

日本生理學雜誌

第 10 卷 第 6, 7 號

昭和 22 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

河村謙二：蛙の鹽・水分代謝障礙に就て	165
石川康：兩眼の對應性の研究 (所謂分界線に就て)	171
稻垣克彦：幼若動物の高空耐性に關する研究	178
二階堂保彦：主刺激電流の前後に弱い電流を附加した 2 段電流刺激の實驗 (第 3 報) 神經 に於ける弱い直線の上昇電流刺激の影響に就て	183
福田篤郎：汗のカリウム濃度及び發汗時のカリウム代謝	186
福田篤郎・小林丘：人體筋活動時に於けるカリウムの動き	190
長島長節：貧血快復時に於ける皮膚色の變化と體温の關係に就いて	195
福田篤郎：尿中カリウム排泄の周期的變動	198
小林庄一：人體の CO ₂ -容量について	201
長谷川弘：運動時の呼吸促進について [第 1 篇] CO ₂ による呼吸の刺激生理學的研究	206
長谷川弘：運動時の呼吸促進について [第 2 篇] 運動時の呼吸調節は CO ₂ によるか	216

大日本生理學會

略名・日本生理誌

Nihon Seiri. Z.



帝國臓器のホルモン

天然卵巣ホルモン

オバホルモン

(注) 1 萬iu ・ 1 千iu ・ 5 百iu
(錠) 5 百iu (バスタ) 1 千iu

副腎皮質ホルモン

インテレニン

脳下垂体前葉ホルモン

ヒポホルン

男性ホルモン

エナルモン

男性生殖腺ホルモン

スペルマチン

脳下垂体後葉ホルモン

アトニン

合成女性ホルモン

スロモン

東京都港区芝南佐久間町2の11 帝國臓器製薬株式会社



SHIONO

Prae-Hormon

脳下垂体前葉ホルモン

アレホルモン

男女生殖腺及び生殖器發育乃至機能不全、月經異狀乳汁分泌寡小症、早産兒哺育、妊娠悪阻、老衰現象ニ對スル賦活

包裝價格

注射用 一〇〇單位 五管 一三、〇〇

五〇〇單位 五管 二九、七五

五〇〇單位 五管 三九、二五

五〇管 三九、二五

(溶解用滅菌生理食塩水)

(二cc入 添付)

錠劑 三〇錠 一一、三一

一〇〇錠 三三、〇〇

塩野義製薬株式会社

大阪市東區道修町三丁目

蛙の鹽・水分代謝障礙に就て 612.381

千葉醫科大學生理學教室

河村謙二

Kawamura - Kenji

(昭和21年12月12日受付)

I. 緒 論

福田及びその共同研究者 (2, 4, 5) の蛙皮の電氣的性質に關する研究により, その透過性に關し陽イオンでは Li, Na, 陰イオンでは Cl, Br 或は HCO_3 のみが撰擇的透過性を持つ事が明にされた (福田3の總説参照). 此等の蛙皮の鹽類透過性の特質が蛙を種々なる環境に飼育する場合に如何なる變化を起すであらうか. 既に Rey (6) は蛙を種々なる食鹽液濃度に飼育する際に, 特に等張液に於て著明な浮腫の發生を見るも, 數日の經過後に消退する事を記載してゐる. 元來等張液飼育に於ては滲透壓的の經皮的水分吸収は理論的には全く停止する譯であるが, Duval (1) によつて明にされた様に, 等張液飼育時には血液滲壓が漸次上昇し, 外界よりも高張となる爲め, 水分吸収は當初停止するも再び開始される. 上記の浮腫發生即ち水分の過剩吸収は食鹽の撰擇的吸収と關聯性を持つものと思考される. 従つて著者は福田の指導の下に他の環境條件に於ても斯かる現象が起るか否かを調べ, 既述の透過性に關する結論と比較し, 且つは等張食鹽液中の浮腫發生機轉, 特にその恢復機轉の解明を試みようとする次第である. 浮腫恢復機轉は蛙の環境順應性から見ても極めて重要な事柄であると共に臨床的見地からしても亦重要な事と思考されるが, 未だ Rey は此に關して何等の解明も與へて居ない.

II. 實驗方法

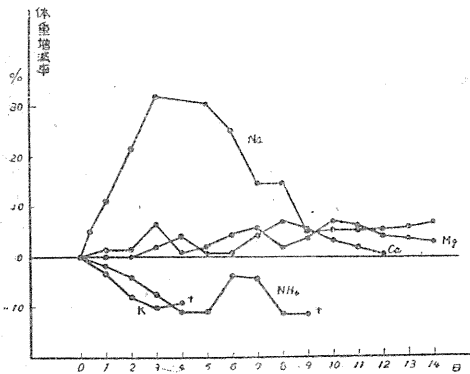
實驗開始に當り蛙は豫め水道水中に3日間 ($10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{C}$) 絶食の状態に放置し, 該期間連日換水する. 液の深さは顔面が液上に浮ぶ程度とし, その間完全なる排便の行はれた蛙のみを使用し, 体重測定に支障ない様にする. 体重測定は排尿後身体の水分を布片にて除去した後に實施し, 0.1g 迄正確に測り, 3回測定の平均値を以て体重を決定する (測定誤差 $\pm 0.1\text{g}$). 實驗中は特に蛙の一般状態に注意し, 排尿はピペットを總排泄腔内に挿入して行ひ, その Cl 定量は Nusznyak 氏法によつて實施する.

III. 實驗成績

(A) 各種等張液中に於ける體重變化 等張液をその成分に従ひ鹽化物液 Na 鹽液, 非電解質液に分類し, 以て既述蛙皮透過性特質との比較を便にする. 体重變化は特に長期に互る觀察を主とし, 等張液に移した直後の短時間内の變化は之を追求しない.

1) 等張鹽化物液 各種鹽化物中に於ける体重變化は一括して第1圖に示す。その各液中に於ける

第1圖 等張鹽化物液 飼育時の體重變化



狀況を次に詳述する。

a) NaCl : 圖示の如く漸次体重増加し4日乃至5日目に至り概ね最高に達し、初期体重の約40%の増加を招來する。此の時蛙は淋巴腔、腹腔、甚しき時は腸管内にも液体停滞し、著明な全身浮腫状態を示し、波動著明にして運動緩慢となる。然るに6日乃至7日目頃より浮腫恢復始り10日乃至12日に至り原体重に復歸し、以後その状態に止る。

b) CaCl₂ : 圖示の如く3%乃至5%の体重増加

を招來するも殆ど認む可き變化なく、水道水中と同様長期に互り生存する。

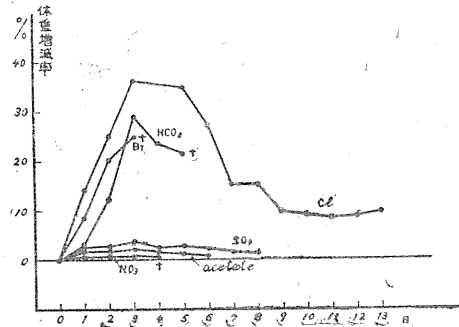
c) MgCl₂ : 同上。

d) KCl : 徐々に体重減少し、著明な脱皮を呈し漸次不活潑となり、3乃至5日目に死亡する。

e) NH₄Cl : 同上の経過により數日後死亡する。

2) 等張Na鹽液 各種Na鹽液中に於ける体重變化は一括して第2圖に示す。その各液中に於ける狀況を次に詳述する。

第2圖 等張Na-鹽液 飼育時の體重變化



a) NaHCO₃ : 体重は食鹽液中と同様増加し概ね3日目に最高に達し、初期体重の約30%の増加を來す。斯かる状態に至れば機械的刺戟により容易に全身痙攣(特に下肢に著明)を起し、以後多少の体重減少を見るも間もなく死亡する。

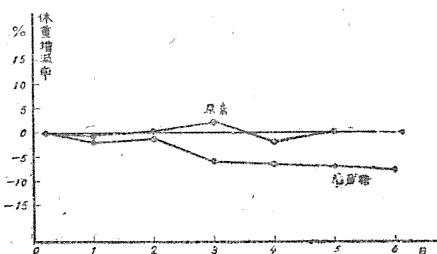
b) NaBr : 食鹽液中と同様体重増加し概ね3日乃至4日目に最高に達し、初期体重の約25%の増加を來す。その頃には全身の骨格筋肉トーンス低下し遂には死亡する。

c) CH₃COONa : 何等の變化なく、水道水中と同様長期に互り生存する。

d) Na₂SO₄ : 同上。

e) NaNO₃ : 体重に大なる變化なく、元氣漸次消退し3日目に死亡する。

第3圖 等張非電解質液 飼育時の體重變化



3) 等張非電解質溶液 (第3圖参照)

a) 葡萄糖 : 僅に体重減少(最高數%の減少)するも、一般状態良好にして長期に互り生存する。

b) 尿素 : 体重は多少の動搖を示すも、一般状態良好にして長期に互り生存する。

緒、上に観察した結果を総合して次のごとき結論を得る。即ち著明な浮腫発生を見るのは NaCl, NaBr 及び NaHCO₃ にして、すべて Na 鹽液である。而して浮腫発生経過も此の3者に於て大略同様であるが、NaHCO₃ 液に於ては恐らく alkalosis の爲め、NaBr に於ては Br による全身麻痺の爲め、中途に於て死亡するものと考へられる。此等浮腫発生は蛙皮の鹽類透過性に於て特殊透過性（陽イオンでは Na, 陰イオンでは Cl, Br, 或は HCO₃）を示すイオンの組合せに於てのみ見られ、吸収された陰イオンが特有症状を呈する事が認められる。HCO₃ の透過性に關しては、小島(4)の電氣發生的透過性検討によれば、著明な透過性を示す場合と然らざる場合があるが、著者の場合に於ては常に著明な透過性を示すものと考へられる。斯くして浮腫発生と鹽類透過性と密接な關係が認められるにより、浮腫発生機轉は此等特殊透過性を有するイオンの組合せが大量に吸収せられ、恐らく腎排泄能以上に入り、体内に停滯し、それに應ずる水分の体内蓄積を來すものと考へられる。特殊透過性を有するものと然らざるものとの組合せの鹽に於ては大量吸収が行はれず、爲めに浮腫発生が見られないのである。然し乍ら特殊透過性を有せざるイオンに於ても恐らく單なる擴散的浸入により体内に入り、従つてそのイオンの特有なる作用を一般状態に反映するものと思はれる。即ち K⁺, NH₄⁺ 及び NO₃⁻ の如き少量にて中毒症状を起す可きものゝ場合には早期に死亡し、その体重減少はその利尿作用にもよるものと思はれる。非電解質として使用せるものうち葡萄糖は透過性を有せざるものの如く、軽度の脱水状態を呈する。尿素は透過性を示し体重の減少を來さぬものと考へられる。

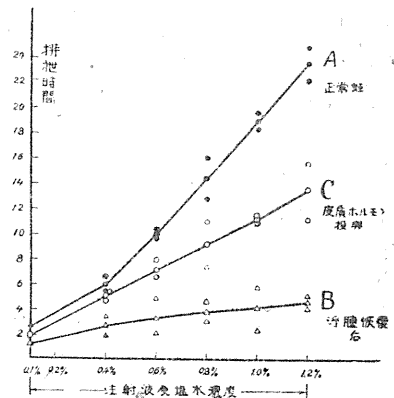
(B) 等張食鹽液中に於ける浮腫発生並に消退機轉 浮腫発生の代表的環境條件たる等張食鹽液中に於ける鹽水分代謝を明にし、浮腫発生並にその消退に就て之が解明を行ふ。

上述の如く浮腫発生は蛙皮の特殊吸収能に由來する事が明であるから、食鹽液中に於ける浮腫発生は食鹽の腎臟排泄能以上に就き腎排泄能以上の過剩吸収に因すると考へられる。故に正常蛙に就き腎排泄能を検し、之を等張食鹽液中にて浮腫恢復状態にある蛙の排泄能と比較し、如何なる濃度に於て經皮的食鹽吸収が行はれるかを調べんとする次第である。

腎排泄能検査法として各種濃度の食鹽液を各体重の10%量だけ淋巴腔に注射し、然る後温室中に放置し、經皮的水分吸収を遮斷した状態に於て原体重に復歸する迄の時間、即ち投與せる水分の排泄時間を測定した。第4圖A曲線に見る如く平常蛙に於ては注射食鹽液の濃度の上昇に比例して排泄時間は著明に延長する。等張食鹽液中に於て浮腫恢復状態の蛙に於ける腎排泄能検査の結果は同圖B曲線に表はされる。即ち此の場合には正常蛙に比し水分排泄能が極めて増大してゐるを知る。

正常蛙に於ては排泄困難の等張濃度以上の食鹽液に於ても極めて速に排泄を完了する。

第4圖 蛙腎水分排泄能試験



次に浮腫最高時に於ける浮腫液の Cl 濃度を調べると 440mg% 乃至 450mg% (NaCl 0.75% に相當) を示す。此の値は正常蛙に於ては明に排泄困難なるも、浮腫恢復後の蛙腎に對しては容易に排泄され得る濃度である。然し乍ら此の浮腫液は濃縮能不充分なる腎活動の結果經皮的吸收濃度以上に濃縮されて居る事は容易に想像され得る。事實如何なる濃度を以て經皮的吸收が行はれるであらうか。此の問題に答へる爲め、著者は等張食鹽液中にて浮腫恢復し吸收及び排泄の平衡關係が成立せる蛙に就きその 24 時間尿量を求むるに平均 7cc にして、その Cl 濃度は平均 370mg% (0.61% NaCl 相當) である。故に斯かる濃度及び量に於て食鹽吸收が實際行はれるものと推論せられる。今若し尿と同一濃度の食鹽液の同一量を正常蛙に注射するとすれば、その排泄時間約 35 時間 (第 4 圖 A 曲線参照) となり、明に排泄不能なる事を知る。一方浮腫恢復後の蛙に於ては、同一條件下でその排泄時間約 11 時間 (第 4 圖 B 曲線参照) となり充分排泄し得る事が豫測される。

斯くして等張食鹽液中に蛙を移せば、食鹽の經皮的吸收及びそれに伴ふ水分の滲透壓的移動に於て食鹽が腎排泄能以上の濃度に於て吸收せられるが故に、鹽及び水分の停滯を來し浮腫發生を見る事を知る。然し乍ら同一條件下に於てやがて何等かの機轉により腎排泄能漸次増強し、蓄積せる鹽水分は排除せられ、爲めに浮腫消退し、以後浸入食鹽液は何等の停滯なく排除せられ、蛙は鹽水分代謝障害から脱却せられ得るものなる事を知る。

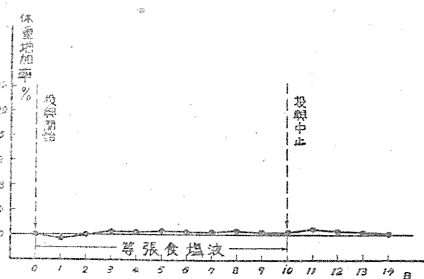
(C) 食鹽排泄増加機轉 前章に於ける實驗により等張食鹽液飼育經過に於て、蛙腎は著明なる食鹽排泄能増加を來す事を見出したのである。此の事態は蛙の環境順應からみて極めて重要である。然らば如何なる機轉により腎食鹽排泄能が増強せられるものか、著者は恐らく内分泌關係の順應により斯かる現象が招來せられたものと考へ、鹽水分代謝に關係ありと思はれる種々のホルモンを投與し、之が食鹽液中に於ける浮腫發生に如何なる影響を與へるかを検討した。

先づ甲状腺ホルモンとして市販の Thyrodin (生理的食鹽液にて 100 倍稀釋、使用量毎日 0.1, 0.2 或は 0.3cc) を豫め水道水中にて數日間連日注射し、注射續行しつつ等張食鹽液中に移すに浮腫發生は全く對照蛙と同様極めて高度にして何等の効果を與へない。

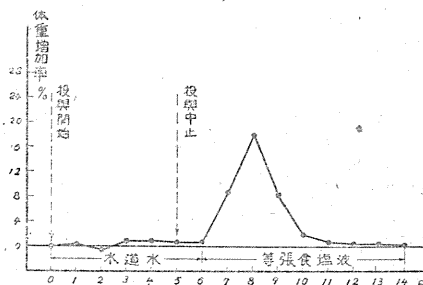
次に腦下垂体後葉ホルモンとして市販の Hinterin (生理的食鹽液にて 100 倍稀釋、使用量毎日 0.1, 0.2, 或は 0.3cc) を連日注射しつつ等張食鹽液中に飼育するに全く對照蛙と異なる事なき浮腫發生を認める。

著者は最後に副腎皮質ホルモンに著想し、市販 Rindex (生理的食鹽液にて 100 倍稀釋、使用量 0.1, 0.2, 0.3cc) を等張食鹽液中の蛙に連日注射するに、0.2cc 以上の投與例に於ては第 5 圖 A に見る如く、殆ど浮腫發生を認めない。然に同例に見る如く、10 日目に於て投與中止を行ふも依然浮腫發生の傾向なく、其状態全く食鹽液中にて浮腫恢復せる蛙と同様な事を認める。0.1cc 投與の場合其効果少き爲か、初期に於て多少の浮腫發生を認めるも、極めて軽度である。斯く唯一副腎皮質ホルモンこそは浮腫恢復機轉に緊密なる關聯を有する事を知る。副腎皮質ホルモン投與の方法として、豫め水道水中に數日入れた蛙に同期間同ホルモンを投與し、注射中止と共に等張食鹽液に移せる例に於て

第5圖 A 副腎皮質ホルモンの影響



第5圖 B



は、同圖Bに見る如く、對照蛙と類似の浮腫發生傾向を見るも、その程度は對照と比し減弱する。

副腎皮質ホルモンの斯かる著明なる浮腫防止効果が如何なる機轉に行はれるかを知る爲め、著者は腎排泄能試験を水道水中にて有効ホルモン量を5日間投與した後に施行するに、第4圖C曲線に見る如く、排泄能は正常蛙に比し著しく増大し、等張食鹽液中にて浮腫恢復せる蛙の排泄能に著しく接近するを認める。次に等張食鹽液中にて副腎皮質ホルモン有効量を投與せる蛙の24時間Cl⁻總排泄量を檢するに約25mgにして、等張食鹽液中にて浮腫恢復せる蛙のそれと全く同一の値を示す。尙ほ水道水中の正常蛙の24時間Cl⁻總排泄量は1mg内外にして副腎皮質ホルモン有効量投與を行ふも變らない。斯くして副腎皮質ホルモンは經皮的食鹽吸収には何等影響無きを知る。

以上の實驗により蛙を等張食鹽液中にて飼育すれば、食鹽の經皮的過剩吸収により浮腫發生を見るも、何等かの機轉により副腎皮質機能の充進を來し、ために腎排泄能増大し、浮腫は漸次消退するものと思はれる。副腎皮質ホルモンは蛙の鹽水分代謝を調節し、以てその環境順應性を支配する重要な内分泌の如し。

IV. 考 察

以上の實驗事實より、蛙を種々なる等張溶液中に飼育する際に見られる鹽水分代謝障害は蛙皮の特殊透過性と密接なる關聯を有する事が明にせられた。而してこゝに於て推論せられたる蛙皮の透過性々質は既述の福田等の蛙皮の電氣的性質より歸納せるものと全く一致する。特に等張食鹽液中に於て觀察されたる浮腫發生、並にその自然消退の現象は蛙の環境順應を如實に示すものにして、生物學の見地よりすれば蛙の地域的分布（特に海濱に關する）を決定する重要な要素の一と思はれる。

惜、此の順應力の由來する蛙腎排泄能増強は上記の實驗により副腎皮質機能の増進によるものと推定されたるも、副腎皮質の組織的檢索を行ふもさしたる變化を見ない。然し目下此の副腎皮質機能増進を假定する以外に説明の方法が無い。然らば如何なる機轉により副腎皮質機能の増進が惹起せられたか。体内に於ける鹽水分の蓄積が副腎皮質そのものを刺戟せるか、或は腦下垂体を介して皮質に作用せるか、それ等に關しては今後の實驗に待つのである。尙ほ副腎皮質ホルモンとして使用せる製劑は新鮮牛副腎皮質抽出物にして、比較的多量のビタミンCを含有する事は周知の事實である。此の點に關し著者はビタミンCは浮腫恢復機轉に無關係なる事を實驗により確證した。副腎

皮質ホルモンが腎食鹽排泄能をかくも著明に増進せしめる事に關しては未だ文獻上見當らない。

V. 摘 要

1. 蛙を種々なる等張液中に飼育するに NaCl, NaBr 及び NaHCO₃ 液中に於ては著明なる浮腫を發生する。

2. 之等浮腫發生を來す環境條件は陰陽兩イオン共蛙皮に對する特殊透過性を有する組合せの場合のみである。

3. 等張 NaBr, 及び NaHCO₃ 液中に於ては浮腫最高時に死亡するも, 等張 NaCl 液中に於ては良く生命を維持し, 數日の經過の後には浮腫漸次消退し以後長く生存する。即ち著明な環境順應が行はれる。

4. 等張食鹽液中に於ける浮腫發生は腎排泄能以上の濃度に於て經皮的食鹽吸収が行はれる事による。

5. 而して斯かる環境に於て蛙腎排泄能漸次増強し停滯せる鹽水分次第に排除せられ, 依つて浮腫は消退し, 以後吸収及び排泄は平衡關係を維持する。

6. 腎排泄能増強の機轉は恐らく副腎皮質機能の亢進により惹起せられるものと思はれる。同ホルモンは著明に蛙排泄能を増強する。

7. 經皮的食鹽吸収自体は副腎皮質ホルモンの影響されない。

文 獻

1) Dluval, M. (1928) Ann. Physiol. et Physico-chem. biol. 4, 181

2) 福田篤郎 (1944) Jap. J. med. Sci. Biophysics 10, 77

3) 福田篤郎 (1947) 千葉醫學會誌發表豫定

4) 小嶋利顯 (1944) 日本生理誌 9, 91

5) 大木誠止 (1946) 日本生理誌 10, 9

6) Rey, P. (1938) Ann. Physiol. et Physico-chem. biol. 4, 181

兩眼の對應性の研究 (所謂分界線に就て) 612, 843, 611

東京大學醫學部生理學教室

石川 康

Ishikawa - Yasushi

(昭和22年12月15日受付)

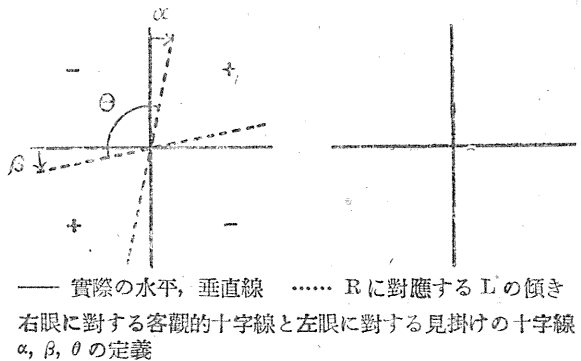
兩眼の視野又は網膜の對應性の問題は古くから研究されて來た。殊に所謂分界線 “Trennungslinie” に就ては Hering (5), Helmholtz (4), Folkmann (3), Meissner (9), Landolt (8), Donders (1), van Moll (10), Hofmann, Bielschowsky (6), Snoda (11) 等により檢索され、研究者によりこれを色々と呼んではゐるが、何れも左右の眼の容觀的な對應點と主觀的な對應點とが必ずしも一致しない事に就て論じている。例えば Helmholtz は客觀的な垂直線に對する主觀的な其れを *scheinbare vertikale Meridian* と言つて、兩者の差として $2\frac{1}{2}^\circ$ を擧げ、水平線に就ては差は殆どないと言つてゐる。その時代の研究方法は殆ど Hering の Haploskopie の原理によつたもので、人により之を種々改良して用いてゐる。この方法は兩眼を同時に露出し、而も注目點から互に反對方面に延びる別々な半直線を夫々左右の眼で見、兩眼融合により初めて一と續きの直線として認められる様な、謂はば廣い意味での兩眼視を強制して測定している。この様にして對應點を檢索するときには、その知覺過程が相當複雑になる事を認めなければなるまい。そこで著者は一眼の視野を直接他眼に對應させる、下に述べる如き接次的動的的方法をとつて對應點を檢索した。それは知覺過程が古典的な同時的靜的兩眼視の方法よりは簡單と思われるからである。之により對應性の問題を新しく考察して見よう考える。

實 驗 方 法

A. 實驗裝置 裝置の主なるものは、左右の十字線、プリズム及び交互露出裝置の三つで以下それ等に就て説明する。

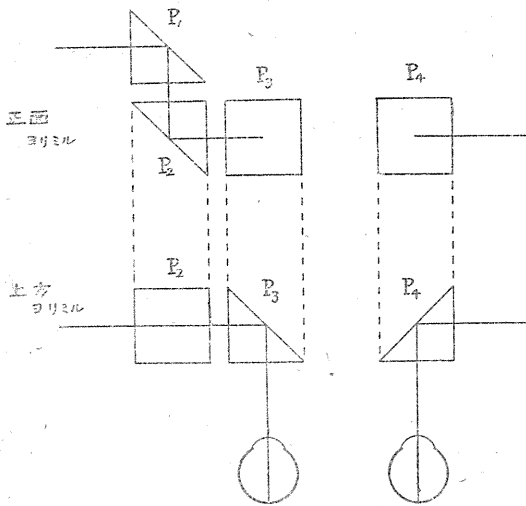
十字線 約 3.3m 隔て、平行に直立する左右の白壁の上に黒い細糸を眞直に引き張り十字形とし、その交點を畫鋸で壁上に固定する。右側の十字線は客觀的に水平、垂直線とし、左側のもは交點を中心として自由に壁面上を回轉出来る様にした。垂直、水平線とその回轉十字線とのなす角を夫々

第1圖 L R



α, β とし、左の十字線のなす角を θ とした (第1圖). α, β は第一、第三象限に傾くものを (+) と

第2圖 プリズムの配置



し、第二、第四象限に傾くものを (-) とした.

プリズム 四個のプリズム (P_1, P_2, P_3, P_4) を第2圖の様に組合はせ、兩十字線の交点を結ぶ直線の中點にあたる所に之を装置した. 特に像が歪なく反射して來る様に細心の注意を拂ひ、左の十字線の像は正しく且つ細かく水平、垂直の方向に平行移動出来る様にした. 其には P_2, P_3 を夫々第3圖 (i) (ii) の如く O_1, O_2 を中心として微動装置により回轉させる. P_3, P_4 の間隔は略被檢者の瞳孔間距離に等しく置いた.

交互露出装置 プリズム装置の兩側に窓を開けた円板を置き、左右が交互に露出される様に

小型モーターに連結して之を回轉した. モーターは同期モーターでなかつたので、その回路に抵抗を入れ廻轉速度を調節した.

