

日本生理誌第15卷2号昭和28年2月1日発行 (毎月1日発行)
〔昭和27年5月6日第3種郵便物認可〕

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第15卷 第2号

Vol. 15 No. 2

昭和28年2月1日発行

February 1953

原 著

- 川田輝夫：汗の酸塩基平衡 (第1報) 汗に於ける Henderson-Hasselbalch 式の検証 59
- 宮原長和：髓鞘に対する KCl の効果に就いて (第2報) 髓鞘被覆部に KCl を作用
させた場合に於ける其両側二絞輪間の傳導時間に就いて 64
- 福田正弘：人体々温調節機能の季節変動に関する研究 (第1報) 日本人 (成人男子) の
体温調節機能の季節変動 68
- 服部鎮男・綾井治一郎・堀口 隆：クロナキシールより観たる電気麻酔 81
- 樋渡志良：断続刺激による聴原発作の研究 (第1報) 発作の型について 87
- 太田三郎：運動時に於ける血液循環系変化の機序 93
- 山岡誠一：体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究 (第4報) エネルギー代謝
より見た諸種のスポーツの強度比較 101

附：第14卷総目次

第14卷の完結について

正誤表

日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan

生理学講座の完成と 毎日出版文化賞受賞

浦本政三郎

日本生理学会編集の「生理学講座」全18巻が、かたい科学ものにも拘らず、戦後出版界のヒットだと云われた。果せるかな昭和27年度の「毎日出版文化賞」が燦然と本講座の上に輝いた。日本生理学会にとっては正に創立30周年の良い記念出版となったわけである。

専門書である本講座が、案外に広い範囲の読者層をかちえたのは、生理学が生命の科学だという知識人の常識慾によったものであろうが、なんと云ってもその内容が各方面の専門家の慾求をみたしえたからにほかなるまい。オルソドックスの生理学は、たしかに front level を示しえた点で生理学の研究者に喜ばれ、第一線の学者を総動員した臨床生理学、病態生理学は、ほとんど医学の全領域に歓迎された。

「日本医学の従來の欠点は、臨床が基礎を忘れ、基礎が臨床を軽視したことにある。いつも欧米に一步先んぜられる所以はそこにある。生理学会がそこに着目して本講座の病態生理学を取入れたのは正に時宜を得た」とは、学術会議副会長塩田廣重博士の批評であった。更にまた「診療にあたって念頭に浮ぶものは病像を説明すべき生理学的な変化のダイナミカルな動きである。その正しい把握なしには新しい診断法の理解も、治療法の体得も不可能である。今や医学は病理解剖学各論の時代から病態生理学各論時代に移りつつある」と。この種の批評は東大高橋忠雄助教授をはじめとして、廣く医学の研究者よりうけた批判であった。また応用生理学とよばれる運動生理、体育生理等いわゆる体力

医学の領域を廣汎に取り入れたことは、体育学の基礎科学として悦ばれ、また生理学の姉妹科学である心理学をとり入れたことは、擡頭しつつある精神身体医学とのつながりにおいて歓迎された。

編集の当初から文章の平明、高度の内容とわかり易い記述を期したことも、また成功の一端であったであろう。

講座の計画は昭和24年春の生理学会に持ち出され、監修者22名の選出となり、次で東京在住の監修会議が編集の構想を練り、さらにそこから浦本はじめ4名の編集委員が選ばれて積極的な実行に移り、その第1回配本は奇しくも朝鮮動乱の初った日であり、全18巻の完結が学会に報告されたのは、それより2年余り27年夏札幌での生理学会の席上であった。

戦後、出版界の最も困難のとき、これを引受けた中山書店主の明と熱、この講座の計画に最初のタッチを与えた林委員、全巻を通じ1頁の洩れもなく、語彙を拾い索引を作った戸塚委員のねばり、監修会議の構想を時代感覚にふさわしく強引に展開せしめた杉委員の編集企画等は、この講座の完成とともに記録されねばなるまい。だがなんといっても、ものを言ったのは日本生理学会30年の歩みであり、成長である。学会各分野の第一人者が急速な執筆依頼を快諾された所以も、その成長の信頼に在つたと思う。

この講座の編集に協力された監修並に執筆の各位に感謝の意を表するとともに、改めて学会の歴史の歩みの意義と尊さを思うものである。

汗の酸塩基平衡 612.792.1

(第1報) 汗に於ける Henderson-Hasselbalch 式の検証

Studies on the Acid-base Balance of Human Sweat.

Part I. On the Henderson-Hasselbalch's Equation for Bicarbonate Dissociation in Sweat.

川 田 輝 夫 (Kawata-Teruo)*

I. 緒 論

汗の酸塩基平衡に関しては従来多くの研究あり、汗は曾ては甚だしく酸性なりとせられたが、Whitehouse¹⁾ や Marchionini²⁾ の研究によって、中性乃至弱アルカリ性なる事が知られた。併し乍ら何故に汗は此の様な pH 値をとるかの理由に関しては甚だ研究が乏しく、たゞ Brill³⁾、Marchionini⁴⁾ 等が分泌速度に関係せる事を見、松岡等⁵⁾ が bicarbonate の分泌と消長を共にする事を見た程度である。この様な分泌速度との関係が如何なる機轉に基くものであるか、又汗の成分は主として血液に由来するものであるが、汗の酸塩基平衡と血液酸塩基平衡との関連はどうなっているか等の事に就ては殆んど判っていない。そこで著者は汗の酸塩基平衡をその炭酸分泌との関係を中心として観察して見ようと考えた。

元來炭酸は次の Henderson-Hasselbalch 式の示す如く、溶液の pH によって解離状態を異にしている。

$$\text{pH} = \text{pK}' + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \dots\dots\dots(1)$$

ここに pK' は炭酸の解離指数であって、解離平衡のレベルを定める恒数であり、溶液のイオン強度によって異なる事が明かにされている。

併し乍ら、汗のイオン強度は、その分泌速度によって変化するのみならず、その中には色々の有機物をも含んでいるから正確には判り難く、従って pK' の値も正確には判っていない。又炭酸は -NH₂ 基と容易に Carbamino 化合物を作るのであるが、汗の中に Carbamino 化

物が多く存在すれば Henderson-Hasselbalch 式が直ちに成立するとは限らない。そこで著者は汗炭酸濃度を中心として酸塩基平衡を論ずる爲には、先ず汗の中の炭酸の解離平衡を明かにするの必要を感じ、先ず Henderson-Hasselbalch 式の検証並に pK' の決定を行わんとして本実験を企てた。

II. 実験方法

A. Henderson-Hasselbalch 式の検証

先ず全身をお湯にてよく清洗したる後、高温室(50~60°C前後)に入り、全身より流れ出る汗を溜水にて洗って清淨としたガーゼにて吸取り、これをしぼり集める。この中には表皮其の他の汚物が含まれている爲に、之を除去する目的で一応濾過し、且つその濾液を中性附近になるまで中和する。そしてこの試料の Cl 濃度を測定して、これを種々の Cl 濃度の値になる様に稀釈して諸種の濃度の汗を人工的につくった。

かくして得たる汗の試料 10~15cc を、豫め種々の Pco₂ (炭酸互断分圧) の空気を満せる双房トノメーター (單房の内容約 100cc)⁶⁾ に注入し、37°C の恒温槽中にて約 1 時間廻轉せしめて、トノメーター内の空気と汗とを充分平衡に達せしめる (1 時間でトノメーター内の空気と汗が充分平衡に達する事は豫め是を実験的に確めた)。然るに後トノメーター内の汗を流動パラフィン下に取り、その pH と総炭酸濃度とを測定する。pH の測定には 37°C に於て吉村式微量液用ガラス電極⁷⁾ を用い、総炭酸濃度は斎藤式微量血液瓦斯分析器を用いて測定した。但しこの場合、汗の比重は血漿に比して著しく軽い爲、松田及

* 京都府立医科大学生理学教室

び遊佐等が⁸⁾唾液中に就て行った方法を採用し、確実を期した。

他方トノメーター内の空気は労研式瓦斯分析器を用いて分析しそのCO₂ Vol% (総CO₂) を求め、此等3つの値を(1)の Henderson-Hasselbalch 式に代入してpK'を求めた。但しこゝに、

$$\begin{aligned} \text{(遊離炭酸モル濃度)} &= [\text{CO}_2] \\ &= \text{P}_{\text{CO}_2} \times \frac{\alpha}{760} \times \frac{1}{22.26} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(結合炭酸モル濃度)} &= [\text{HCO}_3^-] \\ &= (\text{総CO}_2 \text{モル濃度}) - [\text{CO}_2] \end{aligned}$$

とした。αは Bunsen の吸収率であって、Van Slyke, Hastings & Neill⁹⁾ に従って

$$\alpha = 0.557 - 0.103\mu + 0.36P$$

なる式より計算した (附表)。μは溶液のイオン強度 (B項にて説明する) Pは蛋白濃度であってこの場合は0である。又炭酸瓦斯分圧は

$$\text{P}_{\text{CO}_2} = (\text{P} - \text{P}_{\text{H}_2\text{O}}) \times \frac{\text{V}}{\text{V} - \text{X}} \times \frac{273 + t_2}{273 + t_1} \times \frac{a}{100}$$

P: 外気圧mmHg, P_{H₂O}: 水蒸気圧mmHg,
V: トノメーター内全容積cc, X: 被検液cc,
t₁: 室温C, t₂: 恒温槽温度C, a: トノメーター内の空気の分析値CO₂ Vol%

として算出した。

斯様にして一定の汗について P_{CO₂} 種々なる炭酸瓦斯 (P_{CO₂} 3.0~108.2mmHg) に平衡せしめたもののpK'を求め、これが果して一定の恒数として得られるかどうかを検討したのである。

蓋しpK'の値は溶液のイオン強度によって変化する筈であるが、こゝに変化せしめた P_{CO₂} の範囲に於てはCO₂濃度によるイオン強度の変化は極めて僅であって問題にならない。従ってもしCO₂が単なる炭酸として解離平衡を保つものならば当然 Henderson-Hasselbalch 式に合致してそのpK'が恒数として得られる筈である。

B. 汗の塩分濃度とpK'との関係

緒論にも述べた如く、pK'の値は溶液のイオン強度によって変化する事が明かになっている。即ち今 HCO₃⁻ の活量係数をγ、遊離炭酸の夫を1とし、活量係数は溶液のイオン強度が小さい範囲に於ては Debye-Hückel式によって与えられるとすると、pK'は次の如く書下すことが出来る (吉村)¹⁰⁾。

$$\text{pK}' = \text{pK} + \log \gamma = \text{pK} - A\sqrt{\mu} \dots \dots (2)$$

但しpKは炭酸の熱力学的解離恒数であり、Aは0.5に近い恒数、μは溶液のイオン強度である。

$$\mu = \sum Z^2 m$$

(mは各イオンのモル組成、Zはそのイオン價)

そこで生理的に分泌される塩濃度の範囲に於てこのpK'は如何なる値をとり、イオン強度と如何なる関係を保つか、又之を或る1つの値に限定すればどの程度の誤差が起るか、当面の問題である。汗の成分は Whitehouse¹¹⁾, Vasti¹¹⁾ 等の人々によりその組成が明かにせられ、主なる塩分は食塩である。従ってそのイオン強度も主として食塩濃度によって定まると考える。而して久野¹²⁾によれば汗のCl濃度は分泌速度に関係し、分泌速度が低い時には50mg/dlより、高い時には400mg/dl迄色々段階のある事が知られている。そこで上記の如くにして採集せる汗について、先ずそのCl濃度を測定し、これを稀釈する事により50, 100, 200, 300mg/dlの4種類の汗をつくった。但しCl濃度の測定は Volhard-Salkowski 氏法を用いた。かくして此等の汗に就てAに述べた方法によりpK'を測定した。一方この汗のイオン強度は単にCl濃度のみで基因するものではなく、これを正確に求めるには各種のイオン濃度を実測しなければな

汗のCl濃度と炭酸の第1解離指数其他

汗Cl濃度 (mg/dl)	実験数	α	d (°C)	√μ	P _{CO₂} (mmHg)	pK'	平均pK'	平均値の差の検定 (F)
50	7	0.555	0.07	0.134	3.0~10.5	6.220~6.243	6.225±0.011	33.57** 64.59** 6.87*
100	5	0.553	0.16	0.211	19.0~108.2	6.145~6.223	6.189±0.010	
200	10	0.549	0.30	0.293	7.3~88.7	6.120~6.174	6.142±0.011	
300	5	0.547	0.39	0.335	21.6~69.2	6.101~6.153	6.128~0.006	
平均 162							平均 6.171	

備考: *印は数値の差が有意なる事を示す。*の1つのものは有意水準5%, 2つのものは1%とする。

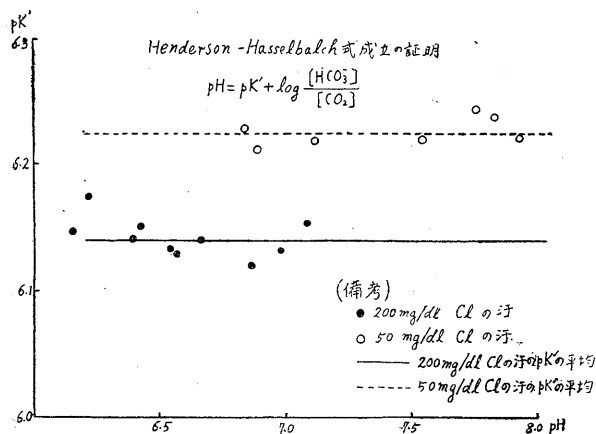
らぬ。併し Whitehouse その他の学者も認めている様に汗の主成分は NaCl であって其の他のイオンは K, Ca, Mg, NH₃, 乳酸等であり, 然もその内二價のイオンは極めて僅である。そこで簡単にイオン強度の大略の値を得る目的に著者は汗の氷点降下度 Δ を測定した。そして Δ より次の式によって NaCl 濃度 C (g/dl) を求め(松岡¹³⁾), これをモル濃度 (稀薄液であるからモル組成に略等しい) に換算してイオン強度を算出した (附表)。

$$\Delta = 0.57923C + 0.008156$$

斯くして得られた汗の pK' とイオン強度との関係について最小自乗法を用いて (2) 式の恒数 A 及び pK を求める一方, これより汗の Cl 濃度の範囲に於ける pK' の変動の大きさを検討した。

III. 実験成績

上記の如くにして Cl 濃度を一定に保った汗の試料に就て得た pK' の平均値とその標準偏差を表記すれば附表の如き成績が得られる。こゝに見る如く pK' の値は Cl 濃度が高まれば減少しているが, 併し Cl 濃度の等しい汗に就ては ±0.01 の範囲で略一定している。表の最右欄は相隣れる 2 つの Cl 濃度に対応する pK' の差の F 函数であつて, この差は何れも推計学的に有意義なる事が示されている。又第 1 図はこの汗試料内の Cl 濃度 50mg/dl のものと 200mg/dl

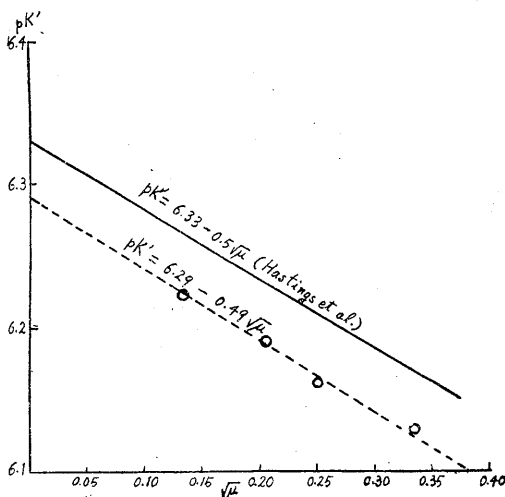


第1図

のものに就て, pH と pK' との関係を図示したものであつて, pK' が pH に関せず, 略一定値を保っている事が示されている。この事は当然 (1) 式より帰納せられる事であるが, もしも溶液の CO₂ が一部 Carbamino 化合物として含まれる場合には (1) 式より算出せる pK' の値は溶液の pH や P_{CO₂} によって変る筈である。従つてこの事実は汗に関する限りその炭酸は Henderson-Hasselbalch 式のみにて解離平衡を論じて良い事を示している。

B. 汗の塩分濃度と pK' との関係

次に上に得られた各種 Cl 濃度の溶液に就てその氷点降下度を測定してイオン強度 μ を計算



第2図

し, これと pK' との関係を図示すれば第 2 図が得られる (夫々の値の平均値は附表に示す)。これより最小自乗法にて (2) 式の $\sqrt{\mu}$ と pK' との関係を求めると図示の如く 37°C に於て

$$pK' = 6.29 - 0.49\sqrt{\mu} \dots \dots \dots (3)$$

が得られ, $\mu = 0.1$ 以下の範囲に於ては A は 0.5 に近く, 炭酸の解離にも Debye-Hückel 式が近似的に当嵌る事が示されている。Hastings & Sendroy¹⁴⁾ によれば炭酸の第 1 解離恒数は 38°C にて

$$pK' = 6.33 - 0.5\sqrt{\mu}$$

であると報告している。この熱力学的の

pK の値は著者の成績よりも 0.04pH だけ高い。この差の理由について第一に考えねばならぬ事は、現在は pH の尺度の標準が測定者によって区々になっている事である。著者の pH 測定の標準は 0.01 N HCl の pH=2.04 とし、飽和 KCl 溶液による拡散電位差の消却法を用いて、甘汞電極の標準電位差を測定して定めたものである。この塩酸の pH は勝教授の活量計算によつたものであって、他の活量計算の pH の標準と一致する事は吉村¹⁵⁾により証明せられている。これに対し Hastings 等の pH の標準は 0.1 N HCl を標準液として用いたものである。塩酸は衆知の如く拡散電位差が大きくしてその測定値は誤差が大きく小数位二桁目の誤差は容易に起れる事は推定に難くない。

従つて著者の炭酸 pK と Hastings 等の値の差異はこの様な所に大きな原因があるものと考えられ、恐らく著者の成績の方がより正しいものと思われる。

IV. 考 按

以上汗の炭酸の平衡は Henderson-Hasselbalch 式を用いてよく説明し得る事、又その pK' は汗の塩濃度の範囲に於ては Debye-Hückel 式に一致してイオン強度の影響を受くる事を明にした。而してこゝに用いた汗は Cl 濃度にして 50~300mg/dl の範囲であるが、文献によれば生理的には 20~500mg/dl の変動があり得る。併し此等の成績は久野が指摘した様に本来の汗かどうか疑わしいものあり、最も信頼し得る成績をとれば約 50~400mg/dl の範囲である。よつて (3) 式よりこの範囲の pK' の値を求めると pK'=6.232~6.125 となり、その変動の幅は 0.107 となる。併し多くは 150~350mg/dl の程度と考えられるから (Whitehouse¹⁾) 平均して 250mg/dl とし、その pK' を (3) より求めると、附表の総平均値に略一定して 6.17 が得られ、これと上記の pK' の極大値又は極小値の差は大略 ±0.05 である。この様な pK' の値の変動は総 CO₂ 濃度や P_{CO₂} の何%の誤差に当るやを計算すると次の様である。

今 (1) 式に於て pH, [CO₂] を一定として pK' を [HCO₃'] にて微分して見ると

$$-dpK' = \frac{d[HCO_3']}{[HCO_3']}$$

が得られる。故に pK' に ±0.05 の変動のある事は [HCO₃'] 従つてこれに略等しい総 CO₂ 濃度にもその約 5% の変動を生ずる事に該当する。この事は [HCO₃'] の代りに [CO] 又は P_{CO₂} について計算しても同様である。元來汗の CO₂ 濃度は稀薄であつて測定繰返しの誤差は略最大 9% の程度である。それ故にこの程度の pK' の変動は略測定誤差に近いものと思われる。

汗の Cl 濃度は周知の如く、発汗速度の変化に伴つて変化する外、種々の因子によつて変化するものであり、その標準を示す事が甚しく困難であるが、著者の乾球 40~50°C 且つ水蒸気で殆んど飽和に近くした室内での汗に就ての多数の実験によれば、170~380mg/dl の範囲を變動する成績を得ている。従つてこれは上記の汗の Cl 濃度の変動範囲に入つたものであり茲に求めた pK'=6.17 なる値を著者の以下の研究に使用して差支えなきものと信ずる。

V. 総 括

1) 汗の炭酸の解離平衡は Henderson-Hasselbalch 式を用いて論じ得る事を実験的に証明した。

2) Cl 濃度種々なる汗について炭酸の Henderson-Hasselbalch 式の pK' (第 1 段解離, 37°C) を測定し、且つ溶液のイオン強度を氷点降下度の測定によつて求めて

$$pK' = 6.29 - 0.49\sqrt{\mu}$$

なる関係のある事を証明した。こゝに得られた熱力学的解離指数は Hastings et al. の値よりも 0.04 だけ低い。

3) 汗の Cl 濃度が 50~300mg/dl の範囲について得た pK' の値の総平均値は 6.17 となつた。此の値は略 Cl 濃度 250mg/dl の汗の pK' に等しい。生理的発汗時の汗の Cl 濃度の変動範囲に於ては、その CO₂ 濃度又は P_{CO₂} に 5% の誤差を許すならば常に pK'=6.17 として炭酸

の解離を論じて差支えない。

本研究は文部省科学研究費(季節生理班, 吉村教授)によつたものであり, 深甚なる感謝をささげると共に吉村教授の御指導御校閲に対し深謝する。

文 献

- 1) Whitehouse, A. G. R. (1935) Proc. Roy. Soc., B. 117, 139
- 2) Marchionini, A. (1929) Klin. Wschr. 8, 924
- 3) Brill, E. (1928) Arch. f. Dermat. u. Syph. 156, 488
- 4) Marchionini, A. (1929) Arch. f. Dermat. u. Syph. 158, 290
- 5) 松岡脩吉・吉川春寿・佐藤徳郎・福山富太郎 (1952) 生体の科学 3, 219
- 6) 河野純三 (1934) 京都医学雑誌 31, 481
- 7) 吉村寿人 (昭和15年) pHの理論と測定法 764 丸善
- 8) 松田幸次郎・遊佐 満 (1947) 医学と生物学 11, 309
- 9) Hastings, A. B., C. D. Muray and J. Sendroy jr. (1926) J. Biol. Chem. 71, 723
- 10) 吉村寿人 (昭和15年) pHの理論と測定法 41 丸善
- 11) Vasti, A. (1932) cited from Evans's Principles of human physiology (1950) tenth edition, p. 1029 J. and A. Churchill London
- 12) Yas, Kuno (1934) The Physjology of human perspiration 177 J. and A. Churchill London
- 13) 松岡脩吉 (1937) 日本生理誌 2, 1
- 14) Hastings, A. B. and J. Sendroy ja. (1925) J. Biol. Chem. 65, 445
- 15) 吉村寿人 (昭和15年) pHの理論と測定法 533 丸善

Summary

The author determined the pH and the bicarbonate concentrations of sweats equilibrated with air of various CO₂ contents, and calculated pK' of Henderson-Hasselbalch's equation.

The dissociation exponent of bicarbonate, pK', was found to bear the following relation with the ionic strength, μ , of the solution.

$$pK' = 6.29 - 0.49\sqrt{\mu}$$

The mean pK' obtained with sweat of 50-300 mg/dl chloride concentrations was 6.17 (at 37°C) and it was found to be applicable for the dissociation of bicarbonate in all sweats collected in physiological conditions within the scale of 6% error.

(Institute of Physiology, Kyoto Prefectural Medical College)

髓鞘に対する KCl の効果に就いて 612.816.74

(第2報) 髓鞘被覆部に KCl を作用させた場合に於ける其両側

二絞輪間の傳導時間に就いて

The Effect of Potassium upon the Myelin Sheath.

Part II. On the Change of Internodal Transmission-time across the Myelin Sheath which are Applied Potassium.

