

日本生理學雜誌

第 10 卷 第 3 號

昭和 21 年 12 月 25 日 發行

編輯幹事

浦本政三郎・久保盛徳・坂本嶋嶺・鈴木正夫

戸塚武彦・林 謙・福田邦三

原 著

吳 壽 典：神經の電気刺激強まり要素に對するイオンの作用 (第 1 報) アルカリ金屬イオンに就いて	61
吳壽典・鈴木正夫：神經の電気刺激強まり要素に對するイオンの作用 (第 2 報) アルカリ金屬イオンに就いて	68
井 上 章：筋的作業の持久力に關する研究 (其の 1) 重筋的作業に伴ふ酸鹽基平衡の崩壊と作業持續可能時間との關係	76
井 上 章：筋的作業の持久力に關する研究 (其の 2) 重筋的作業に於ける酸素攝取狀況と作業持續能力	82
伊藤秀三郎：比較神經生理學 第 1 報	88
藤田周平：脊髓前根を通る求心性神經纖維に就て	91
田崎一二・大島恭一・藤田周平：猫の皮膚に發足する求心性神經纖維の分離剔出	95
入 澤 宏：溫上昇による耳朶動脈の擴張に就て	100
市 河 三 太：毛細血管の内壓耐性に就て	103

會 報

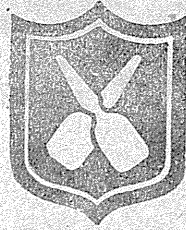
評 議 員 會 記 事

昭和 20 年度會計報告

大 日 本 生 理 學 會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.



帝國國臟器のホルモン製品

天然卵胞ホルモン
オバホルモン

注射 一萬國際單位

一千國際單位

五百國際單位

錠劑 五百國際單位

一萬五千國際單位

男女生殖腺發育不全に

ヒポホリン 注

自家中毒・悪疽に

インテレニン 注

男性生殖腺結核に

スペルマチン 注・錠

腫下垂體後葉製劑

アトニン 注

男性ホルモン

エナルモン 錠注

合成女性ホルモン

スロリン 錠注

芳香劑作製中に就き、純

なから御住所・芳名・専門

科名・郵へ御通知願上

ます。

東京都芝区南久間二ノ一 帝國國臟器製藥株式會社醫學師

利尿劑

アイワイシン

本劑はキミカゲソウ (Convallaria majalis L.) の全有効成分を独自の方法により抽出し、之に *Musa Basioo Sieb. et Zucc.* の莖葉の有効成分並に *Catalpa Ovata G. Don.* の實の有効成分を配したる理想的・一新強心利尿劑なり。腎臟疾患本能的治療劑として従來の單なる利尿劑より前進せるものと賞用せらる。尙連用して蓄積作用、毒作用を認めず不快なる副作用なく、甘味なれば服用容易なり。

〔適應症〕 一般浮腫性疾患・急性慢性腎臟疾患
急性慢性肋膜炎・肝硬變症・胸氣

製造發賣元 中村瀧製藥株式會社 東京都日本橋區本町三丁目五番地

神經の電氣刺激強まり要素に對するイオンの作用 612.816.7

[第1報] アルカリ金屬イオンに就いて

千葉醫科大學生理學教室

吳 壽 典

Kure - Toshinori

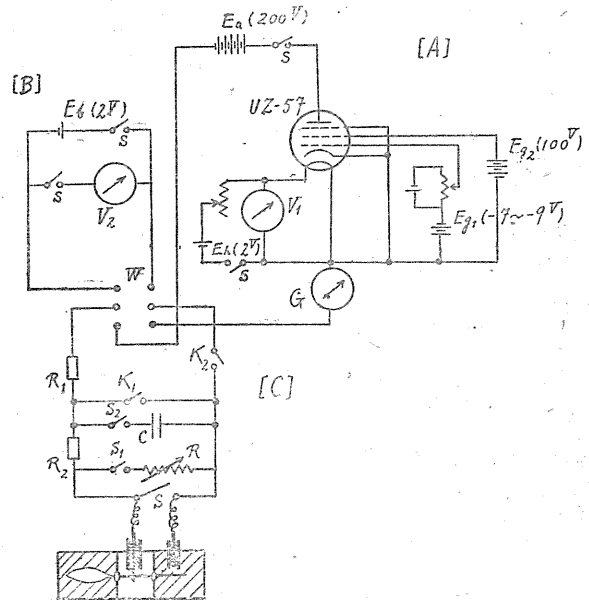
(昭和20年1月30日受付)

電氣刺激強まり要素に對するイオンの作用に就ては石井 (3) の文獻に示す如き觀察がなされてゐる。併しその一半は石井自身の業績と共に筋に就て行はれたものである。嚴密に神經刺激に就て觀たのは上記文獻中 Jahn と Schriever u. Cebulla であるが、イオンの系統的な又長時間の觀察ではない。當教室に於ても小島 (4) が元來石井よりも先に神經に就き實驗を初めたのであつたが、其處に書かれた如き事情のため斷片的な觀察に了つた。私は坂本 (7) と共に強まり要素測定の新法として、Fabre (1) の直線恒數 (constante linéaire 以下 c.l. と書く) 測定を改良しその有能性を確かめたが、本法は強まり要素の繼時的觀察に便なるを利用し、神經に於ける該要素のイオンによる變化を系統的に検討した。本報告に於ては先づアルカリイオンの作用を述べる。

實驗方法

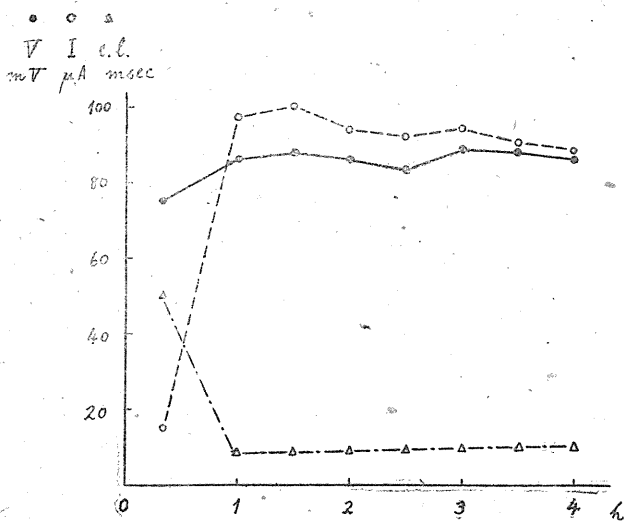
強まり要素の測定は坂本 (7) に擧げられた Fabre の c.l. 測定を5極管を用ひて行ふ方法であつて、之は坂本と私とその有能性を確かめたのであつた。その配線を第1圖に示すが、その部分品の詳細は坂本と大體同様である。圖に於て [C] に [B] を連ね、[C] に於て S_2 を開き S_1 を閉して R を用ふれば神經は直角電流にて刺激され基電壓 V は $\frac{E_b R}{R_1 + R_2 + R}$ である。次に [A] を [C] に連ね、 S_1 を開き S_2 を閉して C に大なる容量を入れ之に UZ-57 の飽和電流を通ずれば直線的強まり電壓にて刺激することとなり、その閾値 I をマイクロアンメーター (横河) G で讀めば I/C が電壓値で表はされた最少勾配 (pente limite) である。そして V/I 即ち VC/I が c.l. となる。C には全實驗を通じて $10\mu F$ を用ひ、 K_1, K_2 には橋田式 Rotatorium を用ひて 100~200msec 通流するやう速度を定めた。

第1圖 實驗配線圖及び裝置



實驗材料はトノサマガヘルの坐骨神經腓腸筋標本を用ひ、鈴木のセルロイド製液體電極函に裝置する。但し陰極(作用極)は空中電極とする。即ち第1圖電極函に於て刺激時には神經は空中に張られ、不分極電極の Ringer ゼラチンから突出した絹刺繡絲が之に觸れてゐる。刺激測定と測定の間隔時にはサイフォンにてその電極房に試験溶液を注ぎ十分神經を掩ふ高さ迄充してイオンを作用させる。次の刺激測定時にはサイフォンにて液を除き空中陰極とするのである。實驗の初めには上向流を用ひ、小島(4第1圖)と同様の裝置にした。が後には此裝置にて筋に近き陽極側に電氣緊張による傳導阻止の事起るを慮り第1圖の如く下向流を用ひた。最初は此試験液が刺激部より筋への途中の傳導に何等かの作用を與へるかと思ひ上向流を用ひたのであつたが、此顧慮はさして必要でなく、上記の電氣緊張の方が重要である見透しを得たので下向流を用ひる事にした。試験液を等張液の Ringer 液と種々の割合に混じり作用させた。例ば 3/100KCl とは 100cc の中 3cc の KCl 等張液と 97cc の Ringer 液を含む事を意味する。

第2圖 標本摘出時よりの變化



第1表 蛙坐骨神經腓腸筋標本に於ける c.l. 値 (單位 msec)

飼育溫度	平均値	限界値	例數
常溫蛙 15°	11.9	8.25~22.0	20
低溫蛙 5°	27.5	22.1~62.0	15

或は λ の夫と大體一致し、本法が c.l. を示すことも確かめられた。従つて以下全實驗を通じて裝置後 2~3 時間放置した後に測定に入ることにした。かくの如くして常溫蛙 20 例及び低溫蛙 15 例に就き測つた c.l. の平均値を第1表に示す。低溫飼育による c.l. の増大並びにその程度も大體諸文獻と一致する。

B. アルカリイオンの影響 1. K^+ : 先づ K^+ 濃度大なる時の作用の代表として 3/100KCl の場合の 1 例を第3圖に示す。見るが如く V も I も上昇する。大體何れも初め急後緩かな傾きであるが、I の方が V よりも變化が急なるため V/I なる c.l. は減少する。之も初め急後緩かに變化するが 1 時間前後にて略々一定値に達する。2 時間前後にて V, I 共に下降するがその程度は同様であるため c.l. は一定に止

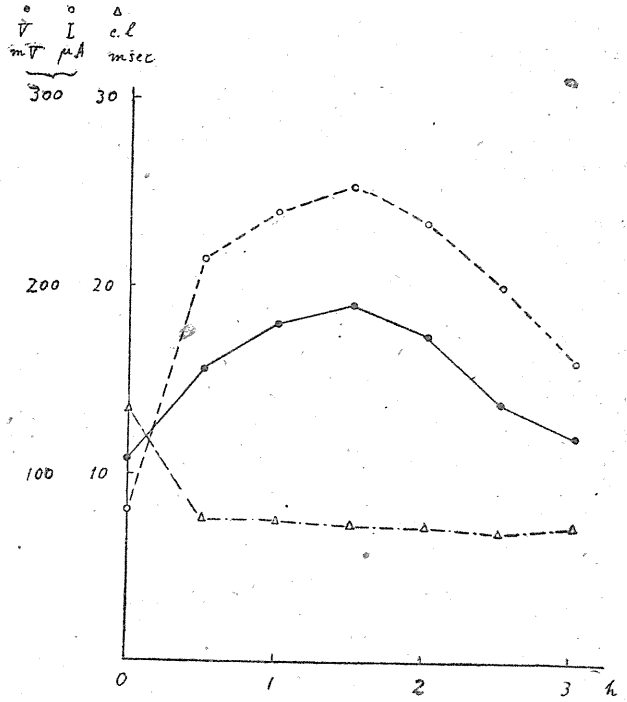
實驗成績

A. 基礎實驗 最初は本測定法の有能性を試験した。而して正常條件に於ける常溫蛙神經の摘出直後より繼時的に V 及び I を測り c.l. を見た。その 1 例を第2圖に示す。V も I も摘出直後上昇し殊に後者の上昇著しく従つて c.l. は降下する。50msec 内外より 10msec 内外となる。併し之は摘出後 1~1.5 時間の變化であり、爾後は V, I, c.l. 共に一定値に止まる。之は摘出後標本の興奮性の平衡に達する迄の變化であつて、c.l. の變化の方向に就ては Lucas (6) と一致するが、その意義が彼の云ふ如きか否かは直には定められない。この一定値に相當する c.l. の大いさは從來の神經(空中陰極)の c.l.

まる。その大いさは正常値の70~60%である。

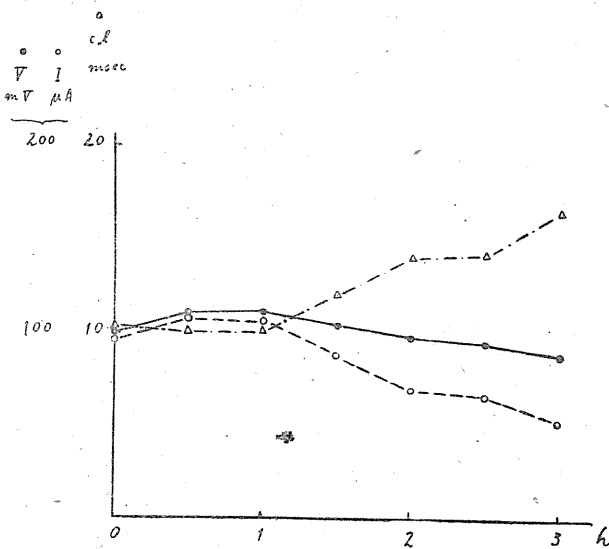
K⁺の濃度之よりも大なる時は之等の變化が著しく且つ速かである。即ち10/100 KClの場合(5例實驗)にはc.l.は1時間前後には正常値の15~25%に達し之を結果するV, Iの上昇殊にIの上昇著しく、1.5~2時間にしてIは∞となり實驗を中止せざるを得なかつた(以下第5圖参照)。5/100KCl(6例實驗)に於てはc.l.は正常の30~50%に達し、V, I殊にIの上昇著しくやはり2時間前後にして實驗を中止した。之等の濃度に於ては從つて更に永き試驗液作用によるV, Iの低下を觀る事ができなかつたが3/100KCl(7例實驗)に於て之が見られる事上述の通りである。併しc.l.は低い値に止まる。

第3圖 3/100KCl 等張液に於けるc.l.の變化



K⁺の濃度を更に低くし2/100KCl(5例)とすれば諸作用は稍々緩和となる。一半に於てはc.l.の低下値は猶正常の60%であるが之を結果するV, Iの上昇は3/100のとき程ではない。例へばVの上昇は極大値に於て3/100の場合80%程も増大したが2/100にあつては30%前後の増大である(3/100に於てもこの増大が50%以下でc.l.の低下も余り著しからぬ例が1~2はあつた)。2/100KClの他半に於て

第4圖 0.5/100KCl 等張液に於ける變化

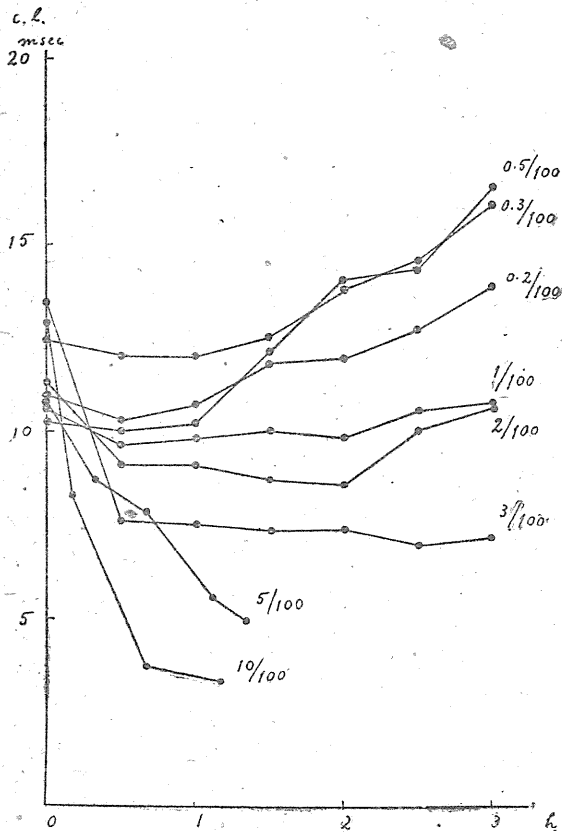


はc.l.の低下値は正常の75~90%に過ぎず、V, Iの上昇も著しくない。併しIがVに比しより大きく上昇するためc.l.は下るのである。之等の例に於てもV, Iは作用後2時間前後にて極大に達し爾後は下降する。そしてその下降にてもIの方がやや著しく、c.l.は夫迄の緩かな下降を止めるか或は些か乍ら上昇を始めるものもある。之次述のK⁺低濃度の作用の現はれと見得る。1/100KClの濃度(4例)に於ては諸作用最も不顯著である。V, I共に最初の2時間前後上昇し次いで下降する傾きあるが、その變化大ならず(10%以下)、又c.l.も初め

下り後上ると見得るがその程度極めて僅微で、全體として一定値を保つとも見える程である。

K⁺ 低濃度作用の代表として 0.5/100KCl の場合の 1 例を第 4 圖に示す。最初の 1 時間前後は V, I 共に極めて僅かな上昇を、又 c.l. も殆ど恆常か或は僅微な下降を示すが、1.5~2 時間目よりして V, I 共に下降を始め、V よりも I の下降著しきたため c.l. は上昇し時間に從つて愈々著しくなる。この上昇の大きさは作用 4 時間目に於て 5 例中 3 例迄略々正常値の 80% に達した。K⁺ の濃度更に低く 0.3/100KCl (4 例) に到れば上述の作用は再び弱くなる。併し V, I が最初は上昇し 1.5~8 時間目より下降し、c.l. が

第 5 圖 KCl 各種濃度に於ける c.l. の變化



が最初は殆ど一定で後に上昇を示す變化は認められ、c.l. の 4 時間目の値が正常値の 30~40% に及んだ例もある。更に 0.2/100KCl も 5 例試みたが作用更に不顯著となる。併し乍ら之に於ても V, I 及び c.l. の 0.3/100KCl に於ける變化の示唆は十分認められる。

之等各濃度に於ける K⁺ 作用の比較に便せんため各系列よりの 1 例づゝ c.l. 變化の経過を 1 つの圖に示したのが第 5 圖である。之によつて K⁺ は濃度大なるときは c.l. を急激に低下せしめるが、濃度小なるに従ひこの低下は緩かとなり一定時間後は一定の低値に留まるが、濃度更に低くなれば c.l. の最初の低下は少く又 2 時間前後よりやゝ上昇に傾く。そして 1/100KCl 附近に於てはこの低下上昇何れも最も不顯著で全體對照と殆ど異なる経過を示す。濃度更に下ると c.l. の後期の上昇は著しく 1.5~2 時間目より漸増する。この上昇は 0.5/100 の濃度邊りが最も著しく濃度が更に下ればこの上昇も亦漸次

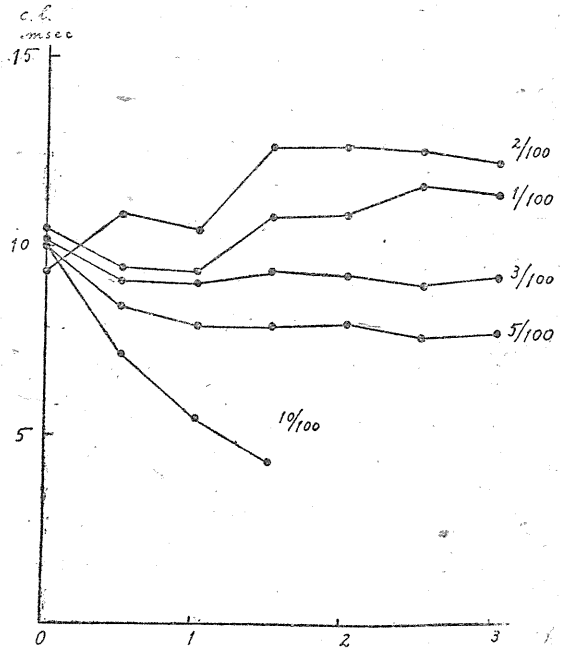
不顯著となり漸次對照に近づくのである。即ち 1/100KCl を限界濃度として夫以上にては c.l. の下降、夫以下にては僅微な下降に次ぎ著しい上昇なる作用があり、その何れに於ても夫々の範圍に於て濃度大なる程著しい。而も一見反對の如き此下降と上昇とは、元來は最初下降後上昇と云ふ繼時的 2 相性の経過であつて兩相の大きさ關係と兩相間の轉位點の漸次なる變化として相連続するものなる事を見る。又之と共に著しい所見として c.l. の下降に際しては恆に V と I 共に上昇し、c.l. の上昇は V, I 共々の下降を伴ひ、何れの場合も V の變化より I の變化の方が大なる爲 c.l. の其變化を來す事實である。