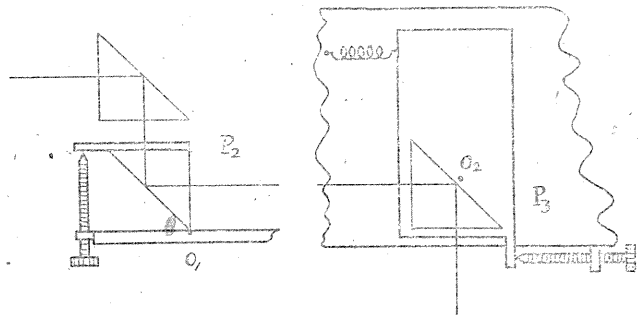
B. 實驗操作 被檢者には斜視又は潜伏斜視のない者を選び、眼の調節を取り除くため $+0.5D$ 乃至 $+0.25D$ のレンズを用いた. 交互露出の頻度は毎秒1回とした. それは若し之よりも早くすると、次第に普通の意味

での兩眼視に近づき、又遅くすれば兩十字線を對應させるのに可なりな困難を感じさせ、條件は相當複雑になるものと考えられたからである. そして十字線の交點たる畫鉾に注目させる. 兩眼視を行うために交互露出装置を取り除いて置けば、單にプリズムの微動装置を調節するだけで可なり廣い範圍に於て左右の像は融合し、單一視を行うことが出来るが、その状態に於て次に交互露出を行うと、左右の像が融合はしていても多くの場合畫鉾は交互露出の瞬間毎に、上下左右或は斜めに跳つて見える. 之は露出頻度を少々早めても認められるが、それよりずつと早くすると鉾は跳らなくなつて來る. 即ち兩眼視となつて了う. 鉾が跳ると言うことは、兎に角、注目點に於て左右の像が互に對應點にない事を意味しているので、プリズム装置を調節し像を平行移動させれば、ついに全く鉾が跳らなくなる様にする事が出来る.

斯の様にして鉾の跳りを無くしても、尙十字線は多くの場合畫鉾を中心として回轉して跳つてゐる.

第3圖 プリズム調節装置

(i) (ii)



この時左側の可動十字線を回轉し、右の像に全く對應させれば、この跳りもなくなるのである。そして可動十字線を固定し、その傾き α , β を物差から読みとつた。

以上の實驗は同一被檢者に就き、連続的に行ふ時には約10回を一と區切りとして一應相當な休息を取るか、又は他日に行い、而も各回の測定には少くも3分間の間隔をとり、疲労の爲に起る誤りを極力さける様にした。尙壁面照度は約 100 lux である。プリズムを通して見る十字線は直徑約30 cm の範圍で之は視角にして略々 10° に相當する。

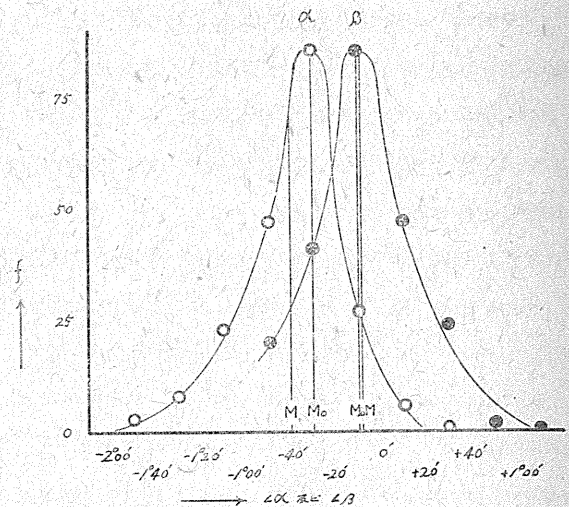
實 驗

實驗1 先づ分界線で示される兩眼の視野の對應が何の程度の安定性をもつものであるかという點を知るため同じ個人に就て繰返し測定して見た。その結果によると右眼視野の客觀的垂直線に對應させるには、左眼視野の垂直線の上部を側頭側に、下部を鼻側に傾けなければならない。又水平線に就ては側頭側を下方に、従つて鼻側を上方に傾けなければ對應しない。これを量的に檢べるために垂直線の傾きの角 α 及び水平線の傾きの角 β を夫々 200 回測定した。それ等の傾きの分布は第4圖に示す如くである。且つ α , β の算術平均値 (M), 中央値 (Md), 竝數 (Mo), 標準偏差 (σ) は夫々次の様になつている。

$$\alpha : M = -49.5', \quad Md = -36.6', \quad Mo = -28.9', \quad \sigma = 23.6'.$$

$$\beta : M = -9.0', \quad Md = -9.5', \quad Mo = -10.5', \quad \sigma = 21.4'.$$

即ち α は大部分が (-) の値を取り、第二、第四圖 同一個人に對する反復測定 被檢者は實驗1のもの 四象限に傾き、 β も同様であるが、これは可なりな頻度に (+) 側即ち第一、第三象限へも出現している。従つて α が大きく傾き、 β の傾きが小さい事は兩者の平均値を檢定して見て明らかである。 β は M, Md, Mo の値が互に接近しているが、 α は M が Md, Mo より (-) 側に出て居り、時に大きく傾く事を示している。

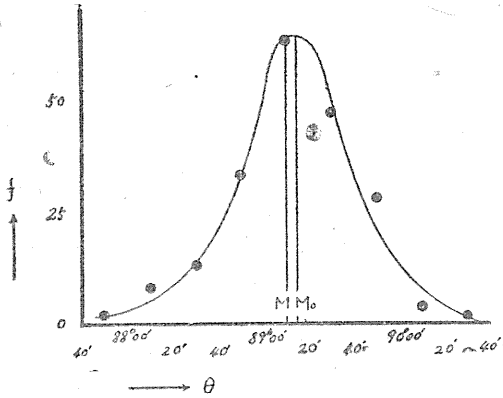


次に垂直線、水平線を十字線として見てみる譯であるから、垂直線或は水平線の傾きが夫々互に影響しあつてゐるのではないかとの

懸念から α , β に就て相関係數 (r) を求めて見たが、 $r = -0.01 \pm 0.0027$ と言う小さな値となつてゐるから、先づ相關なしと言う事が出来る。即ち垂直線、水平線は互に獨立に傾いてゐる事を知つた。この事は單に装置上の欠點とか、或は眼球の廻轉運動とかに依つて、十字線の像が回轉して α , β を作つてゐるのでなく、この兩者の傾きが、もつと本質的なものである事を裏書してゐる。次に α , β から分界線の挟む角 $\theta = 90^\circ + \alpha + \beta$ を求め、それに就て M, Md, Mo, σ 等を求めると (第5圖)、

θ : $M=89^{\circ}11.5'$, $Md=89^{\circ}12.9'$, $Mo=89^{\circ}15.1'$, $\sigma=28.3'$.

第5圖 同一人に於ける θ の頻度分布
被検者は實驗1のもの

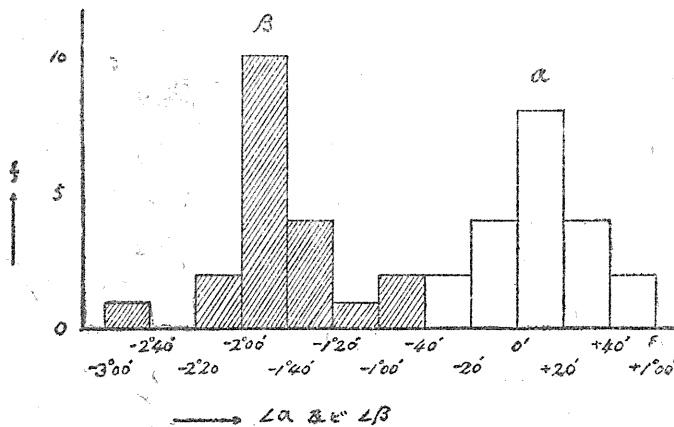


- (a) α, β ともに負なるもの, 7例
- (b) α が負, β が正なるもの, 6例
- (c) α が正, β が負なるもの, 2例
- (d) α, β ともに正なるもの, 0

α, β を全体の例に就て平均したものは (a) の様式になっている。又特異な特徴を捕へていうならば次の三つの異つた型のある事がわかる。即ち被検者 No.2 の型と, No.6, No.10 の型及びそれ以外の型とである。それを夫々 I 型, II 型及び III 型とすれば I 型は θ が直角より大で, これは他の被検者には見出されなかつた。而も No.2 一人であつたが, 數回の測定で常に同一傾向を示した。

II 型は水平線の方が垂直線よりも遙かに傾くのが特徴であるが, α が (+) 側へ傾いているのは測定

第6圖 第II型個人 (No.10) の反復測定



各回の平均を取つたからで, 可成りの頻度で (-) 側へも出現してゐる。III 型は實驗1と同一型である。大部分の被検者が之に屬する。従つて平均値として出て來たものもこの型である。

實驗3 實驗2で三つの型を見出したので, 實驗1で已に行つた III 型以外に就て個人的にもつと多くの測定を試みた。尤も

實驗2 次に任意に選んだ15人の被検者に就て測定を試みた。尤もこれは實驗1により平均値, 標準偏差等の目安が大体ついているので一人一人に就ての測定回数は5回程度で, 各被検者につき α, β を測定し, これから θ を算出し, 夫々の算術平均値を出した。そして最後に被検者全部の data を算術平均した値を求めた。それを第1表に示した。表の如く結果は相當程度に個人差のある事を示している。この15例を分界線の平均の傾き方だけに就て分類すると,

第1表

被検者No.	α	β	θ
1	- 2'55'	+ 55'	88'00'
2	- 20'	+ 30'	90'10'
3	- 2'20'	+ 10'	87'50'
4	- 1'40'	- 35'	87'45'
5	- 1'10'	- 35'	88'15'
6	+ 10'	- 55'	89'15'
7	- 1'45'	+ 30'	88'45'
8	- 50'	- 5'	89'05'
9	- 1'15'	+ 50'	89'35'
10	+ 10'	- 1'40'	88'25'
11	- 1'10'	- 20'	88'30'
12	- 1'00'	- 50'	88'10'
13	- 2'20'	- 20'	89'00'
14	- 1'10'	+ 50'	89'40'
15	- 1'15'	- 20'	88'25'
平均	- 1'11.3'	- 5.3'	88'43.3'

I型は被檢者が外國へ歸つたので測定出来なかつた。II型被檢者 No.10 に就き α , β を夫々20回測定した結果は次の如くである。

$$\alpha : M = +4.8', \quad Md = +9.0', \quad Mo = +10.2', \quad \sigma = 20.38'$$

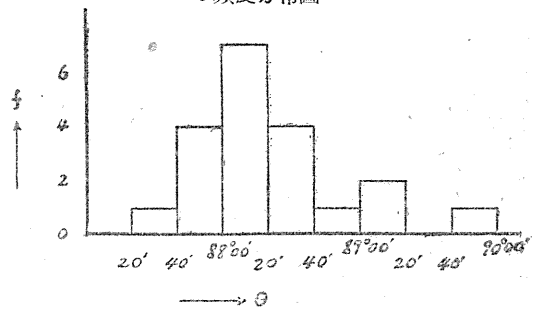
$$\beta : M = -1^{\circ}45.9', \quad Md = -1^{\circ}47.0', \quad Mo = -1^{\circ}49.2', \quad \sigma = 26.28'$$

α , β の分布は第6圖に示す通りである。次に θ を各測定毎の α , β から算出して、その M, Md, Mo, 及び σ を求めると (第7圖)。

$$\theta : M = 88^{\circ}20.9', \quad Md = 88^{\circ}13.2', \quad Mo = 87^{\circ}57.8', \quad \sigma = 32.48'$$

實驗4 次に疲労が α , β 従つて θ に何か影響を及ぼしはしないかとの假説のもとに實驗を行つた。被檢者は2人しか得られなかつたが、1人は徹夜をした翌朝測定し、他の1人は長時間 typewriter を打ちつづけた直後に行つた。斯の場合何等かの意味で疲労が起つていたことは確かである。そして自覺的疲労感があつた。その結果と疲労がなかつたと思われる時に測定し

第7圖 第II型個人 (No.10) に於ける θ の頻度分布圖



た兩者の測定値とを示すと第2表の如くである。この結果は疲労のない時はIII型であつたものが、

第2表

被檢者	疲労なし	疲労あり
A	α - 1°15'	- 20'
	β + 25'	+ 1°00'
	θ 89°10'	90°40'
B	α - 1°15'	- 35'
	β + 50'	+ 1°05'
	θ 89°35'	90°30'

疲労によつて變化する事を示している。 θ のみを見るとI型になつてゐるし、 α , β のみを見るとその傾斜の方向は共にIII型の特徴をそなへ、而も β が α よりも大である點はII型の特徴に似てゐる。謂わばIII型が恐らくは疲労と言う事情によつて各型の混合型になつたとでも言う可きであらう。

論 議

兩眼の各視野の融合を利用して二つの眼の視野の對應を研究するにあたり、同時的靜的な (或は持續的な) 従來の方法は左右の眼に別個の像を見せるのであつて、一眼のそれが他眼のそれに對應しているのであると言う直接的な証明をする事が出来ない。まして被檢者の知覺過程に於て之等を互に歩み寄らせて、融合が成立つことの可能性は否定出事ない。殊にハプロスコップ的方法では2つの半直線がなす傾きを判斷しつゝ、正して行くのであるから、知能の程度、經驗の多少により、その結果が相當異つてくるのであらう事を推察するに難くない。即ちこれは相當高次の中樞の關與により初めて成立するものであつて、この様な方法による事を推賞し得ない理由である。この様な觀點から著者は兩眼の視野を直接に對應させ、而も知能、經驗を問はない動的方法を採つた次第である。

對應點の決定で困難な事の一つは兩眼融合にともなう眼球運動の問題である。それは α , β の出現は眼球の廻轉運動によるものではないかと言ふ懸念である。Donders (1) は兩眼を或る位置に固

定させる爲の種々の方法を探つてその影響をなくそうと試みた。これ等は然し水平線の傾きがないものとしてならば兎も角無條件で同意する譯には行かない。それで著者は眼球を或位置に強制すれば廻轉運動をともない好ましくないと考え、且つ左右の眼が常に注目點からそれない爲に、平行移動を行はせる微動装置をつけたのである。Donders は彼の方法によつて廻轉運動がのぞかれたと考へているが、それでは不完全である。著者は實驗1から α , β に相關關係なき事を知り、廻轉運動の影響なき事を証明した。

又、Helmholtz (4) は Folkmann の數人の實驗に就ての公算誤差を記載しているが、靜的方法では動的方法に比べると誤差が大きく出ている。即ち彼は β に相當するものを Kreuzungswinkel と呼んで、その各々の公算誤差は 0.08° 乃至 0.14° となつてゐる、之は $4.8'$ 乃至 $8.4'$ となるが實驗1では β のそれは $1.02'$ 、實驗3では $3.9'$ で各れも動的方法の方が小さくなつてゐる。

従つて古典的な靜的方法による結果とは必ずしも一致しない。客觀的なものが主觀的には左右の眼で異ると言ふ點では同じであるが、それが本質的なものであると言ひ得る統計的裏打ちのあるものは今までの報告にはなかつた。

著者は被檢者の型を三つに分類して見たが必ずしもこの分類を固執するものではない。しかし健康眼は常に水平線よりも垂直線の傾きの方が大であると言ふのは賛同し難い。

この様な傾きが、個人に就ても必ずしも同一値を採らないのは Donders (2) も述べてゐるし、又疲労によつても異なるであらう事は少い例ではあつたが實驗4によつても推察出来る。又照明状態によつても變る事は Shoda (11) が記しているし、人によつて異なるのは van Moll (10) も報告している。尙 θ は Helmholtz (4) の直角の目測とは意味が異ふが、變化する點では他の研究者の條件、方法によつても同じであらう。

この様な對應點に就て所謂分界線 "Trennungslinie" なるものを網膜にあたかも固定的なものなる如く想定したり、或は又 Helmholtz が "Netzhaütinkongruenz" と言ふ様に直ちに網膜上の問題として取り扱う可きではない。何となれば刺戟受入れの末端器官としての網膜の一定の場所に受けた刺戟が投射される場合、種々な條件によつて投射された位置が變ると言うことは末端器官たる網膜のみの問題としては理解し難いからである。又著者 (7) が會つて報告した如く對應點は同定出来る或る幅を持つてゐるといふ事も、空間閾値が視角にして約 $60''$ に相當する鋭さの網膜としては融通がきゝ過ぎるといふ點からも、之を網膜の性質に由來するものとして了うのは無理であらう。

そこで著者は從來單に網膜の Inkongruenz として片付けられて來たこの問題も中樞の機能が相當大きく關與していると見るのが妥當であると考え。勿論、中樞と言つても、どの位置のものであるかも問題になるし、その解剖學的構造も全く明かとなつてゐる譯でもなく、ましてその生理的機能に於ては尙更である。その意味で中樞と言ふ言葉が明瞭を欠くとしても相當に考慮に値する問題である。で著者は本質的にはともかく、現象として對應するのは視野であるから、視野の對應と言つた方がよいと主張する。視野の對應點が客觀的なものと一致しないのは、吾々の單眼視の知覺

過程に歪みがあるからと理解す可きである。

この様な單眼視の歪みが兩眼視によつて初めて矯正されて、客觀的な像がそのまま主觀的なものと一致するというのは注目に値する。それは兩眼視が單なる深徑知覺の機能に關與するのみならず、斯る機能をも有するという事が兩眼視の研究に一つの示唆を與えるからである。

總 括

兩眼視野の對應點，就中，所謂分界線を檢索して次の結論を得た。

A. 古典的方法である同時的靜的方法よりも繼時的動的方法を用い可きである。(1) これは知覺過程がより單純と思われる。(2) 兩眼融合による眼球運動を強制しない。(3) 兩眼融合による空間知覺の歩み寄りを極小にして測る。(4) 誤差が少い。

B. 結果は古典的方法とは必ずしも一致しない。(1) 垂直線の傾が必ずしも大でなく、又水平線の傾きも必ずしも小ではない。(2) 左右の視野の分界線を對稱的に畫く爲には左眼の垂直分界線を $\alpha/2$ だけ傾け、水平分界線を $\beta/2$ だけ傾ければよい。右眼のは之と鏡像的對稱に畫く。これは理論的には近似法であるが、數値的に見て誤りではない。(3) 個人個人を三つの型に分類出来る。(4) 疲勞による變化を推察させる。

C. 對應性の問題は再考さる可きである。(1) 對應點を網膜上に固定されたものとする可きでない。(2) 従つて網膜の Inkongruenz と言うよりは、單眼視による知覺の歪みと言う可きである。(3) 之は兩眼視の機能の研究に示唆を與える。

筆を置くに當り、いつも變らざる愛情と忍耐とをもつてお導き下さつた恩師福田邦三先生に、心からの御禮を申し上げます。

文 献

- 1) Donders, F. C. v. Graefes Archiv f. Ophth. 21 (1875)
- 2) Donders, F. C. Onderzoek. Physiol. Labor. Utrecht 3 (2) (1875) (Hofmann: Die Lehre von Raumsinn d. Auges II ㊦㊧)
- 3) Folkmann, A. W. Physiol. Untersuch. im Gebiete d. Optik (1864) (Helmholtz: Handb. d. Physiol. Optik Bd III 及ビ Hofmann: Ergebnisse. d. Physiol. 15㊦㊧)
- 4) Helmholtz, V. H. Handbüch d. Physiol. Optik Bb III (1910)
- 5) Hering, E. Beiträge zur Physiol. (1861)
- 6) Hofmann, F. B. u. Bielschowsky, A. Pflügers Arch. 126 (1909)
- 7) 石川 康 日本生理學雜誌 6 (昭和16年)
- 8) Landolt, E. Handb. d. ges. Augenheilkunde Bd II (Funke: Physiologie ㊦㊧)
- 9) Meissner, G. Beiträge z. Physiol. d. Sehorgans (1856) (Funke: Physiol. ㊦㊧)
- 10) van. Moll, Onderzoek. Physiol. Labor. Utrecht 3 (2) (1875) (Hofmann: Die Lehre von Raumsinn d. Auges II)
- 11) Shoda, M. Pflügers Arch. 215 (1927)

幼若動物の高空耐性に関する研究 612.27:612.171

元陸軍軍醫學校軍陣衛生學教室

稻垣克彦

Inagaki - Katsuhiko

(昭和22年2月14日受付)

緒言

幼若動物の高空耐性に就いては既に M. Reiss, F. Haurowitz (4, 5) の報告があつて、其の体内酸化機作に及ぼす諸障礙に對する抵抗性に關して述べてゐる。

個体發生と系統發生とを問はず低分化生物の示す高空耐性に就いては近來報告されてゐるものが尠くない (3, 4, 5, 10等)。

著者も亦各生長期の白鼠を低壓室内に固定し低壓曝露がその心臓機能に及ぼす影響を各高度に於て觀察し、幼若白鼠の高空耐性が成長白鼠のそれと異つてゐるのを認めたから茲に報告する。

實驗方法

(イ) 供試動物：主として白鼠 (自分で飼養した同一血族のもの) を使用した。

此の實驗は同腹のものに就いて實施し、夫々生後 1, 3, 7, 10, 14, 21, 28, 35日とその生長期を逐ふて供試した。實驗動物群の飼料は常に同一のものを用ひた。

(註) 各生長期について白鼠の生物學的觀察の概況を示せば次の様である。

1~3日：出生直後は全身紫藍色を帯びてゐるが、母獸に抱かれてゐる内に漸次薔薇紅色となる。

頭部、頸部などに皮下出血斑の認められるものが多い。

5~7日前後：發毛の時期で其の直前全身に薄い鱗屑を被つてゐる (此の時期までを幼若初期と假稱する)。

10~14日前後：此の時期には眼を開き耳朧も起ち音刺戟に對し鋭敏に反應する。此の時期まで匍匐して居た白鼠は急に敏捷となる (此の時期を中心として幼若中期と假稱する)。

21日前後：運動は活潑となり齒牙も殆んど萌出して餌を哺食し始める (幼若後期)。

28日前後：離乳期で以後を成長期といふことにする (以後更に成長したものでも、此の時期に比べて大きな差違を認めない)。

大體上述した通りであるが、季節的影響や個体差によつて若干の遲速が認められる。体重の變動も亦同様である。

(ロ) 低壓試驗裝置 (第1圖参照)

硬質硝子製の低壓室は氣壓計と昇降計に連続しロータリーポンプによつて排氣される。換氣は對

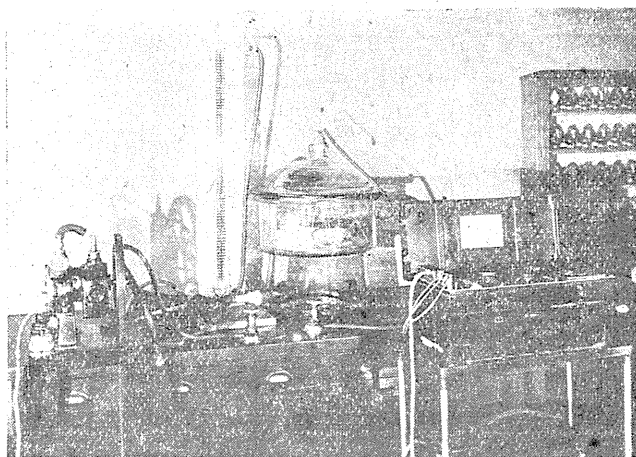
孔から行ひ排氣速度は昇降計と調整コックで規整した。別に E. K. G. (エレクトロカルデオグラフ) 導線を導入する。

第1圖

動物は腹位で固定し兩上膊と左大腿に針導子を刺し、心働電位を Siemens 製可搬型 E. K. G. に導いた。

接續部位をプラスチックで閉鎖した此の装置は 16,000m 程度の低壓を構成することが出来る。

※此の實驗は昭和16年の夏期に實施したものである。



實驗成績

先づ低壓に對する白鼠 (固定しないもの) の反應を概説しよう。出生直後のものでは時々輾轉する他には低壓に對して顯著な反應を示さない。

高度の低壓に至つた時はチアノーゼを呈し、又頂部其の他に皮下氣腫を發生し一時呼吸が停止することもある。斯の様に一時呼吸の停止したものでも復壓により又は更に機械的刺戟を與へることによつて欠伸様の呼吸運動を始め、引續き血色を恢復し漸次常態に移行する (上昇速度 10m/秒に相當してゐる。以下特記しないものは之と同様である)。

尙ほ眞空に曝露しても暫らく (4~5分間) は生命を保ち復壓すれば對照と異なる所なく生存し續けてゐる (金大式嫌氣培養器を使用した)。

生長の度の進むに従ひ低壓室内に於て白鼠は首振り運動を行ひ又明瞭な興奮状態を示す等漸次成長期の型に移行する。

成長期のものでは昇空 2,000~3,000m 迄は最初頭部を、次に漸次軀幹をば前肢で摩擦し稍不安の状態を示す。

4,000~5,000m になると不安状態から漸次興奮状態に移り、此の時期に於て四肢にチアノーゼが認められ顔面筋には纖維性搐搦が見られる。又屢々胸鎖乳頭筋の運動 (首振り) を示すが之は呼吸困難の徴であらう。

6,000m 附近からは明かに呼吸の變調が起り (Cheyne-Stokes呼吸に相當する) チアノーゼも募つてくる、之と前後して全身の戰慄が起り引續いて前肢次で後肢が麻痺し更に續いて強直、間代性痙攣が交互に起り之に又纖維性搐搦も加はり 10,000m 前後で Cheyne-Stokes呼吸があらはれて遂に死に移行する。