宮原長知 (Miyahara-Takechi)*

I. 緒言

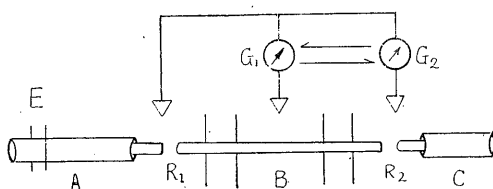
著者¹⁾は曩に髓鞘被覆部に KCl を作用させ、其の隣りの普通の Ringer 氏液に浸された絞輪部に生ずる偽作流の髓鞘を通しての漏れと、絞輪部を通しての流れを比較検討し次の結果を得た。即ち髓鞘は KCl の作用に依って其の分極は殆んど消失し、且つ其の電気抵抗は減少し、恰も興奮性を消失したラ氏絞輪部と同一の状態に変化する。其処で著者は髓鞘被覆部に KCl を作用させ、其の両側 2 絞輪間の傳導時間を追求し、是と KCl を作用させる前の普通の Ringer 氏液に浸された状態の 2 絞輪間の傳導時間とを比較検討すれば、有髓神経繊維の興奮傳導時に於ける髓鞘の役割が究明され、是は神經傳導論上尙に興味ある事と考えられるので、偽作流の髓鞘を通しての漏れと、絞輪部を通しての流れを見る方法を応用して、之を実験追求し、結果を得たので報告する次第である。

II. 実験方法

実験方法は著者の第1報と殆んど同一であるので略記する。蓋の坐骨神経腓腹筋標本並びに縫工筋標本より別出分離した単一神経繊維の内其の 2 絞輪間の間隔 2mm 以上のものを選んで実験に供した。

実験装置は第1図の如くであって、即ち3枚のガラス板上に空気の間隙でたがいに隔絶した Ringer 氏液 Pool A, B, C, を作り、中央の

Pool B に髓鞘被覆部のみを浸し、是の Pool に浸された髓鞘の長さは 0.4mm 髓鞘乾燥部の長

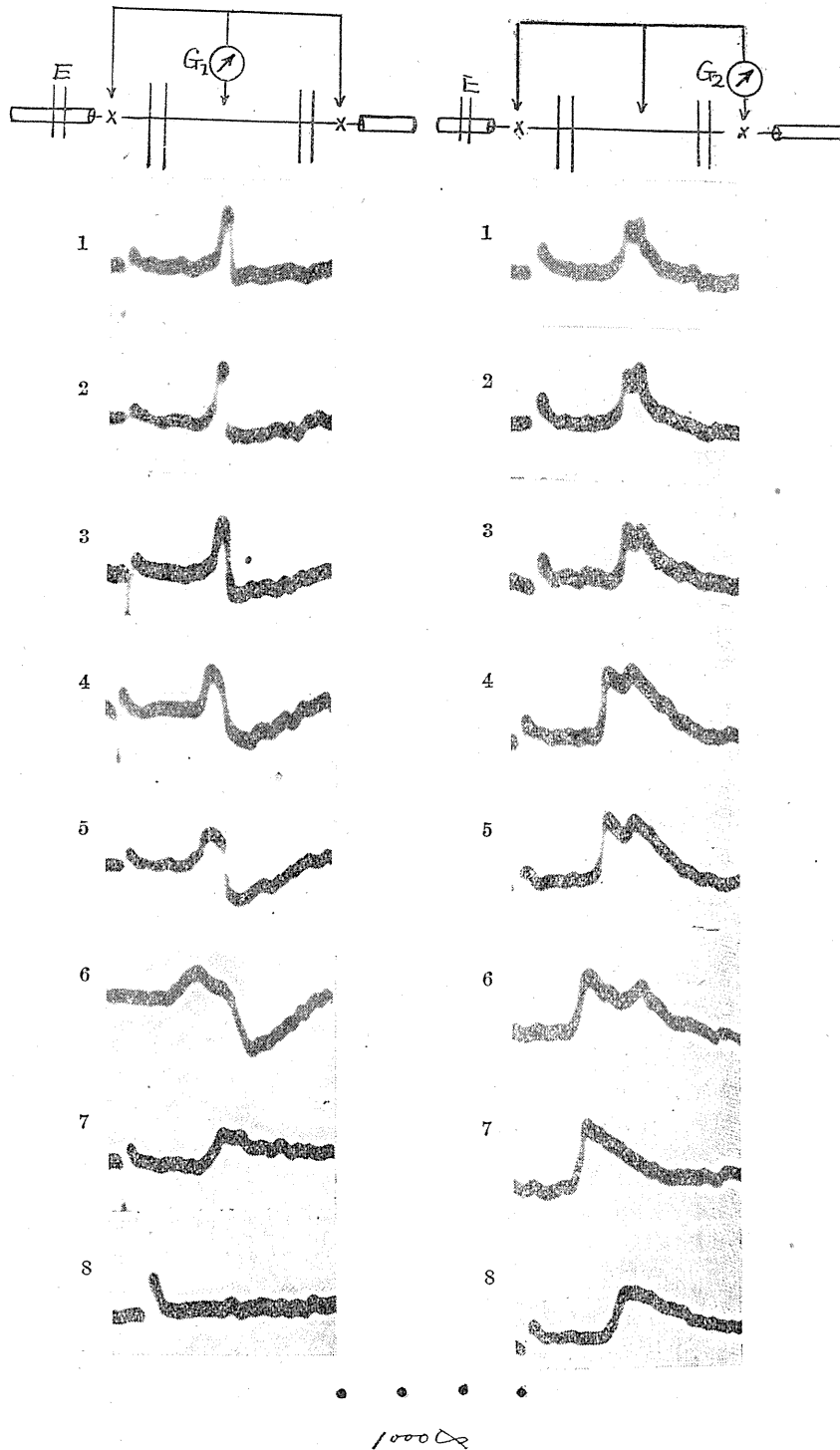


第1図

- G₁ ブラウン管オシログラフ
- G₂ " "
- E 白金電極
- R₁, R₂ 単一神経纖維ラ氏紋論
- A, B, C, Ringer氏液 Pool

さは 0.2~0.3mm になる様に注意した。次に Pool A, B, C, の各々に各1個の不分極電極 (Cu-CuSO₄-寒天Ringer型) をおき、Pool B の不分極電極は四段抵抗容量増幅器を介してブラウン管オシログラフ G₁ と連結し、Pool A, C, の不分極電極は接地し、更に神経幹の一端 E に下向開放性感応電撃を与え、興奮傳導によって生ずる絞輪 R₁ と R₂ の偽作流の髓鞘を通しての漏れを G₁ に導き其の振れを撮影記録し(以下 G₁ の装置と略記す)、次に切換スイッチを使用して、Pool C と他部との間に電流計 (G₂) を挿入して、その振れを撮影記録した。次に中央の Pool B に各種濃度の KCl 水溶液を順次に作用させ、以上の操作を反復し、G₁, G₂ の振れを撮影記録した。猶著者の第1報で立証した様に髓鞘被覆部の性質を最も著明に変化せしめる KCl 濃度は 4.5% 以上であったので、4.5% KCl 水溶液を中央の Pool B に作用させ、

* 東京歯科大学生理学教室



第2図 1) Pool A, B, Cが普通の Ringer 氏液に浸された時. 2) Pool B に 0.45% KCl 作用. 3) Pool B に 0.9% KCl 作用. 4) 2.25% KCl 作用. 5) 4.5% KCl 作用 3 分後. 6) 4.5% KCl 作用 6 分 20 秒後. 7) 4.5% KCl 作用 7 分後. 8) 4.5% KCl 作用 7 分 30 秒後. Time mark 1000 Ω Room temp. 19.4°C

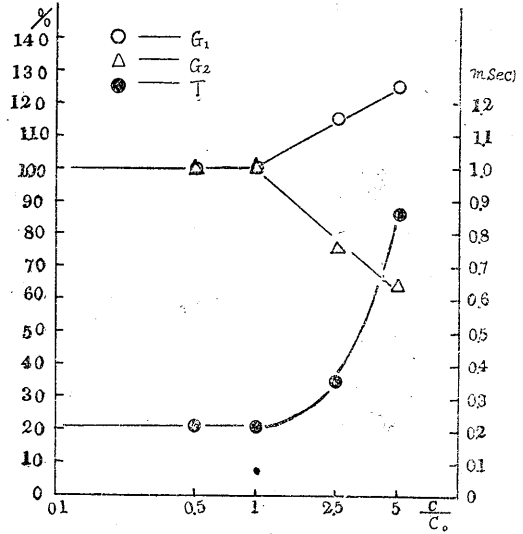
其の時間的経過を追求した。

Ⅲ. 実験結果

第2図は以上の実験方法に依って得られた実験中の1例(室温 19.4°C)である。即ち左側の写真は G_1 の方法(電流計が髓鞘部と両側絞輪部との間)によって得られた像を示す。従って絞輪 R_1 と R_2 との偽作流の髓鞘を通しての漏れの変化を示すものである。右側の写真は遠心側絞輪部と他の 2 Pool との間即ち G_2 の方法に依って得られた像を示す。是の方法の場合は G_2 が Pool C の不分極電極と連結し、Pool A, B が接地して居るため、絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘を通しての漏れは Pool B より Pool A に流れ、其の結果絞輪 R_1 と R_2 との偽作流から絞輪 R_1 の偽作

流の髓鞘を通しての漏れを引いた像が現われる。図中の 1) は Pool A, B, C の各々が凡て普通の Ringer 氏液に浸された場合の像である。是の左側の像の尖りは絞輪 R_1 の偽作起電力に依るものであり、次の同型の尖りは絞輪 R_2 の偽作起電力に依るもので、尖りの頂点と頂点との間隔は 2 絞輪間の傳導時間を現わす。本例の 2 絞輪間の傳導時間は 0.21msec であつた。尚他の多数の実験に於て 2 絞輪間の傳導時間は 0.15~0.25msec の値を示した。次に 2) 以下は中央の Pool B に順次に濃厚な KCl 水溶液(0.45%, 0.9%, 2.25%, 4.5%) を作用させた時の G_1 , G_2 の振れの変化を示したものである。即ち 0.9% 以下の KCl 水溶液を作用させた時は、 G_1 , G_2 に殆んど認む可き変化は見られないが (第 2 図の 2, 3 を参照), 0.9% 以上の KCl を作用させた時は G_1 , G_2 の像に著明な変化が現われた (第 2 図の 4, 5 を参照)。即ち絞輪 R_1 , R_2 の偽作流の髓鞘を通しての漏れが増大するにつれ (第 2 図の 4, 5 の左側の像参照) 其の結果絞輪 R_1 の偽作流の Pool B よりの漏れが増大し、是のため絞輪 R_1 の偽作流の絞輪 R_2 を通して流れる外向電流が減少し (第 2 図の 4, 5 の右側参照) 従つて絞輪 R_2 の潜伏時間が延長し、此の結果 2 絞輪間の傳導時間は延長した。第 2 図の 6) は 4.5% KCl 水溶液作用後 6 分 20 秒経過した時の写真で傳導中断に陥入る寸前の像であつて傳導時間は最大に延長し 0.86msec に達した。7) は 4.5% KCl 作用後 7 分経過した時の写真で丁度 2 絞輪間の傳導が中断した時の像である。是は絞輪 R_1 の偽作流の Pool B よりの漏れが益々増大したため、絞輪 R_1 の偽作流の絞輪 R_2 を通して流れる外向電流が益々減少し、是の外向電流が絞輪 R_2 の閾下の値に迄減少したため傳導が中断したものである。次に 8) は 4.5% KCl 作用後 7 分 30 秒経過した時の像であつて G_1 の像は非常に小さくなって居る。之は第 1 報で見たと同一の結果であつて、髓鞘被覆部に作用させた KCl が軸索に迄作用し、其の結果絞輪 R_1 の偽作起電力が減少したものである。次に第 3 図は第 2 図の高さ、時間を測定し

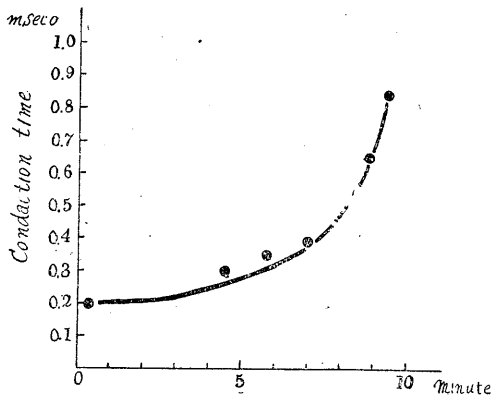
たものである。即ち第 2 図の 1) の左側の像の最初の尖りの高さを 100 とし、亦右側の像の立



第 3 図

G_1 絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘を通しての漏れ
 G_2 絞輪 R_1 , R_2 の双絞輪性の偽作流の立ち上りの大きさ

T 絞輪 R_1 , R_2 の傳導時間
 左側の縦軸 G_1 , G_2 の各々の立ち上りを 100 とす
 右側の縦軸 傳導時間 msec
 横軸 KCl の濃度 C_0 等浸透圧 KCl の濃度 C 作用させた KCl の濃度



第 4 図

縦軸 傳導時間 msec
 横軸 KCl を作用させてからの時間

ち上りの高さをやはり 100 とし、是の両者を縦軸に取り、横軸に KCl の濃度 (KCl の等浸透圧溶液濃度の倍数で現わす) を取り、且つ G_1 の像の 2 つの尖りの間隔、即ち絞輪 R_1 , R_2 の 2 絞輪間の傳導時間を測定し、之を縦軸の右側に取つた。次に第 4 図は 4.5% KCl 水溶液を中央

の Pool B に作用させ其の時間的経過による傳導時間の変化を图示したものである。

IV. 考 察

著者は第1報に於て、髓鞘部に KCl を作用せしめると、其の部位の電気抵抗が減少し、近心側の偽作流が其の作用部位より流れさり、遠心側ラ氏絞輪部に偽作流が現われなくなる事を見た。そして KCl 作用部位は恰も興奮性を失ったラ氏絞輪の様な状態になる事を証明した。本実験に於いても髓鞘部に KCl を作用させて其の作用部位の電気抵抗を減少せしめると、其の電気抵抗の減少に比例して傳導時間の延長が見られた。是の事は近心側のラ氏絞輪より生じた偽作流が KCl を作用させた髓鞘部より流れ出て、遠心側隣接絞輪部を流れる刺戟電流が減少したため、其の絞輪の潜伏時間が延長したと考えられる。是の事は神経の興奮傳導が明らかに外部との電流回路によって傳導する事、即ち Saltatory-transmission が傳導機序として重要な原因である1つの証明であらう。

V. 結 論

著者は剔出單一神経纖維を用い、是の髓鞘被覆部に KCl 水溶液を作用させ、その両側2絞輪間の傳導時間を測定し、次の結果を得た。

1) 0.45~0.9%の KCl 水溶液を髓鞘被覆部に作用させても、其の両側2絞輪間の傳導時間は殆んど変化しない。

2) 0.9% 以上の KCl 水溶液を作用させると、其の両側2絞輪の傳導時間は延長し、其の最大値は 0.85~1.0msec に達した。

3) 4.5% 以上の KCl 水溶液を作用させると、其の両側2絞輪間の傳導は中断する。

摺筆するに臨み、直接の御指導御校閲を賜った山田教授、丸橋助教授並びに御校閲を賜った慶応義塾大学加藤元一教授及び、本研究中種々御助力を賜った慶応義塾大学岡田満教授に深謝する。

文 献

- 1) 宮原長知 (1953) 髓鞘に対する KCl の効果に就いて (第1報) 髓鞘被覆部に KCl を作用させた時の髓鞘の変化に就いて 日本生理誌 15, 38

Summary

The author used the bridge-insulator method and the leakage of the action current through a short myelin-covered portion of a single nerve fibre was recorded, when the various per cent potassium solution was applied to the myelin-covered portion.

By the application of more thick potassium than 0.9 per cent to the myelin-covered portion, the transmission-time from nod to node across the poisoned inter-nodal segment became prolong.

(Department of Physiology, Tokyo Dental College)

人体々温調節機能の季節変動に関する研究 612.53

(第1報) 日本人(成人男子)の体温調節機能の季節変動

Studies on Seasonal Variation of Thermoregulatory Function of Human Body.

Part I. On Japanese Male Adult.

福田 正 弘 (Fukuda-Masahiro)*

I. 緒 言

四季の移り行きに伴う気温の激しい変化にも拘らず人体の体温は或る範囲内の動揺はあっても常に略一定の値を示している。此の様な体温の恒常性は体温調節機轉の発動によるものであって、体温調節機能には熱の放散の調節(物理調節)と産熱の調節(廣義の化学調節)の2つの種類のある事もよく知られた事実である。近時人体々温調節機轉の理論に関してはアメリカ学派の協力的な研究によって大いに進歩し、Winslow¹⁾は人体の体温調節は環境気温の如何によって、これを蒸発調節域、血管調節域、身体冷却域の3つに區別出來ると述べている。蒸発調節域とは身体表面よりの水分蒸発によって体温調節を行う気温の範囲を言い、血管調節域とは皮膚血管の伸縮による皮温の変化により体温を調節する範囲であって、裸体時には28.5~30.5°Cの非常に狭い範囲である。又身体冷却域とは放熱が過剰なる爲に体内含熱量が放出せられて身体の冷却を來し、これが強く又は長くなれば遂には戦慄によって体温を維持せんとする範囲である。

併し乍らこの様な成績は主として裸体の人体に就いて求められたものであって、季節に適した被服をつけた状態の人体については實際上如何にして体温調節が運営されているか未だ不明の点が少くないのみならず、従來の学説は主として氣候風土と習慣を異にする外国人に就いて求められた成績であって、簡単な耐寒耐暑方式によって著明な四季の気温の変化に耐える事にならされた日本人に対して直ちに当嵌めてよい

かどうか不明の問題である。この様な見地より著者は日本人に就いて普通の季節に適した被服をつけた状態に於てその体温調節の四季別変化の様相を究明せんと企てた。而して体温調節の大要を知る爲にはこれを放熱調節と産熱調節に分ち、前者については皮膚温分布の測定と被服重量の季節変化を求め、又後者に就いては基礎代謝量の季節変動をしらべる事にした。けだし皮膚温は古くより(Madock²⁾, Benedict³⁾)環境気温によって著明な変化をなす事が知られ且つ全身皮膚の平均皮温は身体表面よりの輻射、傳導、対流による放熱のレベルを与えるものとして重要視されている(Pfleiderer⁴⁾, Du Bois⁵⁾)。而してこの皮膚温の変化は身体部位によって著明な差あり、四肢温は特に気温の変化を受け易い事が見出され(堀⁶⁾, 緒方⁷⁾)、これより四肢はその皮膚血管の伸縮によって放熱の調節を行う体温調節上有用なる特殊の器官なりと考えられている。

次に被服に関しても被服重量は被服の防寒性の大要を与える尺度となり得る事、又1年の間に少くとも春と秋の大きな着替え期のある事、又年齢や性別によって大体重量が一定している事が明かにされている(緒方(洪)門下⁸⁾)。

基礎代謝に関してはその本來の定義よりすれば気温の影響を受ける筈のものではなく、又アメリカ学派は1ケ年を通じて略一定なりと考えている(Du Bois⁹⁾)。併し我国に於てはこれが季節変化をなすとの見解を持つ者が多い(白井¹⁰⁾, 久保¹¹⁾)。これ等の研究に於ては被検者が早期空腹時の未だ床の中で暖まった状態にて測定せられた代謝量を以てそのまゝ基礎代謝量と考えているのであるが、その字義は何んであっても

* 京都府立医科大学生理学教室

この代謝量より割出された安静時代謝量はその人の安静時の生産熱量の大きさを示すものに外ならぬ。従ってこれが季節変動をなすや否やは人体の化学調節変動をさぐる目安になる事は疑いない。

以上の見解の下に著者は全身皮温分布, 被服重量, 基礎代謝量 (又は安静時代謝量) の3者を並行的に毎月同一の被検者に就いて反復測定を行い, 体温調節機能の季節変化を検討せんとしたのである。この外に蒸発量の季節変化を検討する必要があるが, これは環境気温変化が高々30°C迄の所に止まっていた事, 又被服を着けた状態で全身よりの蒸発量を測定するには精密な人体天秤を要するが, これは容易に入手し得なかつた事等の爲に今回は一応除外する事にした。

II. 実験方法

実験は昭和24~25年に互り成人男子 (24~42才) 8名に就いて毎月の略中旬に2回に涉って基礎代謝量, 皮膚温及び被服重量を測定しその平均を以って各月の代表値とした。但し2, 5, 8, 11月の冬, 春, 夏, 秋の代表と思われる月には1部の被検者に就いて2400~2500kcal, 蛋白75gの標準食を1週間播らせ, その間4回の測定を行いその平均値をとった。

測定に当っては被検者はその前日より当教室に宿泊し, 翌朝空腹状態にてベッドに臥したるまゝにて呼気をダグラス嚢に採り, これを労研分析器にて分析して基礎代謝量を算出した。被検者は瓦斯代

謝測定後裸体にて体重を測定, 同時に着用せる衣服 (季節に適した自然のままの) の重量も測定した。しかる後軽食を攝り食後2時間頃より可及的無風の室内にて皮膚温を測定した。測定条件は文部省科学研究医学関係季節生理班にて定められた規格に従い¹²⁾, 吉村, 小石の考案せる銅・コンスタンタン熱電対を用いて¹³⁾着衣状態のままにて班所定の27点の温度をポテンシオメーターにて測定した。此等の測定部位は便宜上番号を以ってその部位を示す事にした。各番号と部位の関係は第1表に示されている。測定時には被検者は椅子に静坐し, その後約2時間に涉つて反復測定を行い略一定せると思われる約1~2時間の間の値を平均して各部の温度を定めた。測定時の環境温度 (攝氏) は測定前と, 測定開始1時間後, 終了後の3回の読みをとりこれを平均した。かくして得たる各部の皮膚温より平均皮温を季節生理班所定の方法¹²⁾に依り算出した (第1表参照)。その原理は身体各部を

第1表

皮温区分	測 定 点	部位番号	按分比率 (%)
頭 部	{ 頭部後面中央線, 後頭極	1	4.3
顔 部	{ 額中央眉上2cm	2	3.1
	{ 眼球線鼻翼側	3	
頸 部	{ 副胸骨線と鎖骨との交点直上の肩胛鎖骨三角	4	2.4
	{ 第5頸椎	5	
胸 部	{ 乳線と第4肋骨の交点	6	16.6
	{ 肩胛線, 肩胛棘直下	8	
腹 部	{ 劍状突起直下	9	8.1
	{ 腹側中央, 臍の高さ	10	
腰 部	{ 大腿前面中央線と鼠蹊線との交点直下	11	8.1
	{ 肩胛線上, 腸骨前上棘の高さ	12	
上膊部	{ 三角筋中央点	14	8.2
	{ 上膊下部内上髁上約1cm	15	
前膊部	{ 前膊内面中央線上にて下ろ	16	6.1
	{ 前膊背面中央線上はて下ろ	17	
手 部	{ 手掌面中央線前ろ	18	5.3
	{ 手背中央線ろ	19	
大腿部	{ 大腿前面中央線上はて鼠蹊線と膝蓋上端との間の下ろ	21	17.2
	{ 同上後面	22	
下腿部	{ 下腿前面中央線上, 下ろ	23	13.4
	{ 下腿後面中央線上, 上ろ	24	
足 部	{ 足背中央線中心	25	7.2
	{ 腋窩	9	
体温調節上重要な測定点	{ 薦骨部中央	13	
	{ 中指末節背面	20	
	{ 跗趾末節背面	26	
	{ 腹部臍下中央 (恥骨縫合上縁と臍の中心)	27	

$$\text{平均皮温} = \frac{\sum (\text{各部平均皮膚温}) \times (\text{按分比率})}{100}$$

前膊部, 手部, 大腿部, 下腿部, 足部の12の区域に分ち, 夫々の平均の皮温を求め, これを更に各部位の表面積の割合に按分したのである.