2. NH₄⁺: 次に NH₄⁺ の作用を見る爲 NH₄Cl 等張液 (0.63%) を Ringer 液と種々の割合に混和して用いた。先づ 10/100 NH₄Cl (5 例) に於ては大體 5/100KCl の場合の如く V, I 共に上昇 c.l. は下降

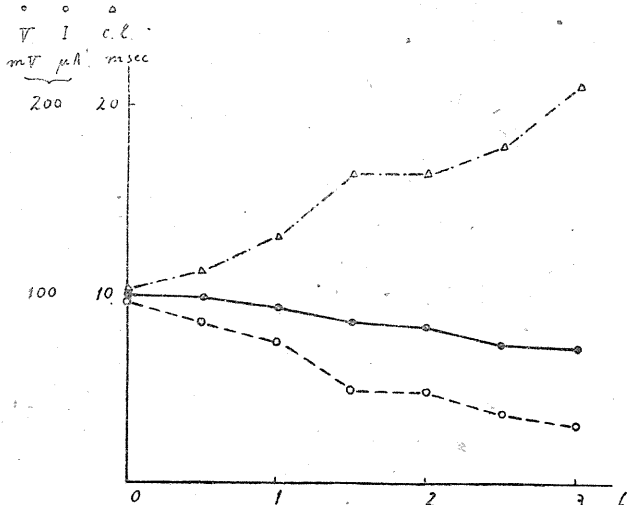
し、後者は1.5~2時間に正常値の40%前後に下り、Iの上昇著しくして實驗を中止した。5/100NH₄Cl(5例)は略々2/100KClに相當し、V、I共に緩かに上昇して1~2時間にして極大に達し爾後更に緩かに下降する。c.l.は最初の1時間程に正常値の80%前後に下り爾後殆どその値に留まる。3/100NH₄Clは大體1/100KClに匹敵し全時間を通じて諸値に著變がなく、2/100NH₄Cl(5例)に於ては最初1時間はc.l.著變なきか或は僅微な下降を示した後漸増の傾向を辿り、3時間目には正常値の20~30%の増加を示す。又1/100NH₄Clに至れば大體2/100NH₄Clと同様であるが後期のc.l.増加の度は更に少く全體として對照の如く著變なきに又近づくを見る。而してすべての場合を通じてc.l.の減少にはV、I何れもの増加を伴ひ、c.l.の上昇にはV、I共々の下降を伴ふ。そしてIの變化が常にVのそれよりも著しいために夫々のc.l.の變化を來すのである。

之等NH₄各濃度に於けるc.l.の變化を一目の下に見るために各1例づゝの曲線を1圖に示すのが第6圖である。本圖並びに上の記述よりして、NH₄の作用は大體に於てK⁺作用と同様であつて、一定濃度を限界としてc.l.下降より上昇に轉

第6圖 NH₄Cl各種濃度に於けるc.l.の變化



第7圖 0.7%NaCl等張液に於ける變化



ずる。併し乍ら此轉化は突如たるものでなく繼時的2相性の變化の兩相の大きさ關係と轉位點の漸次なる移動によることも同様である。又限界濃度の上下夫々に於て濃度大なる程作用大なることも同様である。たゞNH₄に於てK⁺に比し高濃度に於て相匹敵する作用を現すこと、及其その作用の著大さに於てきゝ劣ることが見られる。

3. Na⁺: Na⁺は云ふ迄もなく Ringer液の主成分であつて、之に於ては他のイオンによりNa⁺作用が拮抗されてゐると

見るべきものなるにより、NaClの等張液(0.7%)を作用せしめて之を檢した。1例を第7圖に示すが之に就て見る如く、V、I共に緩かなる下降を示し、最初はその速度殊に遅い。而してIはVよりも著

しく下降し、從つて c.l. は漸増する。その速度大體漸次増大して本例に於ては 3 時間後略々正常値の 2 倍即ち 100% の増加を示す。5 例中小なるは 40% 大なるは略々 200% の増加を現はしてゐる。即ち Na⁺ は c.l. を最初より上昇せしめるものであるが、その作用の頭初に於ては上昇極めて緩徐であり、或は一時間僅かな下降を示すものもあつて、上に見た K⁺; NH₄⁺ 等に於ける 2 相性變化の第 1 相の存在を示唆するものである。之等の何れの場合に於ても c.l. の變化と V, I との變化とは互に逆の方向の變化が相伴ふを見る。

考 察

上に見た所を總括して述べれば、アルカリイオンには共通した作用がある。c.l. を最初下降せしめ後上昇せしめる。濃度高きときはこの下降なる第 1 相激しく c.l. は甚だ小になり第 2 相を見ることを得ないが、濃度やゝ低くなれば c.l. は一定の低値に永く留まり、濃度更に低くなれば c.l. 下降の程度も小となると共に後に第 2 相なる上昇を示すやうになる。濃度十分小なるときは最初の c.l. 下降著しからずして第 2 相なる上昇が著しい。そして之等の濃度の間には、第 1、第 2 の兩相共に著しからざる限界濃度がある。濃度更に小となれば第 2 相も又減弱して再び兩相共著しからざる對照に近づくのである。之等の作用は K⁺ に於て最も著しく現はれ、NH₄⁺ に於ては K⁺ と比較するに夫々一定度より高き濃度に於て相匹敵する現象を見るが、c.l. 變化の大きさは K⁺ に於けるより小である。又 Na⁺ に於てはその純粹液たる等張液に於てすら K⁺; NH₄⁺ の低濃度に相當する第 2 相の著しき場合の變化を示す。併しその時の c.l. の變化の大きさは著しい。而して何れの場合に於ても c.l. の上昇は V, I 何れもの下降、前者の下降は後者何れもの上昇と相伴ひ、常に I の變化が V の變化より著しいため、c.l. のその變化を來すのを見る。

電氣刺激強まり要素に對するイオンの作用を検したものは緒言に述べた如く石井 (3) の文獻に見る諸家であるが、諸イオンを系統的に調べたのは石井のみである。石井は蛙縫匠筋の隔絶法刺激に於て、アルカリ土イオンに就ては Hill (2) の λ 恆數、アルカリイオンに就ては Lapicque (5) の Climalyse 閾値 (C. S.) の變化を見たのであつた。そしてアルカリイオンに就ては一定濃度を堺として夫以上にては C. S. を減少せしめ、以下にては之を増加せしめ、夫等の作用は夫々の濃度範圍に於て濃度大なる程著しいことを見た。又各イオンに就ては K⁺ > NH₄⁺ > Li⁺ > Na⁺ の順の強さであり、Na⁺ は上昇のみを示すことを見た。私は今神經刺激に於て c.l. を檢したのであつたが、c.l. は Hill に依れば λ と同一値であり、石井は彼の測つた λ と C. S. とが同一條件で略々同一次序の變化をしてゐるのを見てゐるから、c.l. と C. S. とは略同様に比較することができる。かくて比較すれば私の成績は大體石井の成績と合つてゐることを見る。たゞ石井に於ては C. S. の變化は大幅であり、又イオン作用が速かである。即ち變化の大部分は最初の 1 時間内に起つてゐる。私の所見を之に比較するならば c.l. 變化の大きさも小であり又その経過も徐ろである。即ちイオン作用は神經に於ては筋よりも徐に又弱く作らくことを知る。筋に於ては全表面から受ける外界の作用が神經に於ては恐らく Ranvier 紋輪のみから作らくことを思へば、この事は容易に理解される。

石井に於てはアルカリイオンの強まり要素に對する作用が限界濃度を堺として全く反對の方向に起つた。併し之は彼が上述の如く比較的徐かに作らく筋に於て1時間置きに測つた結果であつて、今私が比較的徐るに作らく神經に於て30分毎に觀察した所によれば、この限界濃度の上下の作用の差も同一の2相性變化の兩相の何れかゞ著しく現はれる差異であつて、一より他へと連続的に移り變る差異なることが明かとなつた。イオン作用が筋と神經と何れにも同様なりとすれば、筋に於ても更に細かく繼時的に觀察できるならば、私と同様の所見を得るであらう。

基電流Vの變化はc.l.の變化と逆の方向であるから、Vに對する各濃度のアルカリイオン作用は前述c.l.に對するものと逆方向の2相性變化に於ける兩相の消長である。之を石井の觀察の基電流に關する所見を再検討した鈴木及石井(8)と比較するとき、上にc.l.に就て述べたことゝ全く同一のことを云ひ得る。鈴木及石井はその考察に於て從來の筋神經の電氣刺激強まり要素に對するイオン作用の觀察の多くを云はゞ過渡的觀察とし、自らのものを略々恆常的作用の觀察となしてゐる。彼等の筋に於ける所見の略々恆常的なるに比すれば前述の理に依つて私の神經に於ける所見は過渡的變化と云へよう。そしてこれに依ればアルカリイオンの基電流に對する作用としては、最初上昇後下降なる2相性變化と云ふことになる。之は從來見られたアルカリイオンの筋神經興奮性に對する作用たる最初上昇後下降と云ふ變化と逆のやうに見えるが、この相違は私の觀察が從來の觀方に比すれば猶遅く、恆常的により近いためか、各イオン使用の方法によるためか明かでないが、とにかくこの速さの繼時的觀察に於ては、この順序の基電流變化の現はれることは注目すべきである。

基電流とc.l.乃至 λ とが大いさの逆方向の變化を以て相伴ふことは、鈴木及石井(8)がその考察に於て、一般興奮性形體の種々環境條件によりその被刺激性を變化してゆくときの典型的形式なることを説き、その意義を説明した所であり、又坂本(7)が前記環境條件の1として直流通流電極作用を見出した際にも論ぜられた所であるが、今私が神經刺激に對するアルカリイオンの作用に於ても常に見た譯である。この事に關しては更に第2報の考察に於て猶論ずる所があるであらう。

本研究は一部鈴木正夫教授に對する文部省科學研究費に依り行はれた。

稿を終るに臨み終始御懇篤なる御指導と御校閲とを賜はつた恩師鈴木教授に滿腔の感謝を捧げます。

文 獻

- 1) Fabre, Ph. (1927) C. r. Acad. Sci. 184 699
- 2) Hill, A. V. (1936) Proc. roy. Soc. Lond. Ser. B 119 305
- 3) 石井恒夫 (2602) 日本生理誌 7 1
- 4) 小島利顯 (2604) 日本生理誌 9 101
- 5) Lapique, L. (1937) C. r. Soc. Biol. 125 256, 260
- 6) Lucas, K. (1906) J. physiol. 37 495
- 7) 坂本健次郎 (2604) 日本生理誌 9 433
- 8) 鈴木正夫・石井恒夫 (2604) 日本生理誌 9 573

神經の電氣刺激強まり要素に對するイオンの作用 612, 816.7

[第2報] アルカリ土金屬イオンに就いて

千葉醫科大學生理學教室

吳 壽 典 ・ 鈴木 正 夫

Kure - Toshinori ・ Suzuki - Masao

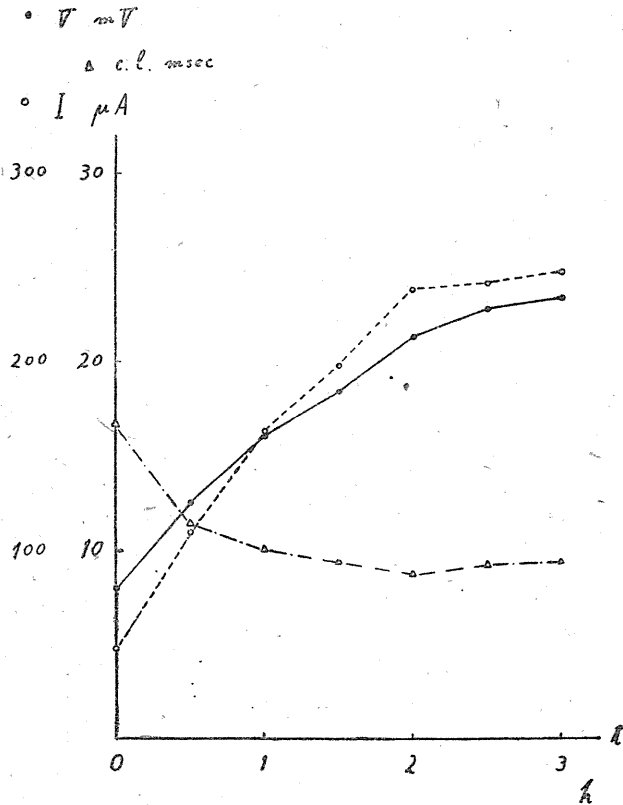
(昭和20年2月13日受付)

著者の内1人(吳)は本論文第1報(4)に於て、蛙の坐骨神經腓腸筋標本に就きその神經部に種々の濃度のアルカリ金屬イオンを作用せしめ、該部電氣刺激強まり要素が夫によつて受くる影響を觀察した。彼は更に進んで2~3のアルカリ土金屬イオンに就て同効果を檢したので茲に第2報として報告し、鈴木は吳と共に夫等の作用に就き考察した結果を公けにする。

實驗方法

電氣刺激強まり要素としては第1報と同じくFabreの直線恒數 c. l. (constante linéaire) を、著者等の

第1圖 50/100 CaCl₂ による變化



改良した5極管UZ-57利用の測定装置により測つた。配線其他の實驗装置は第1報を参照されたい。種々の細かき實驗操作も前同様である。本イオンとして觀察したのはCa⁺⁺及びMg⁺⁺であつて、CaCl₂0.93%, MgCl₂0.77%を夫々等張液とし、種々の割合にRinger液で稀釋した溶液を試験液とした。猶本紙に於ける觀察に際しては各系列に於て、低温蛙即ち凡そ5°Cに飼育した蛙より作製した標本に對する作用をも併せ檢索した。

實驗成績

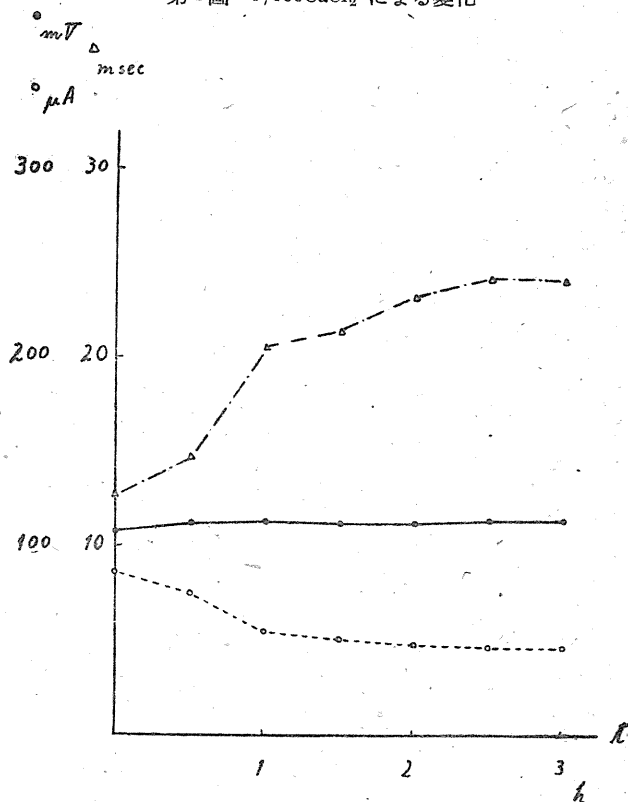
1. Ca⁺⁺ : 先づCa⁺⁺濃度大なる時の作用の代用として常温蛙50/100CaCl₂の場合の1例を第1圖に示す。即ちイオン作用著しくVもIも上昇する。何れも初め急後緩かな傾きであるが、Iの方がVよりも變化が急なるためc. l.は減少し1時間前後にて略

々一定値に達してその値に留まり、その大きさは正常値の約55%である。4例の平均に於ては1.5時間て正常値の60~70%に達した。低温蛙(2例實驗)に於ては略々同様であるが、作用が稍々速かであり且つc.l.の正常値が大であるため、その變化が著しく見える。例へばc.l.正常値32msecが30分前後に21msec内外に達する。Ca⁺⁺の濃度之よりも小なるときは(以下第3圖参照)之等の變化が稍々緩和となる。即ち20/100CaCl₂の場合4例中2例にてはc.l.は1.5時間にして正常値の65%内外に達し爾後その低値に留まるのが見られたが、他の例にては全體僅微なる下降或は微弱なる上昇が見られた。V及びIは大體全時間中上昇を續ける。低温蛙に對しては前同様作用が速く現れ、例へば24msecが30分前後にして18msec内外となつた。

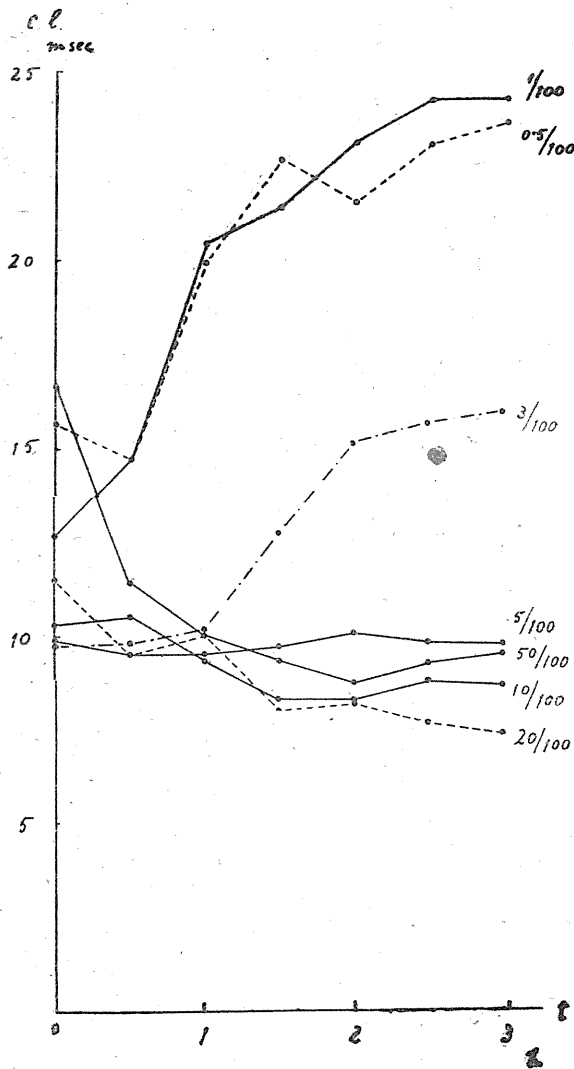
Ca⁺⁺の濃度更に低く10/100CaCl₂(4例實驗)となれば作用更に緩和となる。即ちc.l.は半數の例にて1.5時間前後に於て正常値の80%程度に又他の例では更に少ない低下を示し2時間前後より僅微なる上昇を示す。これを結果するVの上昇は正常値の約2倍に達するが2時間前後より略々一定値を示し、c.l.上昇の場合は稍々下降の傾きがある。低温蛙にては作用稍々著しく、常溫蛙よりも大なるc.l.正常値は1時間前後で75%に達し爾後その低温に留まる。5/100CaCl₂に至れば(5例實驗)多くの例にてはV、I余り著しく變せず、從つてc.l.は大體同一の値を示すが、僅か乍ら變化を示す例にてはc.l.初め下降後上昇、V及びI初め上昇後下降を示唆してゐる。低温蛙に於ては猶c.l.下降作用を見、1時間にして正常値の80%に下降して夫に留まる。3/100CaCl₂(6例實驗)に於ては約半數の例にて前述5/100の濃度の如き不顯著な變化しか示さなかつたが、他の半數にては最初0.5~1時間の著しからぬ變化の後c.l.は上昇を現はす。之はVの僅微なる下降とIのより著しき下降に由るものであつて、3時間目の上昇は正常値の60~80%に達する最初の0.5~1時間にV、I等には若干上昇の傾きを見るを以て、高濃度に於て見たc.l.下降に相當する第1相の示唆と見ることは不當でない。この濃度も低温蛙に對してはc.l.低下的に作用し、80%前後に下降する。

低濃度作用の代表として1/100CaCl₂の場合の1例を第2圖に示す。見るが如くVに著明なる變化なきか又は極めて微かな下降に對しIの下降著しい。從つて

第2圖 1/100CaCl₂による變化



c.l. も漸次上昇し3時間に正常値の85%に達してゐる。低温蛙に於ては本濃度がc.l. 上昇の第2相を示し初める濃度に相當し、最初1時間の僅かな下降の後稍々上昇を示し、3時間目に於ては10%内外の上昇に達する。Ca⁺⁺の濃度が更に低く0.5/100CaCl₂ (3例實驗) では上述の變化は再び弱くなる。即ちIは下降するがその變化は1/100CaCl₂ の場合程でない。c.l. は上昇正常値の60%に達するものもあるが更に少ないものが多い。低温蛙 (2例) に於ける諸變化は不顯著であつて、Iの下降に伴ふc.l.の僅