次に白鼠を固定して低壓室に入れ上昇速度 10m/秒で排氣し各高度で Ekg (エレクトロカルデオグラム) を描記させた結果を略記すれば次の様である。

(イ) 心搏數

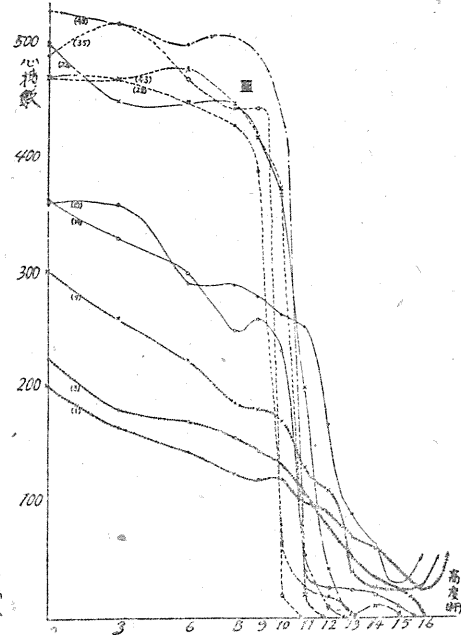
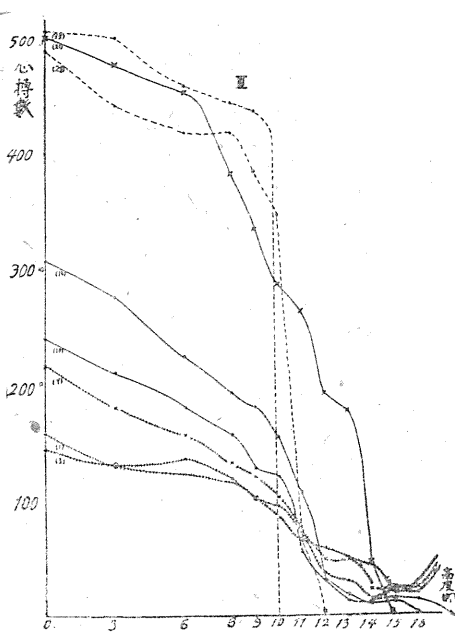
白鼠では幼若のものは成長したものに比べて徐脈で地上計測値は分間 100~200 を算へるが、成長と共に漸次頻脈となり成長白鼠では心搏數 500 以上を算へるものが多い。

今縦軸に分間心搏數を、横軸に低壓度に相當した高度(以下單に高度と略稱する)をとると第2~3圖、※(實驗は7同胞例に就いて行つたが茲には2例のみを掲げた)(心搏數はEkgを6~10秒とつたもので算へ之

第2圖 (括弧内は生後日數)

第3圖 (括弧内は生後日數)

を分間値に直したものである。但し不整脈となつてからは分間計測によつた。圖中 16km 以上の所で曲線の上向してゐるのは復壓後蘇生能力のあることを示



す)の様に高度の上昇に伴ひ分間心搏數は漸次減少し(成長獸では初期に一時心搏數の増加が認められる事がある)10,000m 附近になると各生長期共心搏は頓に緩徐となり且又不整になる。幼若者について之を觀察すれば、房室刺戟傳導時間並びに心室内傳導時間が延長し次で房室分離、心室收縮脱漏或は心室性期外收縮を伴ひ更に進展しては心室自働が起り著明の徐脈性不整脈を呈して來る。

殊に成長獸に於ては斯の様な推移の觀察されることもなく既に夙く心働の停止するものが多い。

出生直後から幼若初期にかけては16,000mの高度の低壓に於ても尙ほ心搏が認められ、従ひこの時一時前に記した様な重篤な心臟機能障礙の像を示すことはあつても復壓によつて體て再び正常脈に復る。

生後10~14日の幼若中期では個体差により14,000~15,000mで心働停止を來し死亡する例もあるが、多くは高空に於て一時心働が停止しても復壓後常態に復歸する。

中期を超へると多くは12,000~14,000m附近で心働停止し復壓しても遂に蘇生せしめ得ない。更に離乳期に近づくと成長期の型に推移し10,000m附近で心搏數は急激に減少し直ちに死に移行する。

(註) 著者は別に成熟家兔を使用した實驗に於て斯の様な心搏數の激減はCheyne-Stokes呼吸發現

並びに血壓の急降下と時を同じうして來ることを認めた。

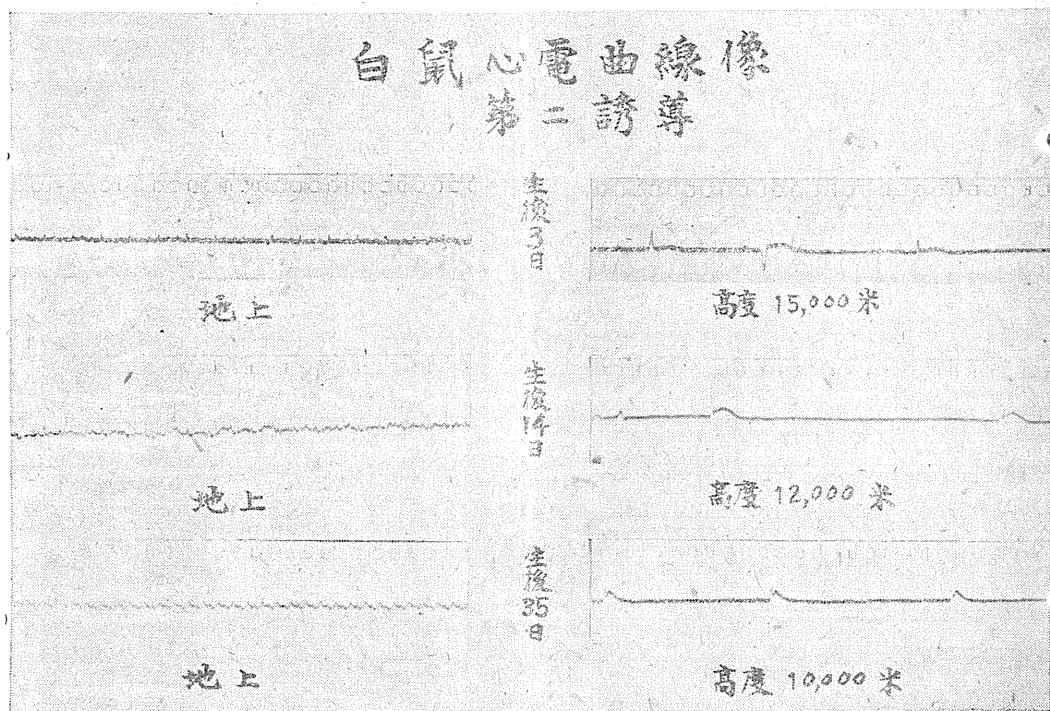
(ロ) 棘高

出生直後はR棘低く P. T. 棘は不分明 (但此の場合低壓高度となるに隨ひ Rは漸次明になる) で 3~14 日目の間に R棘先づ顯著となり P. T. 棘も漸次明になる。

(註) 尙本項については將來更に検討したいと考へてゐる。

(ハ) ST. (中間線) (第4圖参照)

高度約 10,000m を超えて尙ほ生存するものに不整脈が發現することについては(イ)に記述した通
第4圖



りである。斯の様な心機變調は幼若初期のものでは幼若中期のものよりも更に高高度に於て發現し且つこの時期の Ekg~像に見られる ST (中間線) の等電位線からの偏倚は顯著でない。生長の斯の時期に於ては縦令 16,000m の高高度になつても實驗中死亡したものは殆んど無い。

幼若中期即ち大体生後14日前後のもので STは等電位線より甚だしい偏倚を示しその爲に R. T. 棘は殆んど融合して心室棘群は尖塔形の特異な像を呈する。且つ本像の發現顯著なものゝ大部分は引續いて死に移行する。

本實驗の E. K. G. 誘導法を用ひた場合殆んど全ての例に於て ST 舉上を認めた。この様な ST 舉上或は ST 低下は心臟機能病理に於て心筋梗塞又は冠狀動脈不全等を示すものと考へられてゐる (9)。

以上の記述によつて幼若中期以後に於て心筋の榮養状態並に機能は低壓に對し頗る鋭敏になるものゝ様で、このことは或は幼若動物の高空耐性を示す一指標ともなうと考へられる。

考 按

從來の文獻を見るに前に記した幼若動物の再生能力を高空耐性と看做したものがある。著者は茲

に高空耐性の概念を明確にするため先づ生体が低壓に對する抵抗性を二種に分類したい。即ち

(A) 低壓に對し生物學的調節能力を發揮し未だ虚脱に至らない状態を保持する時期にあるもの。

(B) 高度の低壓に對し一見明かな虚脱を示さず尙ほ生命力を失はない状態にあるもの。

Tsu-Te-Chang (8) の實驗によると白鼠は生後 1 箇月では相當度の高空耐性があるが 3 箇月に於て低下を示し以後漸次再び上昇することを認め、これは自律神経系の發達と關聯するものとした。即ち 9 箇月前後のものでは自律神経系の發達が充分で安定してゐるが、3 箇月ものは尙ほ發達が不充分で神経血管中樞不安定、1 箇月近傍のものは更に未發達の状態にあるものと考へた。

此の實驗は主に 1 箇月以前の幼若動物に就いて行つたもので幼若動物の調節能力は未だ成獣の域に達せず低壓に對し鈍感で明かな虚脱を示さず (B) の意味に於て抵抗性を示すものと考へられる。

酸素缺乏に對する心筋の反應に就いても同様で、よく高度の低壓にも耐へ其の搏動作用を保持し又高度の低壓に曝露した際の Ekg-像が幼若初期では成長期に見られる顯著な ST-偏倚の像を示さないことなどから成長獣に比べて心筋障礙の度が著しくないことが想像される。

この事について G. Schubert, A. Grüner (6) は幼若動物では其の代謝が非酸化的過程に於て行はれるのだらうと謂ひ M. Reiss (4) は其の解糖に特異な點があると考へ、又近來 Szent-Györgi (7) は個體發生的にも系統發生的にも其の分化初期に於ては呼吸即ちエネルギーの開展は主として醗酵により、後期にあつては主として酸化によるのだと論じ、更に亦 A. Blazsö (2) は白鼠 (筋肉を材料とする) に於て上記の呼吸型式の變換が C_4 -デカルボン酸系の完成と共に生後約 2 週間で行はれると云ひ、幼若中期までに於て白鼠の心臓機能が高度の酸素缺乏に耐へ得ると云ふ本實驗の成績に符合してゐる。

幼若白鼠の高空耐性の本態に關しては例へば冠狀血管以外の脈管によつて心筋が特殊な榮養を受けてゐる等 (1) 組織學的に特異な點のあることが考へられるが其の他に前に記した代謝型式の變轉も尠からず關係するものと信ずる。

是に就いては引続き組織代謝に關する研究を行ひ或は又心筋榮養に關する組織學的檢討を加へたいと考へてゐる。

總 括

(イ) 著者は同腹の白鼠を用ひて低壓内での幼若動物の心臓機能を E. K. G. を用ひて検査した。

(ロ) Szent-Györgi 學派の實驗報告に述べられてゐる呼吸型式の變換期たる生後約 2 週間目前後を轉機として白鼠の心搏數に對する低壓の影響に於て、又高度の低壓に曝露した場合の E. k. g. 像に於ても著明な差違が現はれ幼若動物の高空耐性が大であるといふことを認めた。

文 献

- | | |
|--|--|
| 1) Benninghoff, A. Möllendorf Handbuch 223 | 7) Sz-Györgi. (1937) Studies on biological oxidation and some of its catalyst. |
| 2) Blazsö, A. (1936) Z. f. phys. Chem. 244, 138 | 8) Tsu-Te-Chang. (1934) Luftf. Med. 2, 231 |
| 3) Brustle, R. (1940) Luftf. Med. 4, 273 | 9) Wendt, L. (1941) Arch. f. Kreisf.-forschg 8, 74 |
| 4) Reiss, M. (1931) Z. f. exp Med. 79, 345 | 10) 吉村文三 (1940) 軍醫團雜誌 331, 1513 |
| 5) Reiss, M. & Haurowitz, F. (1929) Kl. Wschr. 19, 743 | |
| 6) Schubert, G. & Grüner, A. (1936) Kl. Wschr. 15, 385 | |

主刺激電流の前後に弱い電流を附加した2段電流刺激の實驗 612.014.424.081

〔第3報〕 神經に於ける弱い直線の上昇電流刺激の影響に就て

日本醫科大學生理學教室

二階堂保彦

Nikaido - Yasuhiko

(昭和22年2月14日受付)

I. 前 言

直線の上昇電流刺激の業績を顧れば、Lucas, K. (2, 3) は鹽類溶液の内の動かし得た直線の上昇電流を以て實驗し、minimal gradient なる事實を發表した。その後 Fabr., Ph. (1) は2極管及び3極管と蓄電器にて得たる直線の上昇電流を以て、*constante linéaire* なる一つの恒数を提示した。本邦に於ても杉 (6, 7, 8) の實驗があるが、閾値以下の弱い直線の上昇電流刺激の影響の研究は未だ見ない。此處に於て著者 (4, 5) は曩に2段直角電流刺激なる題目にて發表した實驗に引続き、第1段の電流を直線の上昇電流となした2段電流刺激によりその影響を觀んと試みた。

II. 實驗材料、裝置及び方法

著者 (4, 5) の曩に發表した2段直角電流刺激の際と同様な實驗材料及び裝置を以て行つた。

實驗材料は大部分トノサマカヘルの坐骨神經腓腸筋標本を用ひた。

刺激電極は内徑7mmのガラス管を以て造つた Zn-ZnSO₄-Gelatin-Ringer 電極を用ひ、氣温の高い季節には、Gelatin-Ringer の代りに Kaolin-Ringer を用ひた。

回路は大部分第1圖の配線を採用した。圖中 K₁, K₂, K₃ は夫々電流斷流器の電鍵である。suffix の順に開放した。電流斷流器は東式 pendel と橋田式 Rheotom を用ひた。

E₁, E₂ は東洋乾電池製45Volt, C は電流の型によりラヂオ用ペーパーコンデンサー 10μF か、或はラヂオ用電解蓄電器 82μF を用ひた。

第1圖に於て R₁ はラヂオ用カーボン抵抗5万 Ohm を、他は加減抵抗器を用ひた。R₃ と R₄ の和を常に5万 Ohm になる様に加減し、R₁, R₃, R₄ の和を一定となし R₂ の讀みにより電流の強さを簡単に知る様になした。

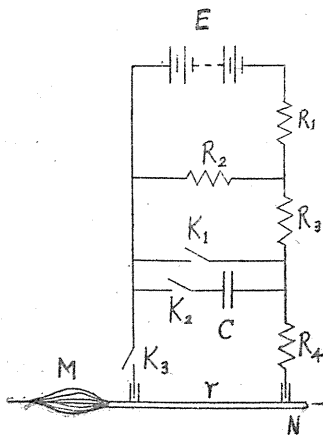
電極—標本—電極の抵抗は大約 10万 Ohm であつた。之を r を以て表すこととする。先づ E, R₁, R₂ により得られた電壓 E' をそれ以下の回路に與へたとすれば、標本を流れる電流は

$$\frac{E'}{r+R_3+R_4} \left\{ 1 - e^{-\frac{1}{C} \left(\frac{r+R_3+R_4}{rR_3+R_3R_4} \right) t} \right\}$$

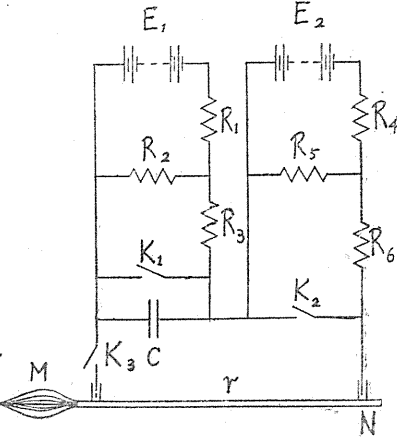
である。

$t = \infty$ に於ける電壓を V_{∞} とすれば、 V_{∞} の $1/2$, $1/3$ 等に至る迄の時間は上式より計算して C, R_3 を變へる事に依り任意の時間が得られる。これにより比較的直線的に上昇する最初の $1/2$,

第1圖



第2圖



$1/3$ の部分を直線的上昇電流として與へその後を K_2 を切斷する事により急激に直角電流となし刺激した。

第2圖に於て、 $R_1 = R_4$, $R_3 = R_6$ となし E' を以て得られた直線の上昇電流の上に E_2 を以て得られた直角電流を重ねて刺激した。

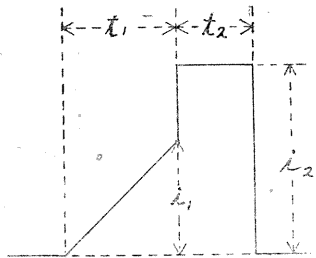
標本は前者 (4, 5) と同様の刺激箱に装置し横杆に導き、

隔壁固定法により、筋側に陰極を置き液性に刺激し、最小攣縮を以て示標とした。

III. 實驗成績及びその考察

前述の如き實驗方法に依り得たる電流の期間と強さを第3圖の如く名付けた。即ち前に附加した

第3圖 電流の模型圖

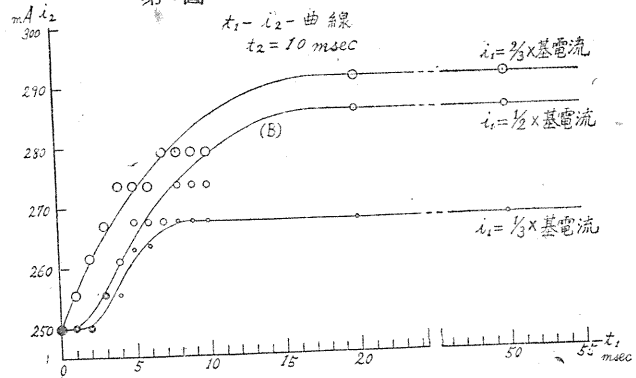


直線の上昇電流の直角電流に移行する迄の時間を t_1 , 直角電流に移行する時の最高の強さを i_1 , 後の直角なる主刺激電流の期間を t_2 , 強さを i_2 とした。

A. 今 i_1 即ち前の直線の上昇電流を常に基電流以下の或強さに至つた時に、主刺激電流を加へる如く實驗すれば、第4圖中の (B) 線の如くである。これに依れば主刺激電流の期間 t_2 を 10msec の主要利用時以上の期間とせる時、 t_1 即ち前に附加した直線の上昇電

流の期間が長くなるに従ひ、 i_2 即ち主刺激電流の閾値は基電流より指數函数的に次第に上昇し、 t_1 が 10~50msec にして一定値となつた。この指數函数的上昇は杉 (6, 7, 8), 山中 (9) 等の言ふ如き陰極電氣緊張に依るものと思はれる。後の一定値を示す時間は 100msec 程度しか觀察せず、更に延長した際には直線の上昇電流の上昇程度が非常に

第4圖



弱くなるが、電氣緊張を起し得る程度以上なるか否かは更に實驗の必要を認めた。直線の上昇電流

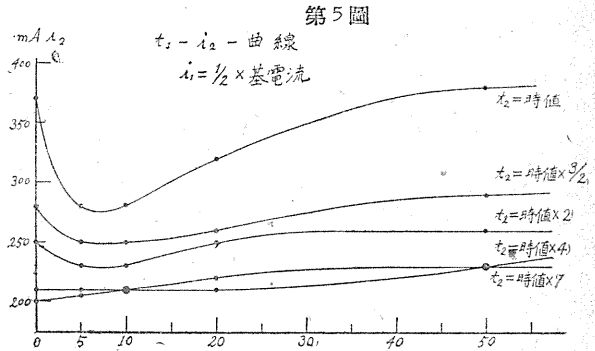
では最初の附加電流の短い部分に於て、直角電流の際觀察せられたと異り、主刺激電流の値 (i_2) が暫く基電流の値を持続する如き現象は明瞭に認められなかつた。

B. 次に前に加へた直線の上昇電流の i_1 を夫々基電流の $1/3, 1/2, 2/3$ とすれば、第4圖の如く前の電流の上昇が急に増加し、 i_1 がより強ければ強い程、 i_2 即ち主刺激電流の閾値も指數函數的に高い値に上昇し一定値となつた。この現象は直角電流の場合に於ても同様に認められた。

C. 更に i_1, t_1 即ち前に附加する直線の上昇電流を同様の條件となし、 t_2 即ち主刺激電流の期間を夫々時値の $1, 1\frac{1}{2}, 2, 4, 7$ 倍とすれば、第5圖の如き結果を得た。之に依れば t_2 が時値の $1, 2$ 倍程度の主要利用時以下の短い電流に於

ては、 t_1 を零より次第に長くするに従ひ、一旦下降し次いで指數函數的に上昇し、最後に一定値を示すに至つた。この際 t_2 が長くなるに従ひ、下降及びその後の上昇の割合も増加し、最後に示す一定値も t_2 の長い程低い値となつた。この後の上昇は前述の如く陰極電氣緊張に依るもの

と思われるが、最初の下降は前述の2段直角電流の實驗に於けると同様、附加電流が電流切斷後も尾を引いて残り後の電流に加重せられて閾値を下げる如く影響したものである。 t_2 が主要利用時以上の長い場合には、前實驗の如く一旦下降することなく最初より指數函數的に上昇した。この最初の t_1 の短い部分に於て2段直角電流の場合に認められた如く、基電流の値を暫く連続してその後上昇する等の現象を觀察することが出来なかつた。



IV. 結 び 言 葉

2段直角電流刺激の實驗に引続き、1段目の電流を直線の上昇電流となせる2段電流を以て蛙の坐骨神経を隔壁固定法を用ひ液性に刺激した。その結果直線の上昇電流の影響を前報告の直角電流の影響を同時に満足すべき刺激過程を考察するに、前報告の際即ち直角電流のみの場合考へられたより以上に複雑な電氣的過程を以て刺激と言ふ現象が行なわれるものなる事が推察される。

拙筆に鑑み御懇篤なる御指導と御校閲を賜りたる恩師戸塚武彦教授に心からなる感謝の意を表す。

文 献

- 1) Fabre, Ph. (1937) Arch. internat. physiol. 45, 116
- 2) Lucas, K. (1907) J. physiol. 36, 253
- 3) Lucas, K. (1908) ditto 37, 459
- 4) 二階堂保彦 (1943) 日本生理誌 8, 32
- 5) 二階堂保彦 (1943) 日本生理誌 8, 41
- 6) 杉 靖三郎 (1936) 日本生理誌 1, 33
- 7) 杉 靖三郎 (1937) 日本生理誌 2, 88
- 8) 杉 靖三郎 (1939) 日本生理誌 4, 98
- 9) 山中俊雄 (1940) 日本生理誌 5, 43

汗のカリウム濃度及び發汗時のカリウム代謝 612. 792. 1

千葉醫科大學生理學教室

福田 篤 郎

Hukuda - Toku - Ro

(昭和22年4月19日受付)

I. 緒 言

汗の無機成分の研究は發汗時の体液補給の見地からして緊要なるのみならず、亦發汗機序解明の重要な手がかりともなる。従來の研究は主として汗主成分たる食鹽の問題に向けられたのであるが、著者は筋肉活動、疲勞現象に重要なる關係を有するカリウムに關して検討を試みる次第である。汗のカリウム含量はナトリウム及びクロールを除いた他の無機成分中で最大なるものであるが、その濃度に關しては従來の報告をみるも全く區々であり、50mg% 或はそれ以上の値を報告する者(6)もあれば、20mg% 以下の値を見る者(2)もある。著者は先づ汗のカリウム濃度が何が故にかく不定なるかを明かにすべく、溫熱發汗時に於ける發汗經過に伴ふ汗カリウム濃度の消長を調べ、次で發汗時のカリウム代謝を明かにせんとするのである。

II. 實 驗 方 法

約 50°C 前後に保てる電燈浴装置に被檢者を裸体のまゝ入れ(頸から上部は室温)、背面に流れる汗滴を試験管にて採集する。毎回の採汗前に蒸溜水にてしぼれるタオルを以て採汗面を清める。汗は約 3cc 採集し、濾過したる後分析に供する。

第1表

かかる方法では採汗時蒸發による汗の多少の濃縮はさげ得られないので、Clの濃度をも同時に調べ既知の確定事實と比較をなし判定に誤りなきを期した。Kは Kramer-Tisdall 法により、Clは Rusznyak 法により定量す。尙尿中のK定量は濕性灰化後行つた。

例1. I. 31才 (總發汗量 375g) 10月9日

時間 (分)	溫度 (°C)	汗K濃度 (mg%)	汗Cl濃度 (mg%)	Cl as KCl / Total Cl × 100	脈搏
0	47	—	—	—	80
10	48	41.5	50.6	75	74
20	49	19.6	195	9.1	102
30	50	12.0	261	4.2	108
40	50	11.0	302	3.3	122

例2. H. 22才 10月9日

時間 (分)	溫度 (°C)	汗K濃度 (mg%)	汗Cl濃度 (mg%)	Cl as KCl / Total Cl × 100
0	55	—	—	—
5	55	112	205	50
10	55	42	212	18
15	55	32	220	14
50分間室温				
0	45	—	—	—
5	45	69	165	38
10	45	31	77	37
15	45	28	107	24

III. 實 驗 成 績

1. 汗のカリウム濃度 汗のK濃度は發汗開始當初に於ては常に高い値を示し50~100mg%に達する。しかして發汗經過に従い急速に低下し、約20分後に於ては 20mg% 或はそれ

以下になる。第1表例1に於ては發汗室温度次第に高まり汗 Cl 濃度はK濃度とは正反對に發汗經

過につれ急速に上昇してゐる。汗 Cl 濃度が發汗速度上昇と共に高まることは多くの研究者により認められて居り (3) 本例は發汗速度が發汗経過に於て増加せるものと考へられる。今 K 濃度を支配するものが發汗速度であるか或は發汗持続時間であるかを決定するために、發汗溫度を調節して急速發汗及び緩徐發汗を相次で行はさせるに、同表例 2 に見る如く Cl 濃度の變化とは全く無關係に K 濃度は何れの場合も初期に高く末期に低い。即ち K 濃度を支配するものは發汗持続時間であることが分る。然して本實驗の如き發汗速度比較的大なる流汗の状態では發汗速度と K 濃度低下の度合に明かな關係が認められない。反復發汗を行はしめる場合その間隔が短かければ初期の K 濃度も比較的低い。

發汗初期に於ける K の高濃度は蒸發による汗濃縮にもとづくものではなく、K 含量を Cl のそれと比較すべく Cl の幾%が KCl として計算され得るをみるに、發汗の初期に於ては大約 50% と云ふ高い値が得られこの値は次第に低下し Hancock 等 (2) の得た 10% 或はそれ以下となる。