Ⅲ. 実験成績

A. 皮膚温に就いて

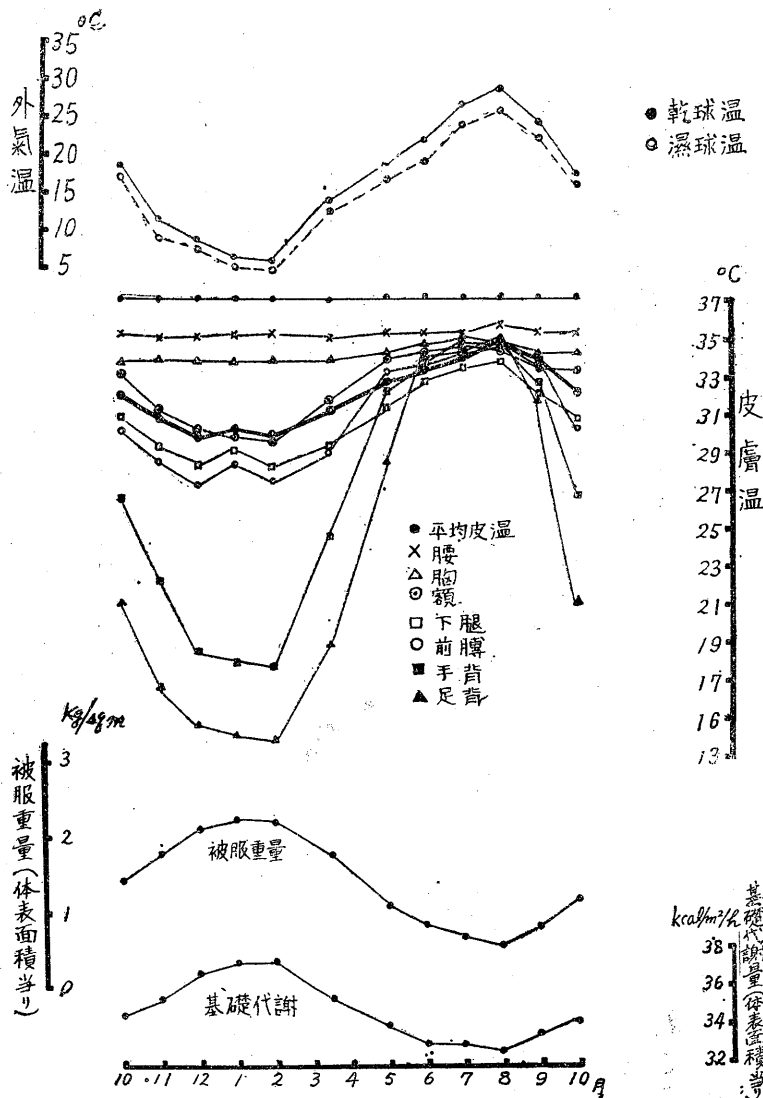
1. 皮膚温の月別変化

第1図には実験を行った各月の環境温の平均値と各部皮膚温の代表例及び平均皮膚温, 衣服重量や基礎代謝量の平均値の月別推移を示した. 何れも8名の被検者の成績を月別に平均し

た値である. こゝに見る如く, 軀幹部の皮膚温は季節的に大きな変化を示さず35°C附近の値に止まっているが, 四肢温は著明な季節変化を示し, 此等より平均皮温を求めて見ると, これも亦頗る温度と同程度の季節変化を示している. 此等の変化は何れも外気温の変化と略消長を一にしている. 即ちこゝに明らかにせられる事は皮膚温の季節変動には部位的な差が著明である事と外気温との間に密接な関係のある事である. この事は必ずしも新しい発見ではなく既に幾多先人が注意していた事であるが, 更にこの

関係を詳細に観察する爲に第2図と第3図をつくった.

第2図は皮膚の各部位を横軸に, 皮膚温を縦軸にとって四季別に夫々の点の皮膚温を平均 (各被検者の成績を各季3ヶ月づゝ平均) した値をプロットしたものであって春, 夏, 秋, 冬と夫々の点をむすんで曲線にして示した. こゝに見る様に夏期は身体各部位の温度は略同程度であって35°Cを若干上下する程度である. その最も高い所は腋窩温であり, 次に腰部の鼠蹠部である. 何れも血管に近く且つ外気に直接ふれない所であるから当然の事と言えよう. それに対して低い所は上肢及び下肢の中心部であって四肢末端部はこれより反って高い値を示す. これは恐らく局所の組織学的な構造特に血管の密度と深い関係があると考えられ, 夏期は四肢末端の血



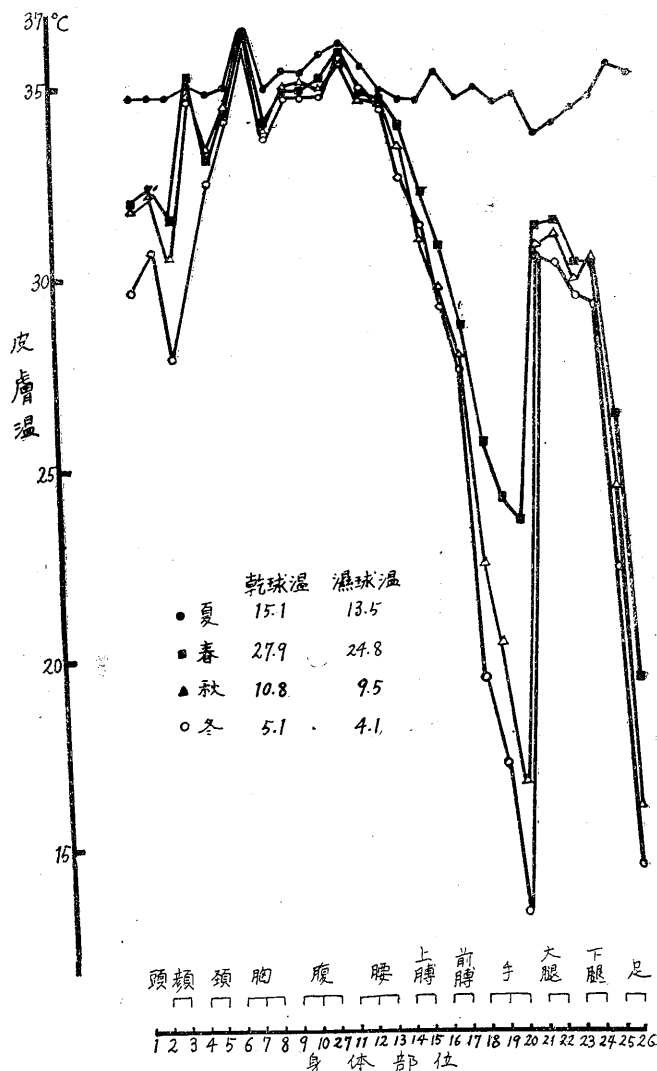
第1図

管が特に開張する爲にその皮温が高いのであろう。これに対し季節が春、秋より冬にうつるにつれて漸次に四肢温並びに若干は頭部温も低下して来る。この様な低下は四肢末端に到るに従い一層著明となる。この様な冬期の四肢温の低下は夏期とは全く対象的であって、四肢中心部よりも末端部の方が顯著に低い。この事は四肢部の皮膚温が單なる気温変化に基く放熱量の変化の影響の外に、生理機能の季節変化の影響を受けている事を暗示するものであって、四肢血管が気温変化に反応して敏感に伸縮する事がその最も大きな原因と思われる。即ち四肢末端部に於て皮膚の血管密度は四肢中心部より密であり、又その組織構造も特異であって、殊に指趾には動静脈吻合の如き特殊の血管の発達せることが知られている¹⁴⁾。従って此等が夏期に開張すればその部の皮温は中心部より高くなり、逆に強く収縮すれば中心部よりも低温となるの理である。

而して以上の四季別皮温分布曲線を各個人について見ると、こゝには示していないが、若干個人差があり、且つこの個人差は夏期に少なく冬期に大きくなっている。この様な冬期の個人差の最も大きなものはやはり四肢部殊にその末端部の皮温であって、こゝにも四肢温の季節的变化の原因として生理的なものを考えなければならぬ理由があらわれている。此等の事については季節生理班の総合報告¹²⁾によく解説せられているから、こゝには省略する。

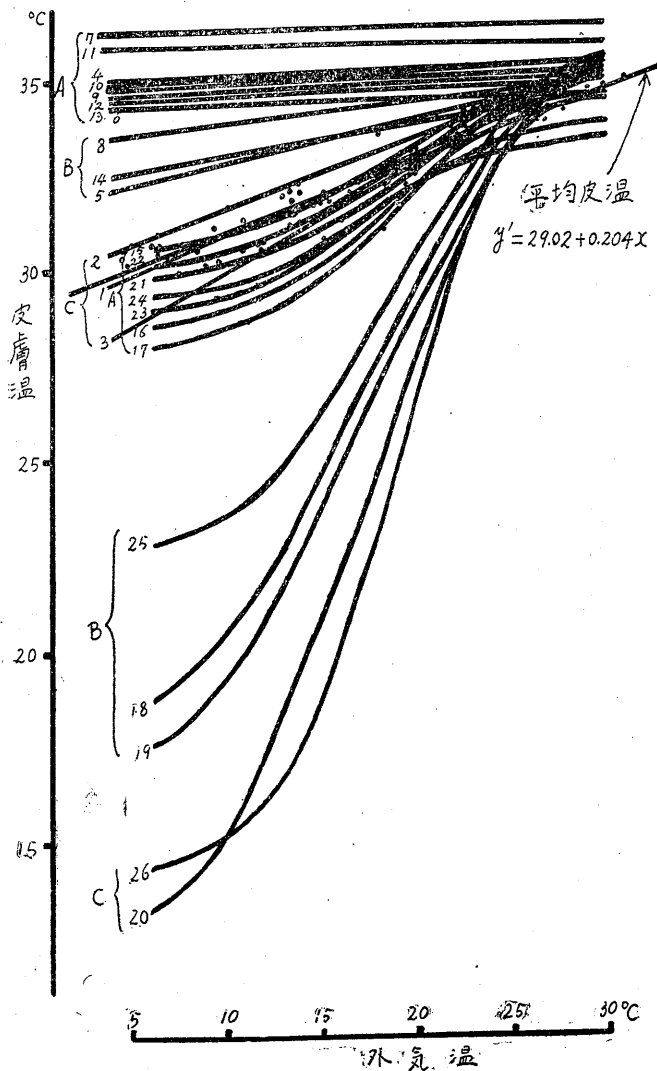
2. 皮膚温と外気温との関係

次に第3図に此等の各部皮膚温と気温の関係を書いて見た。こゝに示した曲線は図の平均皮温の線に見られる様に各被検者について求められた毎月の成績を図上にプットし、これ等の



第2図

点の位置と気温の関係を概括的に示すに最も適当な曲線を画いたものである。而して曲線が直線の場合には最小自乗法を用いて回帰線を求めたが曲線の場合には目安で引いた。図に見る如く部位番号1~14の範囲の部位即ち軀幹部、頭部、顔部は略直線的に外気温の低下に伴って下降する(たゞ腰部と腋窩部は殆んど低下せず一定である)。又平均皮温も若干S字状なるも略直線と見做しても差支えなき様な下降を示している。皮膚温の季節的变化は四肢に特に強い事は前記の通りであるが、この変化は図に見られ



第3図

る如く外気温 12~15°C から 23~25°C 附近の範囲内に於て特に著明である。而してこの範囲外に於ては余り著明な変化を示さず軀幹部と同様の下降又は上昇を表す程度であり、従って気温の変化に対する四肢温の変化を全体としてながめるとS字状の曲線を描く事になる。このようなS字状の変化をなす理由については後にも詳論するが、こゝで言える事は四肢皮温の季節変化を左右する要因としては軀幹部とは異った特別の要因が入っている事であって、それはさきにも指摘した様に四肢の皮膚血管が外気温の変

化に応じて敏感に反応して伸縮する事が最も大きな原因であろう。即ち気温が大約 14~24°C の範囲に於てはこの伸縮の反応が著明なるために皮膚温の変化が特に顯著となるが、気温がこれよりも高くなると血管が殆んど開張し切ってしまうので伸縮が余り著明でなくなる。然もこの様な気温範囲に於ては皮温は 35°C 近く 37°C の血液の循環が多少変化しても皮温そのものに及ぼす影響が少い。従ってこの範囲の皮温は他の軀幹部皮温と同様に外気放熱の如何が皮温を決定する最大要因となり曲線は曲って来て軀幹部温と同様になるのである。又約14°C以下の低温の範囲に於てはこれと反対に四肢の皮膚血管は既に強く収縮しておいて、皮温も外気温に近く、これ以上の収縮は大きな意味がなく又容易でもない。そこで後記の如くに血管運動神経機能によってこれ以上余り血管収縮が起らず、再び皮温曲線が曲って来るのである。即ちこの様なS字型に皮温曲線が曲って来るのは血管の伸縮による血流変化が中等気温に於て特に著明に皮膚温をかえる爲であろう。

要するに全身各部の皮膚温を概括的にながめると、外気温に伴って直線的に変化するものとS字状の変化をなすものとあり、前者(直線型)は軀幹部及び頭頸部であり、恐らく気温低下に基く物理的な冷却がこの皮温変化の最も大きな原因となっているのであろう。又後者(S字型)に属する変化をなすは四肢の皮温であってこの様な皮温変化の原因としては物理的な冷却の外に血管反応による皮膚循環血量の変化が大きな影響を与えている。而してこれ等夫々の区分に於ても皮温変化の著明な所とそれ程著明でない所とあり、これを変化の強さによって強(C)、中(B)、弱(A)の3

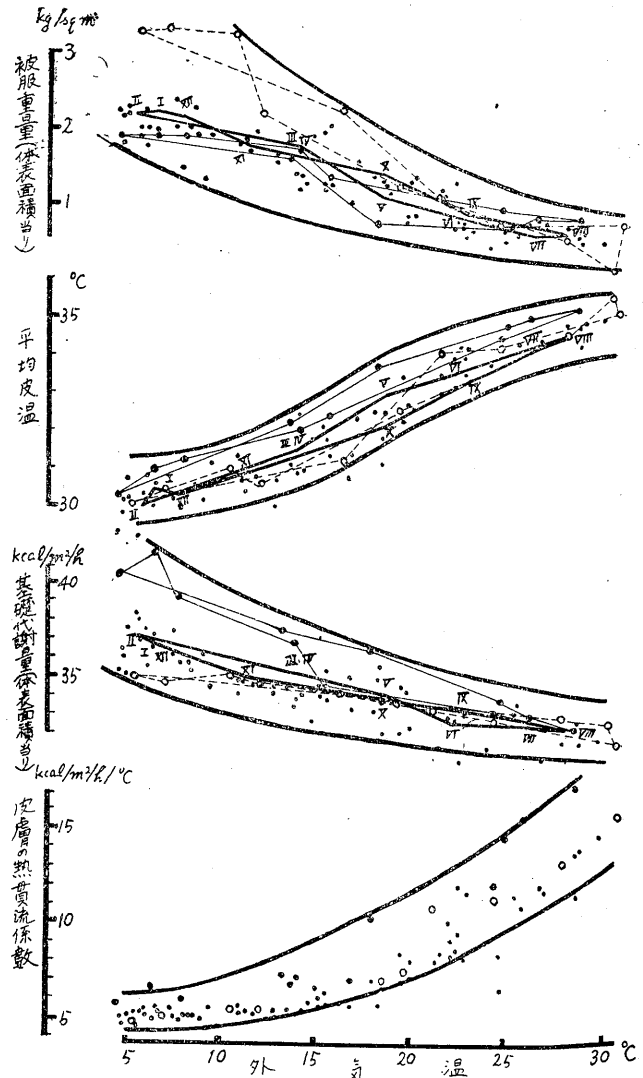
る如く外気温 12~15°C から 23~25°C 附近の範囲内に於て特に著明である。而してこの範囲外に於ては余り著明な変化を示さず軀幹部と同様の下降又は上昇を表す程度であり、従って気温の変化に対する四肢温の変化を全体としてながめるとS字状の曲線を描く事になる。このようなS字状の変化をなす理由については後にも詳論するが、こゝで言える事は四肢皮温の季節変化を左右する要因としては軀幹部とは異った特別の要因が入っている事であって、それはさきにも指摘した様に四肢の皮膚血管が外気温の変

段に分けて見ると図示の如き結果となる。即ちA群は被服に包まれた軀幹部(直線型)、大腿、下腿、上膊、前膊(S字型)等であり、C群は露出せる頭頸部、指趾等、B群は被服に包まれていても血管の比較的乏しい所(肩)、又は露出していても放熱面に比して豊富な血管により給熱の可良な部(手掌、手背、足部)である。

此等の事実よりすれば着衣時の皮膚温を左右する身体的因子としては a) 血管運動神経による能動的な血管の収縮によって血液循環が変化して来る事、b) 局所の血管密度其の他の組織構造に基く皮膚の熱学的特性、c) 局所の組織実質(重量)と放熱面積の割合、d) 被服の有無並びにその熱学的性質等である。上記の皮膚の部位により温度差の生ずる理由はこれによりよく理解し得る。まだこの他に後記の如く体内産熱や蒸発の状況によっても皮膚温が強く影響せられる筈であるが、これに就いては後述する事にする。

次に以上の如くして求めた身体各部の皮膚温より平均皮膚温を算出し第1図及び第3図にプロットした。こゝに見る様に平均皮膚温は気温に伴って略直線的に変化している。而して各被検者総てを通じた気温と平均皮膚温の関係を示す回帰式を最小自乗法にて求めると $y' = 29.02 + 0.204x$ となる。

但しこれを仔細に観察する時は平均皮膚温に於ても若干S字状の形をとる事は第4図に明らかである。従って平均皮膚温が気温低下に伴って低下するのは必ずしも Du Bois⁷⁾ の言う様に單なる物理的冷却によるものではなく、少くとも着衣状態に於ては皮膚血管伸縮の影響も加っていると見る可きである。其の他高温範囲に於ける曲線の曲りには蒸発が盛んとなって皮温上昇が全面的に抑えられる傾向も加っているであろう。而して図の中央には各月の被検者について



第4図

平均した値を月を追ってつらねた平均曲線(太実線, ローマ数字で月を示す)を画いたが、こゝに見る如くに皮膚温は気温が等しくとも春と秋で若干異り、向寒期よりも向暖期の方が平均皮膚温が高い傾向がある。この関係は單に平均皮膚温のみならず身体各部の皮温に於ても認められる事であつて既に季節生理班協議会に於て丸山氏より指摘せられた所であるが、此の原因に就いては後に論議する。

平均皮膚温は普通人体表面よりの放熱レベルを与えるものとして算出せられ、放熱量の計算に

屢々用いられている。従って以上の事実よりすれば皮膚を通じて輻射、傳導、対流によって放熱せられる熱量が気温に伴って大略は直線的に変化する事が判る。但し本論文に用いた平均皮膚温の算式は別報の如く日本人に就いて測定せられた皮膚面積比率を用い皮膚総表面の平均温度を求めんとしたものであって、必ずしも放熱のレベルを与うるに最適であるか否かは断言出来ぬ。併しその算出の原理は Du Bois⁷⁾ 法に倣ったものであるから、この様な目的に利用しても大きな過ちはなきものと推定せられる。

B. 基礎代謝に就いて

1. 基礎代謝の月別変化

第1図の如く外気温高き夏期7, 8月に基礎代謝量は低く、外気温の低下に伴い漸次増加の傾向を示し寒冷期の1, 2月に最高値を示し温暖に向うに従って漸次減少する週期的増減の傾向が認められる。換言すれば気温高ければ基礎代謝量低く、気温低ければ基礎代謝量高く逆相関の様相を呈する。

緒言に於て述べた如く基礎代謝の季節変動に就いては数多くの研究が行われたが、その成績は区々である。併し白井¹⁰⁾によれば此種業績の大部分は自然気候状態より急に他の人工的に調節された気象環境に入つて行われており、かくの如き方法の結果が果してよく環境温に順応した後の被検者の生理的基礎代謝なるや否やが問題であると述べている。そして彼の自然環境に於いて見た成績に於ては季節的変動を認め、且つその変動範囲は最低-4.0%、最高+6.9%であったとしている。著者の成績も人工的に調節された環境条件下の実験では無く自然環境のものゝ成績であり上記の如く明らかに季節的変動を示し動搖の範囲は最低-6.3%、最高+7.9%であり白井と略近き値を示した。この事は人体は寒冷期には無意識的にも化学的体温調節を行っている事を示すものである。

2. 基礎代謝と外気温との関係

以上の如き基礎代謝量の月別変化を気温との関連に於て見る爲に第4図をつくつた。図は各被検者の測定値を全部1つの図にプロットした

ものであるが、この各測定値を月別に平均して線をつなぎ合せたものが中央の太曲線である。又基礎代謝量の最も高い被検者と低い被検者を選んで月を追って線をつないだものが上下の端にある曲線である。又一番外には此等の各点を包含する範囲を示す曲線を示した。図に見る如く基礎代謝量は気温変化に応じて、それと逆相関的に変化しているが、この変化は気温が約15°C以下になると特に著明に上昇する事が認められる。この様な傾向は白井¹⁰⁾の成績に於ても認められる。この事実は約15°C以下を示す季節に於て化学的体温調節作用が著明に働く事を示す。又この範囲に於ては各被検者の個人差も亦大きくなっている。これは皮膚温分布の個人差に於ても同様であつて生体反応が強くなれば個人差が増す事は当然である。而して基礎代謝量の季節変化も亦季節的ズレを示し、向寒期よりも向暖期の方が高い。この様な代謝の季節変化が何によつて起るかは問題であつて、従來の定説によれば動物には意識を伴わない化学調節のある事は確証されているが、人体に就いてはその存否は疑問とせられ、人体に於ける代謝亢進は主として筋収縮によると考えられている(小坂¹⁵⁾, Thauer¹⁶⁾参照)。この測定に際しては戦慄や筋作業等は全然行われていないのであるから何等か意識を伴わない代謝の変化があるに違いない。向寒期に於ては外気の寒さによって自然に筋の緊張が高まった爲に代謝が亢進するのかも知れないが、一方近來 Asmussen 一派¹⁷⁾や、Bazett¹⁸⁾等の見解によれば人体の基礎代謝の80%は身体内臓や中枢神経系の代謝によると言うし、又一方持続的な寒さが加わる時は甲状腺機能の亢進する事が知られているから(Fulton¹⁹⁾)、冬期に於ける甲状腺機能亢進によって全身的に代謝が冬期に増す可能性も考えられる。此等の事に就いては將來の研究にまたねばならない。併しそれはともかくとして如上の基礎代謝の季節変化に伴つて安静時の代謝量も亦増加する事は次の1例からも明瞭である。

即ち古沢²⁰⁾の主張する如く安静坐位の時の代謝量は季節の別なく基礎代謝量の約125%であ

被検者	基礎代謝量 (kcal/m ² /h)	安静時代謝量 (kcal/m ² /h)	比率 (%)
T. C.	春夏	34.37	125.5
	夏秋	33.44	125.2
	秋冬	33.80	125.0
	冬	36.67	125.1
S. U.	春夏	33.96	125.0
	夏秋	32.88	125.1
	秋冬	33.82	125.3
	冬	37.55	124.7
平均	34.56	43.26	125.1

る。従って自然生活時の体温調節変化を考える場合にはその安静時代謝量も亦基礎代謝と同様の季節変化を示していると考えて熱出納を考察せねばならぬ。

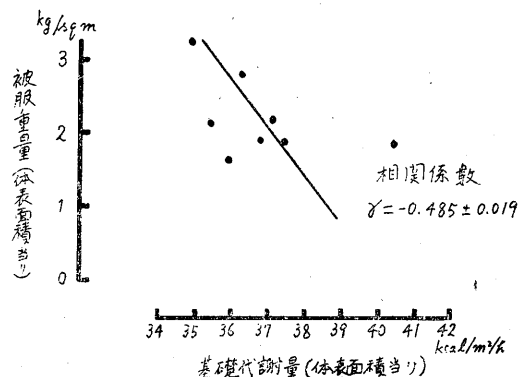
C. 衣服重量に就いて

四季を通じて気候の変化に対して如何に着衣の調節を行っているかを見る目安として、衣服の重量を見たものである。

衣服重量に関する研究はMartin²¹⁾, Rubner²²⁾等数多く見られるも1年間を通じての季節変化を体温調節機能と関連させて見たものは少い。横田²³⁾は都市中学生の着衣状態を1年間測定した結果5月、7月には衣服を大きく脱ぎ衣服重量が著しく減じ、10月、12月に大きく着込み衣服重量が急増すると述べている。そして緒方(洪一門²⁴⁾)は被服の各種の生地についてその防熱性を表し得る事を明らかにした。著者の成績では例数の少き嫌いはあるが、外気温高き夏期7、8月に於て最も薄着であり寒冷に向う10月に大きく着込むためか衣服重量は急に増加し、極寒期1、2月は最高値を示し最も厚着となり温暖に向う5月に著明に軽減し大きく脱衣する様な傾向が見られる。換言すれば衣替えの季節は秋と春にある事である。併しこの様な被服の重量並びにその変化の程度は人により可なり相違し、第一体格の大きい人は被服も大きく且つ重い。そこで被服の防熱性を相互に比較する爲には放熱面積当りの被服重量をとる必要がある。この様な意図より一応被服重量を体表面積当りに換算して示したのが第4図の成績である。点の打ち方や各曲線は平均皮温や基礎代謝の場合と同様である。

斯様に比較してもやはり被服重量には可なり

大きな個人差があって、この個人差は冬に於て著明である事は皮膚温や基礎代謝の場合と同様である。而して図には基礎代謝や被服重量が最大又は最小の人のみについて月別推移曲線を示しておいたが、これから見ても明らかな様に基礎代謝量が比較的低い人は寒がりであって冬の被服重量が重い。併し平均皮膚温に於ては必ずしもこの様な個人差の相互関係は明瞭でなかった。この間の消息は詳しくは第5図に明らかであって、冬期の基礎代謝量の個人差と各人の被