第3圖 CaCl₂ 各濃度比較

かの上昇が見られる。

之等各濃度 (常温蛙) のc.l. 變化を1つの圖にしたのが第3圖である。之に依ればCa⁺⁺はK⁺と同様濃度大なるときはc.l. を低下せしめ大體初め急後緩かな経過を辿る。濃度小なるに従ひその程度漸減し又1.5時間前後より上昇に傾くに至る。5/100CaCl₂ の附近に於てはこの低下上昇何れも著しくない。濃度更に下るとc.l. の上昇は1時間目より殊に著しく現れ、2~3時間に於て作用の大部分が現れる。このc.l. の上昇は1/100CaCl₂ の濃度邊りが最も著しく、濃度更に下れば上昇亦不顯著となる。即ち3/100~5/100CaCl₂ を限界濃度としてそれ以上にてはc.l. の下降と夫に次ぐ微弱なる上昇、夫以上にては微弱なる下降に次ぐ極めて著しい上昇があり、夫々の作用はその領域に於て濃度大なる程著しい。而して限界濃度を境としてのこの著しき下降と上昇との對比はK⁺と同様、最初下降後上昇と云ふ繼時的2相性變化に於ける、兩相の大きさ關係と兩相間の轉位點の漸次なる變化として相移行するものである。たゞ量的にK⁺、Ca⁺⁺間に異なる點として限界濃度に差異あること及びK⁺にてはc.l. の下降が、Ca⁺⁺にては上昇がより強く現れることである。低温蛙に對する

作用は大體常温蛙と同様であるが、c.l. 正常値がより大であるため、下降の程度が著しく現れる。各濃度について常温蛙と比較するに、全體として一定度より高き濃度の常温蛙に對する作用に匹敵すると見得る。またすべての場合を通じてc.l. の下降がV、Iの上昇を伴ひ、c.l. の上昇はV、Iの下降を伴ひ、何れの場合もVの變化よりIの變化の方が大なるためc.l. のその變化を來たすことアルカリイオン

の場合と同様である。

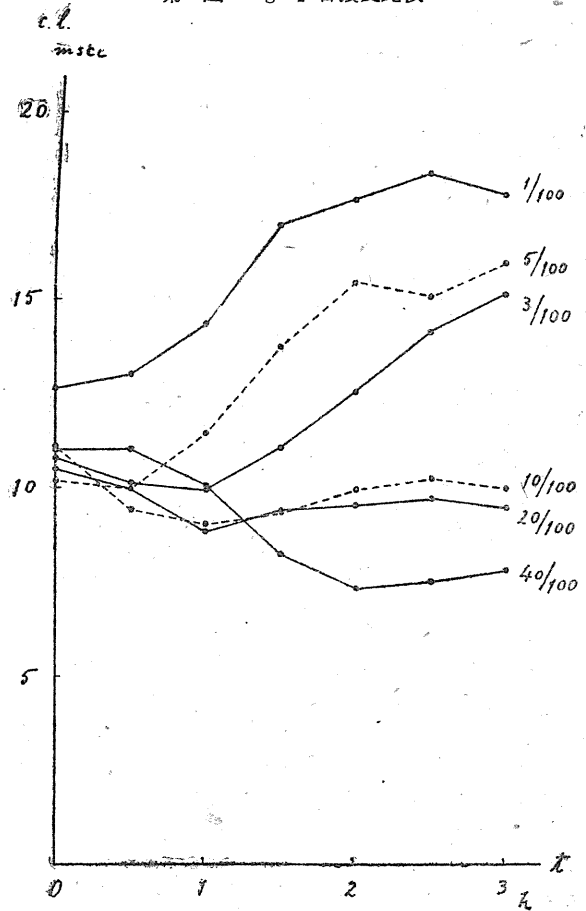
2. Mg^{++} : 次に Mg^{++} の作用である。先づ常溫蛙 40/100 $MgCl_2$ (2例) に就ては V, I 共に上昇 c.l. は下降し、後者は 1~2 時間に正常値の60~70%に下つて爾後その大きさに留まり、大體 20/100 $CaCl_2$ に匹敵する。低溫蛙 (2例) に於ては c.l. の下降著しく、又その速度速かで30分にして略々一定の低値に達した。20/100 $MgCl_2$ (2例) は略々 10/100 $CaCl_2$ に相當し、V, I 共に緩かに上昇するが下降は見られなかつた。c.l. は僅かに下降し1時間で正常値の略々85%前後に達し爾後その大きさに留まる。低溫蛙 (3例) では依然として可なり (70~80%) の下降が最初30分に見られた。10/100 $MgCl_2$ (2例) は大體 5/100 $CaCl_2$ に匹敵し、c.l. は1時間で極く僅微 (10内外) の低下を見るが、その後上昇の傾向を示し 2~3 時間にて正常値に戻る。冷溫蛙 (2例) にあつては大なる c.l. 正常値が略々同大の低下を 0.5~1 時間に示すが、爾後その低値に留まつて元へ戻る傾きはない。

5/100 $MgCl_2$ (3例) に至れば 3/100 $CaCl_2$ と匹敵し、c.l. 最初は微かに下降するが後期に於ける上昇の傾向強く現れ、3時間目には正常値の30~60%の増加を示す。Vは全體に余り變らないが、Iは最初やゝ上昇し後著しく下降する。冷溫蛙 (2例) に於てはこの濃度が下降上昇共に最も不顯著 (10%以内) の限界濃度に相當する。3/100 (2例) は大體 5/100 $MgCl_2$ と同様であるが作用強度稍々劣り、後期の c.l. 増加の度は3時間目で正常値の20~40%である。低溫蛙に對しては c.l. 後期の下降が漸く現れる。又 1/100 $MgCl_2$ (2例) に至れば後期の増加度は稍々少く諸變化が漸次對照に近づく。之に反し低溫蛙に對しては後期の上昇確實となり 2例共約 20%の増加を示す。

之等 Mg^{++} 各濃度の曲線を1つの圖に示したのが第4圖である。即ち大體に於て Ca^{++} 作用と同様であり、一定濃度を限界として下降より上昇に轉じ、その下降も上昇も夫々の領域に於ける濃度大なる程作用が大である。而してこの轉

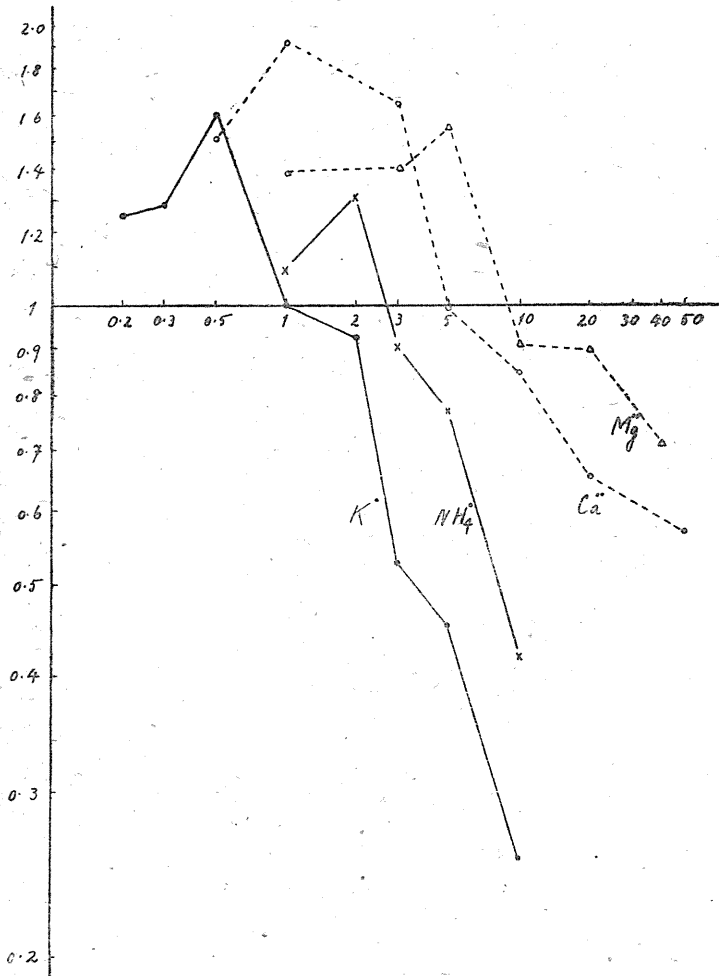
化も同一繼時的 2 相性の變化の、漸次なる移動によることが認められる。低溫蛙に對しても一定度より高き濃度の常溫蛙に對する作用と相匹敵する。たゞ Mg^{++} を Ca^{++} に比較すれば、濃度及び作用強度より見て Ca^{++} よりも弱いことを見るのである。而して Mg^{++} 作用に於ても上に見たすべてのイオンに於てと

第4圖 $MgCl_2$ 各濃度比較



同様 c.l. の減少には V, I 共々の増加を伴ひ、c.l. の上昇には V, I の下降 (V の下降不顯著の場合もあるが) を伴ふ。而して I の變化が常に V の夫よりも著しいために、夫々の c.l. の變化を來たすのである。

第5圖 最終比較値比較



考 察

上の成績を總括すればアルカリ土イオンもアルカリイオンと同様 c.l. に對し最初下降後上昇なる 2 相性の作用を示し、濃度の差によつて夫々の相が著しく現れると云ひ得る。そしてアルカリイオンと同様濃度高きときは第 1 相たる下降著しく、濃度低くなるに従ひ下降の度が少くなると共に、一度下つた c.l. が上昇を示し所謂第 2 相が現れ始める。その途中兩相共に不顯著な限界濃度があるが、夫以下では不顯著な第 1 相に次ぎ著しき上昇を示す。この上昇も一定の濃度にて最も著しく、濃度更に下れば又作用減弱し漸次對照に近づくのである。この作用はその強度にても濃度に就ても Ca²⁺ が Mg²⁺ よりも強いことを見る。Ca²⁺ 及び Mg²⁺ 各濃度溶液による c.l. 最終値の正常値に對する比較値を、濃度

に對し描點して第 5 圖に掲げる。濃度としては上掲等張液容積比 $x/100$ の x を對數尺度に盛り、y 軸には上記比較値を之も對數尺度にて盛つた。Ca²⁺ にても Mg²⁺ にても低温蛙に對しては、之等の曲線が左にずれる意味に於て作用する。Ca²⁺ 等が低温蛙の大なる λ に對して著しく下降作用を營む事は、Solandt (12) 以來よく知られる所である。猶序に第 1 報より K⁺ 及び NH₄⁺ の作用を同様に計算して同圖に示す。之に依り兩種イオンを比較すれば兩相の現はれる濃度範圍、及び兩相の内何れかが著しく現れる點に大きな差があることが見られる。

第 1 報に引用した石井 (2) はやはりアルカリ土イオンに就ても、系統的に蛙筋に於ける Hill (1) の λ 恒數に對する影響を検してゐる。この λ は Hill によれば c.l. と同一値であるから、石井の成績は直ちに私の成績と比較し得る。然るに彼は Ca²⁺、Mg²⁺、Sr²⁺ 何れに就ても λ 下降作用のみを見、それは濃度大なる

程著しく又 $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Sr}^{++}$ の順の強さなることを見た。λの變化も甚だ著大であり作用速度も速い。又私が上に見た Ca^{++} 及び Mg^{++} の限界濃度以下にあつても猶著しい下降作用を見てゐる。併し第1報に於ても論じた如く、彼の檢したのは筋であり、筋に就ては神經に對するよりもイオン作用が著しく激しく起るのである、従つて上述に於ける作用の量的差異は觀察對象の差から容易に了解できる所である。たゞ石井はアルカリ土イオンに就て低濃度に於けるλ上昇を全然見て居ず、濃度に従ふ強まり要素に對する作用の逆轉はアルカリイオンに就てのみ觀察した。が鈴木は考へる所に依れば、之は石井の研究不十分に由るのであつて、彼は最初アルカリ土イオンを檢してλ下降を認め、次に夫に對する拮抗作用として豫期したλ或は C.S. 上昇をアルカリイオン高濃度にて認め得ず、濃度を下げて始めて之を檢出し、夫等の結果にて從來の文獻上の所見を説明し得たので満足して、アルカリ土イオンの低濃度を檢するに至らなかつたのである。砂田 (14, 15) 及び岡部 (7) はアルカリ土イオンに就き筋に於てはあがあるが、低濃度にて閾値下降し高濃度にて上昇するといふ作用の逆轉を見てゐる。強さ要素と強まり要素との間の相關 (鈴木及石井17) より考へれば、この所見は本業績にて見られたアルカリイオンの強まり要素に對する作用の濃度に従つての逆轉と一致した方向である。

この石井よりも元來早く始められたけれど十分完結しなかつた小島 (3) の業績は、神經のλに對するイオンの檢討であつた。彼はアルカリ土イオンのみを取扱ひ、常溫に於ては大體 Ringer 液含量以上の Ca^{++} 増加はλに影響を與へずと見、 Ca^{++} を除き又は減じたる Ringer 液にてλ上昇を認め、この上昇を防ぐ作用にて Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Sr^{++} を比較しようと企てた。その成績は斷片的のものであるが、諸條件によるλと基電流との相伴ふ變化の方向等は爾後の檢索 (鈴木及石井17) や本業績等と一致する。たゞ彼が Ringer 成分以上の Ca^{++} に一定の作用を見出し得なかつたことは、本業績に見る如く神經はイオンにより極めて徐ろに又弱く (筋等に比し) しか作用されないこと、λ測定はこの繼時的變化を追跡するに不適當であつたこと等に由ると思はれる。

c.l. の上昇と下降とが夫々 V 及び I の下降と上昇とに伴ふことアルカリイオンの場合と同様であることは上述の通りであるが、低濃度に於ての (c.l. の上昇に伴ふ) V の下降はアルカリイオンの場合に比し甚だ弱く、殆ど變化しない場合も少くない。このときは I が下降するため、c.l. が上昇する。從來アルカリ土イオンに對し常に閾値を高める作用が歸せられてゐたのは、低濃度に於けるこの僅微なる閾値下降を見落してゐたのに由るのであつて、上記の如く砂田 (14, 15) 岡部 (7) 等はこれを確かめてゐる。之に反し高濃度に於ける V 上昇は著しく、從來の本イオン作用と稱せられたものに相當する。この V の變化と常に同方向に而も夫より強い程度に變化するのが I であるが、この際は I/C 即ち最小勾配 (pente limite) が變るのである。即ち強まり要素が強さと同方向に而もより強く變化するといふ、鈴木及石井 (17) の謂はゆる典型的變化形式に従つてゐるのである。

茲に於て本報の結果と第1報アルカリイオン作用と比較しよう。先に第5圖の下に述べた如く、兩種イオンの作用は同一、即ち先づ V を上げ、c.l. を下げる第1相、次に V を掲げ c.l. を上げる第2相の相連る2相性變化が基本をなし、高濃度では第1相、低濃度では第2相が著明であつて、その間に兩相共不

顯著にして對照に近い限界濃度がある。兩種イオン間の差は單に數量的であつて、兩相の現れる濃度範圍從つて限界濃度に差異があること、及びアルカリオンにては c.l. 下降、アルカリ土イオンにては同上昇がより著しく現れる點である。圖に於て明かなる如く兩種イオン中最強のもの K^+ と Ca^{++} 、次強のもの NH_4^+ と Mg^{++} とは、夫々大體同様な作用強度の比及び限界濃度の差を示してゐる。而して兩種イオン間の拮抗作用は K^+ と Ca^{++} との間に於ては $1/100 \sim 5/100$ (等張液容積比)、 NH_4^+ 、 Mg^{++} 間ならば $3/100 \sim 10/100$ に於てこれを求めることができ、上來述べ來つた兩種イオンの c.l. に對する主作用の方向と相應じて一層著しき拮抗を示す。實際この邊りの濃度が最も普通に使用される所である。即ち拮抗作用は一定濃度間に之を見るのであつて、石井 (2) が述べた所の、アルカリイオンはアルカリ土イオンとの共働作用から拮抗作用へ逆轉するといふ表現は改められなければならない。

上述のアルカリ、アルカリ土イオン間の一定濃度間の拮抗作用にあつては、前者は基電流を上げ c.l. を下げ、後者は基電流を (些かながら) 下げ c.l. を上げる。この拮抗作用に依り鈴木の抱懐する一般興奮性形體の被刺激性に對する環境條件の對立分類は極めて美しい仕上げを受けた。即ち之等條件のため興奮性形體の示す性質として λ 或は c.l. 小 (即ち強まり要素大)、基電流大、開放閾大、單一興奮に傾く等は相伴ひ、 λ 等大 (強まり要素小)、基電流小、開放閾小、反復興奮に傾く等が又相伴ふ。而して諸環境條件中高溫、アルカリイオン (適濃度)、通流陰極、低滲透壓等が前者を起さしめ、低溫、アルカリ土イオン (適濃度)、通流陽極、高滲透壓等が後者を來たさしめるといふ、相對立した條件群を形成するのである。この事は鈴木及石井 (17 581) に擧げられた内外業績、並びに本教室にてなされた諸業績の所見を基礎として建てられた結論であるが、中んづく溫度と λ 並びに單一反復興奮に關しては奥 (8)、紅林 (5) の成績に由り、直流通流電極作用に就ては坂本 (10) の所見に負ふ所である。この通流作用に關しては、最初石井 (2)、杉崎 (13) のイオン作用、鈴木均 (16) の通流作用等の所見の綜合よりして、上述分類とは反對側の對立が豫想されたのであつた。然るに坂本に依り上述の如き結果が得られたが、彼の論ずる如く通流の閾値に對する作用の検討に就て鈴木均に方法的の短所があり、夫を改良した方法に依つて上述の如き對立をなすことを明確に實證した。又其後宇野 (18) により全く別の方法を以て同一關係が確認された。

イオン作用に關しては更に激しい考察の轉變を経たのである。最初は石井の成績に由りアルカリ土イオンを對立の前者に、アルカリイオン (低濃度) を後者に屬せしめたが、途中通流作用に關する上述の矛盾の原因明かならざる頃、開放閾の高低を反對側に對立せしめ、前者にアルカリ後者にアルカリ土を配屬せしめたことがあつた。後坂本により通流作用の實相明かにさるゝや閾値關係を上述の如く正し、前者にアルカリ土後者にアルカリイオン (低濃度) を歸屬せしめた。之は主に石井の成績に由るのであり一部は開放閾に對する杉崎の成績にも負ふのである。併し今本業績により c.l. 並びに基電流に對する兩種イオンの拮抗作用が明かとなり、その配屬は正に上述の如くであつて、今述べた石井、杉崎等の所見はその適當濃度を逸したときの作用に外ならない。環境條件の對立群もし上述の如くんば、前者は何れも細胞限界膜を弛める傾き、後者は何れも夫を固める傾きに於て一致し美しき對立をなすと云へる。

この對立環境條件群に相應する被刺激性乃至興奮性の對立群に於て、 λ 或は c.l. の小と基電流の大とが伴つてゐることが、鈴木及石井(17)に謂はゆる被刺激性變化の典型形式に外ならないが、坂本(10)の考察する如く電氣緊張下に於てはこの形式に従ふ變化を示さない。従つて陽極及び陰極電氣緊張なる條件は上述の對立群に伍せしめることができない。が之は其處に述べられた如く電氣緊張が環境條件でなく、刺激そのもの、成立過程内の状態と考へられる條件であることに由る。又やはり當教室にて注目してゐる(坂本6, 小澤9, 佐藤11)被刺激形體と刺激電極との大きさ關係の如きも、上述の對立條件群に伍せしめ得ない性質を持つ。之もやはり環境條件でなく、刺激そのことに與かる條件であるためであらう。即ち上述の對立群は飽く迄、當該興奮性形體の被刺激性に影響を與へる環境條件に限られねばならぬ。尙かに考へる所によれば、イオン作用の如きは或は純粹に環境條件のみではなく刺激的の條件を含むものではなからうか。そして上に見た如き複雑な拮抗作用しか示さぬのもこの非單純性に由るのでないかと思はれる。イオン作用に於て可能ならばこの兩種條件の分析を行つてみたいと思ふ。