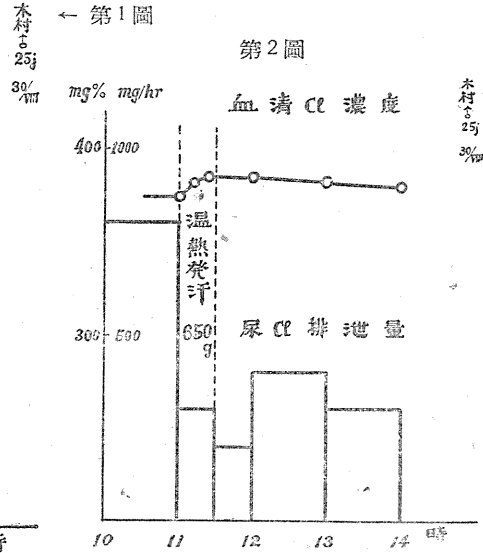
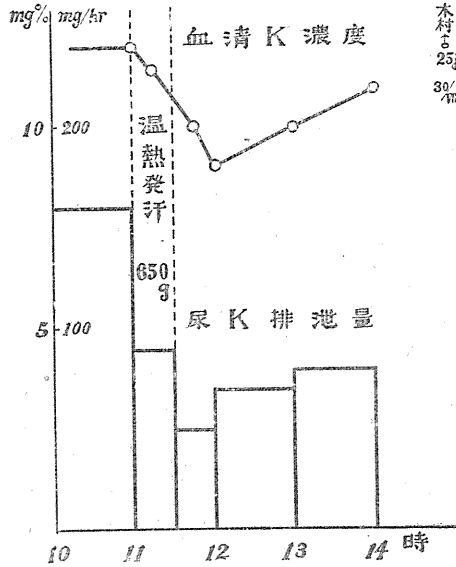
Borchardt (1) は著者と類同な實驗條件下で發汗期の初期及び末期の汗 K 濃度を比較して多くの場合末期に於て減少の傾向のあることを指摘してゐる。その後 Hancock 等 (2) は初期の汗には表皮及び皮脂腺分泌物の混入するため K 濃度高く、汗自体の K 濃度は 14~25mg% の低い一定の値を示すものであると反駁してゐる。この點に關しては毎回皮膚の清拭を行い且つ短時間内に發汗を繰返すも K の濃度變化が同様な経過をとる (上述例 2) ことからして、汗自体の K 濃度が變化するとみなすべきであらう。

2. 發汗時のカリウム代謝 發汗による K 損失量は上記の事實よりして簡単に汗量×汗 K 濃度で求め得られない。然し本實驗に於ける如き流汗の状態に於ては K の平均濃度を 20~30mg% と假定するとも大差ないと思はれる。しかる時は發汗時に於ては K は Cl に反し常に血清 K 濃度以上に於て放出されることとなり K 代謝上重大なる變化の招來せらるゝことが豫想せられる。依つて著者は發汗時に於ける血清 K 及び尿中 K 排泄量の時間的経過を追及しこの間の消息を明かにせんとする次第である。

第 1 圖にみる如く血清 K 濃度は發汗開始と共に著明に低下し發汗停止後も尙下降するも、やがて次第に恢復し發汗前の値に戻る。この事柄は第 2 圖に示す血清 Cl 濃度變化と著しい對照をなす。即ち後者は多少増加を示すもさしたる變動を來さない。尿中排泄量に對する影響を檢討するにあつてはこれが正常時の時間的變動に注意せねばならない。本實驗は日中正午前に行つたので、この間 Cl の排泄は大約定常なれども K 排泄は時間経過につれ低減する (福田 4)。K 排泄は第 1 圖にみる如く發汗時やゝ低下し多くの場合汗による損失をやゝ補償する傾向がある。

一方 Cl の排泄は多くの場合發汗時及び發汗後に於て明かに低減し汗による損失の補償がみられる (第 2 圖)。然しながら補償される絶對量の正確な値は容易に求められ得ないが、K の場合は勿論 Cl の場合も汗による損失量よりも少い。汗による水分損失も腎機能調節により多くの場合かなり補償をうけるのであり、發汗後 1~2 時間にわたり尿量低下し比重は上昇する。この際 Cl の濃度

は常に上昇し、その期間は1~3時間或はそれ以上にわたるも、尿量減少の方が強くその結果上記の如き補償が行はれる。これに反しK濃度の消



長は不定であり或は上昇し或は下降し、特に尿量減少著明な時には上昇をみる様である。

IV. 考 察

以上の実験よりして、従來の汗中カリウム濃度の報告が全く區々であるのは、カリウム濃度が發汗の経過に於て低減すると云ふ事實を無視せるためであらうと推測される。さて汗の陰イオン中でクロールに次いで多量に含有されて居るものは乳酸であり磷酸は全く痕跡的である(7)。然しこの乳酸イオンの濃度に關し新田(5)は多くの場合發汗初期に高く140mg%にも達しその後概して低下し50~90mg%となると報告して居る。この事柄は汗中のカリウム濃度経過と非常に類似して居り兩者の間に密接な關係の存することが推論される。この點に關しては改めて實驗を試みカリウム濃度變化の真相をも追求せんとする次第である。

發汗後の血清無機成分の變化については既に Borchardt(1)により報告され、中等度發汗に際し血清カリウムのみが著明な減少を示すも、ナトリウム及びクロールは殆ど變化せぬことがみられて居る。この事柄は著者の實驗に於ても認められ且つカリウムの減少は發汗後多くの場合1~2時間にわたり觀察される(第1圖参照)。しかして Borchardtは發汗後容易に筋疲勞を來すのはカリウム損失に歸因するであらうと論じて居る。著者も發汗後、特に發汗を伴ふ高温時筋疲勞後一度恢復せる血清カリウム濃度が再び著明に低下し10mg%或はそれ以下に下る場合があり、その際には強度の倦怠感を來すことを経験して居り、血清カリウム減少状態と疲勞との間には密接な關聯あるものと考へる次第である。今發汗により比較的的多量に損失をうける体液成分たるクロール(ナトリウム)及びカリウムの消長を比較するに、クロール損失は体液濃度以下に於て行はれ(汗クロール平均濃度0.05~0.2%),これに反しカリウム損失は体液濃度以上に於て行はれること既述の如くである。従つて發汗後水分補給が行はれぬ場合には体内に於てはクロール(ナトリウム)の比較的過剰

状態が起り、カリウムに関してはそれが貯蔵器官よりの補給が急速に行はれぬ限り血清中の濃度は低下する理である。然しかゝる体液變動は一方腎機能により調節をうけるものであり、既述の如く尿中のクロール濃度は常に上昇するも尿量減少のためかへつて排泄減少となり、その結果は上記の体内過剰状態を増強することとなる。然るに血清クロール濃度の上昇軽微なるは久野 (3) の明かにせる如く一時皮膚に貯蔵されるに由ると思はれる。尿中カリウム排泄に関しては既述の如く汗による損失の補償作用が明かでない。従つて血清カリウムの損失は顯著となり、然もその補給が急速に行はれぬために著しく低下するものと思はれる。

今汗のカリウム濃度を 30mg% とすれば 500g の發汗により 0.15g のカリウム損失となり之れは血清中のカリウム總量の大約 1/2 に相當するも、實際それ程の低下がみられぬのは他所よりの補給によるものと思はれる。發汗後隨意に攝水を行はしめる時は、その量は常に汗量以下であり、水負債の状態が残される (3)。かかる現象は体液クロール濃度調節には有意義であるが、カリウム濃度調節上には有効でない。飲水後に於ては血清カリウム濃度は低下する、發汗による鹽分損失を補ふといふ立場より飲水時食鹽を與へることが奨勵されて居るが、その觀點よりすれば同時にカリ鹽を與へることも必要である。

IV. 總 括

1. 汗中のカリウム濃度は發汗當初に於ては 100mg% にも達するも、發汗持續につれ急速に低下し 20mg% 内外となる。カリウム濃度を支配する重要な要素は發汗持續時間である。
2. 發汗當初に於てはクロールの半分は鹽化カリとして計算され得る。
3. 發汗により血清のカリウム濃度は著明に低下する。

終りにあたり小林丘、高木一男兩君の協力に對し感謝の意を表する次第である。

文 献

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Borchardt, W. (1926) Pfligers Arch. 214, 169 2) Hancock, W. et al (1930) Proc. Roy. Soc. B. 105, 43 3) 久野 寧 (1946) 汗 (養徳社發行) 4) 福田徳郎 (1947) 醫學と生物學 10 | <ol style="list-style-type: none"> 5) 新田初雄 (1942) 日本生理誌 7, 529 6) Talbert, G. A. et al (1933) Am. J. P. 104, 441 7) Whitehouse, A. G. R. (1935) Proc. Roy. Soc. B. 117, 139 |
|---|--|

人體筋活動時に於けるカリウムの動き 612, 126

千葉醫科大學生理學教室

福田篤郎・小林 丘

Fukuda-Toku-Ro・Kobayashi-Takashi

(昭和22年7月3日受付)

I. 緒 言

近時疲労現象の根源を細胞・体液間の電解質移動に求めようとする Eppinger(1), Müller(10)等の試みはこの方面の研究に新たな光明を與へつゝある。然しながらその根底をなす主なる現象、即ち筋收縮に際して筋内Kが血中に放出されると云ふ事實は最近に至つて漸く確認された次第である(3)。思ふにかゝる比較的簡単な現象が従來の幾多の研究にも拘はらず容易に確證出来なかつたことは、一つに實驗對象及び實驗條件の選擇によるものと思はれる。即ち、人体を對象としての従來の研究は短時間の激勞後の靜脈血清中のK濃度變動を追求することにあつた。然しかゝる條件の下に於てはアドレナリンの分泌、或は肝・腎による血中K調節機構參與等の影響により筋・血液間のK移行の真相は容易に把握出来ないのである。一方小動物を對象として筋の直接分析により筋内Kの消長を調べた研究に於ては時間的關係が不明であり、或は又灌流實驗を試み灌流液K濃度より筋活動時に於けるその移行關係を調べようとする研究では生理的條件の滿されないため未だ一定の成績が得られて居らないのである。

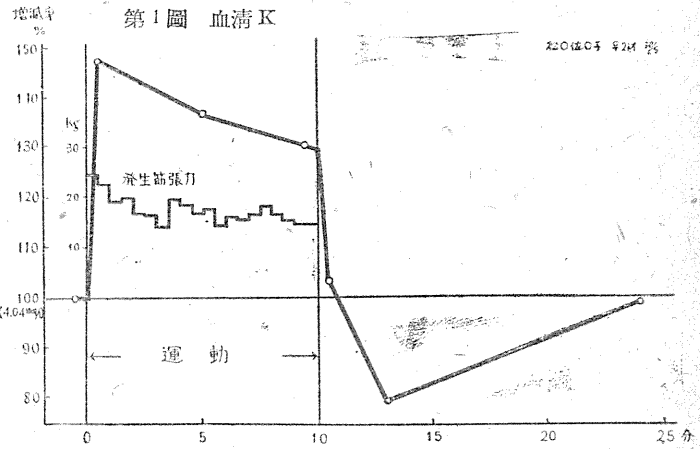
こゝに於て著者等は人体で最も理想的と思はれる實驗條件の下にK移動關係を主体に筋活動時の筋・血液間の物質移動を特に時間的關係に於て追及し、従來の文獻上の不一致をも明かにしようと思つた次第である。即ち、著者等は被檢者に局所筋運動をさせ全身的影響を極力さけ、局所に入出入する動・靜脈血を分析比較することにより筋・血液間の物質移行を研究したのである。

II. 實驗方法

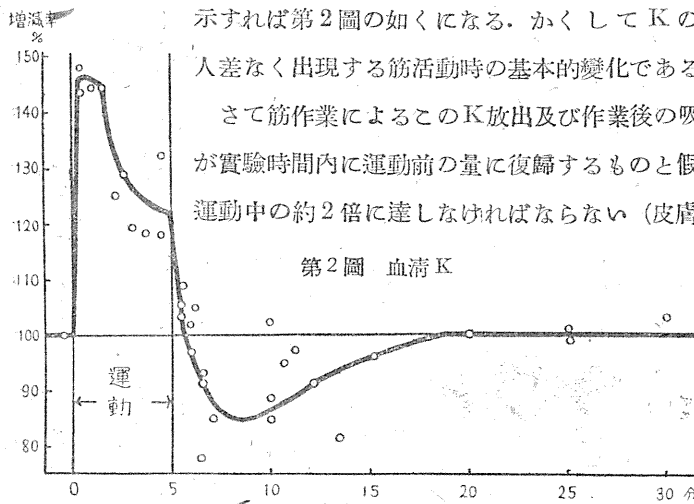
坐位の被檢者の机上にのぼした右手にスメドレー型握力計を持たせ、メトロノームを合圖に1.5秒間隔に1.5秒間強く握らせて局所筋運動を數分間反復させた。その前後に於て數回にわたり同前膊動脈及び貴要正中靜脈より同時採血をする。靜脈採血は總て緊迫なしの條件に於て行ふ。採血量は1回8ccとし全採血量が50ccを越えぬやう注意した故、全身的影響はないと考へてよい。採血後は遠心分離により血清をとり、K定量はKramer-Tisdall法、酸可溶性無機磷酸定量はYoungburg-Youngburg法によつて行ひ、血清蛋白濃度はPulfrich屈折計で測定した。乳酸定量はMendel-Goldscheider法により全血について行つた、總て定量は2回行ひ正確を期した。

III. 實驗成績

A. 筋活動時に於ける筋・血液間のカリウム移行関係 安静時の動・静脈血の血清K濃度には採血時緊迫鬱血させない限り相違が見られず、又本実験程度の局所筋運動では運動中及び運動後に於て動脈血清K濃度はいさゝかも變化しないことを確めたので、動脈採血は必ずしも常に反復行ふ必要はなかつた。運動中及び運動後の静脈血清K濃度を安静時のそれを100%として圖示すれば第1圖の如くなる。即ち、運動を開始すると静脈血清K濃度は急激に増加し、約150%に達した後最初急速に後ゆるやかに減少する。かくして反復筋収縮の行はれる限り筋より血液へKの放出の行はれることが分る。而して運動を停止すると静脈血清K濃度は急速に降り、遂に基準線を越へて低下し、約3分後には最低に達し(略々安静時の80%)、再び上昇しゆるやかに安静時の値に復歸する。即ち、運動停止後に於ては血清Kが急速に筋内に吸収されることが分る。かゝる顯著な、しかも急速なKの筋血液間の移行現象はすべての個人についてもみられ、今10名の被検者の相異なる時點に於ける測定値を一括して圖示すれば第2圖の如くなる。かくしてKの移行現象は普遍的でしかも余り個人差なく出現する筋活動時の基本的變化であることが確認出来るのである。



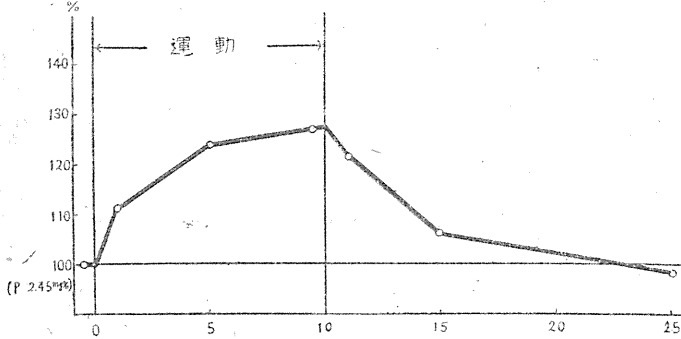
さて筋作業によるこのK放出及び作業後の吸収が過不足なく行はれて筋内K量が實驗時間内に運動前の量に復歸するものと假定すれば、運動後の局所血流量は運動中の約2倍に達しなければならぬ(皮膚及び筋の血流關係は除外して考へる)。かゝる事は常識を以てしても不可能と思はれるので、畢竟反復筋作業後には筋内Kの缺乏が生ずるものと推定される。反復筋運動期間中の筋内K放出も結局毎回の筋収縮及びその後の



休息期間に於ける筋内Kの放出及び吸収の差とみなし得る。従つて反復運動持続につれ筋内Kは漸次減少し過剰放出も低減すると解する事が出来る。かゝる際一方被検者は運動前膊のシビレ感及び著明な脱力感を訴へ且つ又毎回の發生筋張力(第1圖参照)も減少を見せることもこの事柄と關聯を有するやうに思はれる。

B. 筋活動時に於ける筋内陰イオンの消長 上記の如く K は著明なしかも迅速な變化を示して居る

第3圖 血清磷酸

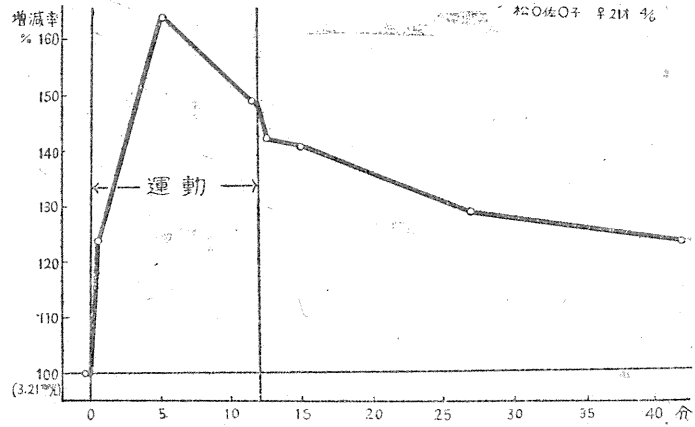


小O佐 3.274 %

が、電氣的平衡を保つを要する故 Kのみかゝる單獨の行動を取る事は出来ない。そこで筋内電解質の主要な陰イオンとして磷酸及び乳酸の靜脈血中に於ける消長を検討してみた。靜脈血清無機磷酸濃度は第3圖に見る如く運動中次第に上昇し運動停止後比較的速かに減少するが、Kに就いて見られた

やうな急速な筋内への吸収過程は起らない。もつとも 20~30 分後に吸収過程が出現する傾向は認められる。次に乳酸の消長を見ると第4圖の如く、運動の初期に多量放出され運動後も相當の時間にわたり放出が持続する。かくして運動開始の初期に於ける Kの放出は主として乳酸及び一部磷酸鹽として行はれるやうであるが、K放出

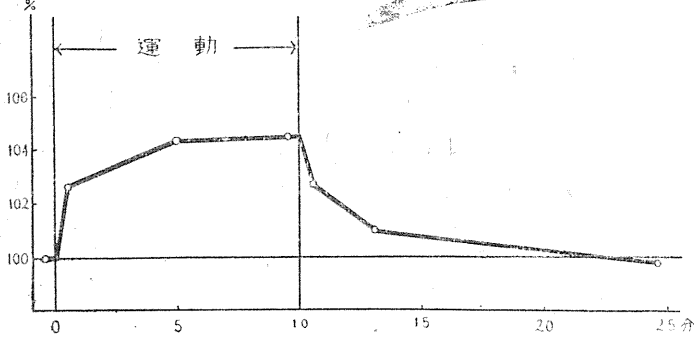
第4圖 全血乳酸



松O佐 9.214 %

の當量は次第に乳酸及び磷酸の當量より減少して來る。尙ほ當量關係は同一被檢血液で行はなかつたため正確なことは言へない。運動停止後に於ける Kの筋内吸収に關しては乳酸は勿論、磷酸も全くその相手をしてゐないことが分る。その他血清 Ca, 血液 Cl 濃度の消長に關しても調べてみたが顯著な一定した變化はみられず、Kの行動を説明し得る他のイオンの動きについては將來の研究に譲ることとした。

第5圖 血清蛋白



松O佐 9.214 %

研究に譲ることとした。

C. 筋活動時の血液水分の消長

次にK放出吸収の機轉に於ける媒体たる淋巴の移動を知るために靜脈血清蛋白濃度の消長をみると第5圖の如くなる。即ち、運動を開始すると共に蛋白濃度上昇し運動後に於てこの血液濃縮状態は漸次恢復する。今筋より血管内への蛋白の滲入がないとすれば、血液水分は運動開始と共に血管外へ移行し、運動停止後といへども尙ほこの淋巴生成は持續することゝなる。運動時及

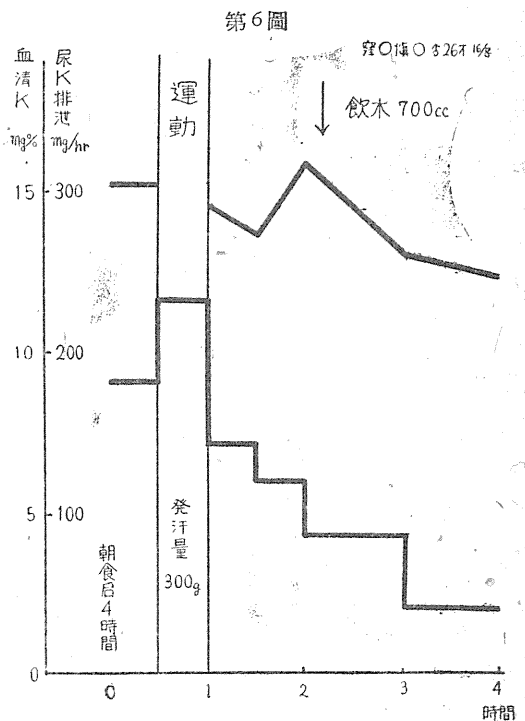
び運動後に於ける淋巴生成は主として開張毛細管數の増加及びその擴張による濾過面積の増大 (8) に歸因するものと思はれる。何れにしても淋巴の著明な移動は筋より放出された K を淋巴系路に追ひやることになり血液のみの觀察では既述の如き K 移動の量的檢討は行はれ得ないことを知つた。

IV. 考 察

人體筋勞作時に於ける血清 K の消長に關してはそれが運動後増加する (1) とも云はれ、或は一定の變化を示さずとも云はれ (12) て居り、一致した成績が得られて居らなかつたが、最近 Keys (7) は短時間の激勞直後には血清 K は安靜時に比して 25% 近くの上昇を見て、1 時間余の後始めて初値に安定するといふ波狀的變化をとることを見て居る。之れは要するに諸家の知見の相違は時間的經過を觀なかつたことに歸因し、運動後の採血時點の選び方で或は上昇、不變、逆に減少と言ふ矛盾を見たのである。Keys がこの時間的經過に於て K の消長を觀察したことは將に特筆すべきことであるが、運動中の状態は不明であり、又かゝる實驗條件では血清 K 濃度の變動を直ちに骨筋と血液との K の移動に歸するわけには行かぬ。即ち、既述の如く腎に於ける K 排泄、肝に於ける K 出入 (5) 等を考慮しなければならぬ。著者等の實驗にして初めてかゝる複雑な條件の介在しない筋活動時に於て筋と淋巴血液との間の K 移行關係が如實に觀察され得たのである。かくして筋收縮時には筋内 K の放出があり弛緩時には直にそれが吸収さ

れるが、量的にみると回収は不充分で放出量が超過することが明かにされた。超過量の一部尿中に排泄されるが、肝での攝取も考へなければならぬ。短時間の激勞 (30 分間の背筋力計の反復牽引) 前後の靜脈血清 K 濃度及び尿中 K 排泄關係の 1 例を圖示すれば第 6 圖の如くであり、運動期間中の尿中 K 排泄は明かに増加して居る。血清 K 濃度の消長も大略局所筋運動で見たものと一致するけれども、本實驗の如き晝間に於けるかなり長時間の經過に於ては尿中 K 排泄及び血清 K 濃度の 24 時間週期的變動の現れのため (福田 6) 兩者共時間の經過につれ低減する。筋が收縮する度の筋内 K の缺乏は熱源物質の消費、乳酸の蓄積と共に筋疲勞の原因となるべく、安靜時再び舊に復するまで回収されねばならないわけである。筋内 K の移動の

機轉に關しては本研究に於ても未だ充分に明かにし得なかつた。筋内 K 放出の動機をなすものは筋内代謝の結果發生する酸性中間代謝産物 (乳酸、焦性葡萄糖) の中和現象 (9) であると考へるならば、(Fenn & Cobb (4) は Na との交換と考へるも根據は不充分である。) K 吸収機轉は畢竟消費せら



れた筋内緩衝系（アルカリ）の復舊であらねばならない。かゝる見地よりすれば如何なる道程にせよ KOH (Osterhout 11 参照) 或は KHCO_3 の組合せで再び筋内に入るべきである。これに關し

第1表 靜脈血清K濃度の緊迫による變化
(緊迫壓は略々最低血壓と等壓で2分間緊迫す)

被檢者	緊迫せず	緊迫す
伊藤 ♂ 28才	17.25mg%	20.52mg%
神下 ♀ 34才	12.85	16.61
岡本 ♀ 20才	14.48	20.73
松田 ♀ 21才	14.27	17.68

ては他日追求することにして、こゝにKの筋細胞内外移行關係が酸性中間代謝産物に支配さるべきと云ふ他の論據實驗を附記する。今靜脈採血にあたり 1~2 分間上膊の緊迫を行へば第1表に示す如く（靜脈血清K濃度は著明に増加する。これは恐らく酸素缺乏状態に於て多量の

乳酸が筋内に發生することあたかも筋活動時と同様なるためであらうと考へられる。この事實は亦靜脈採血時注意せねばならぬ重大な問題である。

V. 總 括

1. 前膊のみの反復筋作業を行はしめ同前膊の動靜脈血を比較し筋作業による筋及び血液間の物質移行を調べ以下の成績を得た。

2. 筋内Kは運動開始と共に大量に血中に放出され運動を停止すると急速に再び血液より筋内にもどる。吸収は量的にみて不足である。

3. 筋内の乳酸及び磷酸は運動時並びに運動後にわたり筋より血液に放出される。血液の Ca, Clの消長に關しては明白な變化がない。何れにしてもKのみが特有な消長をみせて居る。

4. Kの著明な移動機轉は簡單には説明され得ないし、その量的検討は運動時及び運動後にわたり著明な淋巴生成が行はれるので血液のみからでは容易にわからない。

本研究は學研風土病研究特別委員會研究費に依る。

文 献

- 1) Eppinger, H. (1938) Z. Klin. Med. 133, 1
- 2) Ewig, W. & R. Wiener. (1928) Z. f. gesamt. exp. Med. 61, 562
- 3) Fenn, W. O. (1936) Physiol. Rev. 16, 450
- 4) Fenn, W. O. & D. M. Cobb, (1936) Am. J. P. 115, 345
- 5) Fenn, W. O. (1939) Am. J. P. 127, 356
- 6) 福田篤郎 (1948) 醫學及び生物學 12, 2號
- 7) Keys, A. (1937) Science 85, 318
- 8) Krogh, A. (1929) Anatomie und Physiologie der Kapillaren.
- 9) Meyerhof, O. & K. Lohmann, (1926) Biochem. Z. 168, 128
- 10) Müller, L. R. (1939) Klinische Wschr. 18Jg., 113
- 11) Osterhout, W. J. V. (1930) J. gen. P. 14, 285
- 12) Tomasson, H. (1928) Biochem. Z. 195, 475

貧血快復時に於ける皮膚色の變化と體溫の關係に就いて [612.56:612.796] 612.116.2

長 島 長 節

Nagashima - Tyosetu

(昭和22年7月16日受付)

貧血症が鐵劑その他の増血劑で速に恢復する時、皮膚の血色が血色素、赤血球量に相當する以上に發赤してみえる。この現象に就いては、毛細血管を擴張する物質が造られるからであらうとし (Müller 5, 1938) 或は高山に登つた時、又は心臟病の場合にみるやうな代償性赤血球増加が起るからであらう (Jürgensen 1, 1938) として未だ原因は明でない。この皮膚色の變化に伴ふ皮膚最小血管 (Krogh 2, 1929) の變動を追及し、これと體溫の關係とを檢索して以下に記述する様な結果を得た。