第5図

多期に於ける日本人成人男子のB. M. と被服重量の間には $r = -0.485 + 0.019$ の良き逆相関が存在する。其の他被服重量の季節変化には基礎代謝に見られたと同様な季節的なズレがあるのであって、向寒期よりも向暖期の方が重量が重い傾向がある。即ち被服重量の季節変化は一見人工的な習慣によって春と秋の衣替えを行っている様に見えるけれど、併しその個人差や気温との関係をしらべると基礎代謝量、平均皮温等の生理的な体温調節機能の反応の指標と密接な関係のある事が知られる。これ等の因果関係が何によるかは後に論ずる事として、ここでは被服重量の変化も亦季節変化に対する生理学的な反応の1つの表れとして取り上げ可き問題である事を強調したい。

IV. 考 察

以上著者は季節の気温変化に伴う代謝、皮膚温、並びに被服重量の変化について述べたのであるが次にこの3者の相互関係が如何にして結

ばれているかに就いて考察する。この3者の關係に就いて先ず第一に着眼せられる事は平均皮膚温は気温 14~24°C の範囲に於て、その気温に伴う変化が特に著明となり、又被服重量の変化もこの温度の範囲に於て特に顯著な変化を見せる。一方基礎代謝量はこの温度範囲以下に於て気温低下に伴う上昇が一層顯著となる事である。而してこの様な皮膚温の顯著な変化は特に四肢に著明であつて、恐らく皮膚の物理的冷却の外に血管反応が皮膚温変化に有力に作用する爲であろう事は既に指摘した通りである。一方この気温 14~24°C の範囲は春秋の季節に属し夏の蒸し暑さもなく又冬の寒さによる緊張感もとれた所謂快感帯に属する気候である。即ち恐らくこの季節に於ては人体は主として皮膚血管の伸縮を伴った皮膚温の変化によって輻射、傳導、対流の道による放熱量の調節を行い、以て体温を維持しているのであらうと思われる。即ちこの温度の範囲は緒言において述べた Winslow¹⁾ の所謂血管調節域に該当する。彼等の与えた温度範囲は 28.5~30.5°C の狭い範囲に限られているのであるが、併し彼等の研究は裸体の人体を対照としたものでありこゝに求められたものは季節や気温に伴った被服をつけた状態の成績であるから、著者の成績と本質的な差異がある。そこで果して上記成績に見られた14~24°Cの範囲が血管調節域になっているかどうかを更に確かめんとして、Du Bois²⁾ 等に倣い、次の式にて皮膚の熱貫流係数Kを計算して見た。
$$K = \frac{0.75 \times R.M.}{(Tr - Ts) A}$$
但し R. M. は安静時の代謝量であつて基礎代謝量の125%に相当し、Aは体表面積、Trは直腸温、Tsは平均皮膚温である。Hardy & Du Bois³⁾はこの式の分子として單に産熱量のみをとっているが、併し産熱量の内の約25%は蒸発によって失われる事はDu Bois⁹⁾等の成績に明らかであるから、こゝには皮膚放熱量は全放熱量(産熱量に等しい)の75%に相当すると考へて式を組立てた。かくして求めたKの値は第4図に示されている。こゝに見る如く明らかに皮膚の熱貫流係数は気温14°C附近より上昇し、皮膚の熱学的性質が変つ

た事が明らかである。従つて恐らくこの温度より以上に於ては温度の上昇に伴つて皮膚血管が開張し熱傳導性を増し皮膚と体内との間の温度勾配がゆるやかになつて來るものと思われる。而して24°C以上の温度範囲に就いては恐らくこのKの上昇は存続するが程度が幾分少くなるものであらう。それは Foster, Ferris & Day²⁵⁾によれば着衣状態の下では既に気温23°C以上に於て手から蒸発が増大して來る事が認められているから、恐らくこの範囲に於ては身体よりの蒸発量が増し0.75の係数をもっと小さくしなければならぬからである。この範囲では気温上昇に伴う平均皮膚温の上昇が幾分頭打ちの状態になるのは、この様な蒸発の影響が加わる事と、前記の血流増大の皮膚温に及ぼす影響が少くなる爲である。何れにするも着衣状態に於ては大體として14~24°Cの範囲(正確な温度範囲は更に詳しい実験が必要である)に於ては血管調節による体温調節が行われるのであらう。又この温度範囲が血管調節域である事は別報²⁶⁾の如く、微風による皮膚温の変化が特にこの温度範囲では敏感であり、これより気温が上つても下つても反つて鈍感になる事実よりも裏書されている。即ち皮膚血管はこの範囲に於ては特に気温に敏感に反応して伸縮し、その皮膚温を変化せしめ、これによって体温調節の主役を演ずるのであらう。

要するに被服をつけた場合には血管調節域が非常に廣くなるのである。前記の如く被服重量が著明な季節変化をなすのはこの温度の範囲である。以上の観点よりすれば被服の使命はこの様に人体の体温調節機能をなるべく血管の範囲に持來す様に仕向く所にあると言へる。

以上の如く14~24°Cの範囲が血管調節域であるとすれば、それ以下の気温範囲は Winslow等¹⁾の身体冷却域に相当する。而して身体冷却によって体内の含熱量を喪失した場合に、これによって皮膚温が強く低下して放熱量の減少を來し、かくして体温を維持し得る程度ならば問題はなさそうであるが併しこの身体冷却が強くなつたり、長く続いて冷却量が大きくなれば当

然寒さを感じて筋の緊張の増加更に戦慄等を來して代謝の亢進を來す事はよく知られた事である (Winslow等¹⁾ の成績参照). 従つてこの範囲の気温下に於て第4図の如く代謝の亢進する事は当然の事の様に見えるが併しこゝに考えねばならぬ事は著者の求めた代謝の亢進は戦慄等の意識的な寒さに伴つたものではなく、朝眼がさめた直ぐの暖かい床の中に寝ている時の代謝量である. これをなべて代謝量と云つてよいかどうかは問題であり、この事については後報にて詳論する積りであるが、ともかくこの点が Winslow等¹⁾ の成績と本質的に異つてゐる. 動物実験に於てはこの様な寒い季節に於ては持続的な寒さによって甲状腺機能が亢進し、この甲状腺機能の亢進には下垂体前葉が働いている事が認められているから (Fulton¹⁹⁾, Thauer¹⁶⁾, Bazett¹⁸⁾), 人体に於ても同様の機轉が働いているのではあるまいか.

要するに少くとも日本人の生活條件に於ては冬期にはこの様な代謝の亢進が起つてゐるのであつて、これはやがてこの様な血管調節の能力限界以上の寒さに対して体温を維持するのに役立つのであろう. 第1図に掲げた様に直腸温がこの様な身体冷却域に於ても殆んど正常の範囲内に止まるのはその様な代謝調節の結果である. 故にこの範囲を代謝調節域と言つても良い.

而してこの範囲に於ては基礎代謝量や被服に大きな個人差が表れるのはこの代謝の亢進が如上の生理的反応によって起る爲にこの反応性が個人により著明に差がある爲であらう. 即ち被検者の内の最年長者は43才 (第4図の○印の点線例) であつて、その代謝量は他の被検者よりも低位 (図の●印は20才合の者) にあり、且つその季節変動が少いのであるが、それは後編に於て論ずる如く恐らく年齢の高い事にこの相異の本質的な理由があるものと考えられる. 従つて冬期に於ては強く寒さを感じ厚い被服をつけねば体温を維持する事が出来ないのである (図の被服の点線の曲線). 又逆に年少者は基礎代謝量が高く且つその季節変化が大きいためから薄着で

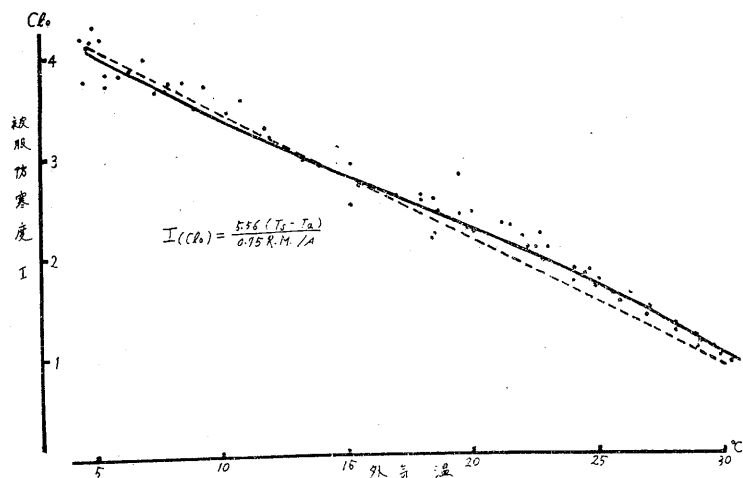
過し得るのである. これが前記の基礎代謝量と被服重量の間に逆相関を生ずる理由であらう (第3報参照).

次に上記の血管調節域以上の暑さに対しては單に皮膚血管の開張反応のみならず恐らく不感蒸泄や発汗の増加によって体温調節が行われるのであろう. 従つて Winslow¹⁾ の蒸発調節の範囲に相当する. この点については著者には実験成績が乏しい爲に詳しい論議は差控える. たゞこの蒸発域の範囲に就いては24~25°C以上とする事は多少低温に過ぐる感があり又 Yaglow²⁷⁾ は被服をつけた状態で気温が13~28°Cの範囲に於ては平均皮温が33~34°Cとなつて快適な感じを持つ事が出来ると言つてゐるが、これはアメリカの氣候について調べた事であつて日本では湿度が高い爲に既に25°C附近でも蒸発が盛んとなつて來るのであろう.

以上は各被検者の平均皮温、基礎代謝、衣服重量と気温の關係を総括的に論じたのであるが、此等は單に気温のみの函数ではなく、季節的な特徴を示すものである事は既に指摘した所である. この様な季節的なズレは第4図の平均値の曲線に明らかな様に皮膚温、基礎代謝、衣服重量共に相互に關係を有し、春は同じ気温の秋に比して皮膚温、基礎代謝は高く、被服重量は大きい. この様な季節的なズレは何によるかに就いて、その詳細な事は色々論議もあらうが総括的に言えば、それは体温調節機能の季節馴化に一定の期間を要するために外ならぬ. 例へば基礎代謝に就いて言えば秋の冷氣が加わつてもこれが先の内分泌系の機能亢進を來す迄には冷刺戟の連続刺戟を必要とし容易に代謝の亢進を來さない. 又反対に春は冬の代謝亢進が可なり残る事になる. 一方同じ寒冷刺戟に対する寒さの感受は夏の方が冬より少い事は既に明らかにされた所であつて、この様な廣い意味での体温調節中枢の夏型の興奮性が冬型に切り替へるには時日を要する. それが爲に秋は春に比し薄着に過ぎ、逆に春は冬の厚着の習慣が残る事となる. この様に秋は春に比し代謝が低く被服が薄い爲に当然その皮膚温は物理的冷却が強くな

って春に比し低下しているのであろう。

さて次に以上の如き日本人成人男子に見られる体温調節機能の季節変化による熱代謝の推移を総括的にながめる爲に Bazett²³⁾等にならって体表面に於ける防熱度を各気温別に計算して見ると第6図の成績が得られる。こゝに防熱度 I



第6図

とは $I = \frac{5.56 (T_s - T_a)}{0.75 (R.M.) / A}$ であって、 T_a はこの場合外気温であり I の値は Clo 単位で示されている。I の値は主として被服の防熱度に関するが、併し体表面の空気層の防熱度も入っている。図にはこの外に Belding²⁹⁾ が計算した各種外気温に対して必要とする防熱度の線をも記入した(これを必需線と呼ぶ事にする)。この値は平均皮膚温を常に 33.5°C とし、又代謝量も欧米人の成績を用いてある。こゝに明らかな様に日本人に就いて求められた防熱度は冬期は必需線より幾分下廻りの傾向あり、夏期は若干上廻っている。そして 15°C 附近に於て実際の線と必需線とが交又する。従って冬と夏の防熱度の差を求めると、日本人について得た値は必需線のそれよりも小さくなっている。その理由につき考ふるに、元來日本人の基礎代謝は欧米人よりも若干低いとせられているが、冬期は前記の代謝亢進の結果として漸く欧米人の値に近づいている。併しこの場合にはその平均皮膚温は第4図の如く $30\sim 31^{\circ}\text{C}$ であって 33.5°C より低い。又夏期は平均皮膚温は 34.5°C 附近であるが、基礎代謝量

が $33\text{kcal}/\text{m}^2/\text{h}$ であって Belding²⁹⁾ の用いた $40\text{kcal}/\text{m}^2/\text{h}$ より遙かに低くなっている。これが日本人の曲線が必需線と喰違つた主な点であろう。今仮りに防熱度の必需線が各気温に伴ってつける可き被服の防熱度のあり方を示す理想線であるとすれば、日本人の被服の防熱度は夏期はやゝ過高の傾きがあると言えよう。これは着衣習慣そのものが欧米人と相異なる事もあるが、それよりも日本人の防寒防暑に対する生活態度が被服家屋等の人工手段による快感条件を求めるよりも、寒暑のつらさを押えてむしろ生理機能の発動によって体温の維持を図らんとする所にその最大の原因があると考えたい。即ち四季の寒暖の変化に対する体温調節を人工的

な被服調節のみに依存せずして、生理的な体温調節機能の季節馴化に求むる所が大きいのである。

V. 総括

1年間を通じて日本人成人男子に就き季節に応じた着服坐位の状態にて皮膚分布、代謝、被服重量を毎月測定して季節変化に伴う体温調節機能の変化の有様を観察の結果、得られた成績を要約すると次の通りである。

1) 皮膚温は寒冷期に向うに従い四肢温が特に著明に低下する。殊に気温 $12\sim 15^{\circ}\text{C}$ 附近より $23\sim 25^{\circ}\text{C}$ 附近の範囲(春秋の候)に於て低下が著明である。彼って四季に渉る各気温と皮膚温の關係を見ると四肢温は気温に対し S 字状の曲線を書いて変化する事になる。軀幹部温は略一定であるが、併し大体として気温低下に伴い直線的に下降する。その結果平均皮膚温は気温に伴いほとんど直線的であるが若干 S 字状に低下する。

2) この様な四肢皮膚温の S 字型の低下は外気温低下に伴う物理的な冷却の外に皮膚血管の

収縮により皮膚の温勾配が強くなって来る爲である。

3) 以上の如く身体部位によって皮膚温にS字型と直線型の変化形式のある外、これ等の各型に於ても皮温の高いもの、中等のもの、低いものゝ3群を区別し得る。この差異はその局所の被服状態、組織実質や血管密度に対する放熱面積の割合等の局所の熱学的特性によって説明する事が出来る。

4) 基礎代謝は夏期低く冬期に上昇する季節変化が認められ14~15°C附近の季節より低温に向うに連れて上昇が著明になり、又この範囲の気温に於ては個人差強く、年長者は季節変化が少い傾向がある。

5) 被服重量は春秋の衣替えの時期に大きく変化し、その後は気温に伴い若干の変化を示す。

6) 以上より日本人成人男子の普通生活に際しては春秋の快感域(14~24°C附近の範囲)に於ては皮膚血流や衣替え等の熱傳導、対流、輻射等による放熱の調節を行って体温を維持し(A)、此の範囲より外気温高き夏期には皮膚面よりの蒸発が盛んとなり(B)、低い気温の冬の季節には代謝が亢進して(C)此等の皮膚放熱の調節を補い、全体としてその体温を一定に保つと考えられる。AはWinslow等の血管調節域に、Bは蒸発調節域、Cは身体冷却域に相当する。

7) 以上の成績よりすれば被服の意義は体温調節域をその気温の変化にかゝらずに血管調節域に持來す所にあり、言を換うれば血管調節域の気温範囲を極力拡大する事にある。

8) 外人の測定値より求められた被服の防熱度を標準として日本人の被服防熱度を比較すると、冬は防熱度は低く、夏は高い。これは日本人の生活態度が快感域の体温調節を求むるよりもむしろ寒暑に耐えて生理機能の発動によって体温調節を行わんとする傾向がある爲である。

9) 以上の様な体温調節機能の季節変化は單なる外気温の変化に伴って直ちに表れるものでなく、一定の季節的ズレを示す。即ち気温が同

一でも秋は春に比し被服は薄着で、基礎代謝低く、従って皮膚温も低い。これは体温調節中枢や内分泌系等の中枢性の季節馴化に一定の時期を必要とする爲と理解せられる。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲の勞を賜った恩師吉村寿人教授に対し、深く感謝の意を表すると共に、種々の御援助を頂いた教室員諸氏に謝意を表す。猶本研究は文部省科学研究費によって行われた。

文 献

- 1) Winslow, C.-E. A., L. P. Herrington, and A. P. Gagge (1938) *Am. J. Physiol.* 124, 30
- 2) Maddock, W. G. and F. A. Collier (1933) *Am. J. Physiol.* 106, 589
- 3) Benedict, F. G. (1925) *Ergebn. d. Physiol. Bd.* 24, 598
- 4) Pfeleiderer, H. u. K. Büttner (1935) *Grundlagen der Hautthermometrie*
- 5) DuBois, E. F. and J. D. Hardy (1938) *J. Nutrition* 15, 461
- 6) 堀 三造 (昭和19年) *日本生理誌* 9, 1
- 7) 緒方維弘 (昭和17年) *満洲医誌* 37, 647
- 8) 緒方洪平 (昭和27年) *日本衛誌* 7, (記載予定)
- 9) Du Bois, E. F. (1936) *Basal metabolism in health and disease.*
- 10) 白井伊三郎 (昭和14年) *体育研究* 7, 129
- 11) 久保忠夫 (昭和2年) *北海道医誌* 4, 559
- 12) 文部省科学研究医学関係季節生理班 (昭和27年) *日新医学* 39, 121
- 13) 吉村寿人・小石哲夫・小石秀夫 (昭和25年) *医学と生理学* 16, 140.
- 14) Burton, A. C. (1934) *J. Nutrition* 7, 497
- 15) 小坂隆雄 (昭和5年) *満洲医誌* 12, 317
- 16) Thauer, R. (1939) *Ergebn. d. Physiol.* 41, 604
- 17) Asmussen, E., E. H. Christensen, and M. Nielsen (1939) *Skand. Archiv. f. Physiol.* 82, 212
- 18) Bazett, H. C. (1949) *Physiol. of heat regulation and the science of clothing.*
- 19) Fulton, J. F. (1947) *Howell's Textbook of physiology.*
- 20) 古沢一夫・暉峻義等 (昭和16年) *勞働科学* 18, 371
- 21) Martin, C. J. (1928) *Lehrbuch der Anthropologie. Bd I*
- 22) Rubner, M. (1911) *Handbuch der Hyg. Bd I*
- 23) 横田 豊 (昭和26年) *京府医大誌* 49, 339
- 24) Du Bois, E. F. and J. D. Hardy (1941) *Temperature*
- 25) Foster, R. E. II, B. G. Ferris, and R. Day (1946) *Am. J. Physiol.* 146, 600
- 26) 福田正弘 (昭和27年) (医学と生物学 近刊発表予定)
- 27) Yaglow, C. P. and Messer, Anne (1941) *J. A. M. A.* 117, 1261
- 28) Bazett, H. C., A. C. Burton, and A. P. Gagge (1941) *Science* 94, 428
- 29) Belding, H. S. (1949) *Physiol. of heat regulation and the science of clothing.*

Summary

The author estimated the skin temperature distribution, the basal metabolism and the insulating value of clothing monthly for a year on several Japanese male adults with seasonal clothes at resting condition.

Following climatic shift to cold season, the skin temperature fell markedly on four limbs as the external temperature decreased, while that on the trunk changed scarcely. The mean skin temperature also decreased almost linearly with the change of external temperature. Such a fall was, however, the most profound in the zone of 14-24°C, i. e. the comfort zone of the climate, so that the curves of the skin temperature of four limbs and of the mean temperature showed "S" shape. In the climate colder than this zone, the basal metabolism rose, while the evaporation from skin should increased in the hotter climate. The insulating value of clothes changed considerably in the comfort zone, according to change of environmental temperature.

For these results, the author maintains that the zone of comfort mentioned above corresponded to the zone of vasomotor regulation, though it was pretty larger than that reported by Winslow on the nude subject. Thus it is reasonable to state that the rôle of climate clothes is to enlarge the zone of vasomotor regulation. The zone hotter than this should be that of evaporative regulation, and the colder one corresponds to the zone of body-cooling. It is worth to note that the chemical regulation in wide sense plays a rôle in the latter zone, i. e. in winter.

The insulating value of clothing being compared with that calculated by Belding on American, it was found that the Japanese one was lower in winter, while higher in summer. Thus it was concluded that the Japanese used to endure the hot and cold climate with poorly adjusted clothing, according to their custom to stand pain without complaints.

(Institute of Physiology, Kyoto Prefectural Medical College)

クロナキシーより観たる電気麻酔 612.014.424.5

Experimental Studies on Electro-narcosis in view of Chronaxie.