本研究は一部鈴木正夫教授に對する文部省科學研究費に依り行はれた。

文 獻

- 1) Hill, A. V. (1936) *Proc. roy. Soc. Lond. Ser. B* 119 305
- 2) 石井恒夫 (2602) *日本生理誌* 7 1
- 3) 小島利顯 (2604) *日本生理誌* 9 101
- 4) 吳壽典 (2606) *日本生理誌* 10 61
- 5) 紅林康 (2603) *日本生理誌* 8 1
- 6) 松本茂彦 (2601) *日本生理誌* 6 252
- 7) 岡部精一 (1925) *Jap. J. med. Sci. Biophysics* 3 1
- 8) 奥義弘 (2602) *日本生理誌* 7 481
- 9) 小澤弘 (2603) *日本生理誌* 8 349
- 10) 坂本健次郎 (2604) *日本生理誌* 9 433
- 11) 佐藤寛之 (2604) *日本生理誌* 9 862
- 12) Solandt, D. Y. (1936) *Proc. roy. Soc. Lond. Ser. B* 119 355
- 13) 杉崎行三 (2598) *日本生理誌* 3 236
- 14) 砂田惠一 (1924) *J. Biophysics* 1 155
- 15) 砂田惠一 (1930) *Jap. J. med. Sci. Biophysics* 1 217, 235
- 16) 鈴木均 (2602) *日本生理誌* 7 212
- 17) 鈴木正夫・石井恒夫 (2604) *日本生理誌* 9 573
- 18) 宇野幸 (2606) *日本生理誌* 10 1

筋的作業の持久力に関する研究 612.766.1

其の1 重筋的作業に伴ふ體の酸、鹽基平衡の崩壊と 作業持續可能時間との關係

京都帝國大學醫學部生理學教室

井 上 章

Inouye - Akira

(昭和20年1月6日受付)

I. 緒 言

筋的作業の際に生ずる乳酸其他の有機酸の蓄積が作業強度の増大と共に加速度的に増大する事は、古澤 (7, 8, 10) の O_2 需要量或は酸素債と作業速度との關係に関する研究、又は Hill (14) 等の作業直後の血液乳酸量の測定成績等により古くから知られてゐた處であり、新しくは Dill等 (5) 或は Atzler (1, 2) によつて綜括的に論ぜられてゐる。従つて高強度の作業を行ふ時は、遂には acidosis に陥り作業繼續不能に終る事は明であらう。然るに此事實を持久力を標示する因子として取上げんとする試みは、Dill等 (6) が作業に依る乳酸の蓄積の大小又はアルカリ豫備減少度の大小が彼等の所謂 physical fitness を示すであらうと言へるのみにて、其の他には殆んど諸家の注意を惹かなかつた。此の點を更に検討せんとするのが本研究の目的である。

さて筋活動の際に發生する乳酸は、作業強度が大なる程「一部酸化、他は前身物質へ還元」といふ處理法を以て處理し得ず體内に蓄積する。此蓄積せる乳酸は體内の緩衝物質に結合されるが、此際重碳酸鹽系が用ひられると CO_2 を放出する。此の重碳酸鹽系による處理法は、後述の如く「第二陣」的なるものと考へられるのみならず、放出する CO_2 の血中での蓄積は、呼吸器及循環器系への大なる負擔となり、更に進んでは呼吸中樞及頸動脈洞の感受器の異常昂奮等より大脳の活動に對する障害を惹起し、末梢感覺器群よりの求心的抑制作用と相俟つて、遂には作業意志すらも放擲せしむるに至るであらう。故に同一作業に於て A なる個體が B よりも多量にかゝる CO_2 を放出するならば、A は B よりも乳酸の處理能に於て欠くる所大であり、且身體的負擔も大であると言ひ得る。従つて此の様な CO_2 發生量を比較する事により持久力を比較し得るであらう。然るに此の CO_2 は中和によつて生ずるものであるから、高強度作業時に見られる燃焼係數としての限界 1.0 を越える高い R. Q. の原因をなすものである。従つて作業時及び其の直後に R. Q. 1.0 を越えて超過排出せられる CO_2 量を測定するならば、此の量を求めるであらう。斯かる方法は Dill等の如き血液分析の法より簡便容易である。此の様な見地より著者は既に古澤等 (12) によつて作業休憩の問題に試みられた此の方法を指標として持久力を研究せんと試みたのである。

II. 實驗方法

作業として自轉車勞作計を採用した。勿論持久力は其作業方法に依つて著しく異なるものであり、又應用の面より言へば、上肢筋群の活動する作業の方が望ましいが、本作業では活動筋量が大であり、動作が自由であり、全身に對する影響も上肢に比して大であるから著明なる實驗結果を得る利點がある。速度は Meteronom にて調整し、負荷は摩擦抵抗をバネ秤にて測定調節する普通の方法を用ひた。

被験者は著者を含む7名を

第1表 被験者群の性格

採用した、其要項は第1表の如くである。一般にT以外は重筋的作業向きとは云ひ難い弱點があるが、又逆に容易に疲勞する事は目下の目的には好都合であるとも云ひ得やう。

姓名	年齢 (才)	身長 (cm)	體重 (kg)	體型	備考
U.	46	152	45	中	自轉車を乗用す。常雇被験者。
T.	26	176	67	筋肉型	學生。運動家。時に自轉車を用ふ。
H.	38	161	51	度型	元下駄職。現在倉庫番。
K.	26	163	53	中	學生。活動的。時に自轉車を用ふ。
O.	33	160	62	肥胖型	軍醫。運動を好まず。
I.	29	163	55	中	著者。運動を好む。時に自轉車を用ふ。
N.	33	154	51	中	自由勞働者。屢々重筋的作業に従事す。

被験者は凡て午前8時以前

に朝食を攝り、9時迄に實驗室に出頭、少くとも30分以上休息後静止時の瓦斯代謝を數回測定せる後作業を行はしめ、其間檢者は負荷及びピッチに注意し、作業を規定通り行ひ得なくなる迄激勵しつつ強行した。一方作業及恢復全期の全呼氣を分割採集して分析した。恢復期は少くも30分、長きは120分迄追求した。

測定にはダグラス袋法を用ひたが、後には古澤(9)の記載せる呼吸量計の小型のもの(容量160l)を2個作製、連結して交互に使用し、本實驗の如き大量の全呼氣を遂時的に處理するには袋法より遙に便なる事を認めた。呼氣の分析結果より O₂ 攝取量、CO₂ 排出量、呼吸商及び上述の CO₂ 超過排出量を算出した。

第2表 負荷5kg, 速度60回轉/分, 仕事量878kg.m/分

被験者	繼續時間	CO ₂ 超過排出量(cc)			體況
		作業中	恢復初期	總量	
U.	30'	-265	365	100	20' 後呼吸量稍増加。R.Q.全期間を通じて1.0を少しく上下す。臀部の苦痛大。作業續可能ならん。
U.	47'	-416	216	-200	35' 後呼吸量増加。同時にR.Q.稍上昇。臀部苦痛甚し。
T.	27'	112	583	695	ピッチ極めて良好。臀部苦痛。作業續行可能ならん。
H.	24'	691	441	1132	20' 後呼吸量増大。R.Q.全期を通じて1.0を少しく上下す。
"	21'	515	529	1044	18' 後呼吸量稍増加。R.Q.全期を通じて1.0を上下す。
K.	29'	1296	627	1923	20' 後呼吸量増加。R.Q.初期1.0以上末期下る。
O.	8'	2844	1948	4792	呼吸量初期より急昇。R.Q.全期間1.0より遙に大。末期ピッチ亂る。
I.	7'	1742	2300	4042	呼吸量最初より急昇。R.Q.全期間1.0を超過。末期ピッチ大に亂る。

III. 實驗結果

實驗結果は第2乃至第4表

に例示した如くである。

(1) 負擔5kg, 速度毎分時60回轉, 作業量毎分時878kgmの場合。

此の場合の例は第2表の如くである。作業強度は、古澤(13)のエネルギー代謝率にて8~11であつた。

表より明なる如く、被験者は最大の意志的努力を拂へるにも拘らず同一物理的作業強度に對して作業繼續時間に多大なる開きが見られる。之は又作業量にて表はせば、Uの47090kg.mよりIの5926kg.m

の差となる。此等の差が年齢、體格によるもので無い事は例へばUとIを第1表にて比較すれば明らかであらう。此の極端な作業持続能の差異は前述の CO₂ 超過排出量に最著明に反映してゐる。即ち最も優透なるU及びTは之が1.1以下であり、Uの如きは作業中は負、即 R. Q. は 1.0 以下でさへあつた。Tも尙作業繼續可能であつたが、姿勢的苦痛殊に臀部の苦痛甚しき爲中絶したのである。此の30分以上繼續し得る級に比して、10分時にも耐え得ぬ O. 及び I. に於ては、CO₂ 超過排出量は 4l を越えて居り、體内は激烈な酸毒症に苦悶してゐるのが看取せられる。此の事は體況にも明らかに反映してゐる。此に對して中級の H. 及び K は繼續時間、CO₂ 超過排出量及び體況は上述の 2 者の略中間に位すると見て良い。

以上を要約すれば、本項程度の重筋作業では其持久力は CO₂ 超過排出量に極めて顯著に現れると考へられる。

(2) 負荷 4kg, 速度毎分80回轉, 仕事量毎分時936kg.m

此の場合は第(1)項に比して負荷減少するも速度を甚しく大とし、從つて物理的作業強度も大となつ

第3表 負荷4kg, 速度80回轉/分, 仕事量939kg.m/分

被験者	作業時間	CO ₂ 超過排出量(cc)			體況
		作業中	恢復初期	總量	
U.	7.0'	2339	1828	4167	呼吸量激増. R.Q. 1.0 超過. 作業後立位稍困難.
T.	13.0'	996	956	1952	呼吸量大なるも平靜. R.Q. 僅かに 1.0 を越す. ビッチ一時遅れるも取戻す.
H.	7.25'	2151	1758	3909	呼吸量急増. R.Q. 1.0 を遙に超過. ビッチ亂れて末期完全に合はず.
"	16.6'	2480	832	3312	呼吸量大なるも一定. R.Q. 1.0 を超過するも後下る. 末期ビッチ亂る.
K.	11.5'	1585	1072	2657	呼吸量大なるも概して一定. R.Q. 初期 1.0 を大に超過. 後期下る. ビッチ可良.
O.	4.5'	2077	2189	4265	呼吸量極めて急昇. R.Q. 1.0 越すこと甚し. 末期ビッチ大に亂る.
I.	4.6'	1948	2297	4247	呼吸量極めて急昇. R.Q. 甚だ大. ビッチ終りに大に亂る.
N.	15.6'	966	438	1394	呼吸量大なるも平靜. R.Q. 1.0 を少しく越す. ビッチ可良.
"	8.5'	1597	715	2312	呼吸量上倒より大. R.Q. 稍高し. ビッチ最後え低下す.

た例である。生理的強度はエネルギー代謝率にて 10~13 である。

前例に比し繼續時間は全體的に低下し、其と同時に CO₂ 超過排出量は増加して 2l を越す者が更に 4 名増加してゐる。此の事は前項の結論より豫期し得る所であり、體況も亦之を裏書きしてゐる。

更に表中 H. 及 N. の成績

に於て、同一人が同一作業を爲す時にも其の繼續可能時間と CO₂ 超過排出量が互に逆に増減するのが見られる。此の事は上記の一般的結論が同一人に就ても適宜し得る事を示すものである。何故同一人、同一作業でありながら CO₂ 超過排出量が日により異り得るかは不明であるが同一人の同一作業に於てすら CO₂ 超過排出量が持久力を決定してゐる事は兩者の關聯の密なるを示唆するものと云へやう。

Uが前例に於ける優位より轉落したのは體格及年齢の影響であらう。

(3) 負荷 4kg, 速度毎分時60回轉, 仕事量毎分時702kg.m

此の強度はエネルギー代謝率 7~8 である。上肢筋では強度は甚だ困難なものであるが、下肢筋の爲に余程楽な作業となつてゐる。本作業では各人とも續行可能であつて、姿勢的苦痛が其の制限要素となつて來てゐる。唯 I. のみは他の被験者と異り R.Q. は 1.0 を少しく越し 1.61 程度の CO₂ 超過排出量を示し (4) (2) の作業成績の不良が偶然で無い事を示してゐる。

第4表 負荷4kg. 速度60回轉/分. 仕事量702kg.m/分.

被験者	作業時間	CO ₂ 超過排出量 (cc)			體況
		作業中	恢復初期	總量	
U.	80'	-1806	—	-1806	R.Q.平均0.97, 續行可能.
H.	75'	-4690	69	-4621	R.Q.平均0.96, 續行可能.
N.	75'	-1470	186	-1290	R.Q.平均0.95, 續行可能.
I.	21'	1413	199	812	R.Q.平均1.04,

(4) CO₂超過排出

第5表

量の極限.
作業による酸毒症の爲に生ずる CO₂ 超過排出が何物に由来するにせよ各個人に就き一定限界が存

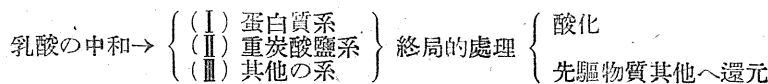
被験者	CO ₂ 超過排出量(l)
U.	4.17
T.	(1.95)
H.	3.91
K.	4.10
O.	4.79
I.	5.06
N.	(2.95)

在するであらう事は想像される。吾々の被験者に就き前に例示せるもの及び他の實驗例より其最大値を表示すれば第5表の如くである。但し T及び Nは例數少なく、實際の體況より考へても極限とは考へられぬから、之を除外すれば約4~5lと看做し得る。而して著者等の實驗によれば、人工的過呼吸によりて優に6l以上のCO₂を過剰に呼出し得るから、之も亦一定の組織又は機能に關聯するものと考へられる。

IV. 考 察

吾々は上述の事實より同一作業に對しCO₂超過排出量に個人差があること、而も之が作業繼續可能時間と互に逆に増減する事、更に同一個體でも作業強度及び其繼續可能時間との間にも此の逆比的關係が成立する事を知るを得た。従つて之は各個體の持久力を知る上に重要であり且有効な判定手段たり得るものと考へられる。

今此の理由に就て考察するに、筋活動により生じた乳酸は直ちに中和され、然る後終局的處理を受けるものと考へられるが、之を概括すれば次の如くに表し得やう。



(III)は例へばBate Smith(3)によれば筋中のCarnoseinの如きも緩衝作用を表すと云ふが、詳細は尙不明故之を除外して考へる時は、(I)筋自體の蛋白質をも利用し得るから最も直接的である。(II)は炭酸の發生を見、之は蛋白質に比しては少しく酸性大なる上CO₂として直ちに呼出される利點も呼吸、循環系に對して負擔を大ならしめるから、本作業の如き場合には不利なる第二陣的方法と考へられる。

扱、作業輕度なる時は、其の生成乳酸量小なる事及び恐らくは主に(I)による中和の後O₂の補給を待つて之の終局的處理に移るものであらうからR.Q.は1.0を越えず、CO₂の超過排出を見無いであらう。然るに

- (a) 乳酸生成量大なる時.
- (b) 同量の乳酸生成にても(I)の量少き時.
- (c) 筋, 肝, 肺等の乳酸處理能力低き時.

は此の(II)緩衝系の使用、ひいてはCO₂の超過排出が起り得る。従つて例へば第2表のO.及びI.の他の被験者に比して大なるCO₂超過排出は作業強度は同一であるから、恐らくは多分に(b)及び(c)

に基くものと見るのが妥當であらう。第3表に就いても増大した作業強度に伴つて同様の理由の下にU及びHが之に加つた譯である。即ち蛋白質緩衝系の不足又は機能不十分による體質的な持久力の欠亡をCO₂超過排出量は示してゐるのである。

次に第5表の数値に就き考察するに、全血液より其保有CO₂を總て驅出するも、吾々の被験者では全血量は大約5lと見て良いから、2.5l程度となりCO₂超過排出量の約半量に過ぬ。又完全に疲勞せる蛙筋にては0.3%の乳酸が蓄積すると云ふMeyerhofの數字を用ひ、之の濃度に迄血中にも移行し得るとするも、(Hill(14)の成績には此の程度即200mg%の例が見られる)4lの全血液中よりは約2lしか驅

第6表 重筋的作業時の血液CO₂含有量

速度	負荷 (kg)	血液CO ₂ 含有量 (Vol%)		
		作業前	作業直後	減少度
毎分時	5.2	48.8	28.8	20.0
	4.7	48.8	23.5	25.3
60回轉	4.5	51.2	25.7	25.5
	4.0	47.8	26.4	21.4

出し得ぬであらう。従つて少くとも他の50%は筋其他より由來せるものである。實際に第2乃至第3表程度の作業を行ひたる時、I.に就き測定したる血液總炭酸量は第6表の如くで、其減少度は約20~25%であり、従つて4lの全血液より驅出される量は0.8~1.0lである。然るにIrving, Ferguson, Plewes(15)の猫に就いての人工的過呼吸實驗に

第7表

被験者	實驗内容 (負荷、速度及採氣時間)	全代謝量 (cc)	超過代謝 (cc)	超過代謝 CO ₂ -O ₂ (cc)	同左 (Best等による)	同左 (古澤による)
U.	6kg 60回轉 作業 5.3' 恢復 59.7'	O ₂ 26358 CO ₂ 27917 R.Q. 1.05	O ₂ 11863 CO ₂ 14137 R.Q. 1.19	2274	A.V.H. 100碼疾走 3404 3144	白井 2573 2272
H.	4kg 80回轉 作業 7.25' 恢復 42.75'	O ₂ 25092 CO ₂ 28235 R.Q. 1.12	O ₂ 14342 CO ₂ 18385 R.Q. 1.23	3543	同上 150碼疾走 3144 3599	安藤 1565 1461
K.	5kg 70回轉 作業 10.25' 恢復 29.75'	O ₂ 29982 CO ₂ 33490 R.Q. 1.11	O ₂ 20342 CO ₂ 24330 R.Q. 1.19	3988	J.L.P. 60碼疾走 2286 1861	小河 1246
I.	6kg 60回轉 作業 4' 恢復 64'	O ₂ 27684 CO ₂ 29906 R.Q. 1.08	O ₂ 13404 CO ₂ 16510 R.Q. 1.23	3106	C.H.B. 立走最高度 3374 3662	古谷野 1299
O.	5kg 60回轉 作業 8' 恢復 52'	O ₂ 26527 CO ₂ 30072 R.Q. 1.13	O ₂ 14727 CO ₂ 18872 R.Q. 1.28	4145	K.F. 立走最高 2907 2761	

於ては其のCO₂の過剰排出は、血液及び筋の分折結果より見て夫々より由來せるものの比が約1:3~1:5となつてゐる。故に吾々の場合に於ても残余の3~4lが筋より由來せるものと考へると良く此の數字と一致し、而も前述の考察とも亦一致する。故に恐らくはCO₂超過排出量の大小が上述の如き筋の緩衝能不全及び諸臓器の乳酸處理能不足に基く體質的又は體力

的なる持久力を標示するものと考へて良いであらう。

次に本報告と同様な作業効果を他に求めると、Best(4)及び古澤(11)の超過代謝に關する研究が見られる。併し之等の成績よりCO₂超過排出量は求め得ぬを以て、吾々の成績より超過代謝即作業並に恢復期を通じての全O₂攝出量及び全CO₂排出量より同期間中静止せりと假定した時の全O₂攝出量及び全CO₂排出量を引き去りたるものを求めると、第7表の如くなり彼等の成績と略同程度のものと

なる。殊に超過代謝に於る CO_2 超過排出量を夫々より求めて第 4, 5, 6 欄に記載したが大體に於て一致し、其の僅かの差は行へる作業の性質及び被験者の體格の相違に基くものである。従つて疾走の如き高強度 (エネルギー代謝率 100~200 繼續時間十數秒) の時にも、著者の場合の様な比較的持續し得る重筋的作業時にも、又懸垂運動の如き靜的作業時にも、高度のエネルギーを要する時には本報告に論じた様な事情が発生し、持久力が限定せられるものと考へられる。

V. 總 括

1) 自轉車勞作計を使用して一定の仕事を課し、其 CO_2 超過排出量を見るに著しき個人差あり、酸毒症に陥り易い個體と然らざる者がある事を見た。

2) CO_2 超過排出量の異なるものは持久力に乏しい。即ち CO_2 超過排出量は體質的或は體力的持久力を標示する有力なる因子である。

文 献

- 1) Atzler, E. (1938) *Ergebn. Physiol.* 40 325
- 2) Atzler, E. (1939) *Ibid.* 41 164
- 3) Bate Smith, E. C. (1938) *J. Physiol.* 92 336
- 4) Best, C. H., K. Furusawa, & R. J. H. Riout, (1929) *Proc. Roy. Soc. B.* 104 119
- 5) Bock, A. V. & D. B. Dill, (1931) *Bainbridge's The Physiology of Muscular Exercise.*, Longmans Green.
- 6) Dill, D. B., T. H. Talbott, & H. T. Edwards, (1930) *J. Physiol.* 69 268
- 7) Furusawa, K., A. V. Hill, C. N. H. Long, & H. Lupton, (1924) *Proc. Roy. Soc. B.* 97 155
- 8) Furusawa, K. (1925) *Ibid.* 99 155
- 9) Furusawa, K. (1926) *Ibid.* 99 108
- 10) 古澤一夫 (1937) *勞働科學研究* 14 280
- 11) 同 (1938) 同 15 36
- 12) 古澤一夫, 鈴木幸夫 (1938) *産業醫學會報告論文集* (日本勞働科學研究所)
- 13) 古澤一夫 (1942) *疲勞と休養* (東洋書館)
- 14) Hill, A. V., C. N. H. Long, & H. Lupton, (1924) *Proc. Roy. Soc. B.* 96 438
- 15) Irving, L., J. K. W. Ferguson, & F. B. Plewes, (1930) *J. Physiol.* 69 113