26例の貧血症に就いて毛細管顯微鏡を用ひ手指の爪溝で最小血管を貧血時と恢復時に觀察した。室溫は20°C前後をえらんだ。

實 驗 成 績

貧血時と恢復時の變化は二様にわけられ、これを a 群、b 群とすると a 群 (17例) は後述の様に恢復初期、中期、終期及び終期完了の四段階の經過を、b 群 (9例) は初期、終期及び終期完了の經過をとる事、又貧血時にあつた微熱は a 群では中期まで続き、b 群では初期に消失する事がわかつた。各群のそれぞれの變化は大體同じであるので代表例に就いて記述する。

貧血時 a 群例：正常では大きさの同じ乳頭が規則正しく並び、最前列の乳頭には何れも活動性毛細血管を認めるが、この例では乳頭の大きさはまちまちで毛細血管の数は少く、その動・靜脈脚は短い。血流は急速で瞬間的に出沒し而も毛細血管の現れる乳頭は一定個所でなく不規則である。即ち少數の血管で最大限に組織の酸素供給を營んでゐる。又正常では深層は最小血管が集つて紅潮してみえるがこの例では全視野は蒼白である。

b 群例：血流は緩慢で a 群の様に不規則に瞬間的に出沒する事はない。其他は a 群と同様である。

恢復時 a 群例：恢復時初期 (乳頭下靜脈叢の現れ始める時期)：毛細血管数は殆んど増加しないが血流は緩慢になる。蒼白な乳頭層を背景にして數本の乳頭下靜脈叢が認められ、色調は鮮紅動脈血色で、血流は搏動性であり、その周期は撓骨動脈に一致してゐる。即ち小動・靜脈叢間に吻合が形成されてゐる事がわかる。毛細血管の色調は貧血時と著しい差はない。皮膚は發赤してみえる。

中期 (最小血管全域の血流急速となる時期)：乳頭の殆全部に毛細血管を認めるがその動・靜脈脚は巾も同じで蛇行状もなく正常形態になつてゐない。乳頭下靜脈叢はその數が増す。血流は全域に亘つて急速で搏動性であり色調は鮮紅動脈血色である。皮膚の發赤は特に著しい。

終期（正常形態となつた毛細血管が乳頭に安定する時期）：血流は次第に緩慢となり毛細血管では血球群が動脈脚を搏動性に走り移行部を充たしつゝ、静脈脚に堆積する。即ち貧血時弛緩してゐた小動脈の緊張が恢復して來た事を示す。こうして静脈脚の中も廣くなり、又蛇行状も示して毛細血管は正常形態となる。乳頭下静脈叢は著明に認められるが次第に消失し始める。色調はまだ全域に互つて鮮紅動脈血色である。皮膚は尙發赤してみえる。

終期完了（乳頭下静脈叢の消失する時期）：色調は正常となり乳頭下静脈叢はみえない。皮膚色も正常となる。

b 群例では以上の所見の中期が認められず初期から終期に移行する。

論 究

皮膚の血色 (vascular coloration; Th. Lewis) を決定するものは乳頭下静脈叢であるとする (Th. Lewis 3, 1928) の説は貧血恢復の場合にも明に確められる。この際特有な事は乳頭下の小動・静脈叢間に吻合が形成されて動脈血が還流する點である。この様な吻合形成が體溫調節にのみ働くものであることは多くの生理學者の認める處である。即ち恢復過程が始まると共に血流配置が變つて貧血時皮膚の蒼白が示す様にその血液は代償的に重要器關へ移行してゐた (Liljesland 及び Stenström 4, 1932) のが逆に動脈血が多量に皮膚表層を環流することが起り温熱の放散が行はれ、又皮膚色も發赤してみえる。生体は恢復の先づ第一に體溫調節を行ふのであつて、實際に次に記述する様な貧血時に酸素負債のなかつたものは貧血時の微熱は消失する。この事から貧血時には温熱の鬱積があるものと考へられる。

貧血時の毛細血管の血流の模様が二つの群によつて異つてゐるのは、組織への酸素供給の著しく不充分なものとさうでないものがある事を示してゐる。前者では貧血時に酸素負債の著しかつたものと考へられ、このものは恢復が進んで組織酸素壓がある程度高まるとその償還が行はれ、温熱成生が起り體溫は上昇するであらう。この群の微熱があつて最小血管全域の血流急速で鮮紅動脈血色調を示してゐる時期の模様はこの事を示すのであつて、皮膚表層の最小血管はその温熱の放散に働いてゐるのであり、皮膚の著しい發赤もこれを表して居り、乳頭下静脈叢はこゝでも初期と同様な態度を示してゐる。

貧血恢復時の皮膚色の變化と體溫の變動は以上の様にして理解できる。

貧血の恢復時にみる上記の最小血管の態度と上膊を緊縛し動脈血流を阻止して後解除の際起る反應性充血時のそれとの間に類似がみられ、又貧血が高度でその恢復が速であればある程皮膚發赤が著しい。これらの點から貧血症が恢復する時も皮膚、筋肉等の末梢組織は反應性充血を營むと考へられ、この際の皮膚發赤の意義は反應性充血と解すべきであらう。

結 論

1. 貧血が恢復する全経過を通じて皮膚の血色は赤血球及血色素の量に相當する以上に發赤する。
2. 貧血恢復時の皮膚最小血管の變化は二様にわけられ初めは何れも乳頭下の小動脈と小静脈との

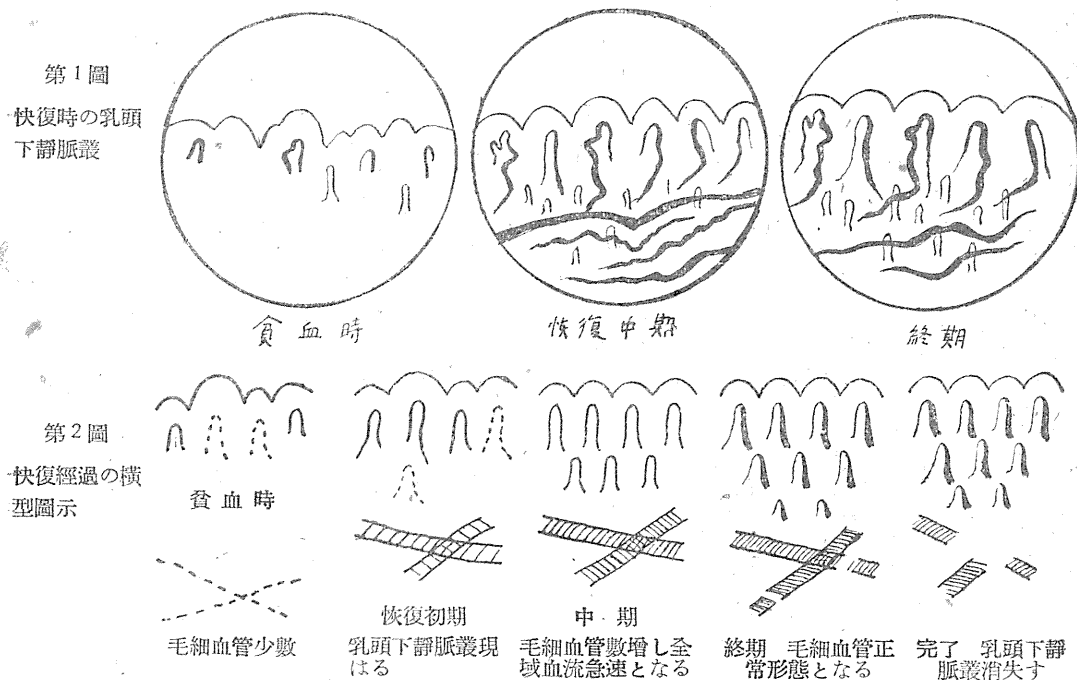
間に吻合が形成されて動脈血が後者と環流し皮膚色は發赤する。一群では貧血時にあつた微熱はこの時期で消失する。次いで毛細血管が正常形態となつて恢復を了る。他の群では初期の變化について最小血管全域殊に増加した乳頭下靜脈叢の動脈血環流が急速となる時期が來て皮膚は更に發赤する。微熱はこの時期までつく。ついでで前同様に恢復する。兩群共に毛細血管が正常形態となつても乳頭下靜脈叢は長い期間残つて居り血管色調は動脈血色で、その間皮膚は發赤してみえる。

3. 皮膚の血色は乳頭下靜脈叢によつて左右され、又此ものは體温調節に重要な意義を持つてゐる。

本研究は東京帝大附屬病院坂口教授の研究室に於て實施した。その整理には生理學福田教授の好意を得た。

文 献

- 1) Jürgensen (1938) zit. O. Müller, die feinste Blutgefäße. Menschen 1, 625
- 2) Krogh, A. (1929) Anatomie u. Physiologie & Kapillaren S. 31
- 3) Lewis, Th. (1928) die Blutgefäße & Menschl. Haut u. ihr Verhalten gegen Peige S. 12
- 4) Liljestrand a. Stenström, (1932) Act. Med. Scand. 63, 130
- 5) Müller, O. (1938) die feinste Blutgefäße & Menschen 1, 625
- 6) 同上



第1表 血液要素値と各期及び微熱との關係 (a群例)

月日	血色素 (ザリー値)	赤血球 ($\times 10^4$)	色素係數	網狀赤血球 (%)		
III 7	22	216	0.5	14	} 初期	} 微熱
11	28	228	0.6	28		
14	30	260	0.6	44		
16	34	274	0.6	72		
19	44	299	0.7	40		
22	52	369	0.7	34	} 中期	} 微熱
29	67	384	0.8	20		
IV 6	75	485		6	} 終期	} 平熱
12	80	507		4		
15	81	526		3		
20	79	511		4		
VI 30	80	502		2		

尿中カリウム排泄の周期的變動 612.461.6

千葉醫科大學生理學教室

福田 篤 郎

Fukuda - Toku-Ro

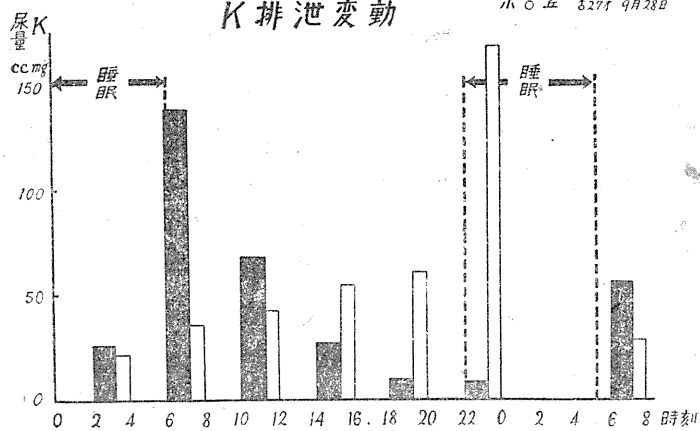
(昭和22年7月23日受付)

近時 Eppinger, Müller 等の疲勞學說以來尿中 K 排泄を支配する主要なる因子は筋活動であるとみなされるに至つた(4)。著者(1)も亦人体の骨格筋收縮に際して筋内主要電解質である K は血中に放出され、次で弛緩時再び筋内にもどるが、一部は尿中に移行することを見て居る。然しながらその單位時間尿中排泄量を見ると、常に午前から午後にかけて漸次低減し、激烈な筋運動も一時的に K 尿中排泄量を増加させるが、この大勢を變へ得るものでない事を知つて、こゝに尿中 K 排泄再檢するに至つた次第である。

第1圖

實驗方法：研究室生活をなす健康男子につき、その日常生活に於て2時間毎連続或は間歇的に排尿させ、單位時間尿量、K 排泄量を測定した。K 定量は濕性灰化或はアンモニア驅出后 Kramer-Tisdall 法により行ふ。

實驗成績：第1圖に示す如く K 尿中排泄は日常生活に於て午前中に高く午後より漸次低減し



第1表 尿中 K 排泄周期

氏名	年齢	日月	最 高		最 低	
			時刻 時	排泄量 mg/時間	時刻 時	排泄量 mg/時間
福田	35才	10/K	12	210	0	30
深田	29才	11/K	8	220	16	130
岳	25才	13/K	8	100	17	40
今井	24才	16/Ⅲ	10	150	2	40
鶴田	20才	6/I	11	310	22	130
"	"	7/I	8	240	20	45
小林	27才	10/K	7	200	0	25
"	"	29/K	7	140	23	5
"	28才	7/Ⅱ	11	240	0	25
水野	30才	27/K	8	170	22	80
佐藤	28才	13/V	11	200	23	50
平 均			9	190	22	55

夜間最低となり翌朝再び増加する。

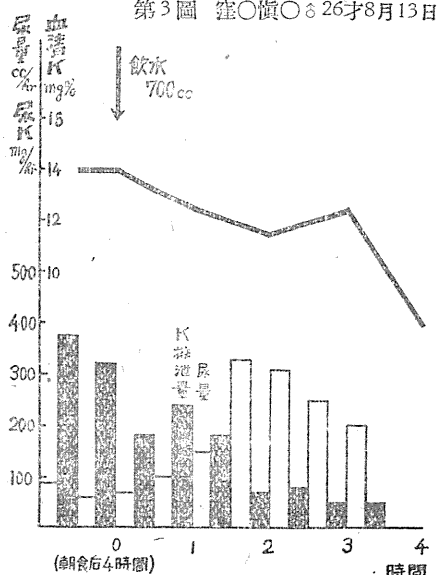
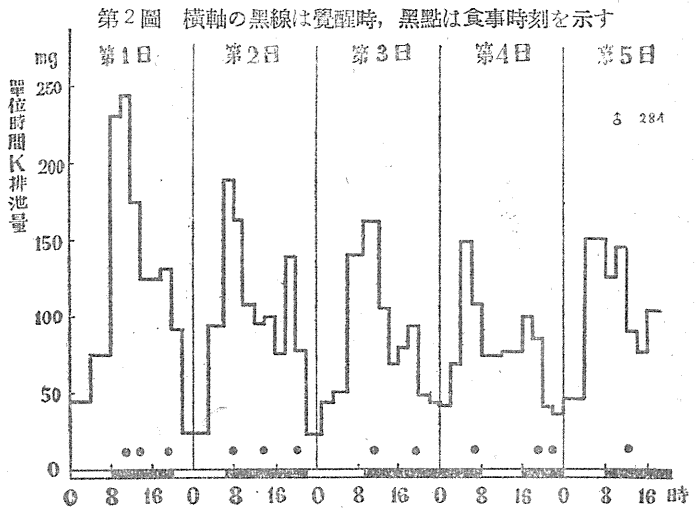
この周期的變動は何れの被檢者にもみられ逆の型はみられない(第1表)。夜間の排泄量減少は尿量減少によるものではない(第1圖参照)。併してこの周期的現象は同一被檢者の連日の観測に於ても繰返しみられるものである(第2圖)。個人によつては夕刻に於て最低値に近づく前に一度短

時間の軽度の上昇をみせることがある (第2圖, 第2日).

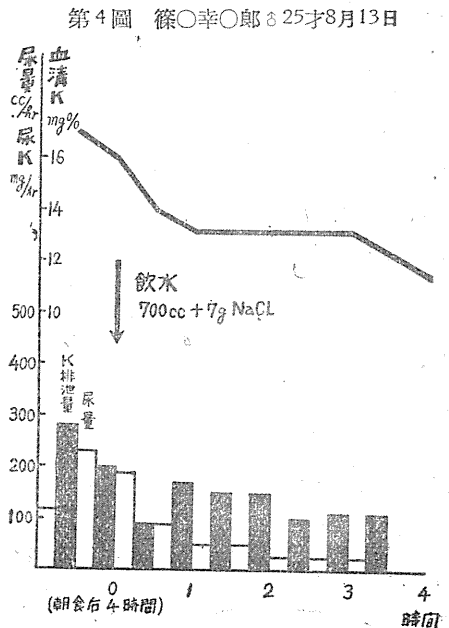
第1圖にみる如く最低値より最高値への移行はあたかも睡眠を契期とする如くみえるが, 1回の徹夜及び翌日の晝寝はこの排泄周期に影響を來たさない (第2圖, 第3~4日). 即ち K の周期的排泄は覺醒及び睡眠に支配されるものではない (この事柄に關しては小林丘により精しく報告することとする).

K 排泄量の變動の大きさ, 特に最高値は個人により又同一個人に於てもかなり變化するものである. 一般に腎機能健全なる限り疲勞状態に於ては最高値が低下する様である. 例へば第2圖に於て連日の定期的採尿で被檢者が疲勞を感じるにつれ, ほぼ同一の食事をとりながらも最高値の低下するところがみられる.

既述の如く激勞は一時尿中 K 排泄を増加せしめるが, この周期的變動の大勢を變へ得るものではない. 同様なことがその他の K 排泄變動因子についても言へる. 即ち, 發汗時にはかなりの量の K が汗により失はれるが, 尿中排泄量の減少は輕微である (2). 亦攝食後の排泄變動も僅少であつて, 700cc の飲水後利尿開始と共に K 排泄も増加するが過剰排泄量は 100mg 内外で, 同時に食鹽の攝取 (NaCl 7g, 水700cc) を行へばその量は場合に



よつては 300 mg にも達するが (第4圖), それが2~3時間或はそれ以上の経過に行はれ尿中1日の排泄量が 3~4g なることを思へば大勢に影響を及ぼさないことが解る.



尿中 K 排泄の周期的變動と血清 K 濃度の消長を比較検討するに多くの場合大略併行關係をみるが、血清 K 濃度は比較的變動し易い量であり更に複雑な經過をみせる。併して血清 K 濃度變動の程度に比べると尿中 K 排泄量の變化は遙かに著しく、後者により血清 K 濃度が調整されて居る感がある。

考察：尿中成分の排泄が24時間の周期的變動を受けることは窒素、Cl、磷酸等につき古くから着目されてゐたが(3)、Kに關しては未だその報告が見當らない。著者實驗に於ても Cl の排泄周期は大略 K と同様であるけれども必ずしも併行關係は認められず、攝食の影響も多分に存する様である。亦無機磷酸の排泄周期は夜間最高、晝間最低で K 排泄周期と逆になつて居り、細胞性成分たる兩者の間に關聯性がない。

既述の如く尿中 K 排泄は血清 K 濃度調節的に働く様であり、かゝる觀點よりすれば腎機能健全なる限り尿中 K 排泄量は要するに K 貯藏所たる細胞（就中筋或は肝）から血中への放出量により決定されることとなる。併して之は細胞の機能（活動—復舊）に支配されるものであるから(1)、K排泄の周期性は細胞機能の周期性に歸因するものと思はれ、凡らく後者を支配する自律神経—内分泌系の周期性の現れと思はれる。内分泌系中就中副腎皮質が最も關聯性を有するものゝ如く、之に關しては別に發表する。

總括：人体尿中 K 排泄は24時間の周期性を有し、夜間最低、午前に最高を示す。これは睡眠とは關係なく、その他諸種の條件、就中筋勞働等による K 排泄變動に比し遙かに強力なる自律的のものである。

本研究は學研風土病特別委員會研究費による。

文 獻

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1) 福田篤郎・小林丘 (1947) 日本生理誌 10, 190 | 3) Tore, A. (1935) <i>Ergeb. inn. Med.</i> 48, 574 |
| 2) 福田篤郎 (2122) 日本生理誌 10, 168 | 4) 暉峻義等 (1946) 勞働科學 22, 1 |

人體のCO₂-容量について 612.261; 615.838.2

新潟醫科大學生理學教室

小林 庄 一

Kobayasi - Syōiti

(昭和22年7月30日受付)

I. 前 お き

組織のCO₂-容量に関する研究は少い。これに関するこれまでの報告をひろつてみると：Brocklehurst and Henderson (1927, 2) は5%以上のCO₂を含むO₂約7lを2分30秒間、再呼吸した時の呼氣のCO₂の濃度の高まり方 (accumulative method, 蓄積法) 及び1分間深呼吸をした時のCO₂-壓と排出されたCO₂量から計算して (eliminative method, 消去法), 人體のCO₂-容量の少くとも半分は血液のヘモグロビンの緩衝能によるといつているが, Adolf, Nance and Shiling (1928'1) は17~34分のCO₂-呼吸によつて蓄積法及び消去法を用い人體のCO₂-容量の中3~18%が血液, 残りの97~82%が組織の容量であると述べている。Shaw (1926, 7) はねこを用い, 約2時間前後の蓄積法で身體のCO₂-容量の平均88.2%が組織の容量であるという成績を出し, 更に彼は Messer と共に (1930, 8) やはりねこで約1時間30分の消去法により, 身體のCO₂-容量の平均10.5%が血液, 89.5%が組織の容量であると報告してゐる。そして私 (1947, 5) はいきこらえ (2~3分) による蓄積法によつて組織のCO₂-容量は循環血のそれと等しいか, あるいはそれ以下であると報告した。

第1表 ※ 循環血の容量を含む

報告者	材料	實驗法	實驗時間	組織のCO ₂ 容量 Per 1% atom.	組織の容量 血液の容量
Brocklehurst and Henderson (1927)	人	蓄積法	2分30秒	87.6cc 1.49cc/kg	≤ 1
		消去法	3~4分	73.7cc 1.25cc/kg	
小林 (1947a)	人	蓄積法	2~3分	—	≤ 1
Adolf その他 (1928)	人	蓄積法 消去法	約15~50分	280~5000cc ※	$\frac{82}{18} \sim \frac{97}{3}$
Shaw (1926)	ねこ	蓄積法	約2時間	10.3cc/kg	$\frac{88.2}{11.8}$
Shaw and Messer (1930)	ねこ	消去法	約1.5時間	12.7cc/kg	$\frac{89.5}{10.5}$
小林 (1947b)	人	蓄積法	約2分	安静	0.73
				温浴	3.37

これらの報告をみると實驗時間が2~3分のものにあつては組織の容量は循環血のそれと等しいか, あるいはそれ以下であり, 實驗時間が15分~2時間のものにあつては組織の容量は循環血のその5~10倍である (第1表)。このように成績が一致しないのは何に基

くのであらうか。私は温浴時と平静時に於ける組織の容量を測定し, それを比較検討することに

よつて、この原因を明らかにすることができると信じ、かつまたこの種の研究は今まで全くなされていなかったので、次のような実験を試みた。

II. 実験方法とその成績

組織のCO₂-容量の測定は次の原理に従つた。血液と各組織との間のCO₂の擴散速度はきわめて大きいとすれば、いきをこらえてから1分以後の肺胞CO₂-壓(P)の高まり方は前の報告(5)で前述したように、單位時間のCO₂-産出量と肺、循環血及び組織のCO₂-容量(それぞれ α, β, r とする)との比でさまる。即ち、その高まり方 $\Delta p/\Delta t = \tan \theta$ とおけば

$$\tan \theta = B/(a + \beta + r) \dots\dots\dots (1)$$

で表わされ、これはほとんど一定である。

従つて組織のCO₂-容量は

$$r = B/\tan \theta - (a + \beta) \dots\dots\dots (2)$$

となり、B、 α 、 β 及び $\tan \theta$ がわかればrが求められる。

BはCO₂-排出量から、 α はいきをこらえる時に吸いこんだ氣體の量と殘氣の量から、 β は血液のCO₂-結合能と循環血の量からわかる(小林5)。

$\tan \theta$ を求めるには次の方法をとつた。70以上のO₂を含む空氣を吸いこんでいきをこらえてから一定時間目 $t_1, t_2 \dots\dots$ に、いきを一たんからの袋にはき出させて肺胞氣をとり、直ちに再びその呼氣を吸いこませてこらえさせる。これらの肺胞氣をHaldane氏ガス分折器で分折し、それぞれの時刻のCO₂-壓 $p_1, p_2 \dots\dots$ を知る。こうすることによつて $(p_2 - p_1)/(t_2 - t_1) = \dots\dots = \Delta p/\Delta t = \tan \theta$ を決定することができる。

被験者はガス代謝の実験になれた男2名とその他数名である。最初、靜かにいすに腰をかけた被験者のB及びR.Q.を測り、後 $\tan \theta$ を測る。次いで浴温38~42°Cの西洋風の浴槽に肩までひたらせる。その後7~10分たつて顔に汗が流れるようになってから、B及び $\tan \theta$ を測つた(第2表の第2, 3, 4; 14, 15行)。これらの値から(2)式によつて平靜時の組織の容量を(r_2)求めると第2表の第9行に示した値になり、また r_1/β_1 は第10行に示した値になる。即ち、温浴前のrの値は循環

第2表 i) 殘氣量1000ccとした。ii) 循環血量を體重の5%、血液のCO₂-結合能を3.5vol%とした(5)。

實驗 番 號	日 附	室 温	被 験 者	體 重	入 浴 前									
					口腔温	CO ₂ - 産出量	R.Q.	$\tan \theta$	吸いこ んだ氣 體量	(2)/(4)	α_1	β_1	r_1	r_1/β_1
					°C	cc/秒		%/秒	cc	cc/%	cc/%	cc/%	cc/%	
		°C		kg	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
7	29/V	22	H. ♂ 26才	49	36.8	4.84	0.9	1/45	3320	217.5	40.8	85.8	90.9	1.06
10	12/VI	19.5	"	"	—	4.87	0.88	1/35	2950	170.	37.1	85.8	47.1	0.55
14	19/VI	24	"	"	36.8	4.39	0.96	1/39	2800	171.	35.8	85.8	49.4	0.58
12	17/VI	20	K. ♂ 29才	49	36.9	4.44	0.94	1/43	3200	191.	39.5	85.8	65.7	0.77
13	18/VI	20	"	"	36.8	4.03	1.0	1/45	3000	181.5	37.6	85.8	58.1	0.68
平均													62.3	0.73

血の容量と殆んど等しいか、あるいはそれ以下であつて私の前の報告(5)と一致する。

温浴時の r を知るためには、まずその時の β をきめなければならない。まず、温浴による循環血量の増加に對する β の補正であるが、これは Wollheim (1931, 10) を参考にして平静時の+20%とした。一方、体温の上昇によつて血液のCO₂-結合能は小さくなるが(6)、 $\Delta v/\Delta p$ (但し v は血液中のCO₂の容量%, p はそのCO₂-壓)は私の實驗の範圍では殆んど變らないから、これによる補正は不要である(Haggard 14の表による)。

このようにして、 β をきめてから温浴時の r を求めると、それは温浴前にくらべて2~7倍になつており(第2表の第22行)、また r_2/β_2 の値は1.2~3.2であつて(第21行)、温浴前にくらべて著しく大きくなつてゐる。