服部 鎮 男*・綾井 治 一 郎*・堀 口 隆**

(Hattori-Shizuo・Ayai-Jiichirō・Horiguchi-Takashi)

1. 結 言

電気麻酔に関しては共同研究者堀口の詳細なる研究がある¹⁾。又近藤は電気麻酔時の血圧変化を分析してこの場合の頭部通電時には交感、副交感神経両中枢が共に刺激されている事を明らかにした²⁾。しかし電気麻酔の作用機序に関しては未だ明確ならざる点が多分にある。そこで吾々はクロナキシー法を用いて大脳の侵襲部位を究明しようとした。

II. 実験方法

実験動物は2kg内外の成熟家兔を用い、電気麻酔は堀口の方法に従い電極は鋼鉄製の鉤型電極を用い先端以外は絶縁し、電極の位置は眼窩後縁の後方で頭蓋骨を刺通し側頭部硬脳膜上に密着せしめた。

クロナキシー測定には室温攝氏25.0°C内外の実験室にて英弘クロナキシーメーターを用い被検体の総電気抵抗を11,000 Ohmとした。

1. 皮質クロナキシー(以下RCと略す)の測定方法

豫め家兔を腹位に固定し頭頂部に於て一側に無菌的な穿頭術を行い運動領野を露出する。陰極には針状の銅線に綿花を筆先状に纏ったものを用い、陽極は其の対称側の耳朶に挟んだ。而して該大脳皮質運動領野を刺激し因って生じた当該筋の収縮を目標としてレオバーゼ(以下Rhと略す)並にRCを測定した。

2. 筋クロナキシー(以下MCと略す)の測定方法

家兔を腹位に固定殊に後肢の固定は只脛跗間

節のみとし緊迫に過ぎず寧ろ緩帯にして而も後肢の不必要な動搖を防ぎながら血行障碍をも起さぬようにした。之の陰極には直径5mmの塩化銀製の円板を用い下腿伸屈筋の皮膚面上にて操作し、陽極は何れか一侧の耳朶に挟んだ。

猶 RC, MC の測定値は σ (msec) 単位にして電気容量 (Microfarad 単位) を4倍し、直流電圧 (Rheobase) は Volt 単位にて定めた。

III. 実験成績

A. 皮質クロナキシーに就いて

家兔5例に就き電気麻酔時のRCを測定し著明に増大するを認めた。

第1例. 実験番号 3, 2.5kg, ♂

電気麻酔を誘致すると堀口の述べた如く麻酔の進行に伴い角膜反射が消失し、更に防禦反射の消失を來し流涎を起して來る。かかる場合の Rh, RC の変化は第1図及び第1表に示せる如く Rh は大なる増減は見られなかったが、RC は通電後20分位にて増大著明となり流涎の始まる頃には麻酔前の350%の増大を、流涎著明なるに及んで約800%の増大を示した。極めて徐々に電氣量を増加してその電氣勾配による刺激をさけるならば痙攣を誘発せしめず麻酔状態を続けて行く事が出来る。若し電気麻酔中急に電氣量を増加すると直ちに強直性、間代性痙攣に移行するが痙攣後直ちに電圧を下げて通する電氣量を麻酔量迄減するならば麻酔を持続する事が出来る。この時 RC は減少するも直ちに増大し痙攣終了後約10分にて麻酔前の RC に比し約700%の増大を見る。電流を切断すると約20分位にて旧値に復する。

第2例. 実験番号 5, 1.9kg, ♂

第2図並に第2表に示す如く第1例と同様な

* 大阪大学医学部第1外科学教室 (小沢凱夫教授)

** 大阪大学医学部第2生理学教室 (吉井直三郎教授)

事が認められる。即ちRhは著明な増減は認められないが、RCは著明に増大し約950%の変化を示した。

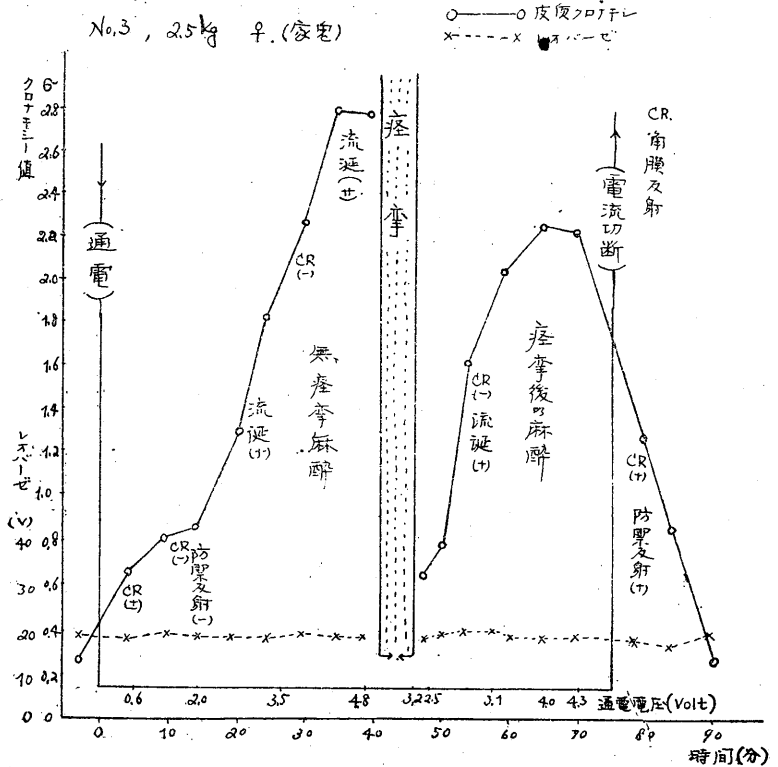
小括 家兎に電気麻酔を施行した場合Rhには殆んど増減は認められないがRCは著明に増大する。この状態は痙攣後の麻酔に於ても同様である。猶RCの著明な増大を認めるのは流涎の始まる頃からである。

B. 筋クロナキシーに就いて

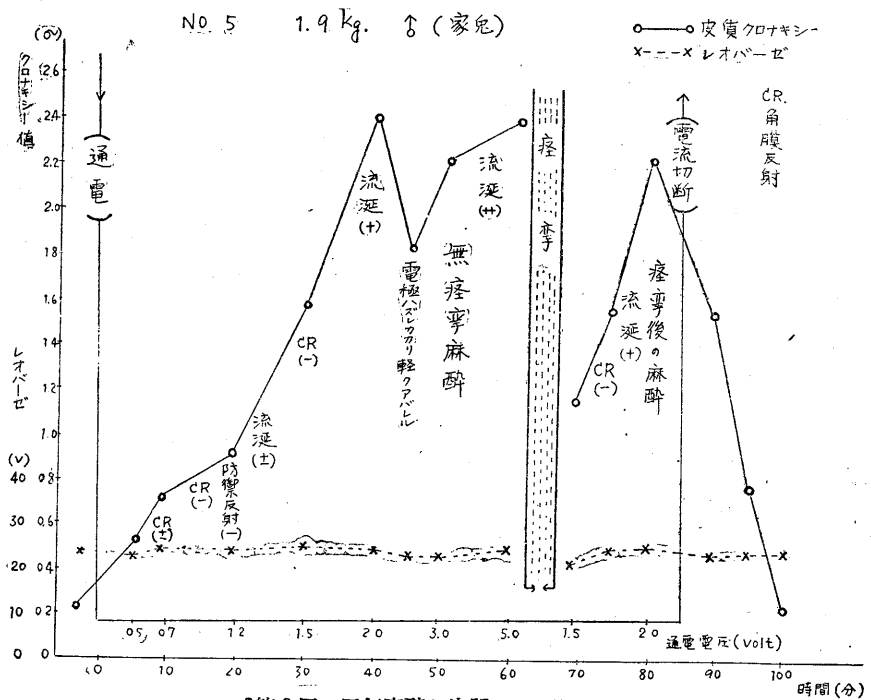
家兎5例を用い電気麻酔時のMCを測定した所伸筋のMCには著明な増減は見られなかったが屈筋のMCは増大して伸筋のMCに近づくのを認めた。

第1例. 実験番号7, 1.7kg, ♂

型の如く電流を通じて麻酔状態に誘導する。臨牀症状の変化とMCの変化関係は第3図並に第3表に示した如くである。即ち麻酔の進行に伴い後肢伸筋のMCは著明な増減は見られない。後肢屈筋のMCは逐次増大して伸筋のMCに近づくのが



第1図 電気麻酔と皮質クロナキシー



第2図 電気麻酔と皮質クロナキシー

第1表 No. 3, 2.5kg, ♀ (家兎)

経過時間 (分)	電流量 (Volt)	Rh (V)	RC (σ)	臨牀症状
通電前 通電開始		21.0	0.28	
5	0.6	21.0	0.65	角膜反射(±)
10		21.5	0.80	
15	2.0	22.5	0.84	角膜反射(-)
20		21.0	1.32	防禦反射(-) 流涎(+)
25	3.5	20.5	1.82	角膜反射(-)
30		20.0	2.28	
35		20.0	2.78	流涎(++)
40	4.8	20.5	2.76	
41				
↓	強直性、間代性痙攣、痙攣後電流量調整			
43				
45	3.2			
47		19.0	0.62	
50	2.5	18.0	0.80	
55		21.0	1.60	角膜反射(-) 流涎(+)
60	3.1	21.5	2.04	
65	4.0	20.0	2.24	
70	4.3	20.5	2.20	
75	電流切断			
80		20.0	1.25	角膜反射(+)
85		19.0	0.82	防禦反射(+)
90		21.0	0.30	

第2表 No. 5, 1.9kg, ♂ (家兎)

経過時間 (分)	電流量 (Volt)	Rh (V)	RC (σ)	臨牀症状
通電前 通電開始		24.0	0.22	
5	0.5	23.5	0.56	角膜反射(±)
10	0.7	25.0	0.72	角膜反射(-)
20	1.2	25.0	0.92	防禦反射(-) 流涎(±)
30	1.5	26.0	1.60	
40	2.0	25.0	2.40	流涎(+)
45		24.0	1.82	電極ハズレカカ リ軽クアバレル
50	3.0	24.0	2.22	
60	5.0	26.0	2.40	流涎(++)
62				
↓	強直性、間代性痙攣、痙攣終了後電流調整			
65				
70	1.5	21.0	1.20	角膜反射(-)
75		25.0	1.60	流涎(+)
80	2.0	26.0	2.20	
85	電流切断			
90		24.0	1.60	
95		25.0	0.80	角膜反射(+) 防禦反射(+)
100		25.0	0.26	

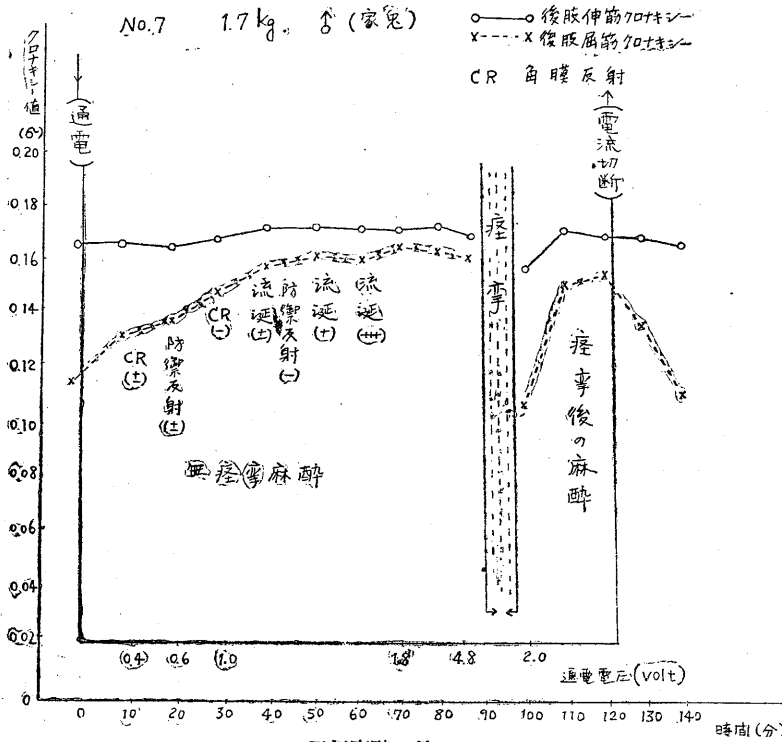
見られる。こゝで故意に電圧を上げて通ずる電氣量を増加させると強直性、間代性痙攣が起って来る。痙攣後電氣量を低下せしめて麻酔量を減らすならば痙攣後の麻酔を持続する事が出来る。この場合伸屈筋のMCは共に減少するが痙攣後の麻酔状態に移行すると後肢伸筋のMCは

第3表 No. 7, 1.7kg, ♂ (家兎)

経過時間 (分)	電流量 (Volt)	後肢伸筋 のMC(σ)	後肢屈筋 のMC(σ)	臨牀症状
通電前 通電開始		0.165	0.114	
10	0.4	0.165	0.130	角膜反射(±)
20	0.6	0.164	0.134	防禦反射(±)
30	1.0	0.166	0.148	角膜反射(-)
40		0.170	0.154	流涎(±)
50		0.170	0.158	防禦反射(-) 流涎(+)
60		0.170	0.157	流涎(++)
70	1.8	0.170	0.164	
80		0.172	0.160	
88		0.166	0.156	
90	4.8			
↓	強直性、間代性痙攣、痙攣後電流調整			
93				
100	2.0	0.150	0.114	角膜反射(-)
110		0.170	0.150	
120		0.168	0.156	
124	電流切断			
130		0.168	0.136	
140		0.162	0.110	

第4表 No. 9, 2.0kg, ♀ (家兎)

経過時間 (分)	電流量 (Volt)	後肢伸筋 のMC(σ)	後肢屈筋 のMC(σ)	臨牀症状
通電前 通電開始		0.182	0.120	
10	0.5	0.188	0.142	角膜反射(±)
20	1.1	0.17	0.162	角膜反射(-) 防禦反射(-)
30	1.4	0.182	0.175	流涎(+)
40		0.182	0.175	流涎(++)
50	1.8	0.172	0.150	電極ハズレカカ リ軽クアバレル
60		0.182	0.176	
62				
↓	強直性、間代性痙攣、痙攣後電流調整			
65				
70	1.5	0.102	0.080	
75		0.148	0.118	角膜反射(-)
80		0.175	0.150	
83	電流切断			
90		0.175	0.140	角膜反射(+)
100		0.180	0.125	防禦反射(+)
110		0.180	0.123	



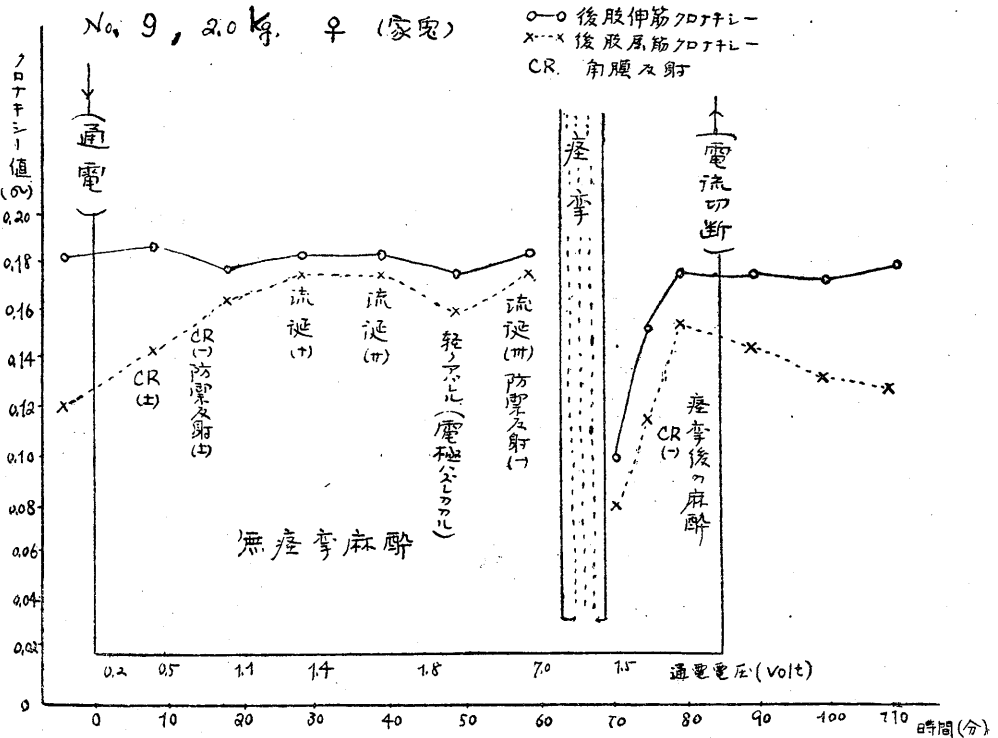
第3図 電気麻酔と筋クロナキシー

旧値を上昇してその後殆んど変化せぬが、後肢屈筋のMCは麻酔前のMCを越えて増大し伸筋のMCに近づく。電流切断と共に逐次下降し約20分にて旧値に復する。Rhの増減は軽度である。

第2例 実験番号9, 2.0kg, ♀

第4図並に第4表に示した如く伸筋のMCは著明に増減しないが屈筋のMCは増大して伸筋のMCに近づく。Rhには著明な増減は見られなかった。

小括 電気麻酔時のMCの測定に於てはRh



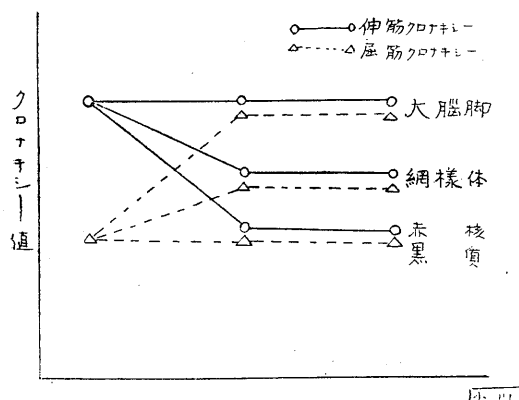
第4図 電流麻酔と筋クロナキシー

には著明な増減は見られない。伸筋のMCには大きな増減は見られず屈筋のMCは麻酔の進行に伴い著明に増大して伸筋のMCに近づく。即ち拮抗筋の比率が正常の比率2:1又は3:1を破って1:1に近づく。

IV. 総括及び考按

皮質クロナキシーは多くの先人達によって示された如く大脳皮質特に第1ノイロン自身の変化殊にその興奮性如何を追求出来るのである。A. et B. Chauchard は犬を用い薬剤による麻酔時にはRCは著明に増大し覚醒に伴い麻酔前の値にかえる事を見ている。電気麻酔に於ても著明な増大が認められた。即ち皮質性の興奮閾値の増大が認められる。而してこの皮質性興奮閾値の増大は脳の如何なる部位に侵襲が行われた結果であるかはRC測定成績から云々する事は困難である。

次に筋クロナキシー測定成績から之を観るとRCは中枢性影響殊に第1ノイロン支配に従属せる末梢の変化を求めるものでMCの変化状況より中枢に於ける侵襲部位が窺えるものである。吾が教室に於ける研究によると大脳皮質が侵襲された場合伸屈筋クロナキシーが正常時に於ける比率即ち2:1又は3:1を保ちながら共に減少するが、中脳に侵襲がある場合には伸屈筋比率が前の比率を破って同値を示してくる^{3) 4)}。更に中脳侵襲の場合でも教室の小川³⁾



第5図

中脳侵襲時の拮抗筋クロナキシーの変化模式図

によると第5図の如く部位による差を見る事が出来る。即ち(1) 一侧の黒質の侵襲により両側の伸筋のMCが減少して拮抗筋比率が1:1に近づく。一侧の赤核を侵襲すると反対側のみの伸筋のMCが減少して拮抗筋比率が1:1となる。(2) 一侧網様体を侵襲すると両側の伸筋のMCが減少し屈筋のMCが増大して両者の中間値に於て拮抗筋比率が1:1に近ずいて来る。(3) 一侧の大脳脚を侵襲すると両側の屈筋のMCが増大して拮抗筋比率が1:1に近ずいて来るのである。

電気麻酔に於ては伸筋のMCには変化が少なく屈筋のMCは増大して伸筋のMCに近づくので之を小川の成績と比較すると中脳殊にその腹側部に作用が及んでいるのではないかと云うことが窺われるのである。

V. 結 語

電気麻酔の作用機序をクロナキシーの立場から観察した。

- 1) 皮質クロナキシーに於てはレオバーゼは著明な増減は見られないが皮質クロナキシーは著明に増大した。
- 2) 筋クロナキシーに於てはレオバーゼの増減は著明でない。伸筋クロナキシーの増減は余り認められず屈筋クロナキシーのみが増大して伸筋クロナキシーに近ずいた。
- 3) 以上より電気麻酔は大脳の興奮閾値の増大であり、その主なる侵襲部は中脳の腹側部であると考えられる。

擱筆するに当り、御指導御校閲を賜った恩師小沢教授並に吉井教授に深甚なる謝意を捧げる。

文 献

- 1) 堀口 隆 (1952) 電気麻酔に関する研究 第1,2報 日本生理誌 14, 448, 464
- 2) 近藤龍輔 (1952) 電気麻酔と血圧変化 第44回 近畿精神神経学会発表
- 3) 小川芳彦 (1951) 拮抗筋クロナキシーの比率に関する研究 大阪医会誌 3, 65-77, 1-7
- 4) 鬼頭阿佐夫 (1945) 鬼頭阿佐夫論文集

Summary

The authors have studied on relationship between electro-narcosis and chronaxie.

The Results obtained are as follows:

1) In electro-narcosis, rheobase shows no changes, while cortex-chronaxie markedly increases.

2) In electro-narcosis, no changes are observed on rheobasis of muscle-chronaxie. However, chronaxie of extensor-muscles shows slight changes but that of flexors increases, making a close approach to that of extensors.

After Ogawa's studies these chronaxie changes was induced by the operation of the ventral part of mid-brain.

Accordingly, the conclusions have been given that electro-narcosis increased the threshold of cortical excitability, influencing upon the ventral part of mid-brain.

(First Surgery, Osaka Univ. Medical School)

(2nd Physiol. Lab. Osaka Univ. Medical School)

断続刺戟による聽原発作の研究 612.821.31

(第1報) 発作の型について

Studies on the Audiogenic Seizure induced by the Interrupted Stimulation.
Part I. On the Type of Seizure.

(本論文の要旨は第14回日本心理学会及び第28回日本生理学会に於て発表した)

樋 渡 志 良 (Hiwatari-Shiro)*

I. 緒 言

最近の聽原発作の研究に於てはガルトン笛、ベル、オッシレーターを用いて聽原発作を誘発し、音刺戟の強度及び質と発作の誘発率との関係及び発作の型が検討されて來た。これらの研究の殆んど全部は刺戟として音の連続刺戟を用い、刺戟時間は概ね2乃至4分である。著者の知り得たかぎりでは断続刺戟を用いた実験は Galambos & Morgan (1943)⁵⁾ の報告があるのみであつて、之は1秒間隔で刺戟した場合に連続刺戟と同じ効果があつた事から聽刺戟の全エネルギーと発作生起とは無関係であるという結論に到達しているのであつて、発作型について特に詳細に考察している訳ではない。著者は聽原発作時の痙攣の型を観察している間に活動期と称せられる痙攣前及び痙攣中と、不活動期といわれる痙攣後とで刺戟と反応との関係が異なる事に気付き、生理心理学的に更に詳細な実験的検討を加えた。

II. 実験装置及び実験方法

実験動物は体重100~150g前後の白鼠の中、豫備実験により典型的の強直性間代性痙攣を起し、しかも痙攣迄の潜時の略一定なる事を確めた動物を使用した。

聽原発作の観察は直径30cm高さ20cmの硝子槽内で行つた。この硝子槽の上部は硝子蓋で覆い、内側に12kcの音を発する如く調節したガルトン笛を固着し、このガルトン笛にポンプを

用いて一方より空気を送り、この圧は常に200mmHgになる様に調節した。そしてガルトン笛に接続するゴム管の途中に切換コックを挿入し、随意に空気の送入を開始し又は停止出来る様に装置した。

III. 実験成績

1. 連続刺戟による発作の型

著者の実験条件で連続刺戟を用いて起した聽原発作の型を、代表的な1例を挙げて説明する。

実験動物101号

- | | |
|--------|---------------------------------|
| 0" | 刺戟始め |
| 3" | 小走り Short running |
| 7" | 円走行 Circular running, 眼裂開き眼球突出す |
| 8" | " |
| 11" | " |
| 35" | 狂走 Convulsive running 始まる |
| 40" | 第1間代性痙攣始まる |
| 45" | 強直性痙攣になる |
| 55" | 前後肢伸展 (Opisthotonus) |
| 1' 5" | 第2間代性痙攣 |
| 1' 10" | 前後肢同時跳躍即ち Leaping (馬跳び) 及び発声 |
| 2' | 次第に後肢跳躍 Hopping, 次に左右交代運動始まる |
| 2' 40" | 以上の間に円走行が入る |
| 3' 30" | 円走行のみ |
| 3' 50" | 小走り |
| 4' | 小走り10秒に1回位 |
| 5' | 時々後退 |
| 7' | 不動 |
| 8' | 眼裂小さくなる |

即ち後退、小走り、円走行等の所謂運動性前駆期の後、狂走から引続き第1間代期、強直期、第2間代期の痙攣期を経て四肢同時跳躍即ち

* 大阪大学医学部第2生理学教室 (主任吉井直三郎教授)

Leaping (馬跳び) から後肢跳躍 Hopping になり、次第に円走行、小走り、後退になり最後には刺戟中にも拘らず不活動状態になり、それが快復すると自発運動が現われた。

従來の研究^{1) 2) 4)}によると痙攣期の後動物は Coma 状態になり、姿勢反射その他の反射が消失し、稀には触や音刺戟で跳躍等の運動現象が見られたという記載があるが、それは痙攣発作後刺戟を中絶した場合であって、引続き刺戟を与える時は著者の経験では Coma になる例は稀であって、本実験では50例中1例に見たに過ぎない。他の49例では上記の運動現象が現われた。又痙攣後の跳躍の時期に刺戟を中止すると Catalepsy 状態となって可塑的な強固な姿勢を続けた。

2. 断続刺戟による発作の型

イ) 第1実験

先ず第1実験では刺戟開始より断続刺戟を用いて発作の型を観察した。各5例とも略同様の成績を得たので代表的な1例を挙げる。

刺戟時間は5秒で一定にし、中断時間を5秒にして[A]実験を行い、3日後中断時間を2.5秒に短縮して[B]実験を、更に3日後中断時間を10秒に延長して[C]実験を行った。

[A] 実験 (5秒刺戟5秒中断)

実験動物 24号

- 0" 刺戟始め
- 2" 後退
- 30" 右轉回
- 2' 頭を左右に振る
- 2'15" 立上る
- 2'50" 顔を前肢で拭く
- 4'20" 狂走始まる。眼裂開く
- 4'30" 第1間代性痙攣 } (刺戟中も中断中も同じ行
- 4'35" 強直性痙攣 } 動である)
- 4'40" 第2間代性痙攣 }
- 4'45" Coma 状 (中断中)
- 4'50" 前後肢同時跳躍即ち Leaping 及び発声 (刺戟中)
- 4'55" 再び Coma 状 (中断中)
この後刺戟中は跳躍運動、中断中は Catalepsy 状
- 8' 静止、不動

即ちこの場合は連続刺戟実験に比し痙攣迄の潜時が延長した。又連続刺戟では必ず痙攣を起

す動物でも狂走の程度に止る事もあった。

[B] 実験 (5秒刺戟 2.5秒中断)