筋的作業の持久力に関する研究 612,766.1

其の2 重筋的作業に於ける酸素攝取状況と作業持続能力

京都帝國大學醫學部生理學教室

井 上 章

Inouye - Akira

(昭和20年1月6日受付)

I. 緒 論

筋活動によつて一定の機械的エネルギーを發現する爲には、一定の化學的エネルギー、從つて一定量の O₂ を必要とする。故に此の O₂ を如何にして補給するかは、個體の持久力に大なる關係があらう。前報告 (5) に述べたる事項を併せ考へる時には、個體の筋的持久力は

(1) 筋の同一機械的エネルギー發現に對する所要 O₂ 量の大小及び其調達様式

(2) 同一量の乳酸を中和する緩衝系の質的並びに量的差異

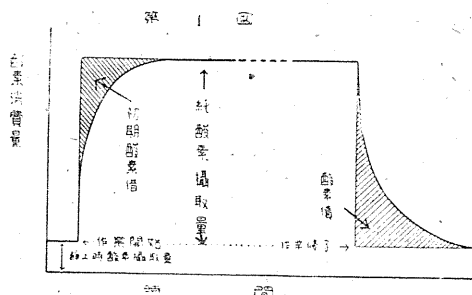
の2項によつて限定されるものと考へ得る。前報に於て此の第(2)項に關する事項を論じたから、本報告に於ては第(1)項に就て考察する。本報告の資料は、前報告に記載せる實驗例及び其に記載しなかつたが全く同一系列に屬する若干の實驗結果である。故に被験者、實驗方法等は全く前報と同一である。此等の實驗成績より、O₂ 補給關係を論ずるに必要な各種の數値を計出し、其の代表的なるものを一括表示すれば第1表の如くである。

第1表

被験者	作業時間 (分)	O ₂ 需要量 (cc)	同左體重 1kg當 (cc)	純 O ₂ 攝取量 (cc)	純酸素債 (cc)		初期 O ₂ 借 (cc)	酸素債 (cc)		エネルギー代 謝率	作業種別
					毎分時	總量		實側値	體重1kg 當り		
U.	46.8	1463	32.4	1427	36	1684	1261	2470	55.2	8.4	第1種 負荷 5.0kg 速度 60/min 仕事量 878kgm/min
"	30.0	1525	33.9	1500	25	750	1450	2180	48.4	8.9	
T.	26.6	1755	26.2	1724	31	824	2081	3479	51.9	7.9	
H.	23.5	1544	30.3	1500	44	1034	1405	2857	56.0	9.1	
"	20.5	1610	31.6	1560	50	1025	1490	2654	52.0	9.5	
K.	28.5	1802	33.3	1760	42	1197	3137	4013	75.6	9.5	
O.	8.0	1903	30.7	1763	140	1120	3013	4157	67.1	9.9	
I.	6.75	1950	35.5	——作業時間短少, 計出不能——			5000	90.0	11.0		
U.	7.0	2102	46.7	1793	309	2163	1920	4081	90.0	12.1	第2種 負荷 4kg 速度 80/min 仕事量 936kgm/min
T.	13.0	2070	31.9	2017	53	689	3242	3900	53.0	9.2	
H.	7.25	2102	41.2	1645	457	3313	1131	4383	86.6	12.4	
"	16.6	1879	36.8	1658	221	3668	1553	5104	100.0	11.1	
K.	11.5	1912	36.1	——O ₂ 攝取量の變動甚し——			4043	4043	76.0	10.0	
O.	4.5	2500	40.3	——作業時間短少, 計出不能——			4700	4700	75.8	12.7	
I.	4.6	2074	37.6	——同——			4094	4094	74.0	11.6	
N.	15.6	1857	36.5	1796	61	951	1753	2802	54.6	10.4	
"	8.5	1864	36.6	1829	35	297	2332	2659	52.0	10.5	
U.	80.0	1336	29.7	1320	16	1280	626	2198	48.4	7.7	第3種 負荷 4.0kg 速度 60/min 仕事量 702kgm/min
H.	75.0	1316	25.8	1300	16	1200	1796	4594	86.0	7.7	
I.	21.0	1440	26.4	1429	11	231	2449	3024	54.0	8.1	
U.	5.3	2281	50.6	1798	483	2560	1601	4135	91.9	13.1	第4種 負荷 6.0kg 速度 60/min 仕事量 1053kgm/min
H.	8.8	2219	43.5	2077	142	1250	4155	5416	106.0	13.1	
N.	9.0	1957	38.5	1914	43	387	2395	2764	54.0	11.0	

一般に筋的作業時に於ける人體の O_2 攝取状況を模型的に考へると、第1圖の如く表し得るであらう。既に述べた如く、吾々は作業時及び恢復時の全呼氣を細かく分割採取してゐるから、第1圖の如き O_2 攝取量曲線を畫き得る。従つて圖に示した古澤 (2) の所謂「初期 O_2 借」或は「純酸素攝取量」はかなり正確に計出し得る。又 O_2 需要量及び酸素債は通常の如く作業及び恢復期の全期間

又は恢復期のみ全 O_2 攝取量より、夫々の時間に相當する靜止時 O_2 攝取量を引き去つて求めた。但し O_2 需要量は、作業繼續時間の差による比較上の困難を除く爲、之を作業時間にて除して當該作業を爲すに毎分時に要する O_2 量として計出した。表中の純酸素債とは、後出の如く O_2 需要量と純 O_2 攝取量との差に斯く名付けたのである。エネルギー代謝率は古澤 (4) に従つて O_2 需要量を基礎代謝時の毎分時 O_2 攝取量にて除して得た數値である。



II. 所要酸素量と作業能力

或る作業に必要な O_2 量の大小は、 O_2 供給の問題に直接關聯するが、之は2つの面から取扱はれ得る。即ち1つは其絕對量で、 O_2 需要量が之を示してゐる。他は相對量で、其個體に取つては如何程の重味を有するかと云ふ問題である。之は種々なる方法で表し得るであらうが、古澤 (4) のエネルギー代謝率を以て表す事とした。

(1) 酸素需要量 第1表より明かなる如く、同一作業に對して所要エネルギー量を表す O_2 需要量は、各個體によつてかなりの差を示してゐる。 O_2 需要量の異なる者は小なる者に比して同一の仕事に對してエネルギーをより多く消費してゐるのであるから、此差は個體にとつての仕事の難易の度又は個體の作業能力或は攻緻性を表はすものと考へられる。事實 Dill (1) はかかる考への下に彼等の所謂 skill index を O_2 需要量の大小にて表現しようと試みてゐる。併し第1表を見るに、第1種作業の T. と H. を比較する時、T. は H. より大なる O_2 需要量を示すにも拘らず作業繼續時間及び一般狀況 (前報第2表参照) 良好であり、又第2種作業では U. T. H. K. の4名は略々同一の數値を與へながら、作業持續能力には著しい差が見られる。即必ずしも O_2 需要量の大小は skillness 或は筋的持久力を示すものではない。更に T. と U. とを比較すると、 O_2 需要量の T. U. の比は第1種作業では 1.2 であり、第2種では 1.0 となり同時に U. は持久力を失してゐる。之は T. と U. の體格の差を考へるならば、各個體にとつて O_2 需要量の作業強度の増加に伴ふ變動の仕方が體格により異なる爲と考へて良いであらう。即ち所要 O_2 量は其體格によつて著しい差を生じ得るもので、之を作業能の指標に用ひ得る爲には「略々同型同體格」たる事を要するものである。Dill 等も此の點を顧慮して體重 1kg 當りの値を指標に用ひんとしてゐるが、第2表の如くに第1種及び第2種作業に就て作業能力の指標となり得ると一應考へられる種々なる量を各被験者に就き順位を附して配列する時、前報に論ぜる如く持久力に密接に關聯すると考へられる CO_2 超過排出量及び作業持續可能時間及び體況より判定せる序列と其順位は一致しない。従

つて O_2 需要量は其儘或は體重1kg當りに換算するものでも作業能力判定には一般的には不可であると云はざるを得ぬであらう。

(2) エネルギー代謝率 之は其個體にとつての作業の生理的強度を表すものであるから、體型體質等は余り顧慮を要せぬであらう。同一作業の生理的強度が個體AにとつてはBより小であると云ふ事は、換言すればAの作業能力がBより大なる事を意味する。従つて筋的持久力の指標としても O_2 需要量よりは合理的なりと考へられるが、事實第2表は主觀的な能力順位或は CO_2 超過排出量の序列と其順位が一致する事を示してゐる。此事は持久力を考へる上には重要な事であらうと考へられる。

第2表 持久力の順位判定比較表

判 定 指 標	第 1 種 作 業						第 2 種 作 業					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
繼續時間及體況による主觀的判定	U	T	H	K	O	I	T	K	H	U	O, I	
CO_2 超過排出量	U	T	H	K	I	O	T	K	H	U	I, O	
O_2 需要量	U	H	T	K	O	I	H	K	T, I	U	O	
同上 (體重1kg當)	T	H	O	U	K	I	T	K	H	I	O	U
エネルギー代謝率	T	U	H	K	O	I	T	K	H	U	I, O	
最大 O_2 攝取量	T	K	H	I	O	U	T	K	H	I	O	U
酸素債 (體重1kg當)	T, U	H	K	O	I		T	I, O, K, H				U

(3) 最大酸素攝取量 若し所要 O_2 量の絶對量の調達の難易を問題にするならば、寧ろ其個體が攝取し得る最大限の O_2 量が大である程所要 O_2 量を調達する事は容易であるから、所謂最大 O_2 攝取量の大きさに依つて重筋的な持久力を判定し得る事が推測せられる。古澤 (3) の記せる方法を用ひて各被験者に就き測定せる最大 O_2 攝取量は第3表の如くであつて、其の序列は第2表の示す如く第2種作業に於ては大略 CO_2 超過排出量及びエネルギー代謝率による順位に一致するが、強度低き第1種作業に於て

第3表

被験者	最大 O_2 攝取量
U	2.081
T	3.601
H	2.581
K	2.861
I	2.311
O	2.131

は體格的に劣れるUの位置が最上位と最下位の如くに全く逆となつてゐる。之は第2種作業がUにとつては彼の O_2 攝取量の最大限界に近い仕事である爲である。然るにI, Oの兩者にとつては、自己の O_2 攝取量の極限に遠い第1種作業に於て既に能力不足を表して居り、U. は之にては充分の作業能力を發揮してゐるのであるから、此の事態はU. の劣勢な體格と年齢に拘らぬ作業能力或は skillness, 又はI. 及びO. の體格的に優位なるにも拘らぬ持久力不足を意味するものであらう。此の點より見て最大 O_2 攝取量は CO_2 超過排出量又はエネルギー代謝率より持久力の指標として劣れるものと云はざるを得ない。寧ろI. 及びO. に比してU. が最大 O_2 攝取能に於て劣つてゐるに拘らず第1種作業にてT. 等と同一の作業能力を有する事を示す因子こそ眞の skill index たり得るものであらう。

(4) 酸素債 酸素債は第1圖より見るも明かな如く

a) 初期酸素債の償還

b) 累積された O_2 需要量と純 O_2 攝取量との差の2つの構成因子より成立してゐる。勿論第3の因

子として作業に依り消耗した諸器官の修理或は直接作業に關與しない新陳代謝的變動の復舊等に要するエネルギーが考へられ、事實高強度の作業を最大限に行つた本實驗の場合にはかなり長時間に亙る作業不能の状態或は特殊な筋の痛み等を経験するのであるが、其の詳細は全く不明であり、且つ其れに要する O_2 量は小なるものと考へられるから此處では考慮の外に置き、上記の2因子のみを考察する。

初期 O_2 借と作業持続能との關係は、第1表より見て明瞭で無い。此理由は、1つは初期 O_2 借の小なる事は作業に對する初期調應の良好なる事即呼吸循環兩系の能率良き事を意味するが、他に其反面として作業中 O_2 攝取の動機を形成する壓力差の不足を意味するものとも考へられる事、又純 O_2 攝取量の大なる時に之が増大する事が豫期せられる等の事情が重り合つてゐる爲であらう。従つて所謂 initial period の充分な検討を行はずに其意味を云々し得ないものである。

第2の因子は或意味では作業に調應せる後眞に個體が必要 O_2 量に對する O_2 供給不足として借りてゐるものである。故に之に對して純酸素債と假に名附けると、之は O_2 需要量と純 O_2 攝取量との差とじて求められる。之に作業時間を乗すれば此の第2因子としての總純酸素債が得られる。此純酸素債と初期 O_2 借との和が實測酸素債と大體一致してゐる事は表に見る如くである。

さて毎分純 O_2 債を見るに、例へば第1種作業に於ては他の被験者達が 30~50cc 程度の O_2 供給不足下に作業繼續可能であるに拘らず、O, I. の兩者は大なる純酸素債を示し、 O_2 供給不足の爲に繼續不能に陥入つてゐる。第2種作業でも此の形勢は同一である。従つて酸素債中此の第2因子即毎分純酸素債は作業能力に直接關係あるものであり、持久力の指標として興味あるものと云へよう。

酸素債は構成因子の如何に拘らず作業者にとつては負擔であるから可及的小なる事が望ましい。併し其絶對量の大小は O_2 需要量同様體格によつて差を生ずるであらうから、體重1kg當りに換算すると、大略に於て持久能力と並行する事は表より明かであらう。併し CO_2 超過排出量に比すると其關係は判然としてゐるとは云ひ難い。又酸素攝取に於ける最大 O_2 攝取能と同様の意味にて最大酸素債の大なる程作業能力の大なる事が考へられるが、吾々は之を實測し得なかつたから、之と持久能力との關係は殘念ながら比較する事を得なかつた。

Ⅲ. 酸素債と CO_2 超過排出量との關係

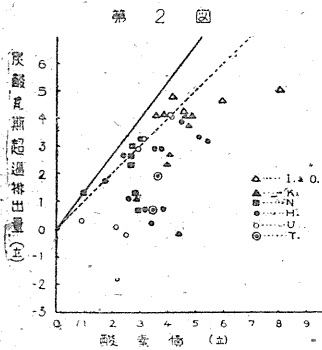
既に前報告に於て論じた如く、 CO_2 超過排出量の大なる事は蓄積乳酸量の大なる事及乳酸の終局的處理能の不備を意味してゐる。従つて此時には大なる酸素債が期待されるが、其の逆に酸素債が大である時には CO_2 超過排出量も大であるか否かは未だ確証されておらない。此の點の検討は兩者の性質を知る爲にも重要であらう。其處で1例として K. に就ての實測値を第4表に掲げる。

即ち本表より見る時には各例とも4l以上の酸素債を示してゐるが、之に對する CO_2 超過排出量は負の値さへ取る場合があり得る。かゝる状態は他の被験者に就ても見られる所である。従つて此兩者は全く無關係の如くであるが、吾々の測定値中利

第4表
被験者 K の CO_2 超過排出量と酸素債

作業種別 (負荷並に毎 分回轉數)	作業時間 (分時)	酸素債 (cc)	CO_2 超過 排出量 (cc)
6kg 60回	7.5	4764	3756
5kg 70回	10.25	4550	4103
4kg 80回	11.5	4043	2657
5kg 60回	28.5	4013	1923
4.5kg 70回	36.0	4312	-93

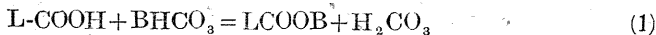
用し得る總ての場合を圖示すると第2圖の如く興味ある分布を取る。即ち CO_2 超過排出量を縦軸に、酸素債を横軸に取ると、總ての點は $4/3$ の傾斜の直線より横軸の側に分布し、I. 及び O. の例の如き短時間しか繼續し得なかつた例は略々此直線上に來り、樂に作業を繼續し得た場合には横軸に近く、時には超過排出量は負にさへなつてゐる。



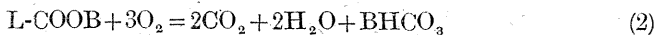
間しか繼續し得なかつた例は略々此直線上に來り、樂に作業を繼續し得た場合には横軸に近く、時には超過排出量は負にさへなつてゐる。酸素債は前項の (a), (b) 就れの因子に由るものであつても蓄積せられた乳酸の變化に用ひられるものと考へられるから、常に其れと同様の CO_2 を發生する。従つて過剰に排出せられる CO_2 がかゝる由來をもつものならば、總ての點は傾斜 $1/1$ の直線上に集る筈である。併し吾々の定義した CO_2 超過排出量は R, Q, 1.0 を越して排出されたものであるから、斯様な考へは根本的に適合しない。此の分布状態は次の

如く考へる事によつて理解せられるであらう。

過剰に排出される CO_2 は變化に基くもので無い。恐らく重炭酸鹽より發生せるものであるから、之を BHCO_3 、乳酸を L-COOH とせば



なる反應にて發生せる炭酸が CO_2 として呼出せられるものが過剰に排出された CO_2 である。然るに中間反應を省略すると



にて乳酸鹽は處理せられる。併し (1) 反應による乳酸鹽が悉く變化せられるので無く、Hill-Meyerhof の理論によれば其の $1/5 \sim 1/4$ が變化される。従つて (1) により發生する CO_2 量を 1 とすれば、(2) に要する O_2 は $3/5 \sim 3/4$ である。此の O_2 が即ち酸素債であるから其比率は

$$\frac{\text{CO}_2 \text{ 超過排出量}}{\text{酸素債}} = \frac{1}{3/5 \sim 3/4} = 5/3 \sim 4/3 \quad (3)$$

となる。若し酸素債により變化される乳酸が悉く重炭酸鹽緩衝系により中和される時には、(3) の比率は $4/3$ に近くなる。かゝる場合が持久力低き O, I. 及び優秀なる被験者 U. にも彼の體力に過重な 6.0kg 60回轉 $5.3'$, 5.2kg 70回轉 $4'$, 4kg 80回轉 $7'$ の如き作業の際に見られる。若し作業後迄残る乳酸が蛋白質又は CO_2 發生無き緩衝系によつてのみ中和せられる時には、超過排出される CO_2 は見られない。即ち之が第4表或は第2圖の零又は負に近い値の場合である。實際は此の2つの中間状態即蛋白質其他及び重炭酸鹽系の双方に於て中和されるものと見るのが穩當である。かく考へると中間的分布の多い事が理解せられる。

此の事は「激烈な作業は CO_2 の過剰排出大であり、輕作業では之が見られ無い」と云ふことを示すと同時に、「同一作業でも個體の持久力の差により其個體に過重であれば CO_2 の過剰排出を見る」事を示してゐる。更に之は作業によつて發生する乳酸の處理が主に重炭酸鹽系により行はれ、 CO_2 超過排出大となるか或は否かは「體內に於ける主に蛋白質性緩衝物質の量の多少」を意味し、之が重筋作的業に對する持久力の重要な因子である事を示してゐるものであると云ひ得るであらう。

又第4表に見る如く同一個人にて酸素債は略等しきに拘らず CO_2 超過排出量の著しく異なるのは持久力小なる時は活動筋中に於ける乳酸生成旺盛にて、筋の蛋白質は暫時にして飽和し其の緩衝能を失ひ、續いて發生する乳酸は重炭酸鹽にて中和せられ、一部は血流中に移行して CO_2 を盛に發生する。之に反し作業強度低き時は、蛋白系により主に中和せられるが、若干は血中に移行し、之は他の組織例へば非活動筋又は肝に運ばれて其處の蛋白系にて緩衝せられると考へると、全體としてかなりの乳酸蓄積即大なる酸素債を形成する可能性があるが、之に對して CO_2 超過排出量は小であり得る。

上記の堆論により CO_2 超過排出量の性格が明瞭にされると同時に重筋的持久力が之に最も良く反映する理由も明かであらう。

IV. 總 括

重筋的作業を其の所要 O_2 量調達の面より考察して、次の事項を明かにした。

- (1) 一定作業に對する個體の持久力の指標として O_2 需要量又は酸素債は適當で無く、エネルギー代謝率又は純酸素債が之に用ひ得る。
- (2) $\frac{\text{CO}_2 \text{超過排出量}}{\text{酸素債}}$ なる比には $4/3$ なる限界値が存在し、之は Hill-Meyerhof の理論より説明し得る。
- (3) O_2 供給の面より觀るも、 CO_2 超過排出量は體質的な持久力の有力な判定指標である。