以上の結果をまとめると第2表及び第1圖のようになる。

Ⅲ. 考 察

r が温浴前後にこのように異なること及びShawなどと私などの r の値に違いのあることの理由を次に考察してみよう。

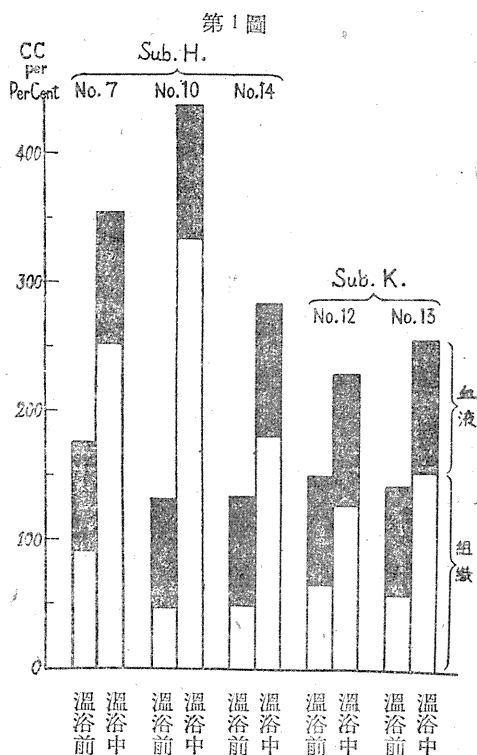
Shawなどは、Brocklehurstなどの値が小さいのは實驗時間が短いために血液と組織とが充分に平衡をとり得なかつたためであるといつてゐる。

短時間では血液と組織とが平衡をとり得ない理由

には2つある。即ち、1)組織と血液との間のCO₂の擴散がすみやかに行われぬこと、2)血液循環にむらがつて、血液が充分に循環している組織もあれば、それが不十分なものもあることである。

1)の理由はCO₂に關するかぎり考えられない。従つて温浴によつて r が増すのは2)の理由、即

(第2表つゞき) iii) 温浴前のR. Q.で補正した。 iv) 本文のような補正を加えた。



温 浴 時											
浴 温	實驗をした時間	口腔温	CO ₂ -産出量	tan θ	吸いこんだ氣體量	(14)/(15)	α_2	(iv) β_2	r_2	r_2/β_2	$\frac{r_2}{r_1}$
°C	浴をはじめた1分後	°C	cc/秒	%/秒	cc	cc/%	cc/%	cc/%	cc/%		
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
40~38	11~18	37.7	5.35	1/72.5	2450	387.5	32.4	103	252.1	2.47	2.77
42.5~41	11~17	38.6	6.28	1/75	2700	471.	34.8	103	333.7	3.24	7.04
42~41	6~14	38.8	5.42	1/59	2680	319.	34.4	103	181.6	1.77	2.72
39~39.5	10~18	37.7	5.63	1/46.5	2300	261.5	31.0	103	127.5	1.24	1.94
41.5	7~17	38.4	5.14	1/57	2900	293.	36.7	103	153.3	1.49	1.44
平均									209.5	2.04	3.37

ち温浴によつて全身の充血がおこつて [allgemeine Hyperaemisierung des Körpers, Strasser (1936, 9)], それまで循環の悪かつた組織への循環もよくなつたためである。

以上から、次のことが推論できよう。

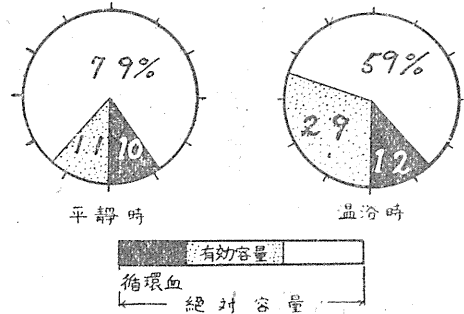
たとえ短時間の實驗であつても温浴の場合には r の値が Adolf などの値に近くなる。故に、普通、肺胞氣と組織とが平衡をとるのに長時間かゝるということは、平靜時においては血液循環が殆んど行われていない組織 (たとえばはたらいていない器官) があつて、それが肺胞氣と平衡をとりにくいためである。従つて全組織の容量は、私の温浴時の成績からもわかるように Adolf, Shaw などの値、即ち循環血の容量の約5~10倍位あるというのが本當であらう。

しかし、こゝで考えなければならぬのはこの大きな容量の生理學的の意味である。この容量はいきをこらえた場合の CO₂ のたまり方や外から實驗的に與えられた CO₂、あるいは、非生理的に血液中に與えられた物質に對しては2次的の意味しかもつてないのであつて、そういう場合に大きな意味をもつているのは Brocklehurst や上に述べた温浴前の容量、即ち循環血とひとしいか、あるいはそれ以下という容量である。従つて私は、Shaw などのいう容量に循環血の容量を加えたものを CO₂ に對する「生体の絶對容量」、小さい方の容量を CO₂ に對する「組織の有効容量」、それに循環血の容量を加えたものを「生体の有効容量」とよびたい。一般に血液循環は各組織にとつて必要にして充分なだけの血液を供給するように調節されているものであるから [Gollwitzer-Meier (1931, 3)], 組織の有効容量その時々組織の活動状態によつて變化する。たとえば筋運動その他代謝がさかんになるような場合には有効容量は大きくなる。しかし、絶對容量は各人についてはほとんど一定で變らない。そして、この場合におこる CO₂ やその他の代謝産物の量的な變化に對して一次的の意味をもつのはやはりその時の有効容量であつて絶對容量ではない、有効容量はまた、温浴などのように血液循環を良好にする條件によつても大きくなることは上に述べた通りである (第2圖)。

有効容量、絶對容量という區別は上に述べたように

血液循環にむらがあるために生ずるのであるから、これは CO₂ に關してだけでなく、血液中にとりこまれたその他の物質についてもあてはまる。従つて、血液中に與えられた物質あるいは藥劑はそれの組織に對する親和性が強ければ強い程、有効容量に相當する組織にとりこまれる量が多くなり、他の組織に與えられる量は少くなる。このことは血液循環の良好な組織や急性炎症のある組織などに藥劑をはたらかせる場合には都合のよいことであるが、循環が悪い組織あるいはその中にひそんでいる病原体などに藥劑をはたらかせる場合などには大いに考慮をはらわなければならない問題であらうと思はれる。

第2圖 生体の絶對容量と組織の有効容量



絶對容量は循環血の容量の10倍とした。(實驗例-7による)

IV. 結 び

温浴時の組織のCO₂-容量は平静時のそれにくらべて平均3.4倍、また血液と組織との容量の比は温浴時には平均1:2.1, 平静時には1:0.73である。この平静時における値はBrocklehurstの値と一致し、温浴時の値はAdolf, Shawなどのものに近くなっている。

私は組織のCO₂-容量のこういう變動及び今までの報告にみられるこの値の大きな相違は血液循環のむらによるものであることを明らかにし、生体の容量を「有効容量」と「絶対容量」とによびかけることを提唱した。そして更に、この區別はCO₂だけでなく他の血液中にとりこまれた物質にもあてはまることを述べた。

文 献

- 1) Adolf, E. F., F. D. Nance and M. S. Shiling (1928) Amer. J. Physiol. 87, 532-541
- 2) Brocklehurst, R. J. and Y. Henaerson (1927) J. Biol. Chem. 72, 665-675
- 3) Gollwitzer-Meier, K. (1931) Klin. Wschr. 10, 817-821
- 4) Haggard, H. W. (1920) J. Biol. Chem. 44, 131-136
- 5) 小林庄一: 新潟醫會誌 (未刊)
- 6) Liljestrand, G. (1928) Hdb. norm. path. Physiol. 量/1, 497
- 7) Shaw, L. A. (1926) Amer. J. Physiol. 79, 91-99
- 8) Shaw, L. A. and A. C. Messer (1930) Amer. J. Physiol. 93, 422-432
- 9) Strasser, A. (1936) Wien. med. Wschr. 257-259
- 10) Wollheim, E. (1931) Z. Klin. Med. 116, 269-397

運動時の呼吸促進について 612.227.1, 612.223.11

[第1篇] CO₂による呼吸の刺激生理學的研究

新潟醫科大學生理學教室 (主任高木健太郎)

長谷川 弘

Hasegawa - Hiromu

(昭和22年8月9日受付)

I. 前 お き

運動時の呼吸促進は衆知の事實であるが、その機轉に關しては不明の點が多い。一般には運動時には新陳代謝が亢進し、CO₂が蓄積して之が呼吸中樞を刺激するためといはれて居るが、文獻(1, 2, 8)によれば動脈血のCO₂もpHも正常と殆どかはらぬと屢報告されて居る。この點を更に鮮明するためにこの研究を企圖した。運動時の呼吸促進をしらべるまへに、之と比較する必要上CO₂吸入によつて引きおこされる呼吸促進の様式を正常時、運動時、酸素欠乏時について出来るだけくはしくしらべた。

II. 實 験 方 法

平靜時の實驗には Bodyplethysmograph, 運動時には Sarre (11) の Atemvolumschreiber を用ひ、煤紙上に各呼吸の絶對量を示し得るやうにした。CO₂混合空氣、酸素欠乏氣は120~400 l入りのゴム袋から吸入させた。筋肉運動には自轉車を改造せる勞作計及び駢歩をさせた。肺胞氣は呼吸の最終部分を連續的に注射器にとつた。之を單に肺胞氣と稱することにする。

III. 實 験 成 績

一般にCO₂を與ふればある潜伏時をおいて呼吸振幅、數、從つて呼吸量は増大し(増大期)ある時間(2~3%では1~2分, 5%以上では3~5分)たつと一定の大きさに達する(平衡期)。吸入をやめれば次第に減少して舊に復する(減少期)(第1圖)。

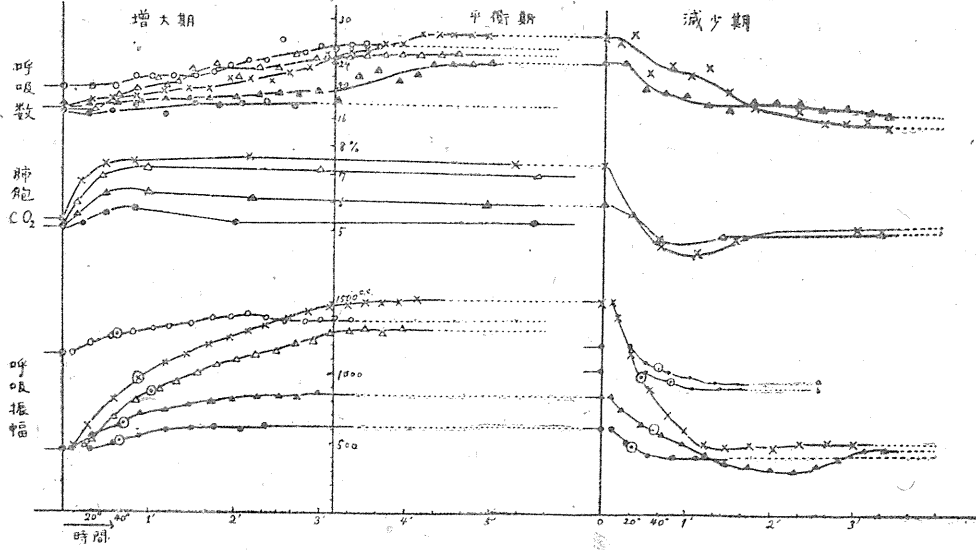
A. 平靜時について

1. 増大期

a. 潜伏時：吸入すると潜伏時の長さは濃度と關係なく20'以内を動搖するが大体に於て濃度が大きいと短い。

b. 呼吸振幅, 呼吸數, 呼吸量：振幅のまし方は濃い時ほど急でほぼ指數曲線的に増大する。從つて平衡に達するまでの時間は正確には知り得ない。半増時は濃度差(刺激)の大なる時ほど大きい(第1表参照, 第1圖の◎は半増時に於ける振幅の大きさ)。數が平衡に達する時間は振幅に比して長い。又まし方は不規則である。併し數のまし方は振幅のそれに比して緩かである。從つて呼吸量

第1圖 平靜時 CO₂ 吸入



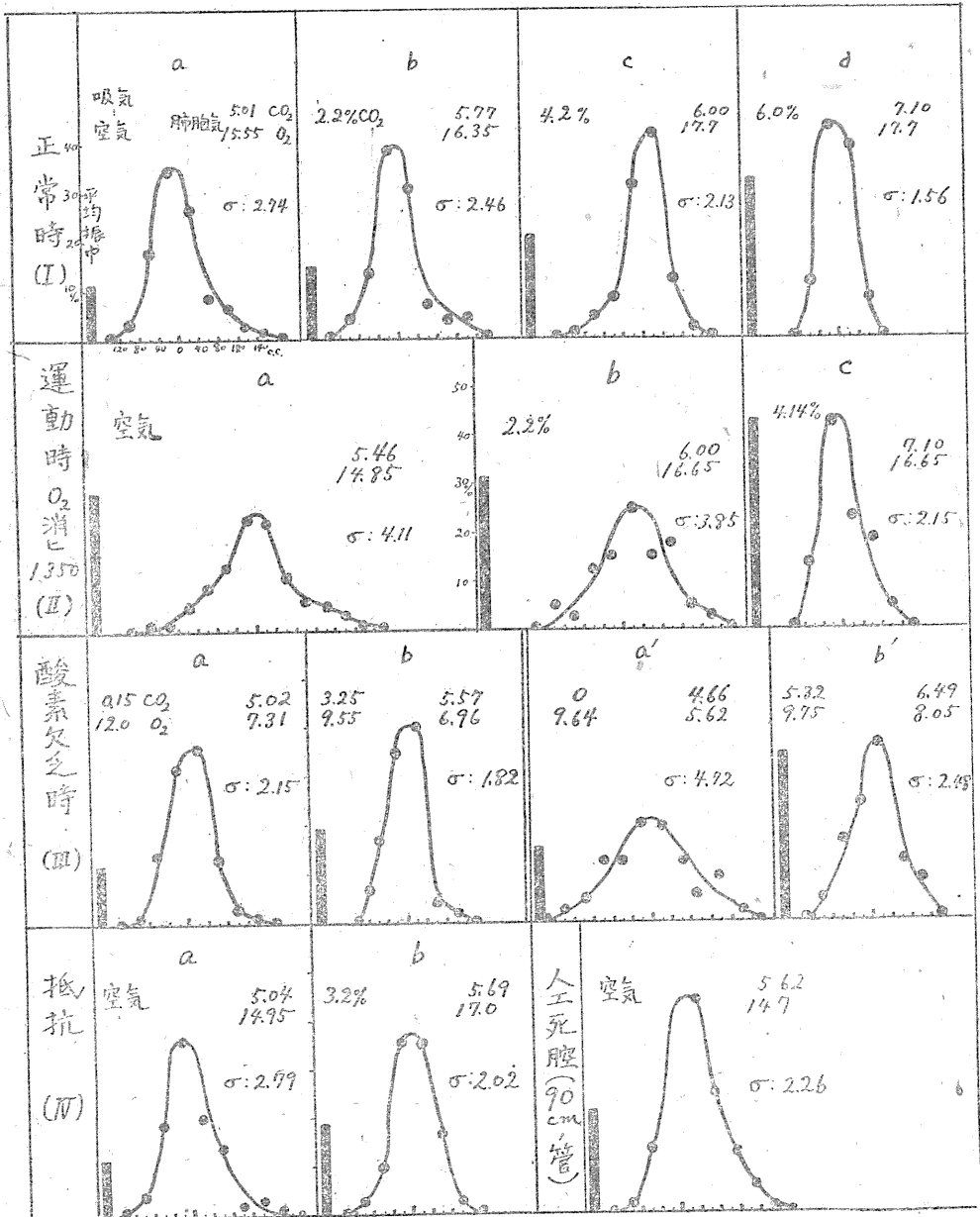
第1表 平靜時に於ける CO₂ 吸入

吸 氣	前 の 状 態				増 大 期			平 衡 期			減 少 期				
	数	呼吸量 振幅 /分	肺胞氣	CO ₂	潜伏時	半増時	一定に なるまで	数	振幅	量 /分	肺胞氣	潜伏時	半減時	もとどり時	小さくなりすぎるとき
空氣→2.5% CO ₂	17.6	446	7.93	5.02	0"	20"	1'40"	19.0	686	13.0	5.76				
空氣→2.4	18.2	488	8.9	5.20	12"	18"	1' 0"	19.4	600	12.7	5.40				
空氣→2.4	18.5	466	8.6	5.04	8"	25"	1' 5"	19.0	704	13.4	5.67				
空氣→2.6	17.9	454	8.1	4.88	13"	29"	1'26"	17.4	672	11.7	5.81				
空氣→2.2	16.8	436	7.3	5.01	20"	22"	1'25"	17.2	610	10.5	5.77	7"	16"	50"	著明ならず
空氣→4.2	17.8	434	7.7	5.10	3"	31"	2' 5"	21.4	840	18.0	6.00	9"	26"	1'28"	3'
空氣→4.1	17.6	540	9.5	5.04	13"	28"	1'20"	19.4	952	18.5	6.20	12"	21"	1' 0"	著明ならず
空氣→3.8	19.0	432	8.25	4.81	18"	2'		19.0	836	15.9	5.92				
2.5→4.1	19.0	686	13.0	5.76	10"	32"	1'50"	20.0	932	18.6	6.18				
2.6→3.8	17.4	672	11.7	5.81	21"	28"	1'25"	19.0	864	16.4	6.16				
空氣→4.9	16.7	548	9.16	5.16	10"	35"	2'50"	21.4	1112	23.8	6.40	3"	31"	1'15"	1'35"
2.4→4.9	19.4	660	12.7	5.40	13"	32"	2'20"	23.0	1088	25.0	6.62	13"	15"	1'23"	
4.1→4.9	20.0	932	18.6	6.18	9"	36"	2'45"	20.7	1174	24.2	6.55				
3.8→4.9	19.0	864	16.4	6.16	18"		2'20"	21.4	1080	22.3	6.51				
3.8→4.9	19.0	836	15.9	5.92	15"	2' 5"		19.5	1044	20.2	6.56				
空氣→6.00	17.6	424	7.5	5.22	15"	48"	3'45"	25.0	1368	34.2	6.81	5"	25"	1'40"	
空氣→6.00	18.0	454	8.15	5.23	14"	39"	3'50"	24.0	1390	33.4	7.08				
2.4→6.00	19.0	704	13.4	5.69	9"	45"	3' 5"	24.5	1290	31.6	7.10	2"	26"	1'55"	
4.9→6.00	20.7	1174	24.2	6.55	6"	44"	2' 0"	26.1	1360	35.5	7.15	6"	24"	1'40"	
4.9→6.37	21.4	1080	22.3	6.51	13"		3'15"	22.2	1274	28.4	7.08	3"	24"	1'25"	3'
4.9→6.37	17.5	1044	20.2	5.56	12"	28"	1'35"	23.5	1410	33.2	7.14				

の増大は主として振幅の増大による。併し数のまし方がいづらか振幅におくれるから量については平衡に達する時間も、半増時も振幅のみの時より多少長くなる。

c. 肺胞 CO_2 : 第1圖の如く濃度差の大なる時ほど肺胞 CO_2 も急にますが、半増時、平衡に達する時間は濃度差の大なる時ほどおそい。併し振幅、数のまし方に比して遙に早い。従つて肺胞 CO_2 は一時高くなりすぎ、呼吸促進によつて補償せられるといづらか低くなつて平衡に達する傾向

第2圖 呼吸振幅の變動性



がある。

2. 平衡期

a. 呼吸振幅の變動性：平衡状態にあるときでも振幅はある幅をもつて變動して居る。横軸に平均振幅よりの變動値をとり、縦軸にその變動を示すものをとる (第2圖正常時)。この圖からCO₂吸入時には (I, b, c, d) 平均振幅は著しく増大するが變動の絶対値はかはらない。むしろ正常時 (I, a) よりも變動性が減少する傾向が見える。

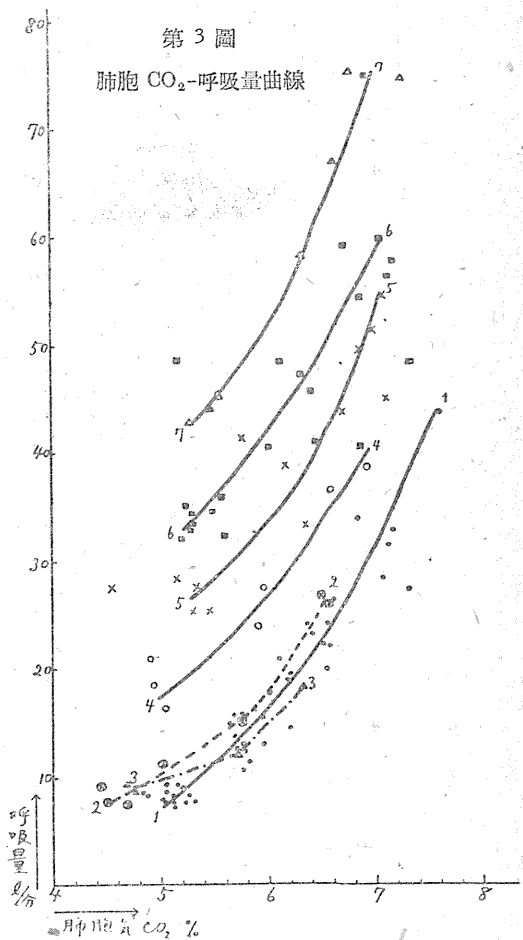
b. 呼吸量と肺胞 CO₂ との関係 (第3圖, 第1表)：第3圖の1は平静時の関係を示し、濃度のうすい方では多少傾斜が小さい。又肺胞 CO₂ の一定の値には必ず一定の呼吸量が對應するもので、CO₂ 吸入をするまへの履歴は關係しない。即ち4%のCO₂ 吸入から6%の吸入に移つても、空氣から6%の吸入に移つても、平衡に達してしまへば兩者の呼吸量と肺胞 CO₂ は同じ値を示す。

c. 數と振幅との關係 (第1表参照)：數は吸入 CO₂ の濃度がうすい間は僅かしかまらず、主として振幅の増大により呼吸量がます。濃度が大になると、次第に呼吸數のまし方も強くなる。この表にのせた被験者 (肺活量3300cc) では振幅が400ccから1000~1200ccまでは振幅が主としてまし、それより大になると數の方が主としてましてくる。

3. 減少期

潜伏時も、半減時も、もどり時間も増大期に比して短い。濃度差の大なる時ほど振幅のへり方は急であるが、もどり時間、半減時は濃度差の小なる時より長いやうにみえる。併し全体の経過が急なためにこの關係ははつきりしない。肺胞 CO₂ は常に振幅の變化に先んじ、前者は必ず、後者は屢正常値以下にさがる。振幅が正常値以下にさがることには個人差があり、又同じ人でも時によつてちがう。ひどい時には Apnoe になり、又時に Gaspung 様の呼吸をする。この Apnoe から正常呼吸にうつる時の肺胞 CO₂ は常に正常値以上になつて居る。

4. CO₂ 吸入を短い時間行つた場合



第3圖
肺胞 CO₂-呼吸量曲線
1...正常時, 2...運動後, 3...勞作計上で靜止
4, 5, 6, 7...運動時 (O₂消費夫々600~800, 900~1100, 1300~1500, 1800~2000cc/分)

この場合には増大期より平衡期なしに直接減少期にうつる。呼吸数の変化には一定の規則がない。濃いものでも数の増加は僅かであるから、呼吸量の變化は振幅と殆ど同じだといへる。それで第4

第4圖 短時間のCO₂吸入

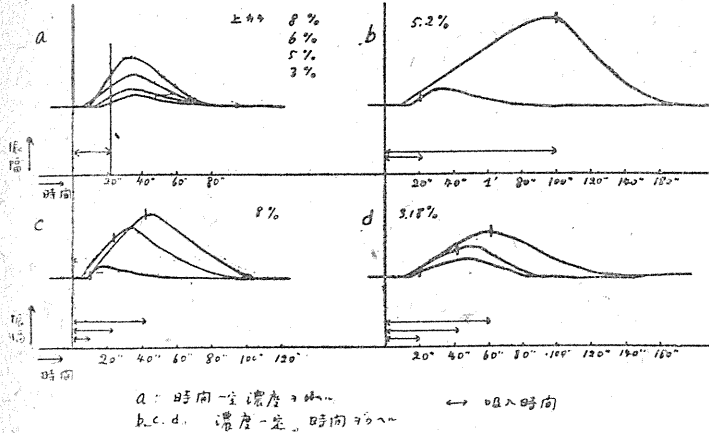


圖 (第2表参照) は振幅の變化を示す。

a. 吸入時間は大体一定 (22'') にして濃度をかへた場合: 潜伏時は大体濃度のこい時ほど短い。極大に達するのは吸入をやめたあとで、その時間は大体濃度とは無關係で一定 (30~40'') して居る。この時間には個人差がある。極大の値は濃度が大なる時ほど

大きい。従つて振幅のまし方は濃度が大なる時ほど急になる。もどり時間は大体一定して居り (60

第2表 短時間のCO₂吸入

濃度	時間	潜伏時	極大に なる時 間	極大の 大きさ	もどり 時間	濃度	時間	潜伏時	極大に なる時 間	極大の 大きさ	もどり 時間	濃度	時間	潜伏時	極大に なる時 間	極大の 大きさ	もどり 時間
3.0%	24"	5"	49"	490cc	75"	5.9%	24"	7"	40"	490cc	80"	8.0%	23"	5"	30"	670cc	
"	25"	13"	20"	410	35"	"	23"	0"	43"	630	57"	"	22"	10"	32"	600	
"	25"	20"	35"	460	65"	"	23"	17"	28"	650	70"	"	"	"	"	"	
"	24"	10"	44"	400	60"	"	25"	6"	40"	600	60"	8.1	17"	6"	27"	660	65"
3.3	21"	大きく なら ず	49"	520	55"	6.0	20"	5"	28"	700	65"	"	22"	6"	20"	680	50"
"	21"	大きく なら ず	31"	630	55"	"	25"	10"	43"	630	70"	"	25"	3"	25"	730	60"
"	19"	19"	27"	520	80"	"	20"	2"	30"	590	60"	"	20"	10"	23"	630	60"
"	26"	26"	36"	630	80"	"	22"	7"	40"	600	70"	"	18"	7"	22"	630	
"	23"	13"	35"	490	70"	"	22"	3"	30"	650	65"	8.15	23"	13"	35"	660	70"
"	23"	20"	50"	510	"	"	19"	8"	25"	520	60"	"	23"	0"	25"	720	50"
5.1	23"	20"	30"	490	65"	"	22"	0"	25"	550	55"	"	23"	10"	38"	650	40"
"	21"	15"	31"	440	30"	8.0	21"	6"	31"	690	75"	"	22"	10"	32"	620	65"
"	22"	15"	42"	520	50"	"	21"	7"	31"	703	65"	"	23"	23"	30"	720	40"
"	20"	8"	25"	630	60"	"	23"	5"	33"	620	60"	"	23"	20"	27"	730	55"
5.9	22"	10"	22"	460	65"	"	22"	8"	54"	690	60"	"	24"	15"	34"	590	80"
"	"	"	"	"	"	"	23"	5"	26"	680	60"	"	"	"	"	"	"

