

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第15巻 第1号

Vol. 15 No. 1

昭和28年1月1日発行

January 1953

綜 説

本 川 弘 一：生理学的調節とサイバネツクス……………1

原 著

- 銭場武彦・岸 良尚：大静脈圧に就いて……………8
- 安 藤 義 夫：章魚のリンパ管の検索……………16
- 安 藤 義 夫：章魚の血管の自働運動に就いて……………20
- 長谷川 渙・倉島昭示：皮膚圧迫の筋緊張に及ぼす影響 (第3報) 人の上肢筋及び頸筋に及ぼす影響……………25
- 長谷川 渙・倉島昭示・佐藤素一：皮膚刺戟の筋活動及び“ふるえ”に及ぼす影響……………31
- 宮 原 長 和：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……………38
- 銭場武彦・岸 良尚：小腸からの血圧・呼吸反射に就いて……………43
- 吉村寿人・大原重信・山本克起・田中光雄・高岡 涉・江口文野・森 隆之助：人体鉍物代謝の季節変動 (体温調節機能と物質代謝の季節相関に関する研究 第1報)……………47

會 報

- 会費の改正について……………58
- 講演々題の申込並に抄録の発表について……………58

附：正誤表

日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan

★ 定評ある北研製品 ★

ジフテリアトキソイド「北研」……………20cc入
 「北研法」ワツセルマン反應用抗原……………20cc入
 「北研」 徴 毒 診 断 液……………0.5cc×12
 血液型判定用血清「北研」……………0.5cc×2
 狂犬病ワクチン（人体用）…………… $\begin{matrix} 20c \times 7 \\ 2cc \times 14 \end{matrix}$

東京都港区芝白金三光町138

★ 製 造 元 ★

社団法人 北 里 研 究 所



の
局方製品

パンクレアチン
 含糖ペプシン
 アミンナカ
 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
 スルファミン
 アセトスルファミン
 サルチル酸ナトリウム
 ヘキサミン
 薬用石炭末
 カリ石炭酸

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

綜 説

生理学的調節とサイバネチックス

612:62
612:51

Physiological Regulation and Cybernetics.

本 川 弘 一 (Motokawa-Koiti)*

§ 1. Cybernetics と生理学

Mexico の生理学者 Rosenblueth が Harvard 大学の Cannon 教授の下で研究していた頃、1ヶ月に1度宛同僚の科学者達と食事を共にし、食後主として科学的方法論について議論をしていた。これに参加した人々は生理学関係の人々ばかりではなく数学、物理学等種々の分科の人達でたって、互に腹藏なく、また自己批判もせず随分勝手な議論に花を咲かせたものらしい。Cybernetics-or control and communication in the animal and the machine-の著者で Cybernetics の創始者といわれている Norbert Wiener もこの集りに参加して活潑に活動しつづけた。彼は数学者でしかも科学の廣い分野に亘って鋭い批評眼と洞察力をもった人である。彼の著書 Cybernetics⁷⁾ の前半は如何にして Cybernetics なる學問が出来上ったかに就ての歴史を詳細に述べたもので、今これを繰り返す余裕はないが、要するに Cybernetics は科学の各分野に亘る廣い理解を基礎にして自然界にある調節の原理を究めようとするに在るように思われる。Cybernetics の語源は舵取りの意である。

科学が進歩するにつれて専門化が著しくなり、狭い自分の領域のことは深く知っていても一步その分野外にふみ出すと少しもわからないようになりがちである。その欠点を意識するうちはまだよいが、終にはそれを以て専門家の特徴とし誇りとなし、他の領域のことに意を介さないことを以て学者の礼儀と心得るに到ってはおしまいである。America では殊に第二次世界

大戦中、学者の協力が唱えられ、協同によって輝かしい成功を収めて來た。Cybernetics もこの情勢の下に発達して來たものである。

科学の各分科間の協同は種々の事情からなかなか容易ではない。なかでも専門によってそれぞれ言葉がちがっており、類似の内容でも異なった表現を用いているのでお互に余程努力しないと相手を理解することが出来ない。