文 献

- 1) Dill, D. B., J. H. Talbott, & H. T. Edwards, (1930) J. physiol 69 268
- 2) 古澤一夫 (1937) 勞働科學研究 14 280
- 3) 同 (1938) 暉峻義等「エネルギー代謝實驗法」建文館 55
- 4) 同 (1942) 「疲勞と休養」東洋書館
- 5) 井上 章 (1946) 日本生理誌 10 76

比較神經筋生理學 612.019 [第1報]

東京醫學專門學校生理學教室

伊藤秀三郎

Itow - Hidesaburo

(昭和20年4月16日受付)

I. 動物その他

下等動物の筋興奮性及收縮性を調べる爲先手初に蚯蚓を使用した。實驗に用ひた蚯蚓は普通庭園の地下や畠に居る太い所謂頸輪のついた「ふとすぢみゝず」(*Pheretima vittata*)である。Moore, Scheminzyk, Halbach 等は既に蚯蚓の趨電性に就いて報告してゐる。此處に述べる實驗は昭和18年4月より昭和19年3月迄の間に爲されたものである。

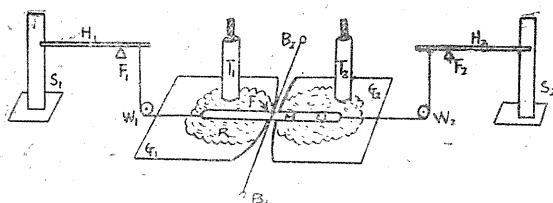
II. 手順

A. 蚯蚓全體への電氣的刺戟 先づ飼養器の土中より蚯蚓を取り出し冷血用リンゲル氏液 (NaCl 0.65 KCl 0.02 CaCl₂ 0.02 H₂O 100) で洗ひ實驗臺上に置く。斯く冷血用リンゲル氏液を用ひたるは蚯蚓に對し蚯蚓用代用液 (NaCl 0.4 KCl 0.01 CaCl₂ 0.02 NaHCO₃ 0.01 H₂O 100) より其液中に於ける生存時間が長き爲である。

電氣的刺戟として平流並びに感應電流電撃を用ひた。

さて蚯蚓が電氣的刺戟を受けた際の短縮及び延長を第1圖の如くして觀察した。G₁, G₂ は硝子板でG₁とG₂は別個である。且兩板上のRには

第1圖



冷血用リンゲル液が溜る様になつてゐる。此G₁, G₂を跨いで蚯蚓 M を乗せ且蚯蚓を固定する爲に糸にて F (體長の中位) を縛り B₁, B₂ より引張る。B₁, B₂ は鍍針で木栓板上に挿入する。刺戟電極 (T₁, T₂) には Zn-ZnSO₄-gelatine-綿の不分極電極を用ひた。尙蚯蚓筋の短縮並に延長特に頭部及尾部とを區別して觀察する爲に兩部を糸で夫々滑車 W₁ 及 W₂ を經て横杆 H₁, H₂ に結び S₁, S₂ の目盛板で運動の大きさを數量的に讀み取つた。

B. 蚯蚓切片への電氣的刺戟 蚯蚓を冷血用リンゲル液にて洗ひ腹側に縦切を加へ頸輪下端並び其より 2, 3cm の個所に於て横切をなす。然る時には長さ 2, 3cm の蚯蚓切片が作らる。其れを第1圖に示せる G₁, G₂ 上に置き冷血用リンゲル液中に漬ける。斯くて平流感應電撃各場合に於ける蚯蚓切片の收縮及び弛緩を肉眼にて觀察するが弛緩の方は至極不明瞭であるので省く事にした。

III. 成果

A. 蚯蚓全體への電氣的刺戟

1) 平流 電流の刺戟効果は電氣回路の開閉時のみに存する事が觀察された。さて此場合の成果を1例に就いて説明しよう(第1表)。

第1表

同一蚯蚓に就て數回以上前行の影響無い程度に於いて試みた。	蚯蚓 長 6cm 幅 3mm		刺激電壓 10V					
	電極極性	頭側 + 尾側 -	頭側 -	尾側 +	頭側 +	尾側 -		
	部位	頭側 尾側	頭側 尾側	頭側 尾側	頭側 尾側	頭側 尾側		
第1表に於て先づ蚯蚓の頭側に正極を尾側に負極を置き蚯蚓に平流を與へる際には電氣回路の開時には頭側の方が尾側よりやゝ活潑であるが兎に角頭側尾側共に短縮が起る。所が閉時に於ては頭側では短縮が起るが尾側では延長が起る。偕て刺戟電極の極性を取換へる即ち頭側に負極を尾側に正極を置く場合では閉時の場合は矢張り頭側並びに尾側共に短縮が見られるが閉時には此の場合は頭尾側共に延長が觀察される。	電流態度	閉 開	閉 開	閉 開	閉 開	閉 開		
	+6	+1	+3	-3	+50	-36	+4	-4
	+6	+5	+4	-4	+45	-45	+2	-2
	+6	+54	+4	-4	+30	-14	+2	-2
	+10	+20	+4	-4	+29	-17	+1	-1
	+10	+17	+4	-4	+30	-10	+3	-4
	+64	+10	+4	-4	+30	-23	+2	-2
	+64	+10	+4	-4				
	+50	+10	+2	-2				
	+45	0	+3	-3				

運動 短縮+ 延長- 單位mm

既に Moore は蚯蚓に上行電流を與へると延長が下行流を與へると短縮が見られ前者は輪狀筋が後者は縦走筋が主役を演ずるのであると報告してゐるが頭尾側分割を試みた此實驗と Moore の結果を對照すると上行流(頭側負極尾側正極の場合)の時は一一致するも下行流の場合には一致してゐない事が判る。

2) 感應電流 此場合も第1圖の様な電極配置で蚯蚓に上行或は下行に感應電流を與へた。そして刺戟効果の多い開放感應電流を用ひ閉鎖感應電流は用ひない事にした。

第2表

次に此の場合の成果の1例を掲げ説明する(第2表)。	蚯蚓 長 15cm 幅 5mm		電極極性		電極極性	
	頭側 +	尾側 -	頭側 -	尾側 +	頭側 +	尾側 -
	捲軸距離 \ 部位	頭側 尾側	捲軸距離 \ 部位	頭側 尾側	頭側 尾側	頭側 尾側
第2表の如く刺戟を強くする際其應答たる短縮又は延長が段々と大となるか或はほど一定となる段階を見る事なく非常に不定であつた。次に開放感應電流を蚯蚓に與へた場合上行流であつてもまた下行流であつても頭側が短縮し尾側が延長する事が見られる。且下行流の方が刺激強度低くて頭側の短縮を促す事が出来る。此事は電撃の場合には尾側より頭側の方が感受性が高く特に電流が入る部位が頭部の場合に著しく高まる事を物語つてゐる。	140	0	0	0	0	0
	130	+7	-3	90	+3	-1
	100	+2	-3	80	+23	-2
	90	+50	-4	60	+43	-2
	70	+8	-2	40	+43	-2
	50	+20	-3	20	+43	-2
	30	+26	-2	0	+13	-3
	10	+10	-2			
	0	+3	-1.5			

捲軸距離は mm 單位にして表中の數字も亦 mm 單位である。正、負符號は短縮、延長を意味する。

B. 蚯蚓切片への電氣的作用(平流)

手順Bに於て述べた如くして實驗した成果をば1例を掲げ次に説明する(第3表)。

今蚯蚓切片に與へる刺戟を徐々に強め且弱めるとすると、第3表で見ると下行流の時は尾側の方は 4.8V 頭側は 7.2V で收縮を始め頭側は 8.4V で尾側は 1.2V でやつと收縮せぬ様になる。又上行流の時は尾側は 3.6V 頭側は 9.6V で收縮を認め頭側では 3.6V 尾側では 2.4V で收縮せぬ様になる。従つて此事から上行流であつても下行流であつても尾側の方が弱い刺戟で收縮する事を物語つてゐる。

第3表

蚯蚓切片 長 3cm 幅 3mm		室温 8°C	
電極極性	頭側 + 尾側 -	電極極性	頭側 - 尾側 +
刺戟部位	頭側 尾側	刺戟部位	頭側 尾側
3.6	- -	1.2	- -
4.8	- +	3.6	- +
6.0	- +	8.4	- +
7.2	+ +	9.6	+ +
12.0	+ +	10.8	+ +
9.6	+ +	12.0	+ +
8.4	- +	10.8	+ +
7.2	- +	9.6	+ +
4.8	- +	8.4	+ +
3.6	- +	7.2	+ +
2.4	- +	4.8	+ +
1.2	- -	3.6	- +
		2.4	- -

卅 收縮強度 卅 收縮中等度 + 收縮弱度
 - 無收縮 刺戟電壓 單位 V

拘らず尾側の方が弱い刺戟で收縮す。

稿を終るに臨み、本校生理學教室主任教授久保博士の御指導御校関に對し厚く感謝の意を表し、文東京醫學士を始め學生教室員諸君の御援助を謝す。

IV. 終 結

上記の實驗結果を列記して見ると次の如くなる。

1. 蚯蚓全體に平流を與える場合下行流であるとき閉時は頭尾側共に短縮し開時には頭側では短縮が尾側では延長が起る。上行流の時には閉時には頭尾側共に短縮が開時には頭尾側共に延長が起る。多少 Moore の結果との喰違ひがある。
2. 蚯蚓全體に開放感應電流を與へる時は電流の方向如何に關せず頭側が短縮し尾側が延長する。此事より頭側の方が短縮に對しては尾側の方より感受性が高い事が判る。
3. 蚯蚓切片とすると平流を與へた場合電流方向如何に

文 献

- 1) Halbich, F. (1940) Zeitschrift für vergleichende Physiologie 27 606
- 2) Schlieper, C. (1940) Praktikum der Zoophysiologie 106

脊髓前根を通る求心性神經纖維に就て 612.813

(文部省科學研究費による)

慶應義塾大學醫學部生理學教室

藤 田 周 平

Fujita - Shuhei

(昭和20年6月9日受付)

既に Eccles と Sherrington (1) の研究以來、猫の脊髓前根を通つて筋に達する神經纖維中には大小2つの群が存することが知られてゐる。上野 (8) 等も亦、犬等についてこの事を明かに示し、著者等 (4) も亦 Eccles 等の結果を確める所があつた。この2つの神經纖維群中、大なる直徑をもつ方のものは主として所謂速運動性の神經纖維より成り、小なる直徑をもつものの中には所謂遅運動性の纖維が含まれるものと考へられる。田崎 (5)。

最近吾が教室に於ける猫の遅運動纖維に關する研究に際して、筋に發足する求心性神經纖維除去の目的を以て、脊髓後根を切斷し之を變性に陥らせられた猫が數匹作られた。即ち第Ⅲ腰髓の下より出るものと更にその下4本合計5本の後根を無菌的に切斷し、更にそれに連る脊髓神經節をも剔除し、傷口を縫合して約一ヶ月間飼育した猫について諸種の觀察を行ふ機會を得たのである。著者等は約30を越える手術例中、5匹の猫を手術後20日以上飼育するに成功した。かゝる猫の筋に入る神經を微細手術法によつて切開きその内部の神經纖維を檢鏡すると、その中には多數の全然變性に陥つてゐない纖維を含み、それらが一見大小2つの神經群を形づくつてゐることが觀察された。(また後に行つたかゝる神經の組織學的の検査も亦 Eccles 等の結果と一致する結果を與へた。) Eccles 等の記述によるも、また吾々の刺戟生理學的の検査によつても、上記の如き手術を経た猫は、その後肢の下腿以下の全筋並に全皮膚面に發足する後根性の神經纖維を缺如してゐるものと考へられる。

さて上記の脊髓後根切斷手術を受けた猫の筋神經中より、直徑の小な方の群に屬する數本の神經纖維を分離剔出し、之に反復する感應電撃を與へて、その際筋に收縮或は働作流の發現が見られるか否かを檢したのに、著者等は一度もかゝる遠心性の刺戟効果を筋に認めることが出来なかつた。(現在著者等は猫の遅運動纖維の興奮は筋に認め得る收縮や筋働作流を生ずる事殆どなく、單に脊髓よりそれらの纖維への遠心性の神經衝撃の放出によつてのみその活動の模様を知ることが出来る、と云ふ結論に到達してゐる。) 然るに其際、この細い神經纖維の一束を働作電流誘導用の不分極電極にかけて、此纖維束に發現する働作流を觀察し得る様に準備して置いて其支配下の筋に各種の機械的操作を與へて見たのに、著者等は全く豫期に反して、そこに著明な働作流の發現を見たのである。即ち、脊髓前根を経て筋に達する神經纖維中の細い方の群中には筋の受動的伸展其他の機械的刺戟に對して應ずるところの求心性纖維の

存することが明かになつたのである。

他方上記の手術を行つて置いた猫について、その皮膚神経中に如何なる機能をもつ神経繊維が残存するかを検した結果によれば、その皮膚神経中にもやはり特有の求心性神経衝撃を脊髄に向つて傳達する繊維の存することが明かとなつた。この特殊な皮膚知覚神経繊維は、その太さ、その支配する受容領野等の諸性質が、他の普通の（後根を通過する）求心性神経繊維の示す性質と著しく異つてゐる。そのため後、上記の如き後根切斷手術を行つてゐない猫に就いて、之と全く同一の性質を有する単一の求心性神経繊維を分離別出することが出来るやうになつた。

此處にこのやうな脊髄前根を通る求心性神経繊維について著者の行つた観察の方法とその結果の概要を逃べることをする。

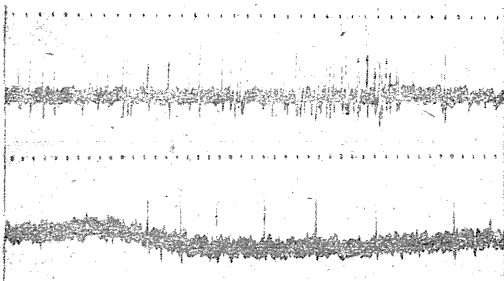
實 驗 方 法

實驗の材料とその方法とは著者等 (6) が前に記述してゐるものと全く同一である。こゝでは主として第12の胸髓の高さで猫の脊髄を急性に切斷して作つた所謂 acute spinal cat を使用した。その際麻酔薬を使ふことなく脊髄切斷手術を行つた。かゝる猫の後肢を動物固定臺に固定し、皮膚又は筋に入る神経枝を長く脊髄側に剝離して行つて之を切斷した。而してこの神経枝中より希望の太さの単一神経繊維を分離別出し、この神経繊維の動作流を觀察記録し得るやうに準備した後、その神経枝の支配する皮膚乃至筋に種々の知覚剝戟を作用させてみたのである。實驗室内の温度はストーブによつて 24乃至28°C に調節して置いた。

實 驗 結 果

第1圖上は、上記の如き後根除去 (deafferentation) を行つた猫の比目魚筋に入る細い神経枝より動作流を誘導し、この筋の腿を實驗者の手を用ひて引張つた際に得られた記録である。筋に與へる張力を増すとともにこの神経枝の活動による電流計のフレは激しくなつて筋を急に弛緩させると直ちに電流計のフレは停止してゐる。

第1圖 筋に發足する前根性知覚繊維の動作電流。
上は比目魚筋に入るもの、下は前脛骨筋に入るもの。腿に張力を與へて生じさせた。



を

次の第1圖下はこの同一の猫の前脛骨筋に入る神経枝より、直徑夫々 7, 6, 5 及び 5 μ の合計4本の細い神経繊維を分離して置いて、この筋の腿に張力を作用させた時に得られた動作流の記録である。此處では単一神経繊維の動作流と思はれる一定の高さ

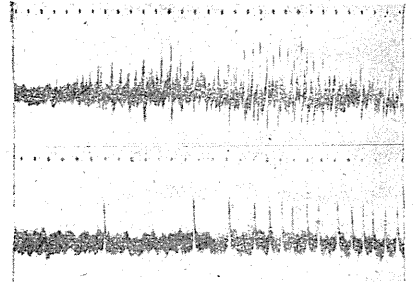
のフレが反復して現はれてゐる。この例では腿に張力を與へた際のみならず、筋の遠心側 3/4 附近の幅約 1cm の部位に指端等を以て壓を加へた際にも亦著明な動作流の發現が見られた。

著者等は尚後根除去手術を行つて置いた他の2匹の猫に就いて同様の觀察を行つて全く同様の結果を得てゐるが、遂にこの種の単一求心性神経繊維の分離別出に成功するには到らなかつた。

次に皮膚に發足する前根性知覚繊維に關する實驗の結果について述べる。第2圖は同様に第3腰髓の

下より出る後根以下5本の後根と脊髓神経節とを切断剔出し31日間飼育した猫についての観察の結果を示すものである。その上方の記録は、この猫の N. saphenus の一小枝を電流計にかけてその支配下の皮膚を軽く撫て得られたものである。電流計は指端の皮膚面への接觸と共に猛然たるフレを示し、指を皮膚より離すと同時に電流計のフレは停止した。また同圖下は、その神経枝中より直径 5μ の神経繊維唯1本を分離して後皮膚面を指端で軽くこすつて得られた記録である。こゝでは単一神経繊維の動作流なることを示す完全に同高のフレの一聯が記録されてゐる。

第2圖 皮膚に發足する前根性知覚繊維の動作電流。上は神経幹より誘導したものの、下の記録は単一神経繊維の動作電流。



この例では此の単一の求心性繊維の受容領野は下腿外側の幅約5cm長さ約8cmの皮膚面であつた。この廣い受容領野は下腿外側の殆ど全面を覆ふものであつて、単一の神経繊維がかかる廣範圍の皮膚面を支配してゐることは實に驚くべきことと思はれた。またこの繊維の末梢器に對する適刺戟はあらゆる種類の機械的刺戟であつて、皮膚面に空氣を吹きつけても、皮膚面を針で突き刺しても、皮膚に切開を加へても、常に猛然たる動作流の發現が見られた。斯様にこの種の末梢器が機械的刺戟に對して鋭敏であるために、他の種の刺戟の効果を檢する事は幾分困難であつた。しかし、輻射熱による熱刺戟等に對して應じない事は容易に確めることが出來た。

上記の觀察を行つた後、後根除去手術を行つてゐない猫について、直径3乃至 5μ の単一神経繊維を皮膚神経中より分離してその支配下の皮膚面に知覚刺戟を與へて見た所、17回に互つて上に觀察されたものと全く一致する性質を示すものが得られた。即ち、極めて廣く而も甚しく鋭敏に機械的刺戟に應ずる受容領野をもつことによつて、他の種の皮膚知覚繊維から容易に區別されるどころの求心性繊維に遭遇したのである。それ等の繊維の直径は、 6μ のもの1例、 5.5μ 1例、 5μ 5例、 4.5μ 1例、 4μ 4例、 3.5μ 2例、 3μ 1例、 2.5μ 2例及び 2μ のもの2例であつた。

考 察

最近長崎醫大解剖學教室の高木・呂(7)の兩氏は猫について、その脊髓前根中に形態學上脊髓神経節細胞に類似する細胞が存することを確證した。而もそれに連絡してゐる神経繊維は3乃至 4μ の直径を有し、前根を経て末梢と脊髓とを連絡してゐるものであると云ふ。この高木等の示した神経繊維は著者の記述した上記の前根性の皮膚乃至筋知覚繊維と全く同一のものであるやうにも思はれる。他方臨床醫家の記述中にも前根を経て知覚性神経繊維が皮膚に達することを思はせる如きものも存在するが(例へば Foerster 2, Lehman 3), それらは何れも尙今後の研究にまつべき點を多く含んで居るものと考へられる。

結 論

前根を経て筋乃至皮膚に達する神経繊維中には、神経繊維に求心性の神経衝撃が發すると云ふ意味

の「求心性」神経繊維が存する。それは太さは3乃至5 μ の直径をもち、機械的刺戟に應ずる末梢器に發足するものである。特に皮膚に發足するかゝる前根性知覺神經の受容領野は時々50cm²を越える極めて廣いものであると云ふ特徴をもつてゐる。

文 献

- 1) Eccles, J. C. and C. S. Sherrington (1930) *proc. Roy. Soc. B.* 106 326
- 2) Foerster, O. (1920) *Zbl. Chir.* 402
- 3) Lehman, W. (1924) *Lang. Arch. f. Klin. Chir.* 129 252
- 4) 大島恭一・塚越三好・藤田周平 (1940) *日本生理誌* 5
- 5) 田崎一二 (1942) *條件反射* 第5輯 89
- 6) 田崎一二・大島恭一・藤田周平 (1946) *日本生理誌* 10 95
- 7) 高木純五郎・呂雲龍 (1944) *醫學と生物學* 5 35
- 8) 上野一晴 (1936) *日新醫學* 25 1303