時間をかへる

濃度	時間	潜伏時	最大 まで	大きさ	もどり 時	濃度	時間	潜伏時	最大 まで	大きさ	もどり 時	濃度	時間	潜伏時	最大 まで	大きさ	もどり 時	
3.18%	21"	21"	31"	440	55"	3.58%	45"	15"	45"	570	55"	6.6%	97"	10"	97"	1120	65"	
"	25"	13"	32"	510	65"	"	62"	17"	85"	640	100"	"	"	"	"	"	"	
"	42"	25"	52"	550	90"	"	59"	3"	59"	630	65"	6.7	119"	6"	119"	1050	75"	
"	45"	20"	45"	510	55"	"	61"	10"	55"	630	75"	"	"	"	"	"	"	
"	65"	16"	65"	600	60"	"	"	"	"	"	"	8.13	10"	10"	15"	510	40"	
"	63"	30"	63"	500	95"	3.4	97"	7"	100"	710	120"	"	"	10"	15"	40"	500	60"
"	62"	18"	50"	640	100"	"	"	"	"	"	"	"	21"	6"	31"	580	80"	
3.58	22"	10"	50"	470	50"	4.4	1'50"	5"	1'50"	860	70"	"	24"	3"	34"	660	60"	
"	23"	12"	63"	530	80"	5.29	96"	10"	96"	910	85"	"	"	7"	33"	690	80"	
"	23"	3"	43"	500	65"	"	104"	10"	100"	900	65"	"	"	7"	42"	730	60"	
"	42"	7"	51"	620	55"	"	"	"	"	"	"	"	42"	10"	52"	780	65"	

~70%) 濃度にはよらない。この時間にも個人差がある。振幅が一時正常値以下になるといふ現象はみられず、呼吸の型もかはらなかつた。

b. 濃度が同じで吸入時間をかへた場合：ごく短いもの(呼吸1,2回だけ)では効果はつきりせず正常變動の範囲を出ないものが多い。8%では10' (呼吸3回)で明らかな呼吸促進がおこる。吸入をやめてから極大に達し、もとにもどる。もどり時間は吸入をやめた所から大体同じで吸入時間の長短には殆ど無關係のやうにみえる。

B. 呼吸に抵抗をつけた場合及び死腔をました場合の CO₂ に對する反應。

呼吸に抵抗をつけ、或は死腔をました状態で CO₂ 吸入をやると、すべての關係は正常時と同じである(第3表, 第2圖)。たゞ死腔をました場合にはあらかじめ CO₂ 吸入をやつて居つて更に濃

第3表

吸 氣	前 の 状 態				増 大 期			平 衡 期				減 少 期			
	數	振幅	量	肺胞氣	潜伏時	半増時	一定になるまで	數	振幅	量	肺胞氣	潜伏時	半減時	もどり時間	小さくなつてもどり
管をつけて死腔をますとき及びそこへ更に CO ₂ を加へるとき															
なし→60cmノ管	17.2	452	7.75	5.10 15.5	16"	19"	2'40"	18.1	690	12.5	5.68 15.1	7"	9"	40"	
なし→90cm	16.7	456	7.6	5.31 14.9	3"	30"	1'42"	18.0	842	15.1	5.62 14.7	0"	30"	1'15"	
90cmの管 空氣→2.286CO ₂	18.2	870	15.8	5.77 14.3	14"	29"	1'36"	20.0	1050	21.0	6.10 16.2	27"	20"	1'21"	
90cmの管 空氣→4.37	17.6	890	15.7	5.68 15.0	14"	31"	2'50"	21.5	1240	26.5	6.60 17.1	20"	23"	1'30"	
1mの管 空氣→2.61	17.1	790	13.6	5.96 13.8	14"		2'	19.4	1020	19.8	6.20 15.25				
1mの管 空氣→2.20	18.8	840	15.7	5.72 13.95	30"		1'25"	19.9	994	19.8	5.66 15.25				
1mの管 2.61→3.82	19.4	1020	19.8	6.20 15.25	33"		1'50"	21.0	1047	24.1	6.38 16.2				
1mの管 3.82→4.92	21.0	1047	24.1	6.38 16.2	12"		1'45"	26.0	1302	26.8	6.76 16.65				
抵抗をつけたとき															
空氣→3.2	18.7	424	7.95	5.30 14.9	13"		1'47"	18.6	748	13.9	5.69 17.0	10"	30"	1'36"	
空氣→3.8	16.6	492	8.2	5.10 15.15	13"		1'30"	18.8	778	14.6	6.20 16.45				
空氣→6.85	17.3	452	7.8	5.04 14.95	3"		3'	28.8	1522	44.0	7.58 17.75	5"	23"	1'12"	
3.8→4.9	18.8	778	14.6	6.20 16.45	15"		2'50"	20.2	1096	22.2	6.54 17.05				
4.9→6.37	20.2	1096	22.2	6.54 17.05	22"		2'10"	22.2	1246	27.7	7.30 16.5				
酸素欠乏時に更に CO ₂ を加へたとき															
0.15 → 3.25%CO ₂	19.7	470	9.25	5.02 7.31	3"	13"	2' 5"	20.3	818	16.6	5.57 6.96				
12.0 → 9.55%O ₂				4.70							5.07				
0 → 2.11	20.7	583	11.5	5.70	12"	8"	40"	20.0	774	15.5	6.37				
9.64 → 9.25				4.66							6.49				
0 → 5.12	18.7	640	12.0	5.62	3"	12"	1'37"	27.9	1384	38.7	8.05	2"	18"	45"	2'
9.64 → 9.75				5.07							6.03				
2.11 → 4.57	20.0	774	15.5	6.37	6"	24"	1'50"	25.0	1158	29.0	8.9	5"	13"	1' 5"	
9.25 → 10.55				5.90							6.49				
3.72 → 5.25	22.2	804	17.9	9.20	20"	20"	1'40"	28.6	1158	33.0	9.06	5"	4"	30"	2'10"
11.55 → 10.5															

い CO₂ を吸入する場合に相當する。又死腔をましたまゝで吸入をやめると、呼吸振幅のへり方は

正常時よりいくらかおそくなる (第1圖の減少期 a, b にて示すもの)。

C. 運動時

運動をさせながら吸入させると、更に呼吸促進がおこってくる。その経過は平靜時と同様にわけることが出来る。

1. 増大期及び減少期 (第4表参照)

潜伏時も、振幅のまし方、へり方も平靜時と同様の経過を示し、強いていへば僅かながら平靜時より短い。運動すると数ははじめから著しくまして居つて、吸入してもそれ以上あまりふえないのが平靜時にくらべ多少目立つことである。

2. 平衡期

a. 振幅の變動性：振幅はその平均値が大きくなると共にその平均値よりの變動もまた著しく大きくなる (第2圖のⅡ a)。運動中に呼入すれば平均振幅が更に増大するが變動性はかへつて減少する傾向を示す。併し平靜時に比すれば全体としてその變動性は著しく大きい (第2圖のⅡ, b, c)。

b. 肺胞 CO₂ と呼吸量 (第3圖 4, 5, 6, 7, 第4表参照)：肺胞 CO₂ は同一であるにかゝはらず運動時には平靜時にくらべ呼吸量は著しく大きく、運動の程度がひどいほど大きい。吸入による肺胞 CO₂ のましと呼吸量のましとの關係は平靜時と殆ど相等しく運動の程度にはよらない。尙ほ運

第4表 運動時 CO₂ 吸入

状態	吸 氣	前 の 状 態				増 大 期			平 衡 期				減 少 期			
		數	振幅	量	肺胞氣	潜伏時	半増時	一定になるまで	數	振幅	量	肺胞氣	潜	半減	もどり	
自轉車上で靜止	空氣	23	401	9.25	4.66%CO ₂ 16.05%O ₂											
	空氣→3.01%CO ₂	20.8	407	8.5	4.73 15.8				20.5	593	12.2	5.68%CO ₂ 17.15%O ₂				
	O ₂ 消費 250cc/分	3.0→4.5	20.5	593	12.2	5.68 17.15			21.4	863	18.4	6.29 17.8				
	空氣→2.37	25.0	655	16.4	5.10 15.65				24.0	1000	24.0	5.89 16.5				
	O ₂ 消費 600~800 cc/分	2.37→4.46	24.0	1000	24.0	5.89 16.5			25.5	1480	38.6	6.91 17.4				
	空氣→3.5	27.3	675	18.4	4.89 15.85				39.4	1170	46.0	6.26 16.7				
	空氣→2.45	23.6	895	21.2	4.90 16.1				24.7	1120	27.7	5.95 16.4				
	2.45→4.01	24.7	1120	27.7	5.95 16.4				25.0	1460	36.5	6.58 17.0				
O ₂ 消費 900~ 1100	空氣→2.45	22.6	1130	25.6	5.46 15.35				22.8	1480	33.8	6.35 16.05				
	空氣→2.2	31.6	910	27.9	5.34 16.1	6"	19"	2'20"	32.4	1290	41.7	5.77 17.15				
	空氣→2.17	26.6	1070	28.5	5.15 15.6	3"		65"	27.2	1425	38.8	6.15 15.7				
	空氣→4.14	28.6	952	27.2	4.50 16.85	4"	21"	2'	27.0	1630	44.0	6.68 17.25	0"	22"	1'	
	空氣→4.14	29.0	880	25.5	5.35 15.85	6"	24"	1'50"	28.0	1620	45.4	7.10 16.65	2"	23"	1'	
	2.45→4.01	22.8	1480	33.8	6.35 16.05				27.0	1850	50.0	6.85 16.95				
	2.2 →4.14	32.4	1290	41.7	5.77 17.15	0"	30"	2'	33.4	1645	55.0	7.05 17.05	0"1'		1'50"	
	2.17→4.21	27.2	1425	38.8	6.15 15.7	8"		1'15"	29.6	1750	51.8	6.95 15.7				

第4表 つゞき

状態	吸 氣	前 の 状 態				増 大 期			平 衡 期				減 少 期			
		數	振幅	量	肺胞氣	潜伏時	半増時	一定になるまで	數	振幅	量	肺胞氣	潛	半減	もどり	
O ₂ 消費 1300~ 1500	空氣→2.2	31.2	1030	32.2	5.60%CO ₂ 15.75%O ₂	6"	9"	1'30"	32.2	1260	40.6	6.00 16.65		2"	15"	1'
	空氣→2.17	32.4	1090	35.4	5.24 16.0	2"		2'	33.4	1460	48.9	6.13 16.3				
	空氣→2.45	26.4	1360	36.0	5.59 14.9				27.9	1700	47.5	6.30 16.2				
	空氣→2.82	25.6	1260	32.2	5.20 15.4				27.9	1460	40.6	5.85 16.6				
	空氣→2.82	27.1	1220	33.1	5.26 15.6				26.7	1540	41.2	6.41 16.2				
	空氣→3.06	29.2	1170	34.2	5.26 15.25	4"			30.8	1490	46.0	6.40 16.15				
	空氣→3.50	30.8	1120	34.5	5.46 15.25				36.4	1640	59.6	6.66 16.3				
	空氣→3.65	32.4	1500	48.7	5.17 15.85				34.3	2200	75.5	6.90 16.45				
	空氣→4.46	27.9	1230	33.9	5.26 15.3	7"			29.6	1920	56.9	7.10 16.4				
	2.17→4.21	33.4	1460	48.9	6.13 16.3	5"		1'45"	31.6	1840	58.1	7.17 16.7				
	2.45→4.01	27.9	1700	47.5	6.30 16.2				29.4	2040	60.1	7.04 16.85				
	2.82→4.5	27.9	1460	40.6	5.85 16.6				25.0	1950	48.8	7.33 16.4				
2.82→4.5	26.7	1540	41.2	6.41 16.2				26.6	2060	54.9	6.84 16.9					
O ₂ 消費 1800~ 2000	空氣→2.17	33.4	1340	44.1	5.45 15.4	3"		1'30"	34.8	1690	58.6	6.29 15.85				
	空氣→3.06	31.6	1410	44.7	5.52 15.45	6"			32.9	2040	67.4	6.60 16.1				
	空氣→4.46	30.8	1400	43.1	5.24 15.15	4"			34.3	2210	75.8	6.76 16.4				
	2.17→4.21	34.8	1690	58.6	6.29 15.85	10"		1'30"	35.3	2140	75.5	7.25 16.6				
600m/2.5 分の疾走 後	空氣→2.4	17.3	530	9.16	4.42	13"	15"	1'	17.6	642	11.3	5.03				
	空氣→4.15	16.2	443	7.18	4.68	15"	23"	1'50"	19.4	838	16.2	5.87				
	空氣→6.0	18.6	418	7.78	4.47	6"	1'4"	3'20"	20.7	1270	26.3	6.58				
	2.4→4.15	17.6	642	11.3	5.03				20.0	772	15.4	5.75				
	4.15→6.0	20.0	772	15.4	5.75				25.0	1070	26.8	6.51				

動時には肺胞 CO₂ が等しくて、その上殆ど相等しい運動量でありながら、呼吸量には相當のちがひのある場合が多く、圖でいへば平靜時にくらべて呼吸量を示す點のちらばり方が甚しい。

c. 振幅と數：運動時に呼吸量が増大するのは主として數がますのか振幅がますのかは運動の種類によつても異なるやうで定まらないが、CO₂ 吸入によつてそれと等しい呼吸量になつて居るときにくらべると、振幅は小さく數が著しく多い。運動中に更に CO₂ 吸入をして呼吸促進がおこる時は振幅が主として増すものであつて、數はそれほどふえない。

D. 酸素欠乏時

酸素欠乏氣を吸入すれば呼吸量はまし、更に CO₂ を加へれば呼吸は著しく促進される。

1. 増大期：數、振幅のまし方は平静時にくらべると著しくはやい (第3表)。

2. 平衡期

a. 振幅の變動性：單なる酸素欠乏の状態ではそれが中等度までは變動性は正常時とかはならないが、高度になると平均振幅はそれほど増さないのに變動性が著しく大きくなる (第2圖 III a, a')。更

に CO_2 を加へると平均振幅は著しく増すが變動性は著しく小さくなる (第2圖 III b, b').

b. 肺胞 CO_2 と呼吸量：中等度酸素欠乏では呼吸量も肺胞 CO_2 も變化しないが高度になると量はまし、肺胞 CO_2 はへる。更に CO_2 を加へると、肺胞 CO_2 がましと共に量も増すが、そのまし方は正常時にくらべて大きい。

c. 振幅と數： CO_2 が少い時には主として振幅をまし、 CO_2 が濃くなると主として數を増すが、正常時にくらべ、同一呼吸量のときには常に數が多く振幅は小さい。

IV. 總括並に考按

CO_2 吸入によつておこる呼吸の變化に關しては從來幾多の報告があるが、多くは平衡状態のことをのべて居り、平衡に達するまでの變化についてのべたものは少く、又いづれも1分間の平均呼吸量についてのべて居るだけであつて (10), CO_2 によりおこる呼吸の變化を一呼吸毎にくはしくみたものはない。 CO_2 吸入によつて呼吸促進がおこるには必ず潜伏時があることは、この呼吸促進が氣道又は肺よりの反射ではなく CO_2 を多く含む血液がどこかの Chemoreceptor 又は中樞自身にはたらくのであることを思はせる。又肺より耳までの血流速度は 3~4" (7) であるから呼吸中樞にゆく時間もこれ位とすれば 20% もの長い潜伏時があるのは中樞の反應がおそいためであらう。又肺胞 CO_2 が既に一定してもまだ呼吸は平衡しないことも中樞の反應のおそいことを示す。従つて短時間の CO_2 吸入では吸入をやめたあとで極大に達する。又減少期に於ても必ず肺胞 CO_2 の變化が呼吸の變化に1歩づゝ先んじて居る。

短時間 CO_2 吸入では濃度をかへた場合も、時間をかへた場合も振幅の變化し方は須田 (13) が瞳孔反應について行つた成績と殆ど一致して居り、中樞の反應様式の一つの型を示すものとして興味ある問題である。

増大期と減少期をくらべると、必ず減少期の方が経過がはやいのは、呼吸が大きいから速かに体内の CO_2 を追ひ出すためであらうが、それにしてはあまりに減少期の方が速かであるから CO_2 は組織に入りにくくて出やすいのかも知れない。又減少期には肺胞 CO_2 は一時必ず正常値以下になるのだからそれに1歩おくれて呼吸が正常値以下となり、甚しい時には Apnoe が生ずることはうなづける。

CO_2 吸入によつて呼吸が平衡に達すれば一定の肺胞 CO_2 では一定の呼吸量になり、吸入前の履歴が關係しないのだから呼吸中樞には CO_2 に對する馴應はないことになる。減少期に於て一時 Apnoe のくる人で、この Apnoe がやぶれる時の肺胞 CO_2 が正常値以上になつて居ることは馴應によつて中樞の CO_2 に對する興奮性が低下したと考へなくても、中樞の反應にはかなりのおくれがあることから説明される。

「肺胞 CO_2 -呼吸量」の關係曲線の傾斜はその状態に於ける生体の血中 CO_2 調節能をあらはすものと考へることが出来る。運動時には平静時にくらべて同一肺胞 CO_2 に對し呼吸量は非常にましに居るのだから中樞の CO_2 に對する感受性はまして居ると考へるのが至當であるが、 CO_2 に對す

る調節能は全然平静時と同じであることは、感受性 (所謂興奮性) と調節能とは別箇のものであることを示唆する。酸素欠乏時には調節能は運動時、平静時よりも大きい、感受性は運動時ほどまして居ない。

運動時には運動量 (O_2 消費量による) が大体相等しくて、肺胞 CO_2 も同じでありながら呼吸量が各々場合によつてかなり開きがあり (第3圖参照)、又1つ1つの呼吸振幅の變動も平静時にくらべて大きい (第2圖)。之等は何を意味するか不明であるが、中樞の興奮の様式が單なる CO_2 吸入時と、運動時では全くちがふことをあらはして居るやうに思はれる。

Haldane (4) は呼吸中樞は肺胞 CO_2 を一定の値に保つやうに調節するといつて居るが、それならば「肺胞 CO_2 -呼吸量」曲線は肺胞 CO_2 が正常値 5.0% 前後の所で最もその傾斜が大であつて然るべきだのにかへつてこの邊では傾斜がゆるやかなことからそうはいへない。即ち正常では呼吸は肺胞 CO_2 によつて調節されて居るのではない。又肺胞 CO_2 が 0.2% ますと呼吸量は2倍になるといつて居るが、この圖にあげた被験者では呼吸量が2倍になるには肺胞 CO_2 は 0.6~0.8% まさねばならず、他の数人の被験者でも 0.2% で2倍になるやうな敏感な人はなかつた。この點は既に Lindhard (6) も指摘して居る所である。

次に呼吸数と振幅の關係をみると、從來 CO_2 吸入によつてはじめから數も増加するといふ報告もあるが (5)、一般には CO_2 がうすい時には振幅がまし、濃度がこくなると數もますといはれるが、數のまし始める濃度については報告者によりまちまちである (3, 4, 9, 14)。私の實驗では吸入 CO_2 の濃度がうすくとも數も必ずいくらかまして居る。併し濃度が少い時には主として振幅がまし、濃度がこくなると數を主としますことは從來いはれて居る通りであり、その境目が呼吸振幅 1000~1200cc でこの人の肺活量 3300cc の約 1/3 であることも藤本の成績と一致して居る。但しこの點に於て Hering-Breuer 反射が働く (3, 12) とした點は一考を要する。尚ほ私の實驗でははじめから數もましたことには被験者の姿勢が影響したかも知れない。運動中ははじめから數がまして居るから CO_2 吸入によつて先づ振幅がましといふ關係は一層著明であり、數はそれ以上殆どまさない事が多い。即ち CO_2 の働らき方はこの點でも平静時と運動時とでは著しい差は認められない。

文 献

- 1) Benzinger, Th. (1940) Klin. Wschr. 19, 457
- 2) Douglas, C. G. & J. S. Haldane (1909) J. Physiol. 38, 420
- 3) 藤本富太郎 (1938) 京都醫學誌 35, 26
- 4) Haldane, J. S. & J. G. Priestley (1905) J. Physiol. 32, 225
- 5) 早坂得奈治・板倉駿 (1931) Tohoku. J. exp. Med. 18, 166
- 6) Lindhard, J. (1911) J. Physiol. 42, 337
- 7) Matthes, K. & X. Malikiosis, (1936-1937) Dtsch. Arch. klin. Med. 179, 500
- 8) Nielsen, M. (1936) Skand. Arch. Physiol. 74, Suppl. 10, 83
- 9) 小田俊郎・山田豊治 (1932) 日本内科學誌 20, 560
- 10) Padget, P. (1928) Amer. J. Physiol. 83, 384
- 11) Sarre, H. (1936) Klin. Wschr. 15, 341
- 12) 正路倫之助 (1938-1939) 日本學術協會報告 13, 2號 4部 (B) 醫學 284
- 13) 須田圭三 (1947) 新潟醫學誌 61, 228
- 14) 高杉年雄・小林辰雄 (1931) 北海道醫學誌 10, 17

運動時の呼吸促進について 612.227.1, 612.223.11

[第2篇] 運動時の呼吸調節はCO₂によるか

新潟醫科大學生理學教室 (主任高木健太郎)

長谷川 弘

Hasegawa - Hiromu

(昭和22年8月22日受付)

I. 前 お き

運動するとそれがごく軽度のもので呼吸は無意識のうちに促進して居る。運動が激しくなれば呼吸は更に大きくなる。人が持続的に爲し得る運動に限界があるのは主として循環が伴はなくなるため、呼吸はこの限界まで常に十分行はれて居る。この運動時の呼吸促進が何によつておこるかは未解決の重要課題である。而も厳密にいへば運動時と平静時の區別はないわけであるから、その解決は惹いては正常時の呼吸調節の機轉を説明することにもなつて極めて重要となつてくる。呼吸調節には、1) 化學的調節と、2) 神經性の調節が考へられる。1) には血液の CO₂ 分壓、pH、乳酸その他の物質がある。然るに運動時には肺胞 CO₂ 及び動脈血の CO₂ 壓は殆ど變化しないか、或はかへつて減少し、pH もかわらないか或はかへつてアルカリ性に傾くといわれる (2, 6, 9, 10, 11)。併し呼吸中樞そのものの CO₂ 壓、pH が果して動脈血のそれと等しいかどうかは問題として残る。乳酸その他の酸は運動中及び後に血中に増すが呼吸促進の程度とは時間のずれが大きく (1, 2) その原因とは考へられない。それで何か他の未知の物質を考へる人もある (2)。2) は更に運動中樞から興奮が呼吸中樞に蔓延するとゆうもの (7) と運動して居る筋よりの反射によるとゆうもの及び右心房の内壓による反射 (6) とするものがある。以上のどれをとつても、運動の前後にわたつて未だ充分なる説明は出来ない。

さて第1篇の CO₂ による刺激生理學的研究によつて運動時も平静時も CO₂ 壓の變動に對する呼吸の反應様式には大差ないことを知つた。そこで先づ運動時の肺胞 CO₂ と呼吸量との關係を追跡し進んでこれまでの研究結果を批判検討しようと思う。

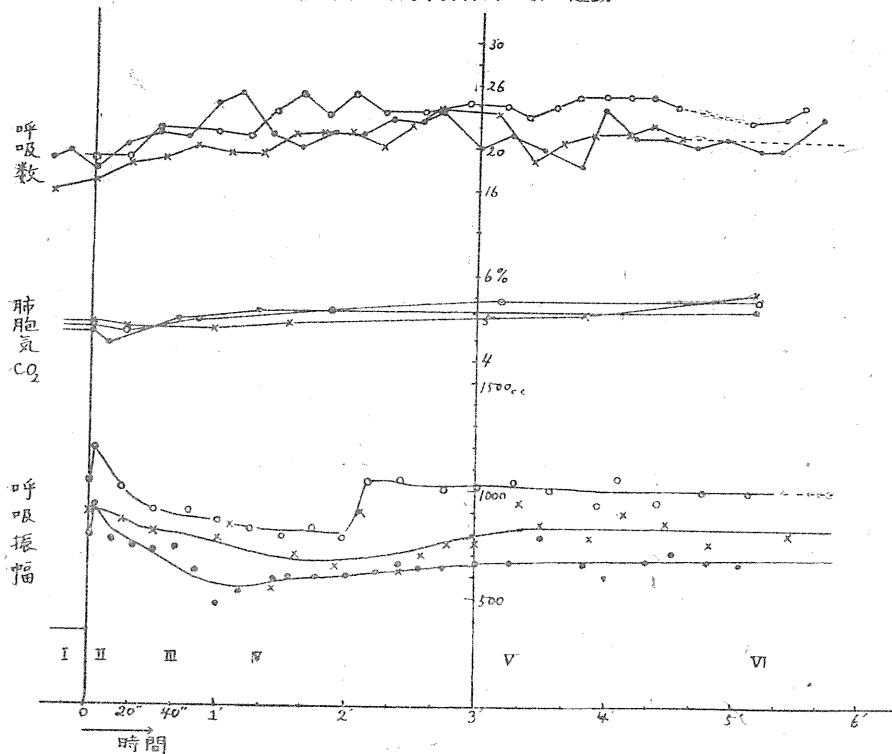
II. 實驗方法及び實驗成績

實驗には前と同じ方法を用ひた。

一般に運動すると、CO₂ 吸入時とちがつて振幅も數も潛伏時なしで直ちに増し、暫くするとある大きさを持続するやうになる。肺胞 CO₂ は一時減少し、その後暫次増加して、その時の運動の種類、激しさ、主觀的の苦しさ等によつて正常値と等しいか、それより大きいか又は小さい値で一定する。運動をやめれば振幅、數ははじめ急激に減少するが長く正常値以上をつづけ、運動の程度により時

間はちがうがごく徐々にもとにもどる。肺胞 CO_2 は一時正常値以上となり、次第に減少して正常値以下となり、振幅、数がもとにもどると共に正常に復する。第1圖 (運動後のことは第5表参照)