実験動物 24号

- 0" 刺戟始め
- 10" 小走り
- 25" 立上る
- 45" 轉回
- 55" 狂走始まる。眼裂開く
- 1' 第1間代性痙攣 } (刺戟中も中断中も同じ行
- 1'10" 強直性痙攣 } 動である)
- 1'20" 第2間代性痙攣 }
- 1'30" より前後肢同時跳躍 Leaping 及び発声 (刺戟中のみ)
刺戟中断中は Catalepsy 状態
- 2'40" 刺戟中、後肢跳躍 Hopping
- 3'30" 刺戟中も静止
- 4' 刺戟中、小走り
- 6' 静止、不動

即ち 2.5秒中断では5秒中断に比し痙攣迄の潜時が短縮し、5秒中断では狂走のみで痙攣の起らなかった鼠もで痙攣を起す事が出来た。潜時は連続刺戟に比し少々長いかと思われる程度であった。

[C] 実験 (5秒刺戟10秒中断)

実験動物 24号

- 0" 刺戟始め
- 3" 頭を挙げる
- 15" 円走行、眼裂開く
- 45" 眼裂小さくなり眼を閉ず
- 1'45" 眼を開く
- 2' 立上る
- 時々顔を拭く
- 6'45" 後退
- 7'30" 円走行
- 14' 自発運動

即ち10秒中断では、小走り、円走行迄の極く軽い発作が誘発されるのみであった。

要するに最初から断続刺戟を用いた時には刺戟中断時間によって興奮過程の加重の程度が異なる事が考えられ、中断時間が短いと連続刺戟と同じ様に痙攣迄発展させる事が可能であった。そして一旦痙攣が始まると刺戟中でも中断中でも同様な経過で痙攣が経過する事が認められた。

ロ) 第2実験

[A] 実験 (運動性前駆期迄は連続刺戟を行った後、5秒刺戟5秒中断刺戟に変える)

実験動物 601号

- 0" 刺戟始め
- 15" 後退
- 24" 円走行 (運動性前駆期)
- 55" 狂走
- 1' 第1間代性痙攣 } (刺戟中も中断中も同じ行
- 1' 5" 強直性痙攣 } 動である)
- 1' 10" 第2間代性痙攣 }
- 1' 15" 前後肢同時跳躍 (Leaping) 及び発声 (刺戟中)
- 1' 20" Coma 状 (中断中)
- 1' 25" 前後肢同時跳躍 (刺戟中)
- 1' 30" Catalepsy 状 (中断中)
- 以下同様
- 2' 30" 刺戟中後肢跳躍 Hopping, 中断中 Catalepsy 状
- 3' 刺戟中小走り, 中断中は Catalepsy 状
- 5' 30" 刺戟中も中断中も不動
- 6' 自発運動

即ち此の刺戟条件では痙攣迄の潜時は連続刺戟に比し稍々延長する。初めから5秒断続刺戟を用いた場合と比較すると潜時は著しく短縮しその後の痙攣の型は略同様の経過をとった。

[B] 実験 (狂走が始まる迄連続刺戟を用い、狂走期より5秒断続刺戟に変える)

実験動物 22号

- 0" 刺戟始め
- 3" 後退
- 20" 円走行
- 50" 狂走始まる (こゝより5秒断続刺戟)
- 1' 第1間代性痙攣 } (刺戟中も中断中も同じ行
- 1' 5" 強直性痙攣 } 動である)
- 1' 10" 第2間代性痙攣 }
- 1' 15" 前後肢同時跳躍 (Leaping) 及び発声 (刺戟中)
- 1' 20" Coma 乃至 Catalepsy 状 (中断中)
- 以下同様
- 1' 15" 刺戟中後肢跳躍 Hopping, 中断中 Catalepsy 状
- 2' 25" 刺戟中小走り, 中断中の Catalepsy 状少くなる
- 3' 10" 刺戟中も中断中も不動
- 6' 自発運動

即ち運動性前駆期後断続の [A] 実験と略同様の経過をとった。

[C] 実験 (痙攣開始迄連続刺戟を用い、その後断続刺戟に変える)

実験動物 201号

- 0" 刺戟始め
- 10" 円走行
- 15" 円走行
- 45" 狂走
- 50" 第1間代性痙攣 } (刺戟中も中断中も同じ行
- 1' 強直性痙攣 } 動である)
- 1' 5" 第2間代性痙攣 }
- 1' 10" Coma (中断中)

- 1' 15" 前後肢同時跳躍 (Leaping), 刺戟中
- 1' 20" Coma 乃至 Catalepsy 状 (中断中)
- 2' 50" 刺戟中は後肢跳躍 (Hopping), 中断中は Catalepsy 状
- 4' 30" 刺戟中小走り, 中断中静止
- 5' 30" 刺戟中も中断中も静止
- 7' 自発運動

この条件に於ても [A] [B] 実験と略同様の経過をとった。

即ち5秒断続実験に於ては、実験開始後発作のどの時期から連続刺戟を断続刺戟に変えても発作の型は同一の経過をとる事が判った。

ハ) 第3実験

次の実験系列では初めから連続刺戟を用い痙攣が起ると刺戟を止めた。

実験動物 1号

- 0" 刺戟始め
- 10" 円走行
- 15" "
- 40" 狂走
- 44" 第1間代性痙攣 } (刺戟はなくても痙攣は進
- 50" 強直性痙攣 } 行する)
- 1' 5" 第2間代性痙攣 }
- 1' 10" Coma
- 3' 自発運動

即ち全例5例とも痙攣後 Coma となって、次第に回復し Leaping や Hopping は起らなかった。一方痙攣は一旦生起すると刺戟が無くての間代性痙攣から強直性痙攣になり再び間代性痙攣を起した。

ニ) 第4実験

この実験系列では痙攣が終る迄連続刺戟を用い、その後刺戟を断続した。

[A] 実験 (痙攣後5秒中断5秒刺戟)

実験動物 21号

- 0" 刺戟始め
- 13~22" 円走行
- 38" 狂走
- 43" 第1間代性痙攣
- 58" 強直性痙攣
- 1' 2" 第2間代性痙攣
- (1' 10" より断続刺戟)
- 1' 10" Coma (中断中)
- 1' 15" 前後肢同時跳躍 Leaping (刺戟中)
- 1' 20" Coma 乃至 Catalepsy 状 (中断中)
- 以下同様
- 2' 15" 刺戟中は後肢跳躍、中断中は Catalepsy 状
- 3' 15" 刺戟中は小走り、中断中の Catalepsy 状弱く

なる

- 7' 刺戟中も中断中も不動
9' 自発運動

この実験条件では第1実験 [A], 第2実験 [A] (B) (C) と同様の型を示した。

(B) 実験 (痙攣後10秒中断10秒刺戟)

実験動物 13号

- 0' 刺戟始め
9~13" 円走行
45" 狂走
50" 第1間代性痙攣
55" 強直性痙攣
1' 5" 第2間代性痙攣
(1' 25"より断続刺戟)
1' 25" Coma (中断中)
1' 35" 後肢跳躍 (刺戟中)
1' 45" Coma (中断中)
1' 55" Coma (刺戟中)
以下 Coma 状より Catalepsy 状になり序々に回復, 跳躍は起らない。
3' 20" 自発運動

この実験条件では5例中4例は上述の発作の型をとった。即ち痙攣後刺戟中に跳躍が起ったのは最初の10秒刺戟1回だけで中断後2回目に再び10秒刺戟した場合は Coma 乃至 Catalepsy の状態であって5秒断続の場合と異っている。

(C) 実験 (痙攣後20秒中断20秒刺戟)

実験動物 13号

- 0' 刺戟始め
4" 後退
10" 円走行
40" 狂走
48" 第1間代性痙攣
55" 強直性痙攣
1' 5" 第2間代性痙攣
(1' 25"より断続刺戟)
1' 25" Coma (中断中)
1' 45" Coma (刺戟中)
2' 40" 自発運動

この条件では5例中5例が上述の発作の型を示し痙攣後20秒刺戟を中断してから刺戟を再開しても実験動物は刺戟に反応せず刺戟が無効であった。

以上の実験結果で判る事は前後肢同時跳躍即ち Leaping は痙攣後でなければ起らない事, この時期に叫び声を挙げる事, 又痙攣後 Leaping や Hopping の起っている時5秒前後の時間々隔で刺戟を中断すると中断中は Catalepsy の状

態になり他動的に強制的に異常な姿勢にしても正常反射に復する反射が消失し, 刺戟を加えると再び Leaping や Hopping を起すが, この中断時間が20秒に及ぶときは刺戟しても Leaping や Hopping は起らないという点は特記すべき点であった。

IV. 考 察

以上著者は断続刺戟を用いて痙攣潜時の問題及び従来痙攣後の不活動期に昏睡又は Catatonia が起り稀には刺戟に過敏になると記載されていた事^{1) 3) 4)} に対して検討を加えた。そして痙攣直後に刺戟を中断すると必ず昏睡 Coma になり痙攣後も尙刺戟を引続き与える時は前後同時跳躍 Leaping, 後肢跳躍 Hopping から円走行, 小走り, 後退の順に発作性行動が軽減して正常状態に戻る事を認めた。又連続刺戟でなくとも痙攣後20秒以内の刺戟断続 (例えば5秒中断5秒刺戟) でも刺戟中はこれ等の発作性行動が現われ, 刺戟中断中は Catalepsy 状 (従来 Catatonia と記載されて来た状態) になった。20秒以上刺戟を中断すると刺戟を再開しても発作性行動は最早起らないが, 之は20秒を境にして中枢神経系に於ける生理学的な興奮過程の変化があった事を示すものと考えられる。

聴原発作に於ける発作性行動の生理学的基礎として現在考え得るのは, 聴覚中枢に発生した興奮過程が次第に加重して大脳皮質の運動中枢に及び, 之が更に廣く全中枢神経系に拡張して痙攣に迄発展するという事である。痙攣後の Coma は興奮過程が極大に達したと同時に発生した大脳皮質及び下位中枢機能の不応期状態又は超限制止状態 (Top inhibition) であって自己受容反射迄も消失した状態である。Catalepsy は下位中枢の興奮過程の消失状態から少し回復して興奮性が正常よりは減退しているが上位中枢よりの制止は未だ抑制されている状態である。換言すると大脳は未だ興奮性低下の状態にあるのに下位中枢が先に回復して自己受容反射によって筋緊張が高まった所の筋強直状態であり除脳強直に相当する緊張分布状態であろう。

故に実験で判った20秒という時間は制止機能回復の限界を示すと云えよう。

次に Leaping即ち前後肢同時跳躍というのは四肢伸展の姿勢で跳躍する事で Catalepsy の時に聴原刺戟による Impuls が神経傳導路を通過して伝えられ、その都度伸筋の痙攣性収縮を生起し、その結果間代性痙攣に似た行動が現われたのである。それ故第2間代性痙攣と異なる点は先ず姿勢反射(直立反射)の存在する事と間代性の頻度の少い事とである。

又断続刺戟によっても痙攣を起し得る事は実験成績に於て述べた通りである。この事は既に Galambos & Morgan⁵⁾ も一部報告し、それによると 400Cycle の音で行った実験で音と中断との比が 1:1 では 5 秒刺戟 5 秒中断より 1/2 秒刺戟 1/2 秒中断の方がより有効で、それ以内では連続刺戟と同じであった。そして刺戟し中断後の比で刺戟すると例えば 1/4 秒刺戟 3/4 秒中断では無効で刺戟と中断の比を 1:1 にした場合の方が常に有効であった。又発作迄の潜時は刺戟法の相違にも拘らず殆んど一定であったと述べている。之を著者の実験成績と比較すると、著者の実験に於ては刺戟を 5 秒一定にし、中断時間を 2.5 秒と 5 秒及び 10 秒にしたのであるが、2.5 秒中断では殆んど連続刺戟の場合に近い潜時で、5 秒中断ではそれより長い潜時で痙攣が起った。10 秒中断にすると軽い発作が誘発されたのみで痙攣に迄発展する事は困難であった。

この様に刺戟時間と中断時間とが痙攣迄の潜時と密接に関係している事は聴原発作に於ける痙攣の生起の研究上、何らかの手掛りになるのではないかと考えられる。即ち痙攣を起さぬ程度で止めた反復的興奮が加重して遂には痙攣閾を越える程度の興奮になるのであろう。従來の報告^{1) 3)} によると前もって音響刺戟を与える事は発作の誘発を抑制すると記述してあるが中断時間が短いときは反対に発作迄発展するのである。之については更に種々の刺戟条件で実験を続けたので他の機会に発表する。

又、聴原発作のみならず電撃痙攣に於てもそうであるが、一般に痙攣は一旦生起すると外か

ら引続き刺戟を追加しなくても或る期間継続する。即ち興奮の残留作用が認められる。この実験に於ても断続刺戟の場合の痙攣と連続刺戟の痙攣と同一であったのである。

V. 結 論

12kc の音刺戟による聴原発作に於て断続刺戟を用いた場合の発作の型を研究して、次の結果を得た。

1) 刺戟開始より刺戟を断続しても痙攣を誘発し得る。

2) 痙攣開始直後に刺戟を中断した場合も連続刺戟と同様に第1間代期、強直期、第2間代期の各期を有する痙攣を起した。

3) 連続刺戟の場合、痙攣直後大多数例(50例中49例)は前後肢同時跳躍(Leaping)、後肢跳躍(Hopping)から円走行、小走りを経て常態に復し、稀には直ちに Coma 状になった(50例中1例)、第2間代性痙攣後に刺戟を中断した時は全例 Coma 状になった。

4) 第2間代性痙攣後の断続刺戟では5秒刺戟で中断時間を5秒とすると刺戟中のみ発作性行動を起し、中断中は初め Coma 状次第に Catalepsy 状になった。10秒中断では Coma 状になり次の刺戟で軽い発作が 1~2 回誘発され 20 秒中断では Coma 状になって次に刺戟を再開しても発作性行動は見られなかった。

5) 以上の成績を神経生理学の立場から考察した。

摺筆するに臨み、吉井直三郎教授の御指導に感謝する。尙本研究は文部省科学研究費の一部によって行われた。

文 献

- 1) Finger, F. W. (1944) Experimental behavior disorders in the rat. In J. Mc. Hunt (Ed.); Personality and behavior disorder. New York. 413
- 2) 吉井直三郎他(昭和26年)聴原発作について 脳神経領域(第10册) 15-36
- 3) Finger, F. W. (1947) Convulsive behavior in the rat. Psych. Bulletin. 44, 201
- 4) Munn, N. L. (1950) Handbook of psychological research on the rat. Cambridge, Riverside press. 420
- 5) Galambos, R. & C. H. Morgan (1943) The production of audiogenic seizure by interrupted tones. J. Exp. Psychol. 32, 432

Summary

1. Interrupted stimulation could evoke the seizure.
2. When the continuous stimulation was changed to be interrupted in the stage of convulsive running, the convulsive running continued during the rest of stimulation, as seen during the continuous stimulation.
3. Even if the continuous stimulation was stopped soon after the beginning of convulsion, the seizure passed typically through the first clonic, tonic stage and the second clonic stage, as seen by the continuous stimulation.
4. In the case of the continuous stimulation, most of the subjects (49 rats out of 50) recovered gradually to the normal stage showing the leaping, hopping and short running behaviors after the seizure, except the other one, which fell into coma soon after the seizure. When the stimulation was stopped after the second clonic stage, all of the subjects became comatose.
5. When the interrupted stimulation, 5 seconds stimulation and 2.5 or 5 seconds rest, was given after the second clonic seizure, the subjects showed the leaping or hopping behavior only during the stimulation, and they were comatose or catatonic during the rest of the stimulation. When the rest interval was 10 seconds, the subjects became comatose and were followed by only one or two slight seizure. If the rest interval was 20 seconds, the following stimulation could not change the comatose state.

(2nd Physiol. Lab. Osaka Univ. Medical School)

運動時に於ける血液循環系変化の機序 612.146.2

Mechanism of Circulatory Changes in Muscular Exercise.

太田三郎 (Ōta-Saburō)*

I. 緒言

運動時の呼吸促進, 心搏促進の原因に関する研究は多く, これを3に大別出来る。

1) 血液の物理的・化学的性状の変化, 即ち Petersen, Gasser¹¹⁾ は筋収縮時に生じた中間代謝が直接心臓に作用し心搏促進を起すと云い, Gasser, Meek⁶⁾ は運動時に増加するアドレナリンが心筋に直接作用して心搏促進を起すと云い, Asmussen, Nielsen³⁾, Kammer, Gauer⁹⁾ は運動時には筋が低酸素状態で活動する故に, 何か不明の物質が出来て, これが頸動脈腺に働くことにより, Euler, Liljestrand⁵⁾ はこれが呼吸中枢へ直接作用して呼吸促進を起すと云う。

2) 大脳皮質運動領より延髄への興奮の蔓延によると云う人に Krogh, Lindhard¹⁰⁾, Johansen⁸⁾, Tiitso, Pehap¹²⁾ がある。

3) 運動肢からの反射が主要する原因であると云う人は Harrison, Alam, Smirk, 高木, 長谷川等である。Harrison⁷⁾ は運動時に筋, 腱等が引伸ばされたり, 縮められたりする機械的刺激により反射的に呼吸促進が惹起されると云い, Alam, Smirk^{1) 2)} は運動時の心搏促進, 血圧上昇は末梢の運動筋から反射的に惹起されるものと考え, この反射を維持するものは恐らく新陳代謝産物であろうと述べている。高木・長谷川^{13) 14) 15) 16)} は運動時の呼吸促進は CO₂ の呼吸中枢への直接作用によるものではなく, 筋収縮時に生ずる中間代謝物質が原因となり惹起される運動筋からの化学的反射によると考えている。

上述の如く運動時の呼吸促進, 心搏促進の原因に関する研究は多種多様である。しかし血圧の変化に就いての研究は少い。私は運動時に於

ける血液循環系変化と同時に呼吸に就いて研究した。

II. 実験成績

A. 受動的運動による変化

運動時の筋の伸展, 短縮による反射的の心搏, 呼吸の促進, 血圧上昇の可能性を確める爲に, 被検者を仰臥位にし, 下肢又は上肢の受動的屈伸運動時の変化を随意運動時のそれと比較してみた。運動のリズムは1~2回/秒で1~2分間行つた。心搏数は時間々隔連続描写装置¹⁹⁾, 血圧は自記血圧計^{17) 18)}, 呼吸は蛇管プノイモグラフを用い, N-6型横河製電磁オシログラフにより同時描記した。

第1図は一側下肢の随意運動時で, 運動開始と殆んど同時に心搏数増加, 呼吸促進がみられ, 心搏数は20~30/分の増加がみられるのに比し, 第2図の受動的運動では心搏数増加は25/分で血圧, 呼吸には殆んど変化がみられない。

即ち運動時の呼吸, 血液循環の促進には, 筋の他動的屈伸は大した意味を持たないと考えられる。

B. 筋が酸素缺乏状態で活動する時の変化

正常運動時では運動開始と殆んど同時に心搏, 呼吸の促進が起り, 運動中この促進が継続する運動をやめると直ちに回復過程に入り, 約4分後もとへ戻る。併し大きなマンシエットで一側下肢の大腿上部を緊縛し, 圧を加え運動肢の血流をとめて, 60回/分のリズムで1分間の屈伸運動を行かせた場合には, 運動をやめても緊縛を行っている間は促進が継続し, 緊縛を除去すると徐々にもとへ戻る。同様にして両下肢を大腿上部にて緊縛し, 血流をとめて「其の場駆歩」を行かせると第3図に示す様に, 緊縛中は運動時と同程度の促進が続き, 緊縛を除去す

* 新潟大学医学部生理学教室

ると始めて回復過程に入り、普通の運動後と同様、約4分してから正常値にもどる。即ち緊縛除去後にみられる回復過程と、普通の運動後の回復過程とは非常によく似ている。

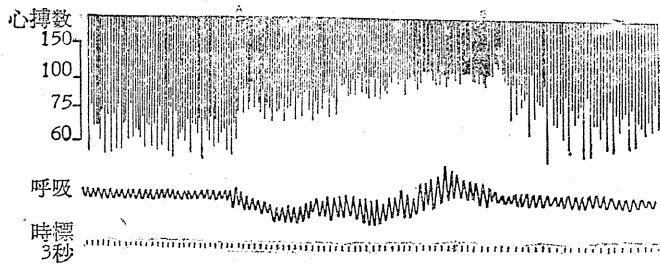
次に上膊を緊縛し、其の側の手指の運動を行わせた時の血圧の変化は第4図に示す如く、運動開始と殆んど同時に血圧上昇、脈圧の減少が認められ、運動をやめても緊縛が除かれな

い間はこの変化が継続し、緊縛を除去すると普通の運動後の様にもとへ戻り始める。

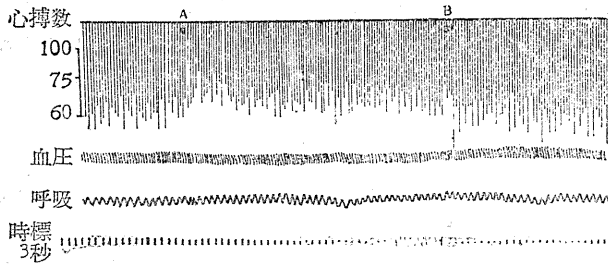
次に低酸素空気を吸入しながら一側下肢の屈伸運動を行った。低酸素空気はゴム袋に作っており、必要に応じ呼吸瓣を通し吸入させその組成はHaldane氏ガス分析器により検した。第5図から判るように、普通の運動によっては心搏数は67/分から78/分にまで増加する。8% O₂を吸入しながら運動した場合は約70/分から100/分にまで増加している。又呼吸の増大も著明であることが観察された。併し8% O₂吸入のみを行っても心搏数には殆んど影響はない。又5.4% O₂の場合は78/分から110/分まで著明な心搏増加が認められた。

以上の実験に於いては、運動肢と軀幹又は中枢とは血流を介しての連絡はない。それ故緊縛運動時の心搏促進、血圧上昇の原因として運動筋に生じたCO₂、中間代謝物質が、中枢、頸動脈絨、大動脈腺等へ直接作用したとは考えられない。緊縛を除去すると20秒前後で、下肢全体に温感を覚え、口中にCO₂吸入時と同様の臭を感じ無意識的に大きな呼吸をし、心搏数もこれと同時に促進するのは、

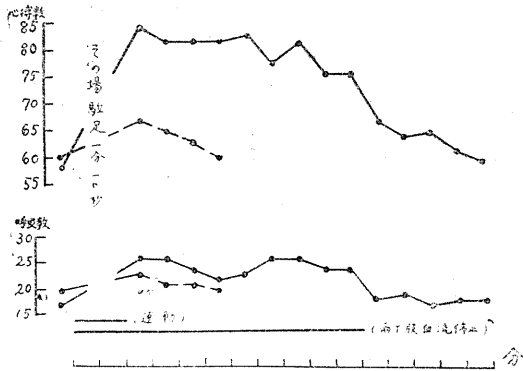
下肢に貯溜していた代謝物質が筋の血流回復と共に血中に滲出し、中枢、頸動脈絨等の方へ



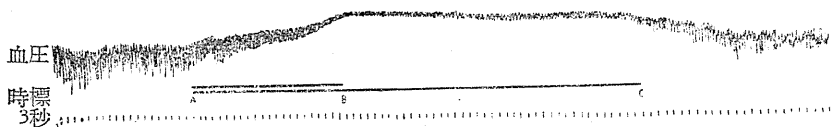
第1図 正常運動時の心搏数、呼吸の変化
上は心搏数、中は呼吸、下は時標(3秒)を示す
A B間運動、運動は右下肢屈伸運動(60回/分)



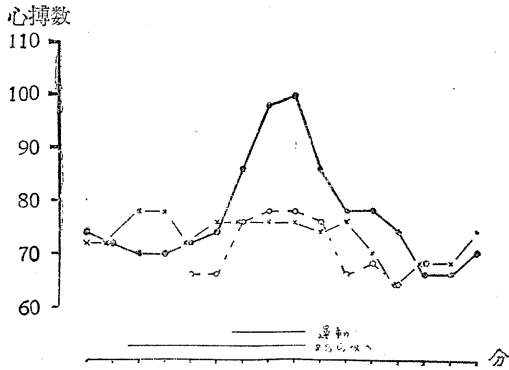
第2図 受動的運動時の心搏数、血圧、呼吸の変化
曲線は上より心搏数、血圧、呼吸、時標(3秒)を示す
A B間他動的の運動、被検者は楽な姿勢に於いて検者が右下肢を他動的に屈伸させる(60回/分)