猫の皮膚に發足する求心性神經纖維の分離剔出 612, 813

(文部省科學研究費の補助による)

慶應義塾大學醫學部生理學教室

田崎 一二・大島 恭一・藤田 周平

Tasaki-Ichiji・Oshima-Kyoichi・Fujita-Shuhei

(昭和20年6月9日受付)

皮膚と脊髄との間を連絡してゐる皮膚神経中より、それを構成してゐる各1本1本の神経纖維を人工的に分離剔出して、皮膚にどのような操作を施した際に各纖維が神経衝擊を傳へるか、またその際に見られる衝擊の頻度の時間的経過はどうであるか、と云ふやうなことをしらべておく事は、皮膚の知覺に關する吾々の理解を深めるのに大いに役立つ事であると思はれる。さきに加納と田崎(3)、加納(4)は猫の皮膚神経に就いてそのやうなしらべを行つたが、こゝでは吾々は猫の皮膚神経について行つた同様の觀察の結果について報告する。

皮膚神経中に含まれる各神経纖維を人工的に1本だけ分離して觀察すると云ふやうな事はしないで、細い神経幹に就いて觀察される單一神経纖維の働作流を目標として、吾々と同様な目的をもつた研究を行つてゐるものは、既に外國に少數ながらゐる。その中でも Zottermann(7)の行つた觀察は最も新しく最も詳しいものであるが、その方法が吾々の採用した方法に比較して可成り不満足なものであるので、その結果は極く大まかな點を除けば吾々の得たものと重複してはゐない。

實 驗 方 法

材料としてはウレタン麻酔を行つた猫、或は第12番目の胸髓の高さで脊髄切斷を行つた猫を用ひた。腹壁、上腿、下腿、蹠等の皮膚に入つてゐる神経幹の中で、その直径が約0.2mmを越え、更に約20mmを越える範圍を自由に剝離することの出来るものであれば、大體どの神経幹でも實驗に使用することが出来た。然し、皮膚神経は多くの場合血管と共に走つてゐるので、この血管を傷付ける事なく神経幹を分離するには、少なからぬ忍耐と練習とを必要とした(この手術には小型のメスと鉗とを使用した)。

皮膚神経の末梢側は勿論皮膚につけたまゝ、その脊髄側の方はそれを出来るだけ長く周圍から剝離した後切斷し、この剝離されてゐる部位から種々の吾々の希望する直径をもつた單一神経纖維を分離することとした。この單一神経纖維の分離剔出に用ひた道具としては、さきに郭の考案したもの、綱藏(1)塚越(6)の報告中にあるもの、水谷(5)の作製したもの、其他各種のものを吾々自ら作つては使用して見たが、最も屢々使つたものは水谷の考案になる小型箱型の装置である。それは豆電燈、集光レンズ、鏡、硝子板製の手術臺等を組合せて作つたもので、その硝子板の上にリング液を溢えてその中に問題の神経幹を浸し、そこで單一神経纖維の分離剔出操作を行ふことが出来るやうになつてゐるものであつ

て、豆電燈からの光はこの手術部位を下方から照して分離された神經纖維の肉眼的乃至顯微鏡的の觀察を容易にしてゐるのである。

分離された神經纖維の太さの測定には、鏡筒の長い鐵製の腕の一端に取りつけてある特別な顯微鏡を使用し、接眼測微尺によつて原則として働作電流の觀測の前にそれを行ふ事とした（對物レンズ「5」、對眼レンズ K「20」）。

單一神經纖維の働作電流の觀測には吾々の從來の研究に於て使用した3段乃至4段の抵抗容量結合増幅器、日本電氣製の高感度瓦斯入り「ブラウン」管、横河製 Duddel 型「オツシログラフ」等を使用した。また單一の求心性神經纖維の受容領野の決定の際には屢々電流計の代りに「ラジオ」用の「ラウド・スピーカー」を増幅器に連結して働作電流發見の有無を知ることとした。働作電流の誘導に際して單一神經纖維の別出部位を隔絶するには、特殊な隔絶装置を使用することなく、塚越(6)等の記述した方法に従つて、單一神經纖維の別出部位を誘導電極 (Ag-AgCl-リング型) の1つを以て短時間空氣中に釣り上げると云ふ方法を採つた。

實 験 結 果

上記の方法に従つて皮膚神經中より單一神經纖維を分離別出して、その神經が支配してゐると思はれる皮膚領野に各種の知覺刺戟を與へてみると、多くの場合その神經纖維に明瞭な働作流の發現して來ることが見られる。吾々はこのやうな觀察を極めて數多くの例について行つて、その結果を、その際興へられた知覺刺戟の性質、皮膚受容領野の廣さその他の性質、働作流發現の模様等に注目しつゝ、知覺性の神經纖維の分類を行はんと試みた。この分類といふ操作には種々の面倒なことがつきまとつてゐて、吾々自身は分類の人工的な點を完全に追ひはらふ事が出来なかつたやうに思つてゐる。特に研究の初期にはこのやうな知覺性神經纖維の分類のための新しい項目が作られるとそれ以前に行つた觀察と分類とは更に不満足なものに見えてくるやうになることもあつた。しかし數種の求心性纖維は極めて顯著な特徴をもつてゐて、その特徴による分類は甚だ安全なやうに見えたので、こゝに吾々の一應到達した結果を述べることにする (第1表参照)。

第1類「觸」の纖維：この種の求心性の纖維の特徴は、その纖維の直徑の大なること、比較的弱い機械的刺戟に應ずること（化學的或は熱的刺戟に應じない）。皮膚の受容領野は比較的狭く大體境界の不明瞭な1點時には少しく離れた2點からなつてゐる事、持續的の壓に對して單に一過性に神經衝撃を生ずるだけである（即ち順應が速かである）事、等である。その知覺末梢器は皮膚の比較的表層にある様であつて、この種の纖維に現れる衝撃の頻度は最高150回毎秒程度であつた。尙第1表中には *N. lingualis* 中より分離し舌面の觸に關與する求心性纖維が2例含まれてゐる。この觸の纖維の太さはそれを分離する皮膚の部位によつて少しく異なるやうであつた。

第2類「壓」の纖維：この種の纖維は、前者と同様に皮膚に與へた機械的刺戟に應ずる末梢器に發足するものであるが、一定の壓を末梢器に與へた際に持續的に神經衝撃を送出すと云ふ點で前者と區別されたのである。つまり此處に「壓」と記したのは上記のやうに末梢器の順應が緩かであることを示すため

であつて、それが所謂「壓覺」に關係してゐると云ふやうなことを意味するものではない。之と前者とを區別することは少しく人工的であつたかも知れない。實際第1類と第2類の中間に相當するものもあり、受容領野の性質も前者とあまり異つてゐない。之等は組織學的には多種多様の互に異つた構造に關係してゐるかも知れない。

第3類「痛的」の纖維：この種の纖維の末梢器は鋭利な刃で切つたりまたは針の尖端で突き刺すやうな種類の刺戟に鋭敏に應ずることを以つて他のものから區別される。さきに述べた觸の纖維の末梢器も勿論このやうな所謂痛的な (Painfull 或は Noxious) 刺戟に應ずるが、その場合には同時に指端や圓い硝子棒の先端による壓に對して更に敏感に應じた。この痛的の末梢器はそのやうな痛的刺戟を比較的急激に作用させた場合にだけ、一過性に神經衝擊を送り出すものである。この種の末梢器は1~5% 硫酸、10~30%の醋酸等による刺戟に對しても應ずるやうであつたが、それがあまり明瞭に見られない場合もあつた。この種の纖維の太さに就いては、吾々にとつて甚だ不思議に思はれたことであるが、それが明瞭な特徴を示すことなく、各種の太さのものがその中に存在するやうに思はれた。その受容領野は、直徑の大なるもの程大であるやうであつたが、それでも大體 10mm² を越えない比較的狭いものであつた。綱藏 (1) がさきに報告した猫の同側屈筋及反射を誘發し他側伸筋反射を抑制する皮膚神經纖維は、まさにこの群に屬するもの、中の一部であると考へられる。この種の纖維に現はれる衝擊の最高頻度は60回毎秒程度であつた。

第4類「前根性」求心性纖維：この種の纖維の末梢器は極めて廣い受容領野をもち、極めて弱い機械的刺戟に應ずることを特徴としてゐる。受容領野は1000乃至5000mm² (10乃至50cm²) 程度にも及び、腹壁の皮膚面を支配してゐるものは脚部の皮膚を支配するものに比してより廣い受容領野をもつやうであつた。刺戟としては、毛に軽く觸れる如き弱いものにも甚だ鋭敏に應ずるので、受容領野を決定する際にこの點に留意しなければならない程であつた。この種の纖維の太さは2乃至6 μ (主として3乃至5 μ) であつて之が脊髄性前根を経て皮膚に達するものであることに就いては、後に稿を改めて報告することにする。この纖維に現はれる衝擊の頻度は最高30回毎秒に達した。

第5類「溫度」の求心性纖維：この種纖維の太さは1.5乃至3 μ 程度であつて、吾々が取扱つた求心性纖維中太さの最も小なるものであつた。(吾々の使用した電流計は直徑1~2 μ 程度の無髓纖維かと思はれるもの1本の出す働作流をも十分に觀測し得る感度をもつてゐる)。最初吾々の遭遇したこの種の求心性纖維は、皮膚に何等の操作も加へない場合には少しも神經衝擊を傳へることなく (即ち末梢器よりの衝擊の自然的な送り出しがなく)、その受容領野に氷をいれた金屬容器を觸れる時に著名な經續的な衝擊發生を見るやうなものであつた。而もこのやうな皮膚の冷却によつて生じつゝある神經衝擊はその皮膚受容領野を微溫湯を入れた金屬容器で加熱すると直ちに消失してふ事が觀察されたので、吾々はこの纖維は冷却にのみ應ずる末梢器に發足するものであらうと推論した。

ところがその後この太さの纖維で衝擊を自然的に送り出してゐるものにも遭遇し、その際冷却によつてこの衝擊放出は抑制される事を認めた。更にその後の觀察によつて、加溫によつて抑制された衝擊の

放出は、さらに持続的に加温 (45°C 内外の温湯を用いた) を続けるとその中に再び衝撃放出を開始することが多いことが明かになった。更に又吾々の大なる努力にも拘らず加温によつてのみ衝撃放出を開始する如き末梢器に連絡する求心性纖維の分離剔出が不成功に終つた事と相俟つて、吾々はこの種の纖維を温度の變化に應ずる知覚末梢器に發足する求心性纖維として記述して置かうと考へるやうになつた。

皮膚受容領野に 0°C の金屬をあて、この種の纖維に働作流が發現して來るまでには、大體 2~3sec 潜伏時を要した。またその末梢器は極めて緩かな順應を示し、一定の温度のリンゲル液を靜かに皮膚に觸れさせて置くと、數分以上長時間に亘つて衝撃放出を繼續した。この際發生する衝撃の頻度は最高 300 回毎秒程度であつて、温度の變化を與へないやうな種類の機械的刺戟によつて衝撃を發生して來ることはなかつた。

第 6 類「毛」の纖維：之は皮膚の有毛部に存する末梢器に發足する纖維であつて、毛の受動的運動に對し第 4 類の前根性の知覚纖維よりも更に鋭敏に應ずるやうなものである。受容領野は大體 200mm² 程度であつて、順應の速かなものが普通であつた。顯著なものでは毛の尖端に極く僅かに觸れただけで著明に働作流を發現して來たのであつたが、それ程鋭敏でないものもあつた (表中? を付してある例)。

第 7 類「皮下」及び「コスリ」の纖維：吾々の實驗例中には、上記の 6 つの分類中に具合よく入れることが出来ないものが數例あつた。その 1 つは表中「皮下」と書いてあるものであつて、之は表皮を剝離した後にも尙皮下に與へた強い壓が神経纖維に働作流を發現させるやうなものであつた。この種の末梢器は順應の比較的速かなものであつた。次は表中に「コスリ」と記してある種類のもので、之は皮膚面に垂直な方向から素直に壓を作用させた際には殆ど働作流の發現を示さず、皮膚面を指の尖端の如きもので引搔くやうな操作を加へた際に一過性の一瞬の働作流を發現して來るやうなものであつた。またその部の皮膚を爪の尖端の間に挿んで皮膚を強くもむやうな操作を加へた場合にもよく働作流が發現して來た。このやうな種類の纖維の發足する末梢器が前記の第 1 類乃至第 2 類のものと全然異なるものであるか否かは目下のところ不明である。

以上は吾々が神経纖維の働作流を目標とした分類であつて、吾々の分類が組織學的な所見と如何なる結び付きをもつものであるかについては、現在吾々は適當な研究方法を持つてゐないのである。

結 論

吾々は猫の下肢並に腹壁の皮膚に發足する種々の太さの求心性神経纖維を分離し、皮膚面に各種の知覚刺戟を與へ、その際に生ずる神経纖維の働作流を目標として、皮膚知覚性神経纖維の分類を行つた。その結果は、第 1 表に示した通りであるが、今後尙研究すべき諸點が残されてゐる。

第 1 表

各種の知覚纖維の太さ (μ)。括弧内はその纖維を分離した神経の名稱。

「觸」の纖維：

13 (N. plantaris mesdi alis 以下 N. pl. m. と略) 2例, (N. saphenus 以下 N. saph. と略) 2例. 12 (N. pl. m.), (N. lingualis 以下 N. lng. と略). 11 (N. intercostalis 以下 N. intercost. と略), (N. saph.), 9 (N. intercost.), (N. ling.), 7 (N. interest.), 以上 11例.

「壓」の纖維：

11 (N. intercost.), 8 (N. intercost.), 5 (N. pl. m.), 4 (N. musculocutaneus). 以上4例.

「痛的」の纖維：

10.5 (N. pl. m.), 10 (N. saph.), (N. pl. m.) 2例, (N. pl. lateralis 以下 N. pl. l. と略), 8 (N. pl. l.), (N. pl. m.), 6 (N. pl. m.) 2例, 4.5 (N. pl. l.), 4 (N. pl. l.), 3.5 (N. pl. l.), 3 (N. pl. m.). 以上13例.

「前根性」求心性纖維：

6 (N. saph.), 5.5 (N. pl. l.), 5 (N. pl. m.) 2例, (N. saph.), (N. pl. m.) 2例, 4.5 (N. pl. m.), 4 (N. intercost.), (N. pl. m.), (N. saph.) 3例, 3.5 (N. saph.), (N. pl. m.), 3 (N. intercost.), 2.5 (N. intercost.), 2 (N. intercost.) 2例. 以上19例.

「温度」の求心性纖維：

3 (N. pl. m.) 2例, 2.5 (N. pl. m.) 2例, (N. intercost.), (N. musculocutaneus.), 2 (N. pl. l.), (N. pl. m.), 1.5 (N. pl. l.). 以上9例.

「毛」の纖維：

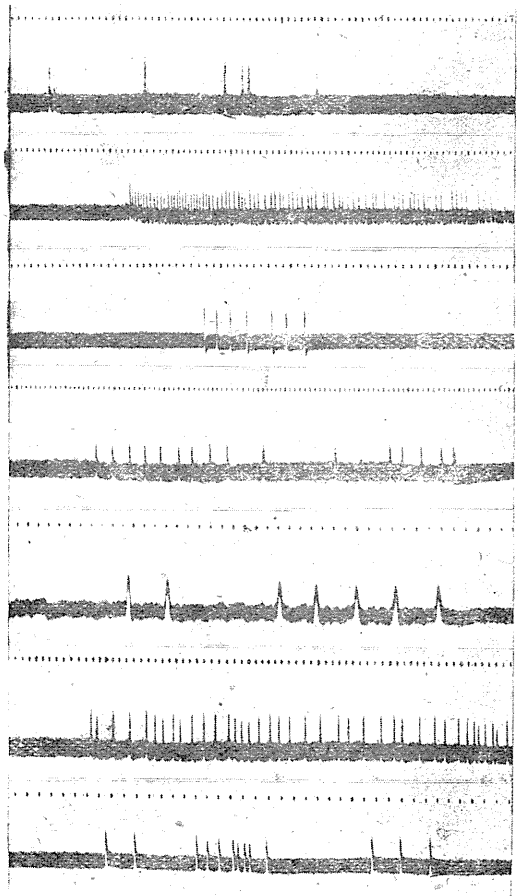
12 (N. saph.), 11 (N. intercost.) 2例, 8 (N. intercost.), 6 (N. intercot.), 4 (N. saph.). 以上6例.

「皮下」及「コスリ」の纖維：

10.5 (N. intercost.) コスリ, 10 (N. pl. m.) 皮下, 8 (N. pl. m.) コスリ, 7 (N. pl. l.) 皮下. 以上4例.

附圖説明

- (1) 觸の纖維に發現した働作流. N. plantaris med. dext. より分離した直徑13 μ の神經纖維より誘導. アシユビの1つに壓を加へて刺戟.
- (2) 壓の纖維の働作流. N. intercostalis より分離した8 μ の纖維より誘導. 腹壁の皮膚に持續的の壓を加へて生じたもの.
- (3) 痛的の纖維の働作流. N. plantaris med. より分離した太さ8 μ の纖維より誘導. 刺戟は針による穿刺.
- (4) 前根性の知覺纖維の働作流. N. saphenus より分離した3.5 μ の纖維より誘導. 受容領野は脛部から脚關節部に亘る廣さ9×4cm²の皮膚面であつて, その部を輕くなでて働作流を發生させた.
- (5) 温度の纖維の働作流. N. plantaris med. より分離した太さ3 μ の纖維より, 趾の1つに氷を入れた金屬容器を觸れた際に誘導記録したもの.
- (6) 毛根部に發足する求心性纖維の働作流. N. intercostalis より分離した太さ6 μ の纖維より誘導. 毛を輕くなでた際に發足したもの.
- (7) 皮膚を強く引搔いた際にのみよく働作流を發現して來る求心性纖維の働作流. N. intercostalis より分離した太さ7 μ の纖維より誘導.



