の各々 pH を異にする溶媒を用ひた場合に、pH 7.60 の時は他の2者に比し常に必ず最も薄い濃度で麻痺に陥入つたが、pH 6.82 のものと pH 8.05 のものとは何れがより薄い濃度で麻痺に陥入るかは、兩者成績相半ばし何れが麻酔力が增大してゐるかは決定出来なかつた。且つ之は何れを初めに作用させるかと云ふ實驗順序に關係しなかつた。

#### IV. 總括的考察

従來の實驗に於ては麻酔力を表すに濃度と麻酔時間を以てした。しかし麻酔時間は擴散速度の表れであるから、瞬間的に麻酔する単一神経纖維を使用して、麻酔の臨界濃度をしらべる方が麻酔力を知るに都合が宜い。かく單一纖維で得た結果は冷血動物用普通 Ringer 氏液よりも之に重炭酸曹達を加へたる心臟用 Ringer 氏液の方が鹽酸コカインの麻酔作用を増強すると考へられる。又 pH 6.82, 7.60, 8.05 の場合を検すると pH 7.60 の時が麻酔作用最も大で、他の2者は何れが大なりやは決定出来なかつたが、何れにしても pH 7.60 の時よりもその作用減退してゐる事が確證された。

之等の事實は Gros (1) 及び Sollmann (5) の鹽酸コカインに少量の重曹を加ふれば麻酔作用遙かに増大すると云ふ觀察、小笠原 (4)、館 (6) の溶媒をアルカリ性にすれば麻酔力増大し、

酸性にすれば減少すると云ふ報告並びに原 (2) の坐骨神経中の運動神経纖維に對する鹽酸コカインの麻酔作用は溶液の pH と平行して消長すると云ふ結論と一致する。更に長崎 (3) は蛙の坐骨神経中の求心性纖維を目標として鹽酸コカインの麻酔作用の研究の結果確認した。溶媒に重碳酸曹達を加へる事によつてアルカリ性にする時はアルカリの多い程麻酔作用増強するが、0.02M 以上の重碳酸曹達溶液に鹽酸コカインを溶解するとコカインアルカロイドを析出沈澱する様になり、此の析出する直前の濃度に於て麻酔力最も強く且つ析出が認められる様になると却つて減弱又は消失を來たすと云ふ現象、並びに同研究に於ける 0.2~0.5% 鹽酸コカイン液に苛性曹達を加へて pH を變化せしめると pH が増大すると共にその麻酔力は漸次増大して行くが pH 8.1~8.4 がその極限で、之以上では却つて麻酔力の減弱又は消失を來たすと云ふ成績と同一傾向にある事が認められる。

## V. 結 論

蓋坐骨神経より 4~5 本の運動神経纖維を残し、之に種々なる pH の Ringer 氏液に溶解したる種々なる濃度の鹽酸コカインを作用せしめて、麻痺に陥入るや否やを驗した。その結果次の結論に到達した。

(1) 鹽酸コカインは冷血動物用普通 Ringer 氏液に溶解した場合、之に少量の重曹を加へた方がその麻酔作用増大する。

(2) 溶媒の pH を増大して行くと鹽酸コカインの麻酔作用は之と平行して増強するが、之にはある極限があり、ある程度以上に於ては麻酔力は却つて減弱する。此の極限は pH 7.60~8.05 間に在る。

稿を終るに臨み加藤教授の絶えざる御鞭撻と久保教授の御懇篤なる御指導並びに御校閲に對し深く感謝の意を捧ぐ。

## 文 獻

- 1) Gros. (1916) Arch. f. exper. Pathol. u. Pharma. 62, 63, 67
- 2) 原 素一郎 (昭和5年) 慶應醫學 10
- 3) 長崎光國 (昭和2年) 千葉醫學會雜誌 5
- 4) 小笠原 登 (大正11年) 醫學中央雜誌 20
- 5) Sollmann. (1918) J. of Pharma. a. exper. Ther. 11
- 6) 館 政明 (大正12年) 大阪醫學會雜誌 22

# 會 報

## 會 員 移 動 (8月5日まで)

### 入 會 (2名)

	所 屬	住 所	紹 介 者
橋 田 教 綱	長 崎 醫 大 生 理	長崎市御船藏町57	清 原 寛 一 氏
水 野 一 雄	慈 惠 醫 大 生 理	横道市磯子區中根岸町3ノ165	浦 本 政 三 郎 氏

### 轉 任・轉 居 (8名)

佐 藤 熙	東北帝國大學醫學部航空醫學教室 (舊岩手)
下 司 孝 麿	岡山醫大生理學教室 (舊神經科教室)
中 尾 龍 一	朝鮮咸鏡北道清津府日本製鐵附屬醫院
田 坂 定 孝	新潟醫科大學田坂內科教室 (舊東京)
間 田 直 幹	滿洲牡丹江市第760部隊齋藤隊 (舊福岡)
細 見 泰 三	京都市左京區淨土寺西田町13
崔 漢 因	朝鮮全羅北道扶安春生醫院
萬 井 正 人	京都市上京區小山花ノ木町18田村方

### 第 8 卷 1 號 及 3 號 正 誤 表

頁	行	誤	正
24	第12圖	} (兩圖は内容説明文共 に入れ換へ)	,
26	第13圖		
187	4	ネ バ	バ ネ
189	3	多くなかつた	多かつた

昭和 18 年 6 月 5 日 印 刷  
昭和 18 年 6 月 13 日 發 行

編輯兼發行者 戶 塚 武 彦

東京都本郷區元宮土町  
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 2323)