従って協同の外観をもった研究制度を作ってみても一向に成績があがらないというのが吾国の現状である。

各科の境界領域に於ては多くの残された重要な問題がある。そしてこれらの問題は各専門の智識やありきたりの方法を以てしてはどうにもならないことが多いのである。これらの境界領域を開拓するためには、夫々の専門分野の expert の team-work によらねばならない。team-work をするためには隣接科学に対する或る程度の理解力と健全な常識とを必要とする。例えば数学者と生理学者が team-work をするためには数学者は生理学的実験までも手傳う必要もないが、その方法を理解し、結果を批判し、新しい実験に示唆を与えることが出来なければならない。また生理学者の方では数学の定理を証明する技倆を備える必要もないが、数学者の説明を理解し、数理的取り扱いと生理学的事実の対応関係を理解する能力がなければならない。

しかし、他の分野に或る程度の理解をもつということは誰にでも出来る事ではない。また一朝一夕に出来ることでもない。学者各個の努力を要するは勿論のこと、廣い基礎をもった教育を行ない、また協同的研究境界領域討論の風習

* 東北大学医学部生理学教室

を助成することが大切である。

§ 2. Feed-back と生理的振動

Wienerは今世紀は通信(Communication)と調節(Control)の世紀であると述べているがまことにその通りである。生理学的調節ということが如何に重大な課題であるかは Nobel 医学賞の受賞 theme の大半がこれに関するものであることから知られる。

Hormone, Vitamin 等の化学的調節の問題は暫く描き、神経的調節について Wiener が Cybernetics で取り上げている問題を中心として、Wiener の所説を述べ、これを批判し、またその後の研究業績等をつけ加えて討論の資料に供したいと思う。

Wiener は “Feed-back and oscillation” の題名の下に神経的調節を取り扱っている。吾々の運動が滑らかに行われるのは feed-back の機構が運動系によく備わっているからである。その最も典型的な例は筋紡錘 (muscle spindle) の問題である。筋紡錘というのは筋の中にある知覚器の一種であって、筋に張力が生ずると機械的に刺激せられ、その興奮が知覚神経によって中枢に伝えられるものである。即ち筋のゆきの程度を中枢に伝えて、これに基づいて運動を調節するための Feed-back system である。こゝに中枢といったのは脊髄から大脳皮質までの廣汎な中枢神経であって、その中で特に運動に関係の深いものは脊髄、小脳、中脳、大脳皮質、皮質下諸核である。発生学的に最も古い脊髄は運動には絶対欠くべからざるものであって、他の中枢はなくとも或程度の目的に適った運動が出来る。例えば脊髄だけでもつ蛙の後脚をピンで刺すと逃避運動が見られる。しかし巧妙な運動という点からいえば発生学的に最も新しい大脳皮質が重要である。このように幾重にも運動調節中枢が重なっていて粗野から巧緻の種々の程度の調節が行われている点は注目すべきことである。従って feed-back も唯一通りだけでは役に立たない。種々の feed-back 回路があって調節を完全に行っている。上述の筋紡錘系も

feed-back 回路の1つに過ぎないのである。生物では安全率を非常に重んじてその機構が出来ているから、1つの途に故障が生じてても或程度まで他で之を代償することが出来る。例えば小脳の故障によって以下述べるような運動障害を生ずるが、それは間もなく大脳皮質によって代償されてしまうのである。大脳皮質の運動領は意志的運動に関する領域であって、この領域のゆきに対しては凡ての知覚が feed-back の役目をする。そしてこの feed-back system によって最も巧妙な運動が可能となる。

筋紡錘の作用は最も単純な feed-back の典型的な例として Wiener も詳しく論じているが、その後になって以前考えられていたよりも更に複雑で巧妙であることが最近になってわかって来た。

Kuffler³⁾ という New Zealand 出身の学者が最近次のような発見をした。脊髄から末梢に出る遠心性の神経繊維には直径の太いものと細いものがある。その各々の作用についてはこれまでも色々と議論されていたが、田崎によれば冷血動物では太い線維は普通の運動神経であり、細いものは筋の tonus に関係するものということになり、本邦でも田崎のこの業績は注目されたものである。然るに温血動物でやってみると細い線維を刺激しても筋の tonus が殆んど増加しないという異議が 2, 3 の学者から提出された。Kuffler は温血動物では細い線維が筋紡錘の部に入っていることに注意し、色々実験を重ねた結果、この線維は筋紡錘の興奮を調節するものであるとの確証を握ったのである。