第1圖 自転車勞作計による運動



は自転車勞作計による運動の場合で、この時には運動をはじめると直ちに振幅が大きくなり、次いで一時減少し再びいくらか増加して一定の値になる。又「その場駐歩」をした場合 (第2圖實線) には振幅の一時的減少はみられ

ない。この経過は Krogh の勞作計による實驗 (7) 及び Benzinger の Laufen am Ort (3) とよく一致するが、勞作計による運動の場合には、はじめに大きな力が要り、うごきはじめれば要する力が減るたにこうゆう経過をとるのであらう。但し Benzinger の云ふ如く運動中に振幅がへりやめたあとで大きくなるとゆうものはみられなかつた。

A. 呼吸量が一定した時の肺胞 CO_2 -呼吸量の關係

1. 姿勢と呼吸量, 肺胞 CO_2 (第1表)

呼吸量は仰臥位では少く、立位の方が大きい。肺胞 CO_2 は逆に仰臥位で多く、立位では少い。

第1表 姿勢と呼吸量, 肺胞氣

姿 勢	V. P. 小 野						V. P. 長 谷 川					
	數	振 幅	量	肺胞氣 CO_2	標準量	比	數	振 幅	量	肺胞氣 CO_2	標準量	比
仰 臥	14.5	346cc	5.0 l	5.12	8.0 l	0.63	13.0	406cc	5.3 l	5.49	10 l	0.53
蹲 踞	16.2	430	6.98	5.01	7.0	1.0	15.3	424	6.49	5.07	7	0.93
坐 位	17.2	420	7.2	4.66	5.0	1.44	17.7	355	6.27	5.09	7	0.90
立 位	16.7	396	6.6	4.81	6.0	1.1	16.0	466	7.46	5.02	7	1.07

以下の表では第1篇でのべた實驗で Bodyplethysmograph 内で蹲まつた姿勢で得た「肺胞 CO_2 -呼吸量」の關係曲線より求めた肺胞 CO_2 に対する呼吸量 (標準量) 及び現在の呼吸量のそれに対す

る比を示してどれ位標準量よりずれて居るかを示すことにする。兩被験者共蹲まつた姿勢では大体1を示し、仰臥位では呼吸量は過少であり、坐位、立位では過大である。なほこの時呼吸の中位量を見ると、仰臥→蹲踞では約200cc呼吸位となり、更に坐位、立位になるにつれてそれより約100ccづゝ呼吸位になる。

2. 酸素消費量と呼吸量, 肺胞 CO₂ (第2, 3表)

酸素消費量が大きくなるにつれて呼吸量は著しく増すが、肺胞 CO₂ はそれほどまして居ない。

第2表 運動量と呼吸量, 肺胞氣

V.P.	運動の種類	O ₂ 消費量	數	振幅	量	せい一杯呼吸した終りの部分	計算による平均肺胞氣	標準量	比
長谷川	静止(坐)	287 cc	16.4	530 cc	8.7 l	5.53 CO ₂ 14.80 O ₂	4.26 CO ₂ 16.30 O ₂	7.1	1.24
	歩行	1130	24.0	970	24.3	5.51 14.55	4.89 15.4	7	3.47
谷	150m/分の跣歩	2560	40.0	1600	64.0	5.80 15.75	4.40 16.5	8.5	7.55
	300m/分の跣歩	3200	44.5	2290	101.5	5.15 16.1	3.80 17.65	8	12.7
川	3kgの重しを手で支へる	458	31.2	700	21.8	5.22 15.8	3.50 18.23	6	3.6

第3表 運動量と呼吸量, 肺胞氣

運動量	肺胞氣 CO ₂	呼吸量	標準量	比	運動量	肺胞氣 CO ₂	呼吸量	標準量	比
自轉車上で静止 O ₂ 消費250~300	4.71%	8.15 l	7.1	1.16	O ₂ 消費 1300~1500	5.60%	32.2 l	12.0 l	2.68
	4.66	9.25	6.5	1.42		5.46	34.5	11.0	3.14
	4.73	8.5	7	1.21		5.17	48.7	8.5	5.73
せい一杯の疾走 のあと	4.42	9.16	5.0	1.83	O ₂ 消費 1800~2000	5.26	34.2	9.0	3.80
	4.68	7.18	6.5	1.1		5.26	33.9	9.0	3.77
	4.47	7.78	5.0	1.56		5.24	35.4	9.0	3.93
O ₂ 消費 600~800cc/分	5.01	16.4	8	2.05	O ₂ 消費 1800~2000	5.20	32.2	8.5	3.67
	4.89	18.4	8	2.30		5.26	33.1	9.0	3.68
	4.90	21.2	8	2.65		5.52	44.7	11.0	4.06
O ₂ 消費 900~1000	5.46	25.6	11	2.33	O ₂ 消費 1800~2000	5.24	43.1	9.0	4.80
	5.34	27.9	9.5	2.94		5.45	44.1	11.0	4.0
	4.50	27.2	5.0	5.44					
	5.35	25.5	9.5	2.69					
	5.15	28.5	8	3.56					

第4表 運動時の肺胞 CO₂ と呼吸量 (個人差)

V.P.	運動	O ₂ 消費量	數	振幅	量	呼氣	肺胞 CO ₂	備考
小林(28)	150m/34"	2340 cc	50	1410 cc	70.5 l	3.32 CO ₂ 18.20 O ₂	3.71	ふだん運動しない人
黒木(34)	200m/52"	3140	49	1700	83.5	3.75 17.9	4.11	非常に苦しかった
永井(25)	200m/52"	3250	32	2170	69.5	4.68 16.8	5.03	運動家 大したことはなかつた
加藤(31)	150m/43"	3550	39	2410	94.0	3.78 18.2	4.04	走り終つて氣分が悪くなつた
村社	400m/1'23"	1600	49	1115	54.7	2.92 18.2	3.37	相當苦しかった (グラウンドへおりたばかり)
村社	400m/1'40"	1670	23	1650	38.0	4.75 16.7	5.22	樂に走つた
小林	400m/1'56"	2230	47	1700	79.8	3.66 18.3	3.88	

運動量が非常に大きくなつて苦しい位になるとかへつて肺胞 CO₂ は減少し、従つて標準量との比は大きくなる。第4表村社選手の例では同一酸素消費量でありながら彼が精一杯に走り「苦しかった」といつた時の方が呼吸量は大きく肺胞 CO₂ は少い。又酸素消費量がそれほど大きくななくても、運動の種類例へば重いものを手で支へるとゆうやうな非常な苦痛を伴う運動では酸素消費量にくらべ呼吸量が大きく、肺胞 CO₂ はかへつて減少する。

3. 個人的の差異 (第4表)

同一の運動でも人によつて呼吸量は非常にちがう。十分練習した人で樂々とやつて居る人では呼吸量はそれほど増さず肺胞 CO₂ は割合に多い。之に反して全然運動しない人で「今の運動は苦しかった」とゆうやうな時には呼吸量は非常に大きくなるが肺胞 CO₂ はかへつて減少する。

B. 運動後の肺胞 CO₂, 呼吸量 (第5表)

運動をやめると、呼吸量ははじめは速にへるが次第にへり方はゆつくりになり、運動前の値にもどるには運動量によつてちがうが長時間を要する。肺胞 CO₂ は運動直後呼吸量が速にへる時には

第5表 運動の前後の肺胞氣, 呼吸量 (V.P.長谷川)

運動後の肺胞氣(V.P.倉島)

立位	數	振幅	量	最大呼吸の 終りの部分	標準量	比	時 間	呼氣の最終 部分	
立位	15.2	322 cc	4.9 l	4.99 % 15.3	7 l	0.7			
600m/4分の駈歩								エルゴメーターで重し 4kg O ₂ 消費2200	
直後	43.0	1000以上	50以上	4.92 15.7	5	10以上	直後	7.04 13.85	
15"	40.0	1000以上	45以上	5.77 14.75	7	4.9	30"	6.89 14.4	
30"	35.3	970	34.2	5.05 15.8	5	2.94	1'	5.43 17.05	
1' 0"	25.1	637	14.7	5.10 15.9	5	2.24	2'	4.88 16.55	
1'30"	20.7	541	11.2	4.70 15.95	3	3.63	600m/4分の駈歩		
3'	20.0	546	10.9				1'後	5.36 17.55	
500m/2分の駈歩								1'30"	5.43 15.75
直後	50	1500以上	75以上	4.15 16.7	2	48以上	2'	4.74 17.85	
10"	50	1300	65以上	4.75 15.7	3	16.4	5'	4.71 15.8	
20"	40	1230	49.2	4.53 16.5	3	10.5	500m/2分の駈歩		
1' 0"	33.3	947	31.5	4.85 16.25	3	5.9	直後	5.66 15.8	
2' 0"	23.1	762	17.6	4.20 16.65	2	7.55	30"	5.92 15.8	
3'30"	21.4	706	15.1				1'	5.24 16.85	
							2'	4.97 16.9	
							3'	4.69 16.8	

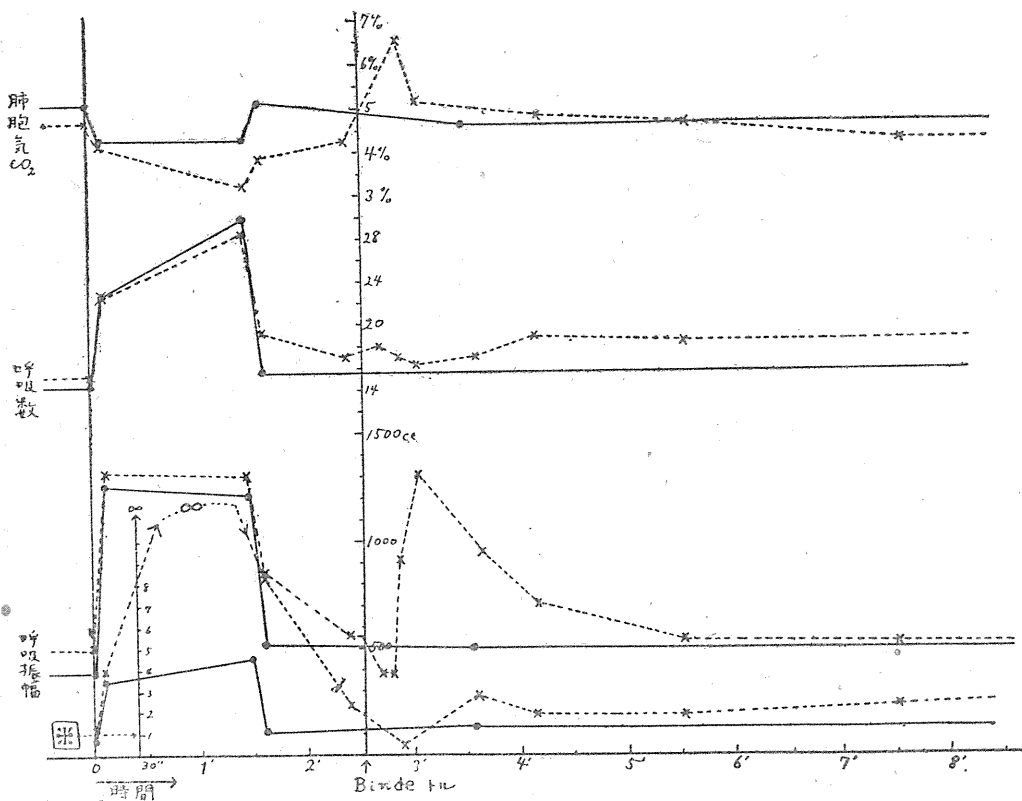
一時正常値以上になるが次いで正常値以下になり、呼吸量のまして居る間つゞく。

Ⅲ. 考 按

運動時の肺胞 CO₂ を種々の場合及び人についてみると、運動量、呼吸量、肺胞 CO₂ の間には平行関係はない。肺胞 CO₂ は正常値と等しいことも、少いことも、多いこともあつて一定しない。

たとえ多い時でもそれで呼吸量の増加を説明出来るほどのものではなく、常に呼吸量は肺胞 CO_2 に對應する標準量より遙に多い。更に Brockhoff 等 (5) と同じく大腿を緊縛して運動筋よりの血流を遮断して「その場駈歩」をしても、第2圖點線で示す如く (第6表参照), 呼吸數, 振幅の變化

第2圖 大腿を緊縛して「その場駈歩」



※.....現在の呼吸量と肺胞 CO_2 に對應する標準量との比

は緊縛しない時と全く同様である。この時には血液中には CO_2 もその他の新陳代謝産物もまさない筈であるのに呼吸量はます。肺胞 CO_2 は緊縛しない時よりかへつて少い値をとつて居るこの點からみても運動時の呼吸促進は血中 CO_2 の増加による刺激効果ではなく、この呼吸促進の第一原因は他に考へられねばならぬ。緊縛した時としない時とは肺胞 CO_2 によるものでなく、運動する筋内の種類、量に關係があるやうにみえる。なほ運動をやめたあとに緊縛しない時は數、振幅は速に減少するのに対し、緊縛した時には伸々減少しないのは緊縛のため脚が痛く Schmerz hyperpnoe があるためであらう。緊縛をとれば楽になると共に一時振幅は正常値以下に小さくなる。それから 15' の潜伏時において振幅は大きくなりはじめ極大値に達して減少してゆく。肺胞 CO_2 は之に先立つて増加し、やはり極大値に達して再び減少する。この経過はちようど CO_2 を短時間吸入した時と全く同様であり、而も數は全然ます、振幅の増加は吸息側へのみであるから之は CO_2 の増加によるものである。緊縛をとつたすぐあとで一時振幅が小さくなるのは CO_2 が緊縛しない時より更

第6表

	正常 その場 駐歩						兩大腿部緊縛 その場 駐歩						
	數	振幅	量1/分	肺胞氣	標準量	比	數	振幅	量1/分	肺胞氣	標準量	比	
直前	14.5	392cc	5.661	5.17CO ₂ 14.4O ₂	8.1	0.71	直前	15.4	514cc	7.91	4.76 15.4	6.1	1.32
走りはじめ	23.1	1256	29.0	4.31 16.1	4	7.25	走りはじめ	23.1	1312	32.0	4.21 17.6	4	8.0
1'30"	30.0	1216	36.5	4.31 16.2	4	9.13	1'30"	28.6	1300	37.2	3.27 17.65	Apnoe 0	∞
走りやめ直後	15.8	504	7.95	5.14 14.45	7.5	1.06	走りやめ直後	19.4	860	16.6	3.88 16.9	1	16.6
2'後			7.9	4.64 14.6	5.5	1.45	1'	17.1	556	9.55	4.28 16.1	4	2.39
							1'30"	Bindeをとる (樂になつてほつとする)					
							5~10"	18.0	384	6.9			
							15"	大きくなりはじめ (振幅)					
							15~25"	17.1	926	15.8	6.51 13.3	3.2	0.5
							25~35"	16.4	1314	21.6	5.14 16.35	7.5	2.88
							1'10"	17.1	954	16.3			
							1'40"	18.9	700	13.2	4.86 15.3	7	1.9
							3'	18.2	544	9.9	4.60 14.55	5	1.98
							5'			9	4.21 16.55	4	2.25

緊縛のため苦痛甚し

にへつて居るためであらう。緊縛をとつてから振幅の増加までに15"の潜伏時があり而も常に肺胞 CO₂ の變化が振幅の變化に先立つことは CO₂ の作用する場所はおそらく呼吸中樞そのもの(少くとも動脈系にある Chemoreceptor) であることを示す。次に被験者の

感じから云つても CO₂ 吸入の時には吸入 CO₂ の濃度がうすくても何となく息苦しきを感じ、呼吸が大きくなるが運動時にはその程度の呼吸促進は意識せずに生じて居る。而も CO₂ 吸入の時には振幅は吸息側にのみ大きくなるが、運動時には吸息側へも大きくなり、又 CO₂ 吸入では6~7%でも呼吸量は中等度の運動時ぐらいしか大きくなり、それ以上は苦しくて連続して吸入出来ない。これからだけでも運動時の呼吸促進は CO₂ 増加によるものではない。又酸素欠乏では殆ど意識を失ふ位になつても呼吸量は大きくならず殊に振幅は精々2倍位にしかならぬ。だから酸素不足でもない。併し運動中でも過剰呼吸により CO₂ を追ひ出せば Apnoe が來、CO₂ 吸入をすれば呼吸促進がくるからやはり CO₂ が刺激となつて居るものであり、そうすれば Nielsen, Lindhard (11, 9) の云ふ如く何か他の原因によつて中樞の CO₂ に對する興奮性がましたことは確であらう。然らばこの興奮性の増加は何によるか、次に之を考察してみよう。先づ新陳代謝産物が考へられるが、前にのべた大腿を緊縛して行つた實驗から考へてこの假定は否定出来る。従つて運動中には主として反射性の調節が行はれて居るものと考へられる。

1) 大脳からの興奮の蔓延について : Krogh (7) の云ふ如く運動する時には大脳よりの興奮の蔓延によつて呼吸中樞の興奮性が突然高まるとすれば、運動しはじめの呼吸促進はうまく説明されるがそれならば実際には筋肉がうごかなくても大脳の運動中樞が興奮しきへすれば呼吸促進が來てよい筈である。そこで私は腰椎麻酔をした患者について實驗してみた。麻酔前には膝を意識的にまげさせると呼吸が促進するが麻酔がきいて膝がうましく動かなくなつてくると呼吸促進の程度がずつと弱くなる。又腰部の外傷で完全に脊髄の切斷された患者では足をうごかさうとしただけでは呼吸は促進しない。無理に非常な努力をしてうごかさせると身体の他の部分の筋がうごいてこの時はいく

らから呼吸促進がくる。併し普通の人で脚をうごかした時ほどの呼吸促進にはならぬ。従つて大脳からの蔓延は考へられない。

2) 右心房の内圧の増加 : Harrison (6) は右心房の内圧が高まると呼吸困難がおこると云つてゐる。これについては人体実験として内圧を高める適當な方法がないのではなかつたが Harrison の実験をみても呼吸数のみがまして居つて振幅はまして居ない。又数のまし方も軽度でありとても運動時の呼吸促進とは比較にならない。

3) 運動筋自身よりの反射について : 筋を他動的にうごかしても呼吸促進の程度はごく僅かであるから (第7表) 受動的にうごいてもだめなことがわかる。この表で多少の呼吸促進があるのは他動的に手足をうごかしても全身の筋としては完全に受動的ではなく、能動的、調節的に他の筋も一

第7表 受動的運動 (V.P. 高木)

		運動前		中			後		備考	
I	數	15.4	15.8	18.2	17.6	19.4	15.8	呼吸位となる		
	振	320cc	388	474	398	388	350			
	幅	4.93	6.13	8.6	7.0	7.55	5.55			
II	數		17.1	20.0	20.0	18.8	18.8		17.6	
	振		344	312	312	312	302		344	312
	幅		5.88	6.25	6.25	5.86	5.68		6.05	5.5
III	數		17.6	21.4	18.8		18.5			
	振		312	296	296		269			
	幅		5.5	6.35	5.56		4.98			

緒にうごいて居るものもあるため、及び皮膚にふれることや、皮膚が引のばされること等が關係するのであらう。腰椎麻酔や脊髓切断患者について行つた実験ではいづれも呼吸促進の程度が更に軽度になつて居る。

能動的運動

I	數	16.7	19.4	19.4	17.1	17.6	呼吸位となる
	振	280	430	366	410	377	
	幅	4.68	8.35	7.1	7.0	6.64	
II	數		17.6	20.0		19.0	
	振		323	345		312	
	幅		5.69	6.9		5.93	

運動時の実験に於て、なれない運動の時ほど、又苦しさを伴ふ運動の時ほど、又同じ運動でも練習のつんでない人ほど肺胞 CO₂ にくらべて呼吸量が多いこと

受動的運動 : 被験者は自転車作計上で静止す。検査者が車輪をまはす。ペダルがうごいて被験者の脚が受動的にうごく。

とから結局能動的に筋がはたらく時に反射を生ずるものではなからうか。姿勢によつて呼吸數、振幅、量がちがふことは Liljestr nd (8) も指摘して居るが肺胞 CO₂ との關係はみて居ない。私の実験でも仰臥位で呼吸量が最も少く肺胞 CO₂ は最も多くなつて居る。仰臥が最も筋を使はない姿勢であるから呼吸中樞の興奮性も最も低下して居ると考へればよいであらう。運動量がますにつれて同一肺胞 CO₂ に對し呼吸量が増加するのは運動量がますにつれ用ひる筋の量がまして中樞の興奮性を高めるためであらう。苦しい位になると必要以上の筋が動員されるため呼吸中樞の興奮性も上りすぎて呼吸量は更に増大して、肺胞 CO₂ は減少することになる。ふだんやりつけない運動例へば重い物を長く手で支へるやうな時には手の筋がつかれると同時にその他の筋まで應援に動員され遂には全身の筋が緊張してくると、呼吸中樞の興奮性は著しくましてくるのであらう。結局その時用ひられる筋の種類や量によつて中樞の興奮性が左右され、その時の CO₂ 產出量との關係で呼吸量、

肺胞 CO_2 の値が定まる。ふだん用ひなれない筋まで澤山用ひて居るのにその割に CO_2 産出量の少い時には (能率のわるい時) CO_2 産出量にくらべ呼吸量が大きくなりすぎて肺胞 CO_2 は正常値よりさがり、なれた運動で能率よく運動して居る場合には肺胞 CO_2 は正常値より以上となるものであらう。

呼吸中樞の興奮性に関しては Lindhard, Nielsen (11) は「肺胞 CO_2 -呼吸量」曲線より興奮性を求めて居り、Rice (12) もこの曲線を目標にして居る。今この曲線を真空管の「Ip-Eg」曲線にたとへると呼吸量は Ip にあたり、肺胞 CO_2 が Eg にあたる。Rice によれば Vagus を切るとこの曲線の傾斜がゆるやかになる。即ち Gm が小さくなるとゆう。然るに Nielsen の実験でも私の実験でも運動時には同一肺胞 CO_2 に對し呼吸量はますが、傾斜はかわらない。即ち Gm はかわらないで陽極電壓が高まつたことから相當して居る。この事から Rice の云ふ如く Vagus にも中樞の興奮性を高めるものであり、又運動筋からの反射も興奮性を高めるものであるとしてもその働き方は全く別のものであることがうかがわれる。いわば Vagus は hetero bolisch のものを iso bolisch のものに近づける働きをし、運動筋からの反射は hetero bolisch のままでその閾値をさげる様に働くといへる。

次に運動後長くつづく呼吸促進と、肺胞 CO_2 の低下については Douglas, Haldane (4) は乳酸による中樞の興奮性の増加によるといひ、Benzinger (2) は未知の新陳代謝産物が直接中樞を刺激するといつて居る。これは否定は出来ないが運動をやめたあとでも筋に新陳代謝物質の多い間はしばらく緊張が高まつて居り、之が呼吸中樞に反射性にはたらくとも考へられないことはない。この間の解決は將來の研究にまつものである。

IV. 結 論

1) 運動時の呼吸量はその場合の肺胞 CO_2 に對應する量に比して常に著しく大きく、呼吸促進の形式は CO_2 吸入時と著しく異なる。

2) 呼吸量と肺胞 CO_2 との間には一定の関係はない。その時の呼吸量は個人的のその運動に對するなれ、不なれ、努力の大きさ、及び苦しさの程度によつてちがう。結局呼吸量は肺胞 CO_2 即ち血中の CO_2 分壓によつてきまるものではなく、他の原因、おそらく筋よりの反射により呼吸中樞の興奮が規定され、呼吸量、肺胞 CO_2 が同時的に定まるものである。

文 献

- | | |
|---|---|
| 1) Bang, O. (1936) Skand. Arch. Physiol. 74. Suppl. 10, 49 | 7) Krogh, A. & J. Lindhard (1913) J. Physiol. 47, 112 |
| 2) Benzing, Th. (1940) Klin. Wschr. 19, 456 | 8) Liljestrand, G. & G. Wollin (1913) Skand. Arch. Physiol. 30, 199 |
| 3) Benzing, Th. (1938) Erg. Physiol. 40, 1 | 9) Lindhard, J. (1934) Arbeitsphysiol. 7, 72 |
| 4) Douglas, C. G. & J. S. Haldane (1909) J. Physiol. 38, 420 | 10) Matthes, K. & W. Hauss (1936) Arch. exp. Path. Pharm. 181, 630 |
| 5) Grosse-Brockhoff, F., W. Schoedel & W. Springorum (1937) Pflügers Arch. 328, 374 | 11) Nielsen, M. (1936) Skand. Arch. Physiol. 74 Suppl. 10, 83 |
| 6) Harrison, M. D. (1936) Failure of the circulation, Baltimore. | 12) Rice, H. V. (1938) Amer. J. Physiol. 124, 535 |

病醫院研究所
開設施工

各科教室・診療室・手術室・物療室
病室・看護室・隔離室・備付

器械器具一式

HARMON

東京都本郷區本郷二の四・電話小石川(85) 5528番

西川精機工業株式會社

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ノ4

生理學器械

基礎醫學研究用器械

製作販賣

東大醫學部
勞働科學研究所 御指定

高橋商店

高橋延雄

東京都文京區
湯島兩門町一番地

昭和22年12月20日印刷
昭和22年12月25日發行

編輯兼發行者 **戶塚武彦**
東京都文京區本郷元富士町
東京大學醫學部生理學教室
電話小石川(85) 5588番

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

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

日本生理學雜誌 第10卷 第6,7號

定價 40円

發行所 **大日本生理學會**
事務所 東京大學醫學部生理學教室
振替 東京 80430番
電話 小石川(58) 5588番
會員番號 B104025番

配給元 **日本出版配給株式會社**
東京都千代田區神田淡路町二丁目九番地



登録商標

急性、亞急性熱性諸症

スチミン

非特異全免疫元の應用

注射薬（皮下、筋肉）

適應症：

チフス、流行性感冒、肺炎、敗血症、丹毒、フロンクローゼ、
中耳炎、産褥熱、ロイマチス、その他原因不明の熱症等に奏効
を期待されます。

東京・日本橋・室町2ノ2 三共株式会社

表在性・内在性 化膿症新治療劑



新發賣



腸チフス菌培養濾液を主劑とせる活性新化學療法劑
細菌濃液に特殊の作用がある事が發見されたのはペ
ニシリン發見と同じ1938年であるが、最近に至り腸
チフス菌に依るものに種々の特性があること、即ち
消炎性・乾燥性・制痒性が他に比し顯著であり、且
つ耐熱性・保存性・安定性が大である事が確認され
て來た。本劑は此の腸チフス菌培養濾液に化學療法
劑を混和し、兩者の藥理的相乗作用を強化する事
に成功した活性新化學療法劑であり、炎症性並に化
膿性疾患に著效のある注目さるべき新劑である。

チフォゲリノン注射液

東京・大阪 山之内製藥株式会社 福岡・札幌