印 刷 所 文 友 社

東京都王子區堀船町1ノ785

日本生理學雜誌第8卷第6號

定 價 1 圓

發行所

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

發賣所

岩 波 書 店  
東京都神田區一ツ橋通町  
電話 九段 (33) 代 表 號 0187 (4)  
振替口座 東京 26240 番  
承 認 番 號 40 號

配 給 元 東 京 都 神 田 區  
淡路町二丁目九番地

日本出版配給株式會社

# 細菌感染に対する 注射 経口 速達性

(P)

最新化学療法剤

# アミノペニシリン

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、本剤は溶解度及び滲透性甚大であり、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グルフオンアミド劑に比較して遙に卓抜である。殊に腦脊髄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 二管 五管

10g 五管 二管 五管

錠劑(〇・五g) 三錠 五錠 十錠 五〇錠

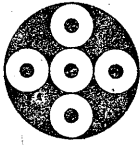
粉末 二五瓦 一〇〇瓦 五〇〇瓦

大阪市東區道修町三丁目

製造發賣元 大日本製藥株式会社

支店 東京市日本橋區本町二丁目

文献集申越次第送呈



# K

2-Methyl-1,4-naphthohydrochinon-diacetat

## 湯整せるビタミン

ビタミンK<sub>1</sub>と稱せられる ジンテックスはK<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>…に比し効力に於ては遙かに強力にして、且つ同様の凝血作用を有し、K因子の不足に原因する出血性症状は本劑を補給する事によつてのみ阻止し得られる。

即ち初生兒出血性素質、膽管閉塞性黄疸…等に對する本劑の偉力は驚くべき卓効を顯はし血液凝固に必要なプロトロンビンの生成を促し溢血阻止に重大なる役割を演じ、手術に際しては出血の危険を阻止し手術後に於ては治療の経過を良好に導く。

## 合成新止血劑

# ジンテックス



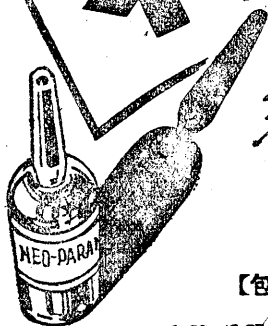
包裝 注射液 1cc (10瓶) 10管

製造發賣元・大阪市東區道修町 關東販賣元・東京都日本橋區本町  
田邊製藥株式會社 株式會社 田邊元三郎商店

# V.B

## ネオパラヌトリン

### 純結晶ビタミンB<sub>1</sub>剤



ネオパラヌトリンは純結晶ビタミンB<sub>1</sub>剤にして、その品質最も精純、効力極めて強大而も價格至廉なるV.B<sub>1</sub>剤の白眉なり

各型脚氣並脚氣に隨伴する凡有る障礙に對して絶大なる效力を有する他、一般虛弱者、重症恢復期、乳幼兒、妊産婦の榮養補助、妊娠惡阻、子癇、流早産の豫防、疲勞恢復、各種神經炎、神經痛、ロイマチス性疾患、チフテリア後麻痺、癩癰瘡、手術後の胃腸麻痺、糖尿病、自家中毒、疫痢等に應用せられ卓效を奏す

殊に重症脚氣、各種神經症に對する本劑の脊髓腔内應用は現在他にはに勝る良法無しと稱せらる

#### 【包 裝】

1號 (0.25mg=100鳩單位)	1cc 10管	1.30	50管	6.00
2號 (0.5mg=200鳩單位)	1cc 10管	1.40	50管	6.50
3號 (1.0mg=400鳩單位)	1cc 10管	1.65	50管	7.60
4號 (2.0mg=800鳩單位)	2cc 5管	1.25	10管	2.30
	50管	10.50		
5號 (3.0mg=1200鳩單位)	2cc 5管	1.60	10管	3.00
	50管	13.50		
6號 (5.0mg=2000鳩單位)	2cc 5管	2.45	10管	4.50
	50管	20.00		
7號 (10.0mg=4000鳩單位)	2cc 5管	4.50	10管	8.20
	50管	37.00		
8號 (20.0mg=8000鳩單位)	2cc 5管	8.00	10管	15.00
	50管	67.00		
錠劑 (0.5mg)				
	100錠	2.80	300錠	7.80

#### 社名變更

新社名 塩野義製藥株式会社  
 (舊社名 鹽野義商店)  
 大阪・東京・京城



# 糖尿病 専用

膵臓ラ氏島ホルモン「インシュリン」  
肝細胞アウトホルモン 結合製劑

## レバシュリン-A

「レバシュリン-A」は肝細胞「アウトホルモン」溶液と膵臓ラ氏島ホルモン「インシュリン」とを結合せし淡黄褐色の透明の液にして、二・〇ccの「レバシュリン-A」中に「インシュリン」一〇國際單位を含有す

### 【薬理作用】

「インシュリン」注射は糖尿病に對する特效薬たる事は周知の事實なり、「レバシュリン」は「インシュリン」と協同作用の機能を有する肝細胞より抽出せる肝細胞「アウトホルモン」とを結合せしめたる注射液なる故に「インシュリン」の作用を増強せしむるのみならず糖尿病患者に屢々起る肝臓機能障礙を豫防せしむる作用を有す

### 【適應症】 糖尿病

【包装】 二・〇cc 一〇管入

(説明書贈呈)

製造元 株式會社 東京薬化学研究所

市川市八幡二一五番地

代理店 株式會社 鳥居商店

東京市日本橋區本町三丁目三番地

## REBASULIN-A

# 優良國產

久保田式

超短波治療機

特長

特ニ高周波電流計（同調度指示計）竝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チツ、最大ノ效果ヲ擧ゲ得

久保田式

超音波發生裝置

應用

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) 5.348・6775番

福岡營業所 福岡市箱崎筥松町二・五八〇番地  
電話 東八六七番