文 献

- 1) 網藏平三郎 (1943) 慶應醫學 23 485
- 2) 郭在禧 (1937) 慶應醫學 17 1373
- 3) 加納豊哉・田崎一二 (1942) 日本生理誌 7 354
- 4) 加納豊哉 (1943) 日本生理誌 8 191
- 5) 水谷潔 (1944) 慶應醫學 24 1259
- 6) 塚越三好 (1944) 日本生理誌 9 584
- 7) Zottermann, Y. (1939) J. Physiol 95 1

温上昇による耳朶動脈の擴張に就て 612.18

(文部省科學研究費による)

東京慈惠會醫科大學脈管學研究室

入 澤 宏

Irisawa - Hiroshi

(昭和21年4月13日受付)

I. 緒 言

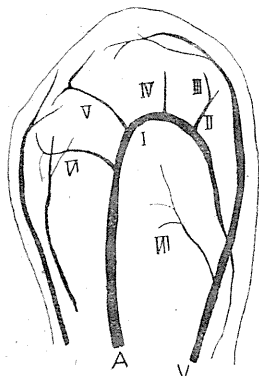
血管に對する温度の作用に就ては Lewis, Krogh (2) 以來多くの研究がなされ、適度の温上昇により何れも皮膚血管の擴張を認め、此作用は神經と關係なく Cocain により消滅せしめ得るので局所の軸索反射であらうとなした。而して E. R. Clark 及 E. L. Clark (1) は家兎耳朶動靜脈吻合枝が、血温 30°と 38°C との間では週期的收縮を行ふが、40°又は42°C となると其が見られなくなり血管は擴張すると述べ、又信夫 (3) は温上昇により手掌皮膚血管は擴張するが3乃至5分後には收縮すると報じてゐる。

私は家兎及び南京鼠の耳朶動脈を觀察測定し温上昇の影響を實驗したので報告することとする。

II. 實 驗

A. 實驗方法 實驗期日昭和19年8月より12月迄。家兎は體重 2~2.5kg のものを用ひ、無麻醉又は 10% Urethan (毎kg5cc) 麻醉をして、固定函内に入れ、耳朶は軽く此を下垂させて固定し、外部より

之を弱擴大 (約30倍) の鏡物顯微鏡で觀察した。光源には小型映寫機用の光源装置を用ひた。而して生體に及ぼす温度條件の中、氣温氣濕が最大の條件であると思はれるので、之等の耳朶血管に及ぼす影響を主として實驗をすゝめることとした。温上昇には高27cm横35cm縦46cmの恒温槽を用ひ、下部より電氣ヒーターにより槽内の温度を上昇せしめ、特に高温高濕にする爲には蒸氣を送入して之を調節した。但此方法は無風状態である爲に寒暖計の示度が必ずしも其時の示度を示すものではないし、又生物學的示度標示にも不備な點があるが、之は次の研究をまつ事としたい。觀察した家兎耳朶血管各位の口径は圖に示す通りである。



耳朶血管口径の1例

A 動脈	V 靜脈
I 小動脈 I	0.766mm
II 小動脈 II	0.500mm
III 小動脈 III	0.133mm
毛細動脈	0.016mm
小靜脈	0.166mm

B. 實驗結果

1. 週期的收縮 家兎耳朶血管は毎時著明な週期的收縮を行ふ。今動脈各位の週期的收縮に就て觀察測定して見ると、其收縮擴張率は第1圖の小動脈 I に於ては平均 34.4, II では 53.9, III では 58.33 各%であり毛細動脈移行前の小動脈で其收縮率が最大

であり又其週期は20秒乃至90秒の不規則なものであり同一動物同一部位でも實驗期日及血管状態等により其收縮率及び週期を異にした。尙耳朶を走る大きな動脈の收縮擴張と其末梢にある大きな動脈の其とは殆んど同時に收縮擴張をするのを認めた。又此は小静脈でも見られたが動脈の様に著明ではない。

2. 温上昇實驗 a) 10°Cの温度差を與へる場合。室温 20°又は30°Cより温度を10°C上昇させた場合、動脈は週期的收縮を繼續し、其收縮擴張率は大となるが週期的收縮の擴張期に比較すると口径の増加は著明でなく15分乃至20分以上高温中に滞留すると收縮的傾向を示した。

b) 15°Cの温度差を與へる場合。室温 15°C又は20°Cより各15°C上昇せしめる場合。耳朶小動脈は毎時擴張した。即ち 20°より15°C上昇の場合は20°Cより30°C迄の範圍では週期的收縮は繼續し30°Cより35°Cの間に於て停止して擴張した。然るに小動脈(Ⅲ)は依然として週期的收縮を繼續した。然し之も時間と共に週期的收縮を停止し擴張した。又15°Cより30°C迄の實驗では温上昇と共に週期的收縮の振幅を増し30°Cに達し約7分後始めて週期的收縮を停止し擴張した。而して此擴張は最大の擴張と見られ20°Cの温度差を與へた場合も、この擴張率以上の口径變化を認めなかつた。尙擴張後の收縮的傾向はa實驗の如く著明でなかつた。次に兩實驗にて蒸氣を送入し高温とし飽和状態で温上昇した場合には擴張作用は一層著明であつた。以上の實驗を第1表に示すこととする。

第1表

温度差 (°C)	温 上 昇 前			上昇に要 する時間 (分)	温 上 昇 後			口径増加 率 (%)	擴張に要 する時間 (分)	擴張以後小 動脈口径 (mm)
	氣 温 (°C)	氣 濕 (%)	小動脈口径 (mm)		氣 温 (°C)	氣 濕 (%)	小動脈口径 (mm)			
10	20	70	0.165~0.66	15	32	70	0.076	10	10	0.495
10	30	75	0.33	27	40	66	0.495	50	14	0.330
15	20	79	0.165~0.33	19	35	61	0.99	200	19	0.660
15	15	88	0.165~0.33	15	30	75	0.66	100	26	0.66
10	22	63	0.165	25	32	100	0.495	200	25	0.495
15	20	79	0.165~0.33	30	34	100	0.825	160	23	0.66

c) 温上昇による血管擴張時の部位による差異。大きな動脈が擴張しても小動脈(Ⅲ)が依然週期的收縮をつづける事は實驗(b)に述べたが、今擴張は、第1圖のA→Ⅵ→Ⅰ→Ⅴ→Ⅳ→Ⅱの順に、其恢復に於ける收縮はⅡ→Ⅳ→Ⅰ→Ⅴ→Ⅵ→Aの順に各擴張收縮をなした。即ち大きな動脈は常に小動脈より先に擴張し恢復する時は其反對となることが明となつた。

d) 毛細動脈に於ける觀察。10より15gの南京鼠をUrethan麻醉をし、之を自然位に固定、耳朶毛細動脈を顯微鏡的に觀察測定し、前節の如く温上昇をすると、毛細血管の血行は盛となり毛細動脈は擴張するか週期的收縮を營むのを知つたが、此際小静脈は毎時擴張するのを認めた。今其 2, 3 の例を第2表に示すこととする。

第2表

氣 温 (°C)	温 上 昇 前		小静脈口径 (μ)	上昇に要 する時間 (分)	温 上 昇 後		毛細動脈口径 (μ)	小静脈口径 (μ)	擴張に要す る時間 (分)
	氣 温 (°C)	氣 濕 (%)			氣 温 (°C)	氣 濕 (%)			
16	67	16	24	13	35	31	24	32	10
16	67	16	~	13	37	29	8~16	~	3
23	49	12~16	16	10	36	73	8~16	24	10
12	66	~	8	17	37	48	~	16	12

e) 神経切断實驗 耳朶血管の温上昇による擴張と頸部神経との關係に就て實驗を行つた。即ち型の如く家兎頸部諸神経を露出し、頸部交感神経節、交感神経減壓神経迷走神経を順次に切断後、約1時間して、前述した諸實驗の如く温上昇をなす時は、毎時小動脈の擴張を見た。尙48時間後實驗した場合も同様擴張を見た。

第3表

	温 上 昇 前					温 上 昇 後			
	例	氣 温 (°C)	氣 濕 (%)	小動脈口径 (mm)	上昇に要 する時間 (分)	氣 温 (°C)	氣 濕 (%)	小動脈口径 (mm)	擴張に要 する時間 (分)
A	I	17	68	0.165~0.33	26	37	48	0.66	20
	II	12	100	0.165~0.264	20	30	100	0.33	12
B	I	16	88	0.165	17	35	92	0.495	17
	II	14	87	0.165	22	29	83	0.33	16

A 神経切断前 B 神経切断後

Ⅲ. 總括並びに考察

1) 家兎耳朶動脈は正常の状態にて30乃至60%に互る週期不規則な週期的收縮をなすが、其收縮擴張率は毛細動脈に近い小動脈に於て最大であつた。

2) 10°C以上の温度差を與へた温上昇により耳朶動脈及毛細血管は擴張する。Clark 等は35°Cの室温にて小動脈が擴張すると述べてゐるが、上述の實驗よりすれば、温度による血管の反應は其温度差によつて決定すべきであり10°C以内の温上昇では40°Cに達しても小動脈は週期的收縮を營むのを見た。又温の上昇による擴張は高温高濕環境に於て一層著明であつた。

3) Krogh (2) は舌神経を切断しても温上昇によつて血管擴張を見ると述べたが、交感神経節切除は交感神経減壓神経迷走神経等を切断した家兎に於ても、全く同様に擴張を認めた。即ち、此方法によつて觀察された家兎耳朶血管に對する温上昇の作用に、頸部の神経が關與してゐない事を示すものであると考へられる。

文 献

- 1) Clarh, E. R. and E. L. Clark (1934) Am. J. Anat. 54 229
- 2) Krogh, A. () Anat. and Physiol. of Cap. yale.
- 3) 信夫主税 (1931) 滿洲醫誌 14 141

毛細血管の内壓耐性に就て 612.14.18.741.4

(文部省科學研究費に依る研究)

東京慈惠會醫科大學脈管學研究室

東京慈惠會醫科大學外科學教室

市 河 三 太

Itikawa - Santa

(昭和21年5月20日受付)

緒 言

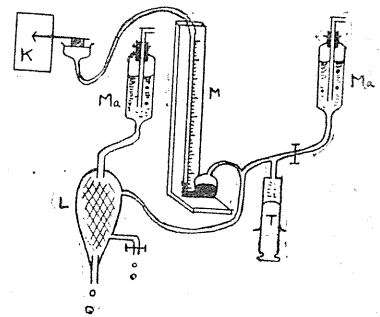
血管の内壓に対する耐性は、1733年 Stephen Hales (162) が始めて犬の *V. jugularis* に就て其破裂する壓を測定して以來 Clifton Winteringham (162) は羊の *V. portae* が5氣壓の内脈で破裂し、Gréhant 及 Quinquaud (162) は正常人の *A. carotis*; *V. iliaca* が7~8 氣壓で破裂し、Hochrein 及 Singer (163) は健康な靜脈では決して破裂を見ないと報告してゐる。私は毛細血管の内壓に対する抵抗を見ようとして簡単な實驗を行つたので報告しようと思ふ。

實 驗 方 法

實驗は1944年11月及1946年4月に行ひその方法は第1圖に示した。即ち蟾 (*Bufo vulgaris formosus*) を使用し、肺臟、肝臟、脾臟、腸血管、腸間膜血管及下行大動脈を實驗に供した。

今肺臟に就て云へば、大動脈より墨-Ringer 氏液を以て肺臟を灌流し、血管内壓を大ならしめるには肺靜脈を結紮後、Mariotte 氏瓶よりの輪道中に挿入した注射器を押す事に依り之を行つた。次に壓力計の上端を Malley 氏 Tambour に接続し内壓の變化を Kymograph に畫かせた。若し血管破裂を見る時は内壓は急激に下降する故此の時の壓を知る。必要に應じては咽喉裂口と肺尖部に氣管 Kanule を挿入し肺内部を 30cm H_2O の壓にて灌流し其の灌流液が墨粒子に依り黒染する現象を以て血管破裂とした。腸の場合も之と同様に腸血管及腸内腔を灌流した。肝臟、脾臟の時は各器官の上に濾紙を密着せしめ血管破裂の場合を定めるには濾紙の黒染と云ふ現象を以てした。腸間膜血管、下行大動脈の場合は肉眼的に見た。

第1圖



K: kymographion Ma: Mariotte氏瓶
L: 肺臟 T: 注射器 M: 水銀壓力計

實 驗 結 果

實驗結果は之を第1表に示した如く、肺血管内壓を 260~290mmHg に上昇せしめた時、漸次墨粒子は肺内部に流出し始める。此の場合血管の或る部位から一樣に出血するのではなく最も耐性の弱い所よ

第1表

器 官	破綻點	正常血壓 (20mmHg) との比較	備 考 (出血する所)
肺 臓	780mmHg	1/14	肺内腔
肝 臓	400	1/20	漿膜下
	500	1/25	
脾 臓	400	1/20	漿膜下
	500	1/25	
腸 血 管	900	1/45	腸内腔
腸間膜血管	1000	1/50	出血せず
下行大動脈	1000	1/50	出血せず

り出血し、漸次内壓の上昇と共に他の部位からも出血するのではなからうかと云ふ事が内壓曲線より知る。然し肺表面に出血しない事は貼付した濾紙が黒染しない事よりこれを知る。肝臓及脾臓の場合は500~600mmHg に血管内壓を上昇せしめたる場合に初めて外部に出血を見るが、50mmHgより

り高壓に於ては肝臓及脾臓の容積は急激に増加し、同時に漿膜を通し外部へ水分の濾出を見る。然し此の場合墨粒子は決して出て來ない。若し市販の澱粉をRinger氏液に混じたもので灌流すると400mmHg程の壓の時に肝臓及脾臓の表面漿膜下に澱粉粒子の逸出するのが分る。500~600mmHgになると其の容積増加は殆ど止み、漿膜を破つて外部へ墨、澱粉粒子が逸出するがその點は肝臓では周邊部であつた。尙門派より灌流、加壓した場合、腹部大静脈の場合、肝動脈の場合の3者に大差は認められなかつた。次に腸血管絨毛血管に於ては、900mmHg に内壓を上昇せしめた時に始めて内部へ出血を見たが腸間膜動脈下行大動脈に於ては1000mmHg にその内壓を上昇せしめても血管破裂は見られなかつた。

尙、組織切片を作製した所、血管は凡て極度に擴張し所々に破綻が見られた。

考 察

肺臓の場合肺表面へは粒子の逸出なく、肺内腔へ逸出するのは其の組織學的差異、即ち肺表面は漿膜より成る事を考へればうなづけると思ふ。肝臓の場合内壓が50mmHg 近くになると水分の濾出を見る事及び高壓に於ては血球より粒子の小なる墨粒子が濾出しない限り之を以て出血とする事の出來ない事を考ふれば該血管の水の透過性が比較的高い事を思はしめ、容積増加の甚だしい事は其の血管の伸展性の高いことを思はしめる。此の事は、脾臓と共に血液滯溜場としての此等の器官に意味づけするものであり他の機會に實驗して見度い。尙漿膜が水は容易に通過させるが粒子は通過させぬ點、漿膜の透過性に就いても問題があると思ふ。同様に肺内腔へ極めて容易に粒子の逸出、既に出血を見る事は呼吸器としてガス交換に關して意味づけすると思はれる。腸血管に於ては900mmHgの如き高壓に於て始めて出血を見たのは腸絨毛血管が案外内壓耐性のある事を示す。大動脈に於て1000mmHg に於ても破綻を見ないのはGrehant及びQuiquaudの報告や、大きな血管は縦の伸展に對し非常に耐性の強い事(2)と一致し、毛細血管との組織學的差異が原因となるのであらう。

次に毛細血管の内壓に對する反應に就ての實驗(3,4,7)と私の實驗とを比較總括すると、血管は其の内壓の上昇下降が僅かな時は同一効果として血管壁は一時的收縮を以て血行調節をなすが、200mmH₂O迄の間では内壓の増減に比較的正しく比例して其の口徑を變じ、毛細動脈に於ては600mmH₂O網狀毛細管及毛細静脈では400mmH₂Oにて弾性的際限を越し最早口徑の回復は見られなくなる。しかして其後、しばらく其の状態を維持し上述の様に肺血管は280mmHg、肝臓、脾臓血管では400~500mmHgの高壓になつて始めて破裂、出血を見る事となる。

今、此等の血管の内圧最大抵抗の時の内圧を臺の正常血圧 20mmHg (5) と比較して見ると肺臓は正常血圧の14倍、肝臓、脾臓に於ては20~25倍、腸血管に於ては45倍であり、腸間膜血管、大動脈は50倍になつても破裂を見ない。次に沖田 (6) の大黒鼠に就て加速度の實驗を比較して見る時、肺血管が最も小なる加速度にて出血を見、然も其が肺内腔への出血である事、而して次に肝臓、脾臓に出血を見、腸血管は最も大なる加速度に於て始めて出血を見ると云ふ結果と全く一致してゐる。

總 括

私は臺の各器官の血管を使用し、其の内圧耐性に就て實驗を行つた結果、次の如き結論を得た。即ち

1) 肺血管に於ては 28mmHg附近 (正常血圧の14倍)、肝臓、脾臓血管にては 400~500mmHg 附近 (20~25倍)、腸血管にては 900mmHg附近 (45倍)、に於て血管壁の破綻を見たが、腸間膜血管、下行大動脈に於ては 1000mmHg (50倍) になつても破綻を見なかつた。

2) 正常の血管は其の内圧に對する耐性は非常に強く、容易に破綻出血を見るものではない。

3) 肝臓、脾臓の血管は其の透過性及び伸展性が比較的高いものと思はれる。

文 献

- 1) Franklin, K. J. (1937) A monograph on veins Charles C Thomas. u. s. a. P. 62
- 2) 市川三太 (未發表)
- 3) 木内 茂 (1938) 日本生理誌 3 304
- 4) 西丸和義 (1944) 日新醫學 33 142
- 5) 生沼曹六 (1934) 日本解剖學生理學計數
- 6) 沖田 實 (未發表)
- 7) 錢場武彦 (1942) 日本生理誌 7 178

會 報

評 議 員 (ABC順)

橋 田 邦 彦 ・ 林 玄之助 ・ 平 位 順 一 郎

清 原 寛 一 ・ 大 村 正 ・ 横 田 武 三

本會のため終始御盡力を賜はりました上記評議員が御逝去遊ばされた事は誠に哀惜の至りに存じます。茲に謹んで哀悼の意を捧げます。

評 議 員 會 記 事

第23回大日本生理學會評議員會の決議事項 (東北帝國大學醫學部で開催)

1. 次の諸氏が評議員として新に推選せられました。

東京帝大専門部教授 時 實 利 彦

大阪帝大助教授 吉井直三郎

同 講 師 荻原群次

東北帝大助教授 鈴木達二

横濱醫學専門學校教授 丹野楯彦

秋田醫學専門學校教授 懸田克躬

2. 常任幹事改選の結果下記の諸氏が當選せられました。

久野 寧 浦本政三郎 福田邦三 坂本嶋嶺 戸塚武彦

加藤元一 久保盛徳 林 譚 鈴木正夫 若林 勳

杉本良一 西丸和義

3. 次回生理學會當番幹事

大阪帝國大學 久保秀雄教授

昭 和 2 0 年 度 會 計 報 告

(自昭和20年1月1日
至同年12月31日)

收 入

昭和19年度ヨリ繰越高	5,589.86
昭和20年度 收 入	6,569.69
	内 譯
會 費 領 收	420.00
廣 告 掲 載 料	110.10
論 文 掲 載 料	5,724.41
會 誌 分 冊 賣	247.80
預 金 利 子	58.98
其 他 收 入	8.40
合 計	12,159.55

支 出

昭和20年度 支 出	8,733.93
	内 譯
會 誌 發 送 及 通 信 費	208.83
事 務 用 諸 雜 費	27.26
手 當 及 謝 禮	2,395.00
會 誌 印 刷 代	5,963.28
集 會 費	139.56
昭和21年度へ繰越高	3,425.62
	内 譯
定 期 預 金	2,000.00
振 替 貯 金	573.96
當 座 預 金	692.62
現 金	159.64
合 計	12,159.55

HARMON

基礎醫學
器械器具

顯微鏡・比色計・分光器
血球計算器・超低溫槽
孵卵器・蒸溜器・滅菌器
萬能スタチーフ・萬能照光ランプ
キモグラフィオン・各種器械生産
在庫豊富

西川精機工業株式會社
東京都本郷區本郷2,4

昭和21年12月20日印刷
昭和21年12月25日發行

日本生理學雜誌 第10卷 第3號

編輯兼發行者 戶塚武彦

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

定價 5 円

印刷者 芳賀鐵太郎

鶴岡印刷株式會社
山形縣鶴岡市馬場町甲三番地

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
電話小石川(58)5588番
會員番號 B104025番

印刷所 鶴岡印刷株式會社

山形縣鶴岡市馬場町甲三番地
電話 4 1 6 番

配給元 日本出版配給株式會社

京都神田區淡路町二丁目九番地

HARMON

顯微鏡各種

煮沸消毒器 電熱炭火 各サイズ

注射器等臨牀 並 研究用器械

在庫豊富即納

往年ノ優秀品適正價格（限界價格以下）ニテ
即時納入致シマス

病醫院、研究所製藥化學工場設備
醫科、光學、理化學器械器具製造

西川精械工業株式會社

東京都本郷區本郷二ノ四
電話 小石川二六二八番
振替東京五五、二八一番

化膿症に

本劑は青黴屬の新菌種から特許方法で抽出した抗菌素を主成分とし、これに各種藥劑を配合して、遺憾なき皮膚疾患治療を期する新外用軟膏です。

★適應症 創傷・化膿性創

傷・フルンケル・カルブンケル面疔・壞疽・皮膚潰瘍・皮膚糜爛・頭部及皮膚痂疹・火傷・熱傷・膿疱疹・濕疹・口唇周圍炎・毒虫刺傷（蚤蚊・南京虫・家ダニ等）乳頭糜爛・痘瘡・靴傷・其他一般化膿症

【用法】一日1—2回患部に塗布す
二〇瓦十圓



東京都杉並區方南町二九六
製造元 日本ハツプ藥工業株式會社

膏軟ンリシペタ

夾竹桃葉の總有効成分抽出體

ネリオン

強心と利尿

本邦産夾竹桃葉が極めて優秀なる強心作用を有することは既に突明されしところにして、ネリオンは、その總有効成分の完全抽出に成功し強心利尿劑としてはデギタリス製劑を凌ぐ待望の新威力なり

本劑は心臓に選擇的に作用し他の臓器組織に障害を與えず、その効力は持續的にしてデギタリス葉よりも強大且迅速、而も蓄積作用はより微弱にして利尿作用も亦優る



山之内製藥株式会社

東京都日本橋區小舟町二ノ三
大阪市東區高麗橋五ノ一

包
裝

末 (1g=2400單位置氏法) 25g 100g 250g 500g
液 (1c.c.=1200單位置氏法) 15c.c. 80c.c. 100c.c. 500c.c.
注射液 (1c.c.=600單位置氏法) 1c.c. 5A 10A 50A

SANKYO
共

の
醫
藥

細菌性腸疾患に
新砒素療法劑

カルバミジン

-CARBAMISIN-

適應症

アメーバ・赤痢・細菌性赤痢
疫痢・チフス・腸結核等に

東京、日本橋、室町2ノ2

三共株式会社