第3図
上は心搏数、中は呼吸、下は時標(分)
●——● 血流を止めて運動した場合、- - - 正常運動時



第4図 上肢の血流をとめて手指の運動した時の血圧の変化
上は血圧、下は時標(3秒)を示す、A B間運動、A C間血流停止



第5図 低酸素空気を吸入しながら運動した時の心搏数変化

- ふつうの運動時
- 8% O₂ を吸入しながら運動した場合
- ×---× 8% O₂ 吸入のみの場合

灌流し、そこを刺激して惹起したものと考えられる。しかしこの場合の促進は一過性であり、且つ僅少である。

又運動中止後も緊縛を除去しない間は促進がみられることから、大脳皮質運動領より延髄の中枢への興奮の蔓延によるものではない。又右房内圧の増加による反射⁴⁾は緊縛中の促進とは無関係であり、原因とはなり得ない。

それ故、この運動時に於ける促進は、恐らく筋収縮時に生じた中間代謝物質による筋又は筋内血管壁からの反射であろう。血流をとめた下肢の運動時、又低酸素空気を吸入しながらの運動時の方が普通の運動時に比較して促進が著明であるのは、筋が酸素缺乏の状態で活動する故にそ

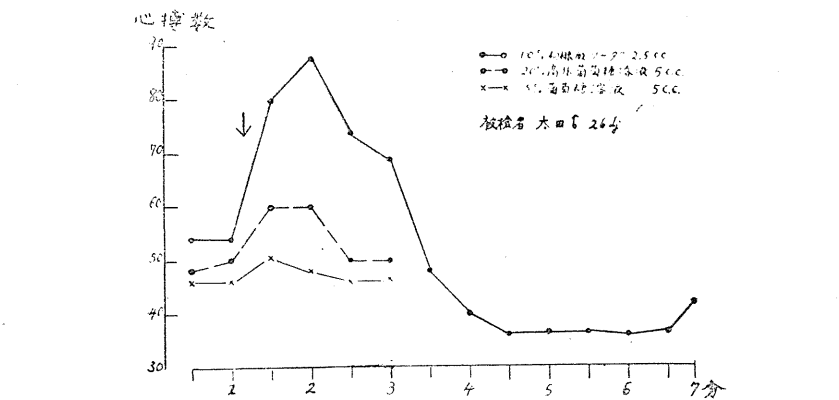
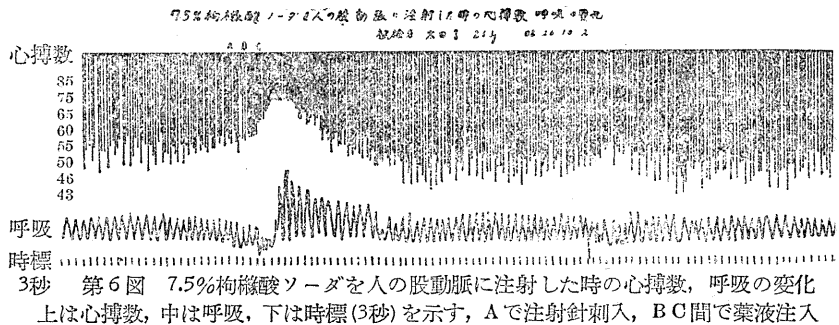
こに生成される中間代謝物の量が多い為であると思う。又運動後緊縛を除去しない間は運動時と略同様の促進が持続するのは、筋収縮時に生じた中間代謝物質が末梢にそのまま貯溜されて之が絶えず、或る種の求心性神経の末端を刺激しつづけている為であろう。

C) 2, 3 の中間代謝物質の動注による変化

筋活動時に生ずると考えられる中間代謝物質である乳酸、枸橼酸ソーダを人、猫、犬の股動脈に注射した時の心搏数、血圧、呼吸の変化を観察した。

先ず人体に於いて1%ノボカイン1ccの皮下注射によって鼠蹊部及び股動脈附近の局麻を行い、輸血用10%枸橼酸ソーダを5%葡萄糖にて種々なる濃度に稀釈し、2~5cc、一側の股動脈に注射した。

第6図は7.5%枸橼酸ソーダ5ccを人の股動脈に注射した場合である。注射には7秒を要しているが、注射開始より6秒の潜伏時の後に心搏促進始まり、更に6秒後最高となり。1分後



第7図 種々の薬液動注時の心搏数変化
 ●---● 10% 枸橼酸ソーダ 2.5cc, ○---○ 20% 高張葡萄糖 5cc, ×---× 5% 葡萄糖 5cc

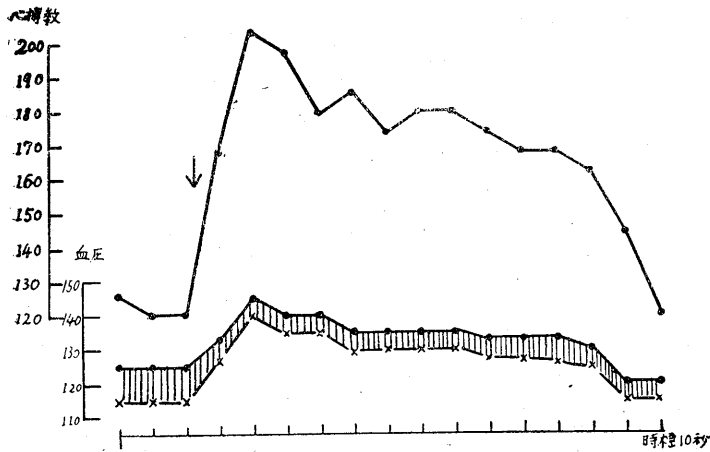
に正常値にもどっている。第7図は10%枸橼酸ソーダの場合であるが、心搏数は54/分から90/分にまで促進し、4分間に及ぶ陰性相の後に正常値に戻っている。この時の自覚的症候を簡単に述べてみよう。注射部位は局麻を行ったので、注射針の刺入による疼痛はないが、液が血管内に入ると殆んど同時に陰囊、大腿内側部等に冷水を浴せられたような冷感を覚え、ついで熱感あり、大腿諸筋が痙縮を起しているのを感じる。ついで下腿、足蹠に同様な冷感を覚え全下肢の諸筋が痙縮を起す。この痙縮と同時に

しぼられるような疼痛を感じる。心搏及び呼吸はこの痙縮と疼痛が最高に達するとき最も顕著な促進を示す様である。又この時は肢が半日位だるく、びっこひくような状態であったが、この肢のだるさは長距離を力走した後の肢の疲労に非常によく似ていることを自覚した。5%葡萄糖の動注では軽微な冷感を覚えた位であり、心搏数、呼吸には殆んど変化はなかった、又20%高張葡萄糖の注射では大腿より次第に下腿へ及ぶ熱感と枸橼酸ソーダ動注時と同程度の疼痛を覚えた。心搏数は第7図にみる如く正常値より

10/分の増加をみとめたが、枸橼酸ソーダ動注時のそれより遙かに弱い。

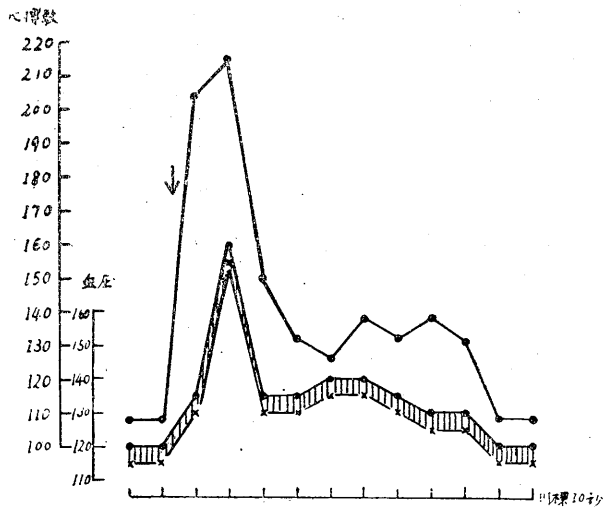
次に無麻酔か、0.5~1g/kg ウレタンの皮下注射によって軽麻酔した猫及び犬の心搏数、頸動脈圧、呼吸を同時描記し、動物実験を行った。第8図は10%枸橼ソーダ1ccを犬の股動脈に注射した時の夫等の変化であるが注射開始より7秒の潜伏時の後に、心搏数は120/分から200/分、

血圧は120mmHgから150mmHgと促進を示した。第9図は1%乳酸を動注した場合であるが、3秒の潜伏時の後に、心搏数は110/分から215/分、血圧は120mmHgから160mmHgと著明に促進した。以上の効果は下肢の皮膚を剝離除去した後も変わらない。併し同様物質の静注、Ringer液の動注では変化がない。亦犬、猫の脊髓を豫め腰椎IとIIの間で切断しておけば乳酸等の動注も全く無効である。坐骨神経、股神経を切断して乳酸等を動注しても無効である。高滲透圧の20%葡萄糖溶液、Glutamin酸ソーダ1/4飽和溶液の動注を行ってみたが殆んど効果がない。



第8図

10%枸橼酸ソーダを犬の股動脈に注射した時の心搏数、血圧の変化
上：心搏数、中：血圧、下：時標(10秒)、犬：4.5kg、無麻酔、室温15°C



第9図 1% 乳酸を犬の股動脈に注射した時の心搏数、血圧の変化
上：心搏数、中：血圧、下：時標(3秒)、同上(第8図と同じ犬)

以上の実験から筋収縮時に生ずる中間代謝物質の一種と考えられる枸橼酸ソーダ、乳酸も動注して骨格筋に作用させると、呼吸、血液循環の促進が起ることを知った。2.5% 乳酸は pH は約 1.2 で、枸橼酸ソーダは約 7.5 であり、之等は共に同様な促進効果を有する故に、單なる pH の差異による促進とは考えにくい。又動注時の疼痛による促進が考えられるので、高張葡萄糖の動注を行って見たところ、この際の疼痛と熱感は枸橼酸ソーダ動注時と同様であるにも拘らず、促進効果は枸橼酸ソーダ動注時に比し遙かに輕微であった。又 5% 葡萄糖、Ringer 液を急速に動注してみたが殆んど変化がなかつた。それ故枸橼酸ソーダ動注時の促進は動注にともなう疼痛によるものではなく、又注射による末梢血管の血圧上昇、拡張等がその原因ではなく、恐らく末梢血管又は筋に対する枸橼酸ソーダ、乳酸等の特殊作用によるものであり、その求心性線維は坐骨神経、脊髓を通り上行するものと考えられる。

又、動注開始より促進が起る迄の潜伏時は第 1 表にみる様に、乳酸では 1~3 秒、枸橼酸ソーダでは 7~12 秒である。又両者による促進の状態を第 8, 9 図により比較してみると、乳酸の場合は強力であるが一時的で、枸橼酸ソーダの作用は持続的である。即ち、枸橼酸ソーダの如きものは何か外の化学物質に変化してから作用する爲に、促進がみられるまでに長時間を要し、乳酸の場合に

第 1 表

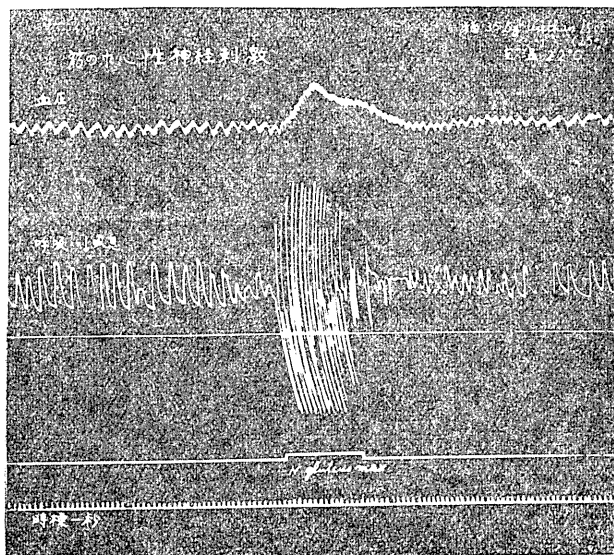
実験日	実験動物	動脈注射開始より促進の起るまでの時間 (秒)	
		10% 枸橼酸ソーダ	2.5% 乳酸
12/X	猫	7.5	1.0
16/X	猫	8.5	1.0
10/XI	犬	12.5	2.0
24/XI	犬	11.0	3.0
28/XI	猫	9.0	1.0

比し徐々に作用している爲に促進も長く続くものと考えられる。又乳酸はそのまゝに近い形で

直ぐに作用するから、促進が起るまでの時間も短いし、注射されたものがそのままに近い形で一時に作用する爲に、その効果は強力であり、作用時間もみじかいから促進の時間も短いものと考えられる。

D. 筋の求心性神経を電氣的に刺激した時の変化

猫の呼吸、頸動脈圧をキモグラフィオン上に描記しつゝ当教室で常時使用している定電圧放電管による蓄電器の週期的放電々流、或は Zimmermann 型刺激電流選択器による週期的直角電流を用いて M. gluteus. max 及び min. からの坐骨神経枝を刺激した。実験終了後神経の行方を追求し、確實にこれ等の筋に分布することを毎常確めた。第 10 図は M. gluteus max. からの坐骨神経枝を切断し、その中枢端を蓄電器

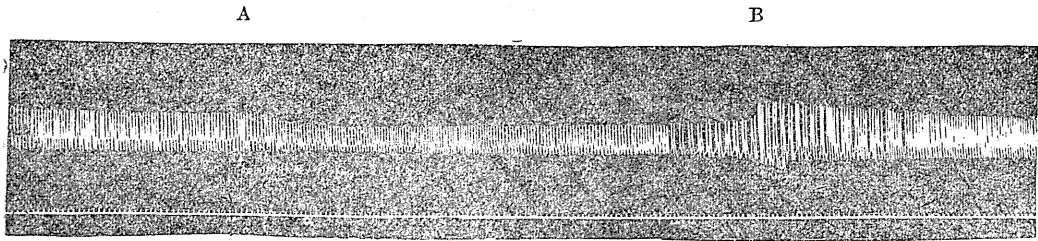


第 10 図 筋の求心性神経を電氣的に刺激した時の変化
上より血圧、呼吸、血圧零線、シグナル、時標 (1 秒) を示す

の放電々流 (頻度 30/秒) で刺激した場合である。心搏数は 198/分から 228/分、血圧は 140mmHg から 166mmHg と促進し、呼吸も著明に増大した。刺激の強さを弱くし頻度を少くすれば促進効果も少い。即ち筋からの求心性神経を電氣的に刺激しても乳酸等の動注時と同様な促進があることを知りうる。

E. 心臓に対する乳酸枸橼酸ソーダの作用

剔出墓心を八木式灌流法により Ringer 液に



第11図 心臓に対する枸橼酸ソーダの作用(曇心)

上は心搏曲線, 下は時標(3秒), A B間枸橼酸ソーダー Ringer 液にて灌流

て灌流し, 灌流液中に適當の濃度の乳酸, 枸橼酸ソーダ液 0.1cc を注加した. 第11図は 0.05% 枸橼酸ソーダ・Ringer液で灌流した場合であるが, 灌流開始より数秒の潜伏時の後に收縮高の減少始り, 約1分後には減少した状態で收縮高は一定する. 心搏数は減少の傾向を示している. 灌流液を Ringer 液に代えると收縮高は著明に増加し, 心搏数も徐々に増加し約2分位して元へ戻る. 更に高濃度の液では收縮高の減少は著明であり, 心室は拡張した状態で停止するのがみられる. 又乳酸でも同様の効果が得られた.

即ち乳酸, 枸橼酸ソーダは心筋に対してはその收縮を弱め, 搏動数を減らす様に作用する. 実際筋活動時に生ずる中間代謝物質は心筋に対しては有害であるので, これ等代謝産物が沢山出来るのを防ぐ爲に運動と同時に筋内血管の拡張, 心搏数増加, 血圧上昇, 呼吸促進により筋への血流を増加し, 充分の酸素が筋に与えられる様にし, 有害な代謝産物が沢山出来ることを事前に防いでいるものと思う.

Ⅲ. 総括竝に考按

Petersen, Gasser¹¹⁾は中間代謝物質が, Gasser, Meek⁶⁾はアドレナリンが直接心筋に働き心搏促進が起ると考え, Asmussen, Nielsen³⁾, Kammer, Gauer⁹⁾は何か未知の物質又は中間代謝物質が頸動脈叢, 大動脈腺に作用し, Euler⁵⁾は呼吸中枢に直接作用し, 呼吸促進が起ると云っている. 併し筋收縮時に生じた中間代謝物質が心臓, 頸動脈叢, 中枢へ作用するまでには少くとも十数秒以上の時間を要するのであるから, これによっては運動開始と殆んど同時に起る促

進を説明しえない. 私は受動的運動では殆んど促進が起らないことを知り, Harrison⁷⁾の述べる如き筋の伸展により促進が起ったとしても, これだけでは充分でないことを確めた. Harrison は 300回/分の受動的屈伸運動で呼吸促進がみとめられたと云っているが, 1分間に 300回という過激な運動では, これが受動的運動であっても, この運動に反抗する反射性收縮が起っているかも知れない. 彼自身経験したと云う受動的運動後に 2, 3分間呼吸促進が継続すると云う事実は, 筋の伸展により生ずる衝撃による反射では説明しえない. 運動肢の血流をとめて運動させると, 普通の運動時より遙かに著明の促進がみとめられ, たゞ運動をやめても血流をとめている間は運動時同様な促進が継続する. 又筋收縮時に生ずる中間代謝物の一種である乳酸, 枸橼酸ソーダの動注によって心搏, 呼吸の促進, 血圧上昇が起ることを知った. 且つこの促進は pH, 滲透圧等によるものではなくこれ等物質の筋に対する特殊作用によるものであることを確めた.

以上のことから, 運動時の促進は筋收縮時に生ずる中間代謝物質が筋又は筋内血管に存在すると思われる化学受容器に作用し, 反射的に惹起されるものと考えざるを得ない.

運動用意の掛声だけで促進が起ると云う事実は Krogh, Lindhard¹⁰⁾, Tiitso¹²⁾の云う如く, 大脳運動領からの興奮の蔓延が考えられるが, 運動を始めると直ぐに中間代謝物質を生ずる故運動筋からの化学的反射も考えられねばなるまい.

運動を始めると運動筋の血管は中間代謝物の

作用によって拡張されると云う。これは筋の流血量を増すので筋の活動には有利であるが全身血管系の血圧は低下する。併し生じた中間代謝物質が筋内又は筋内血管壁に存在すると思われる化学受容器を刺激し、反射的に心搏促進、血圧上昇を起させるので、その血圧低下を防止出来、局所の血流を増し筋に多量の血液を供給出来る。これは実に巧みな調節であると云える。又運動中止後も尙筋内血管は拡張しているので血流路の抵抗は減少しているわけであるが、代謝物質が筋内に蓄積して、求心性衝撃を出し、促進を継続させ、血圧が低下し、陰性相があらわれるのを防ぐべく、酸素負債を補うべく働いていると考えられる。又軽い運動では促進が軽度であるのは、生ずる中間代謝物質の量が少く、従って刺激される化学受容器の数も少いことによるものであろう。これに対し過激な運動では酸素の消費が甚しく、筋が酸素缺乏の状態に活動することとなり、生ずる中間代謝物質の量も異常に多いため、促進も著明となるのであろう。

又 Training をつんだ人では促進が軽度であるが、Trainingをつまない人、心臓瓣膜症の患者では同じ運動でも促進が著明であるのは、筋への酸素の供給が不足で、筋が酸素缺乏の状態に活動する為、生ずる中間代謝物質の量が多い為であらう。

IV. 結 論

運動中及び運動後の心搏数、血圧、呼吸の変化を夫々時間々隔連続描写装置、自記血圧計、蛇管ブノイモグラフに描記し、運動時に於ける血液循環系変化の原因を探究して、次の結論を得た。

運動時に於ける心搏、呼吸の促進、血圧上昇は運動筋に生じた中間代謝物質、例えば乳酸、枸橼酸ソーダが筋又は筋内血管壁に存在する一種の化学受容器に作用して反射的に惹起されるものである。即ち中間代謝物質の呼吸中枢、心臓血管中枢への直接作用、頸動脈球、大動脈体への作用、大脳皮質運動領から下位脳への興奮

の蔓延、筋の伸展、右房内圧の増加等も原因として勿論考えられるが、これらは甚だ微弱である。

結局、幹部動脈に於ける頸動脈球、大動脈体の外に、末梢に於ても同様の化学受容器が筋又は筋内血管壁に存在して、運動時の血流呼吸の調節の主役を演じていると考えられる。

文 献

- 1) Alam, M., F. H. Smirk (1937) Observations in man upon a blood pressure raising reflex arising from the voluntary muscles. *J. Physiol.* 89, 372-383
- 2) Alam, M., F. H. Smirk (1938) Observations in man on a pulse-accelerating reflex from the voluntary muscles of the legs. *J. Physiol.* 92, 167-177
- 3) Asmussen, E., M. Nielsen (1946) Study on the regulation of respiration in heavy work. *Acta Physiol. Scand.* 12 (2/3), 171-188
- 4) Bainbridge, F. A. (1915) The influence of venous filling upon the rate of heart. *Am. J. Physiol.* 50, 65-84
- 5) Euler, U. S., G. Liljéstrand (1946) Regulation of respiration during muscular work. *Acta Physiol. Scand.* 12 (2/3), 268-278
- 6) Gasser, H. S., W. J. Meek (1914) A study of mechanisms by which muscular exercise produces acceleration of heart. *Am. J. Physiol.* 34, 48-71
- 7) Harrison, W. G., J. A. Calhoun, T. R. Harrison (1932) Afferent impulses as a cause of increased ventilation during muscular exercise. *Am. J. Physiol.* 100, 68-73
- 8) Johansen, J. E. (1894) Über die Einwirkung der Muskelthätigkeit auf die Athmung und die Herzthätigkeit. *Acta Physiol. Scand.* 16, 20
- 9) Kammer, K., O. Gauer (1946) Zur Frage der Entstehung eines Athmungserregendes Stoffes während der Muskelarbeit. *Klin. Wschr.* 20, 307-310
- 10) Krogh, A., J. Lindhard (1913) The regulation of respiration and circulation during initial stages of muscular work. *J. Physiol.* 47, 112-136
- 11) Petersen, M. S., H. S. Gasser (1914) The effect of chemical products of muscular activity on the frequency and force of the heart-beat. *Am. J. Physiol.* 33, 301-312
- 12) Tiihonen, M., A. Pehaps (1937) Über den Einfluss der Körperarbeit auf die Pulsfrequenz. *Arbeitsphysiol.* 9, 51-61
- 13) 長谷川 弘 (1947) 運動時の呼吸促進について (第1編) *日本生理誌* 10, 206-215
- 14) 長谷川 弘 (1947) 運動時の呼吸促進について (第2編) *日本生理誌* 10, 216-223

- 15) 高木健太郎・長谷川 弘 (1950) 運動時の呼吸促進について (第3編) 日本生理誌 12, 243-251
 16) 高木健太郎・長谷川 弘 (1951) 運動時の呼吸促進について (第4編) 日本生理誌 13, 381-384
 17) 長谷川友也 (1947) 人体に於ける血圧の連続描写法
 医学と生物学 12, 45-47
 18) 長谷川 漢 (1951) 新潟医学会第57回例会にて発表
 19) 高木健太郎・石井公正 (1947) 時間×隔連続描写装置 医学と生物学 10, 38-40

Summary

Acceleration of the pulse rates and increasing of the blood pressures in exercise are chiefly elicited reflexly from the stimulation of chemoreceptors by the metabolites in acting muscles. This conclusion is supported by the following results.

1) If the blood circulation of one leg is shut out from the systemic circulation by binding at femur, the voluntary movement of this leg evokes remarkably the circulatory augmentation.

2) When a small amount of 5-10% sodium citrate or 1% lactic acid, some kinds of metabolites produced during muscular activity, is introduced into A. femoralis of cat, dog and man occurs a extreme circulatory augmentation, but the injection into V. femoralis of the same substances or the artery injection of Ringer-and glucose-solution results in no increasing of circulation.

3) These metabolites give the depressing effects directly upon the heart of the toad.

4) The electrical stimulation of the afferent nerve of the muscles provokes augmentation of the pulse rate and increasing of the blood pressure.

(Department of Physiology, Faculty of Medicine, Niigata University, Niigata)

体育運動のエネルギー代謝に関する基礎的研究 612.766.1

(第4報) エネルギー代謝より見た諸種のスポーツの強度比較

Fundermental Studies on Energy Metabolism in Physical Exercise of Sports.
Report IV. General Aspects of Energy Requirement of Sports and
the Limits of Recreation Sports.