このことは feed-back system の機構として特に注目すべき点である。何となれば、筋紡錘は単に effector の作用をそのまま感じて之を中枢に伝えるものではなくて、その感じ方自体が中枢から別個に調節されているからである。いわば、feed-back の量を目的に応じて加減出来るようになっていることに注目していただきたい。

筋では何故このような補助的な調節が必要なのかというと、運動の目的を達するには筋の張

力に関する information では足りないからである。前述の如く筋紡錘は張力による機械的刺激によって興奮させられるものであるが、吾々が唯腕を曲げるといった負荷のない運動をする場合には張力の発生が少なく、筋線維が弛むので筋紡錘はさっぱり刺激されないであろう。このような訳で腕が曲がったという情報を中枢に伝えることが出来ないわけである。この時、腕を屈するための運動神経の興奮と共に細線維群をも興奮させれば筋紡錘は興奮し腕が曲がったという情報が中枢に達する。

一層この補助系を必要とするのは静的な姿勢に関する情報である。腕が曲がったまゝになっているときでも吾々をそれを意識することが出来る。それは腕が曲がっているという情報が中枢に伝えられている証拠である。ところが静止状態では刺激が一定であるから適応作用によって段々刺激効果が消失してしまうので、feed-backが効かなくなるおそれがある。

細線維群はこのような場合にも活動して筋紡錘を刺激する役目を果すものと思われる。このように feed-back が効かなくなった場合に之を補う意味の調節作用をしているのである。

人工的な機械の場合でも out put の状態を監視してその状態に応じて feed-back の量を加減する機構を設けておけば自動機械としては上乘のものが出来るだろうと思われる。

筋からの feed-back が効かないようになると運動が甚だますくなる。この状態を知覚性運動失調という。例えば動物の脊髄後根(知覚性)を麻酔すれば運動神経に何等の異常がなくとも正常の運動が出来なくなる。脊髄癱という疾患は feed-back system の故障であって、視覚の助けを借りて手、足の状態を監視しなければ、身体を支えておくことも、運動することも出来ない。

運動失調には知覚性のものゝほかに小脳性運動失調というのがある。身体の平衡が保たれず筋の tonus の分配が目的にそわず、歩けばよろめき確実な運動が出来ない。この場合は feed-back system の故障とは異って視覚の助けがあ

ってもなくても運動失調の程度には変りがない。殊に面白いのは企図震顫という症状が見られることである。この現象は Wiener の興味をひいた生理現象の1つであって何かの目的物に近づく運動をすると之に近づく程震顫が激しくなる。例えばマッチで巻煙草に火をつけようとするとうまく火をつけることが出来ない。Wiener はこの現象を feed-back の行き過ぎで説明している。

調子の悪い恒温装置では一定のレベルに温度を保つことが出来なくて、それを中心にして温度が周期的に動揺することはよく知られた現象である。小脳性の企図震顫はこのような意識的動作において著明なのであるから、大脳皮質をも含めた feed-back system があって、その故障ではないかとの疑問がおこって来る。小脳-視床-大脳皮質-橋-小脳を回る神経的回路が大脳皮質と小脳との間にあって運動の円滑さを保証していると考えれば、その回路の遮断によって企図震顫が生ずることが考えられる。実際小脳以外の皮質下部の出血で企図震顫がおこることが知られているから上述の学説は相当信頼されてよい。吾々は未だこの循環回路の全体を証明していないが、皮質の刺激によって小脳の脳波に変化を来し、逆に皮質下の或る部分を刺激することによって大脳皮質の脳波に変化が生ずることを証明することが出来る。

御承知の如く、脳波は脳から出る電氣的振動であって、吾々の大脳皮質から出る脳波の中で最も規則正しいのは α 波といって毎秒約 10c/sec の電氣的振動である。

神経線維からは決してこのような周期的な電気変動は生じないことがわかっているのであるから、若し出るとすれば神経細胞から出ると考えなければならない。多くの学者は脳の神経細胞が自発的に周期的に興奮することが脳波発生の原因であると考えているが、これとは異なった見解をとっている人も可なりある。即ち脳波は個々の細胞から出るのではなく、neurone の回路から出るものであると考える所謂 reverberating circuit の学説である。何れもその根拠と