山 岡 誠 一 (Yamaoka-Seiichi)*

I. 緒 論

各種の体育運動の強度を考察し、これより選手の体格、体力に応じた適切な指導をなすことは、学徒及びスポーツマンの健康管理上重要な問題であって、スポーツ医学上その解決が要望されている。併し従來のスポーツの強度の比較は殆んど主観的な判断によって行われ、客観的な資料によった例は Deutsch u. Kauf¹⁾ による心臓肥大度や、Worigen²⁾ の肺活量測定等の報告あるに過ぎず、しかもこれらは未だ学校体育やスポーツ管理に貢献される域にまで達していない。又 Herbert³⁾ や Knoll⁴⁾、石井⁵⁾ 等は諸家の測定になるスポーツ時の需要熱量の成績を集めて、スポーツの強度比較を試みている。しかし従來の諸家の測定成績はスポーツ試合時のものでなく、又その種類は第1報⁶⁾ に論じた様に單に歩、走、スキー、水泳等の單純なスポーツ種目に限定されているために、スポーツ全般に亘っての強度を需要熱量から比較することは出来ない。著者は前報⁶⁾⁷⁾⁸⁾ において従來測定を困難視された複雑なスポーツ練習時や、スポーツ試合時の需要熱量の算定方法を吟味し、これが算定に成功した。本報においてはこの算定の結果から色々のスポーツについてその強度を比較すると共に、これより選手の健康管理上に必要な知見を抽出して見たい。

II. 測定結果及び考察

著者等は先に野球、蹴球、ラケット等の全国高校選手権大会に際し、試合間の各選手の動き

*京都府立医科大学生理学教室 (主任吉村寿人教授)

について Time study を行い、それぞれの基本動作の所用時間や動作回数の集計と、又別にこれらの基本動作について実測した需要熱量をもとにして、それぞれの動作の力学的な性質に応じた強度指標の適用法を吟味し、試合間のエネルギー需要量を推算して報告⁹⁾¹⁰⁾¹²⁾ する処があった。今これらの試合時のエネルギー代謝の測定結果並びに個人スポーツとしてランニング、競泳、登山、体操等について測定した値を一括して示すと第1表の如くである。表のランニングの成績中100m及び10000mは Klatschkow等¹³⁾ の測定成績であり、マラソンは Knoll⁴⁾ の報告になるのである。

表の第2列に示したエネルギー需要量は、それぞれのスポーツ種目によって異った体格の選手がスポーツ時に費やした値であるから、エネルギー需要量そのまゝの値では運動強度を直接に比較することは出来ない。そこで選手の体格の大小による差異をなくした強度指標を求める必要が生じる。この場合の強度指標としては、スポーツ個々の基礎動作については第1、2報⁶⁾⁷⁾ に述べた様に、その動作の運動形式によって用うべき指標を異にするのが良いのであるが、一連のスポーツ運動時には通常種々の形式の運動が包括されているのであるから、第3報⁸⁾ に論じた様にスポーツ全体を通じての R.M.R. を用いて比較することが可能である。そこで上記の各種のスポーツ時のエネルギー需要量を、これらのスポーツ (試合時) を通じて消費される基礎代謝量 (基礎代謝量×運動時間) で除して、全スポーツ時を通じての R.M.R. を計算 (表の第4列) すると、單位時間に対するスポーツの強

第1表 エネルギー代謝より見たスポーツの強度比較

スポーツ種目	需要熱量	試合時間		R.M.R.		労作量指数		備	考
野球 投手	kcal 367	138'	100*	2.65	100*	366	100*	昭23.4.5年度 全国高校野球	
	769	138'	100	5.56	210	768	210		
蹴球	488	75'	54	6.37	240	478	131	昭25.6年度 全国高校蹴球	
ラクビー	638	55'	40	11.12	419	612	167	昭26年度 全国高校ラクビー	
比叡登山	450	90'	65	4.80	181	431	118	八瀬→四明嶽間 京都学大生	
ランニング	10000m	54	13"	—	208.	7849	45	Klatschkowの値	
	10000m	753	41'	37	16.7	630	685		
マラソン	3050	(180')	130	15.6	589	2808	766	Knollの値	
競泳	100m自由型	45	1'02"	1	41.4	1600	43	昭26年度 西日本高校水泳	
	1500m自由型	380	20'	14	18.4	694	368		
体操	ラジオ体操	13	2'40"	2	5.00	113	13	京都学大 体操部員	
	蹴上り(5回)	10	23"	—	25.62	967	10		
	水平閉脚跳	7	7"	—	60.63	2288	7		

備考 1. *印は野球のチーム平均の値を100とした場合の比率である

2. ランニングは試合時間で示した様に全力疾走の場合の測定値でない

度をうかがう事が出来る。即ち野球の R.M.R. 2.7 は通常の歩行程度であり、蹴球の 6.5 は駈走に相当し、ラクビーの 11.1 は試合時間55分の間に 11000~12000m のランニングを行った程度の強さに相当する。栄養審議会案の R.M.R. による労作分類¹⁴⁾に従えば、野球のチーム平均は強労作 (R.M.R. 2.0~4.0) であるが、野球の投手や蹴球選手は重労作 (4.0~7.0) であり、ランニングや競泳或はラクビー等は激労作 (7以上) に相当する。R.M.R. の最高は短距離疾走で 200 にも達し野球のチーム平均の値の約80倍になっている。

以上述べた強度指標としての R.M.R. は単位時間当りの強度であるが、これらのスポーツはそれぞれ持続時間 (表の第3列) が異なるので、R.M.R. に試合時間を乗じた白井¹⁵⁾の労作量指数 (表の第5列) を求めることによって、スポーツ運動を通じての総運動量或は労作量を比較することが出来る。各種スポーツの労作量を相互に比較するために労作量指数の比率を求めると、表の右側に示した如くである。即ち野球試合のチーム平均値を 1.0 とすると蹴球は 1.3 倍、ラクビーは 1.7 倍であり、又野球の投手は野球のチーム平均の 2.1 倍に相当し、10000m 競走 (1.9倍) よりも労作量の高い運動になる。最も労作量の大きいスポーツはマラソン競走であって、これは 2 時間半乃至 3 時間に亘って全勢力

を発揮するスポーツであり、その労作量指数の 2800 は野球の約 8 倍の量に相当する。

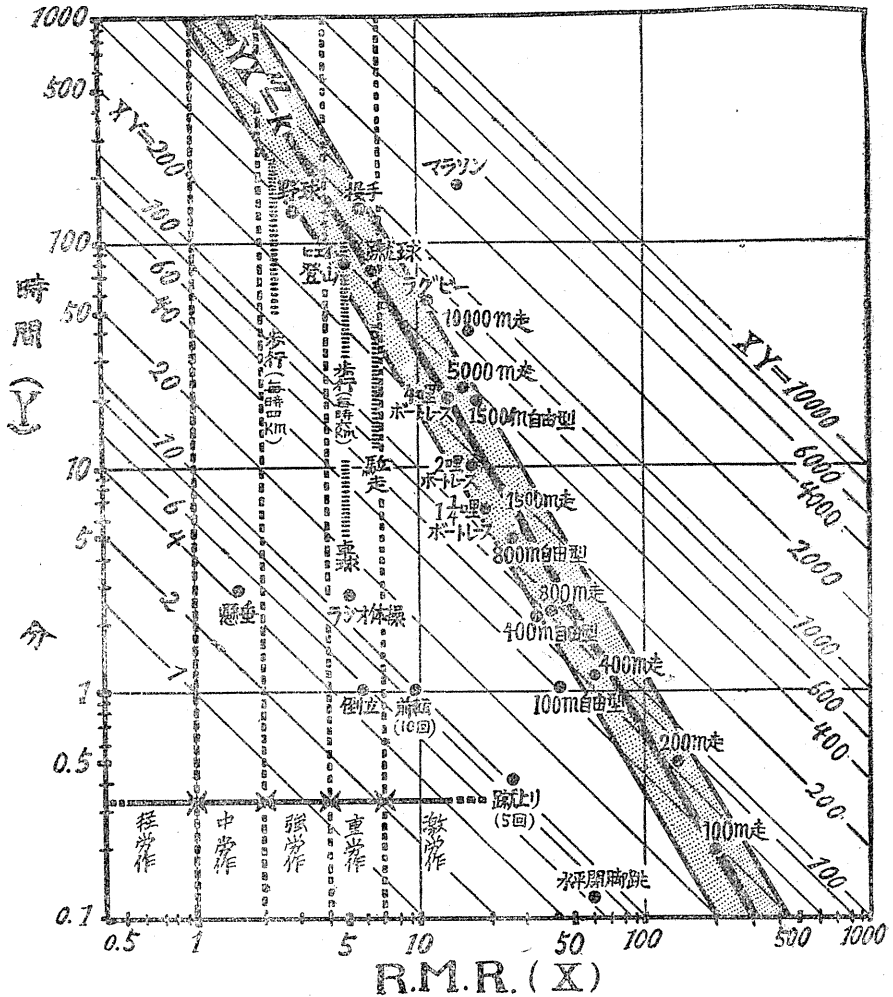
かようにして各種スポーツのエネルギー代謝の測定成績から R.M.R. や労作量指数を求めることによって、異種目のスポーツについてもその強度や労作量を客観的に判定することが出来る。又この客観的な強度指標から試合の運営やスポーツ選手健康管理上留意すべき諸点を究めることが出来る。即ち野球はそのチーム平均値よりすれば大して強いスポーツではなく 1 日 2 試合を行うことも可能であるが、投手はその R.M.R. では重労作であり、しかも試合時間が長いので労作量指数は 700 を越える過激なスポーツとなっている。投手の労作量はこの様に高いのであるから、夏の高校野球の様な連日の試合の際には充分その管理に注意しなければならない。高校ラクビーも労作量指数 (612) から見ると現行の試合時間 55 分 (25~5~25) が最大限であろう。短距離競走は一試合だけでは労作量が少ないが、普通短距離選手は 1 日数回出場するからその運動量は相当大きくなる。

以上述べたこれらのスポーツについての強度指標或は労作量の順列は、従来主観的に判断していたスポーツの強さと大体一致しているのであるが、従来非常に過激なスポーツであると考えられていた競泳が、競技時間のほぼ等しいランニングに比較すると需要熱量が少なく、従っ

てR.M.R. や労作量指数の低い(第1図参照)ことは一寸意外である。たとえば1500m自由形の労作量指数(368)は野球のチーム平均値(366)に相当する程度の労作量に過ぎないのである。このことは水泳競技に際しては普通体力の主要因子とされる筋力やその持久力の外に何等かの他の生理機能(例えば循環、呼吸機能)の鍛錬を要することを示唆している。

次に第1表によって以上挙げたスポーツについて、そのスポーツの試合時間

や選手の体力とスポーツ強度並びに労作指数等の関係を考察するに、先ず試合時間について言えば、一般的にR.M.R.の小さい種目程試合時間が長くなり、両者は反比例的の関係におかれている。これは人体の耐え得る労作量には限度があるので当然のことであるが、しかし中にはマラソンの様にR.M.R.もスポーツの持続時間も大きく、労作量指数の特に大なるものもありこれらは普通の体力のものには耐えられないのであって特別な体力と練習を要するものである。即ちこの様にR.M.R.や労作量指数とスポーツ時間を比較することによって、そのスポーツが一般人のRecreationに適したものか、或は特



第1図 スポーツのR.M.R.と持続時間の関係

別な鍛錬を要するAthletic sportsであるかの区別が或る程度判定せられる訳である。そこで更にこの間の消息を詳しく観察するために第1図の如く労作強度(R.M.R.)と試合時間を直交する坐標(図では両軸とも対数方眼に求めた)にとって、各スポーツについて該当する点を求めて見た。図の斜線は両者を乗じて求められる労作量指数を表わしている。又図の縦の点線は栄養審議会案の労作強度¹⁴⁾の区分を示すものである。尚図には第1表に掲げた測定値の他に古沢¹⁶⁾の報告になるR.M.R.や、Klatschkow¹²⁾のランニング、Henderson¹⁷⁾のボート選手等についてのエネルギー代謝の測定成績から算出した

R.M.R.を記入した。このボート選手はOlympicに出場した選手についての測定であって最強度に努力した場合の例であり、ランニングはその時間で示されている様に普通の鍛錬者にも可能なスピードにおける成績である。

図によってこれらを一覽すると、先のマラソンや競泳の如き特殊の運動機能を要するスポーツや陸上競技、球技、ボートレース等の各種スポーツの点は大体として1つの幅のある直線様な帯の中に入っている。図は対数方眼で示してあるから、これを普通の図に直せば指数曲線になる。今仮りにその中心部に1本の線を引き、最小自乗法によって線の方程式を求めると、 $YX^n = k$ (但しXはR.M.R., Yは持続時間(分単位)であって、この場合には $n=1.7k$ は恒数で1630である)となる。即ち、この線は労作量指数(XY)の直線($n=1$)とその方向は同じであるが傾斜を異にして $n>1$ となり、R.M.R.(X)の高い範囲においては労作量指数は比較的小さい(例えば $X=200$ に対し、 $XY=40$)。又R.M.R.の低い範囲においては指数が大きくなっている($X=5$ に対し、 $XY=600$)。即ち、試合時間は單にとR.M.R.と簡單に反比例関係におかれているのではなく、又單なる労作量指数のみに関係するのでもない。その理由について考えるに、R.M.R.の低いスポーツ(球技、登山等)においては運動中に諸種の生理機能に一定の定常状態が成立し、従って筋疲労等により運動の持続が制限されない限り相当長時間の運動に耐えることが出来、労作量指数も非常に大きくなって来る。これに対しR.M.R.の極めて大きいスポーツ(中、短距離走)においては、定常状態が成立せずしてその人の最大酸素負債に達するまでに全勢力を發揮して動作している。従ってそのスポーツの持続時間を制約するものは、強い筋作業に対する持久力の外に最大酸素負債量や、循環、呼吸機能の容量等が大きな影響をもつことになり、ためにスポーツ継続時間が強く短縮されるのである。ボートレースや長距離競走ではこの両極端例の移行型を呈し、ためにこれらスポーツ全体を通じて一

連の関係式が成立することとなる。而して短距離競泳の場合には別報の如くこの運動時間制約の条件として呼吸の制限が余りに強くひきいて来るために、上記の一連の関係式より外れて持続時間が短縮するし、又マラソンは一般に信じられている様に長距離選手の体力では不可能であり、鍛錬によってその持久力が普通のスポーツマンより以上に強くなった場合に始めて可能となり、一般則より特に大きい労作量指数を示している。

以上によって一般にスポーツ競技においてはR.M.R.と持続時間には一連の関係が成立することが明らかとなった。つぎにこの成績よりRecreation sportsとAthletic sportsの限界について論じて見よう。Recreation sportsとは一般人が容易になし得て、しかも強く疲労を感じないものを言うのであるから、如何なるスポーツ種目であっても多くはその強度が弱く、且つ持続時間が短かければRecreation sportsとなり得る。而して図に掲げた試合時間とスポーツ強度の関係は何れもスポーツ選手について求めたものであるから、上記の直線(帯)はAthletic sportsの存在範囲を示したものである。即ち見方によってはRecreation sportsの限界を示したものとと言える。而してスポーツ種目によってはたとえスポーツ選手が行った場合でも、この限界量に達するだけの労作量や労作強度を出し得ないものがある。例えば図示の卓球(Bromberg¹⁸)の成績より算定) 体操、散歩等がこれである。かゝるものはその種目自体がRecreation sportsとして適したことを意味する。又反対にスポーツ種目によっては一般人には到底不可能な力量と強度を要するもの(例えばマラソン)もあるであろう。これらはそのスポーツ種目自体がAthletic sportsとすべきものである。

以上は要するにスポーツのエネルギー代謝の観点から、スポーツの中にはスポーツ種目自体によってRecreation sportsとして適当なものと、Athletic sportsとして適したものゝある事を述べたが、この外競技の強度や持続時間によってRecreation sportsともなりAthletic sports

ともなり得るものが存し、これら3者を通じて Recreation sports はスポーツの強度、時間図の一定範囲内に一括して表わすことが出来そうである。而してこの範囲を画するものは上掲の Athletic sports の存在範囲の下限線になる訳であるが、しかしこの線はその個人の体力により異なることであり、又こゝに求めたスポーツ種目も総てのスポーツを網羅するものではないから、その詳しいことは将来の研究によって定めるのが至当であろう。たゞこゝにはその人の体力と R.M.R. や労作量指数を総合することにより、Athletic sports と Recreation sports の区別を判定する可能性のあることを強調するに留めたい。

Ⅲ. 総 括

1. 従来著者等の測定した高校野球、蹴球、ラグビー、水泳等の試合時の R.M.R. や労作量指数から、これらを相互に比較することによって各種スポーツの強度を比較検討した。その結果それぞれのスポーツの強度や労作量は、従来主観的に判断されていたスポーツの強さと大体一致しているが、中には野球の投手の如き非常に重労働に属するものがあったり、短距離競泳の如き豫想より労作量が少ないものがあり、主観的な判断と異った強度を示すスポーツも見出した。

2. 以上の諸種のスポーツの外に従来文献においてエネルギー代謝量の測定が行われている若干のものを加えて、一般に Athletic sports と言われるものについて、スポーツマンが示す R.M.R. とスポーツ持続時間の関係を求めて見た。その結果両者は大体として双曲線に近い指数曲線の関係を示し、スポーツ強度 (R.M.R.) の高いもの程持続時間が短くなっている。但し短距離競泳はこの曲線より外れて持続時間が特に短かく、マラソンはより以上に時間が長く

一般則に合致しない。

3. スポーツ持続時間と強度との間にこのような規則正しい関係の生ずる理由は、スポーツの継続時間の限界を規定する要因として筋の持久力乃至筋疲労の外に、循環と呼吸機能等の諸種の生理機能の生理的限界がその制約因子として加わるためであると説明した。

4. 以上の関係を総括してスポーツ時のエネルギー代謝の観点より、Recreation sports と Athletic sports の特質を論じ、Recreation のための sports 強度と持続時間には一定の限界があること、この限界はその人の体力と R.M.R. 及び労作量指数の関係を総合することにより判断し得ることを明らかにした。

本研究の一部は、文部省科学研究費によって行った。尚研究に際して終始御懇篤な御指導、御校閲を賜わった京都府立医大生理学教室吉村寿人教授に、厚く感謝いたします。

文 献

- 1) Deutsch, F. u. E. Kauf (1924) Herts u. Sport (Berlin)
- 2) 白石謙作・吉川春寿・熊沢清志 (1950) 体育医学より引用
- 3) Atzler, E. (1927) Körper u. Arbeit p. 716 (Leipzig)
- 4) 勝沼清藏・朝比奈一男 (1948) 疲労より引用
- 5) 勝木新次・石井勇二 (1948) 体育 創元社刊
- 6) 山岡誠一 (1952) 日本生理誌 14, 327
- 7) 山岡誠一 (1952) 日本生理誌 14, 395
- 8) 山岡誠一 (1953) 日本生理誌 14, 533
- 9) 山岡誠一 (1952) 体力科学 2, (No.3 に掲載予定)
- 10) 山岡誠一・他9名 (1951) 体育学研究 No.2 174
- 11) 山岡誠一・他7名 (1952) 体育学研究 No.3 220
- 12) 山岡誠一 (1952) 第29回日本生理学会総会口演(札幌) 日本生理誌 14, 186
- 13) Klatschkow, L. A. u. E. S. Wassiljewa (1934) Arbeit physiol. 7, 62
- 14) 柳 金太郎 (1949) 栄養と食糧 2, 131
- 15) 白井伊一郎 (1950) 体力科学 No.2 12
- 16) 古沢一夫 (1949) 兵庫医大紀要 1, 1
- 17) Henderson, Y. and H. W. Haggard (1928) Am. J. Physiol, 72, 264
- 18) Bromberg, H., G. Johansson, A. Katajavuori, u. J. Kijamen (1926) Skand. Arch. Physiol. 48, 231

Summary

- 1) Summarizing the results of his all studies on energy requirement of sports (1 st to 3 rd reports), and similar data reported in literatures, the author plotted the mean value of

R.M.R. of each sport on the diagram of logarithms of R.M.R. and duration time of the sports game. It was found that the duration time (Y) came to be shorter as the R.M.R. (X) increased, and most data were located in a straight band of which the inclination was more sharp than the line of hyperbola ($XY=\text{constant}$).

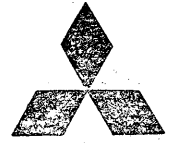
2) As to the reason of the existence of this straight line in logarithmic diagram (i. e. exponential line with net value), the author explained as follows: The duration time of sports game is determined not only by the intensity of muscular fatigue, but also by the grade of exhaustion of circulatory and respiratory function of sportsman. Thus, when the intensity of muscular exercises increases, the duration time is limited considerably by the exhaustion of circulatory and respiratory function, while it prolongs in sports of light intensity as the steady state of circulatory and respiratory function may exist.

3) The duration time of swimming race of 100m or so, was found to be considerably shorter than the general rule and the fact was explained by the forced limitation of respiratory function in swimming. On the other hand, the duration of marathon race was extraordinarily prolonged, which was probably due to special physical fitness of marathon runners.

4) The necessary characters of recreation sports were discussed and it was maintained that their intensity and duration must be smaller than the limit showed by the straight band in the logarithmic diagram of R.M.R. and duration mentioned above.

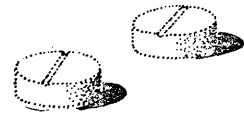
(Institute of Physiology, Kyoto Prefectural Medical College)

三菱化成の



良薬 医

- ★ ペニシリン
- ★ パタリドン
- ★ フタリジン
- ★ スルフアチアゾール
- ★ サルフアダイヤジン
- ★ プレゾン



本社 東京都中央区銀座西6の6 工場 八幡市黒崎





局方製品

パンクレアチン
 含糖ペプシン
 アナカ
 タンナルビン
 次硝酸ビスマス
 次炭酸ビスマス
 次没食子酸ビスマス
 スルフアミン
 アセトスルフアミン
 サルチル酸ナトリウム
 ヘキサミン
 薬用石炭末
 カリ石炭

東京都中央区日本橋室町4の5

製造發賣元 ミクニ化学産業株式会社

昭和二十八年一月二十日印刷

諸種神経炎・リウマチス・難聴に

100mg

50mg

高單位ビタミンB₁時代

- V.B₁の神経賦活作用……
 V.B₁が神経系のはたらきに特殊な役割をもっていることは、B₁の必要量が1~1.5mgであるのに、5mg→10mgと漸次高單位に移り、臨床上也高單位を使用する方が自覚的にも他覚的にも効果的だと証明されている。欧米では普通患者の治療量が50mgで神経炎、重症脚氣、ネフローゼには1cc 100mgが理想とされている。
- 1cc中に100mg含有……
 1cc中50mg含有は国際的常識であるが、ネオパラストリンは1cc中50mg・100mgを含有し純度が高く安定である。

Q.C.P.(品質管理製品)のV.B₁結晶から調整された……



ネオパラストリン

50mg 1cc×10A
 100mg 1cc×10A
 500mg 250mg
 各1cc、バイアル

●無痛性V.B₁注…パラエス

適應症 神経炎、神経痛、リウマチス性疾患、重症脚氣、妊娠悪阻、難聴、脳炎

文献贈呈 大阪道修町 塩野義製薬株式会社 東京・福岡・札幌

編集人 戸塚武彦
 東京大学医学部生理學教室内

印刷所 中村作右衛門



印刷所 鶴岡印刷株式会社

發行所

東京大学医学部生理學教室内
 日本生理學會

定替東京八六四三〇
 價百四

主要医薬品

<p>ペニシリン 各種ペニシリン</p> <p>ストレプトマイシン 結核治療抗生物質</p> <p>注射用内服用 ジュンパス 結核化学療法剤</p> <p>バンジツト 全上 イソニコチン酸ヒドドラツド</p> <p>ネオI-ラミゾール 砒素 驅梅 劑</p> <p>ミオI-ラミゾール 全 上</p> <p>マファルゾール 全 上</p> <p>オスヴルサン 内服用 驅梅 劑</p>	<p>バンチオニン 注未錠 肝 臟 障 碍 メチオニン製劑</p> <p>デトキソール 重 金 屬 並 に 中 毒 一 般 解 毒 劑</p> <p>ジューソニン 重 曹 注 射 液</p> <p>スチブチアル 日本住血吸虫病デストマアンチモン製劑</p> <p>コーチザン 副腎皮質ホルモンの米国メルク会社製錠劑・注射用軟膏 ロイマチス、アレルギー疾患、角膜炎</p> <p>ギトーザン 注 痛、キノフエン製劑</p> <p>塩酸アロカイン 注 局 所 麻 醉 薬</p>
--	--

東京・萬有製薬株式会社・日本橋