なる実験事実があって、何れが正しいとも判断し兼ねる現状にある。永続する電氣的振動に reverberating circuit を考えることは極めて自然のことであって、たとえ脳波が第一の学説の如く、単一の神経細胞から発生するものであるとしても、この原理が適用されると考えることが出来る。個々の細胞か或は細胞群かというところに生理学の学説の分岐点があるわけであり、生理学にとっては重要な問題ではあるけれども、この問題にはこれ以上深入りしないことにする。

面白いのは上述の震動の rhythm と α 波の rhythm とが非常に似ているということである。何等かの関係があるのかも知れないが理由はよくわからない。

脳波と関連して癲癇の問題がある。この疾患は人類に特有な病気で、多くの場合その原因が不明であり、多くの研究者がこの問題と取り組んでいる。癲癇は脳波に最もよく現われる。いわば大脳を発作的に襲う脳波的颱風である。突発的な非常に大きな電氣的振動が脳の何処かに起って脳の中を次ぎ次ぎと拡がって行くのである。類似の現象は種々の機械でも見られるようである。機械のどこかに故障があって異常な振動がおこると、機械の他の部分がこれに同調して振動が益々大きくなり、その機械が破壊されるまで停止しないといった事情と類似している。航空機の空中分解を如何にして防止するかということゝ癲癇発作をどうして食い止めるかということゝに原理的に共通したところがあるかも知れない。

また之に関連して心臓の心房震動或は心房震動と称する現象を挙げる事が出来る。

Wiener もこの問題に興味を持ち Rosenblueth と共同して若干の実験さえ行っている。この現象は心房のあちこちに小さな収縮が勝手におこって心臓のポンプ作用が行われなくなってしまうことで、これ程生命に危険な現象はない。心臓が止まるということは恐るべきことではあるが、一旦停止した心臓を再び動かすことは不可能ではない。しかるに心房震動に陥った心臓を

正常の働き方に引戻す事は難中の難事であるといわれている（最近 ATP による治療が試みられつつあるが果して凡ての場合に有効かどうか）。感電による死亡率と電圧との関係を調べて見ると、吾々の豫想に反して 100V 前後の低電圧では数千Vの高圧よりも死亡率が高いのである。そのわけは低電圧の場合は心房震動を来し、高圧の場合には心臓停止を来すからである。心臓停止よりも震動の方が恐るべき理由がおわかりになったことゝ思う。心房震動の mechanism に就ては色々の学説があるが、circus movement の学説が廣く信じられている。心筋の線維は互に連なり合っていて恰も中枢神経系内の neurone 網のようになっている。この心筋線維網の各所に回路が出来て興奮がこれらの回路内を勝手な rhythm をもって循環するのがこの現象の本態であると考えるのである。正常の状態では心臓の pace-maker の指示に従って順序よく興奮する心筋が、どうして個々独立の回路を形成するようになるのか、これは Cybernetics の好研究 thema であると思う。

§ 3. 計算器と神経系

心筋線維の網にしても neurone の網にしてもその通り途は決して一義的ではなく、多数の可能性がある訳である。普通の場合にはその中の1つが選ばれて通路となる。この選択の原理は何であるか、また選択の場所は網の何処であるかということが重要な問題である。

neurone 網は神経線維と神経細胞及び両者の接点なる synapse より成っている。この中で神経線維の性質は可なりよくわかっているが神経細胞と synapse のことは未だよくわかっていない。神経線維には太さの差と髄鞘の有無の区別があり、その刺激閾値と傳導速度の差を示す。これらの性質が或る程度の選択性を示すが、しかし神経系の示す巧妙な選択性は、主として synapse にあるのではないかと考えられている。

神経線維は悉無律に従い、刺激に応ずる仕方はイエスカノーの2通りしかない。大脳中の通

信もこの神経線維を通じて行われるのであるから、如何に複雑な通信でもイエスカノーの通信様式で事足りることがわかる。何も好んでより複雑な反応様式の通信器を作る必要はないと考えられる。実際人工脳と呼ばれる最新式の自動計算器はやはりイエスカノーの通信様式を採用しているのである。

ところが受信して之に選択、組み合わせ等の操作を施す段になるとイエスカノーだけでは足りない。神経系でこの役目を果すのが神経細胞殊にその synapse であると考えられる。

synapse を興奮が通り得るかどうかは神経線維に來る impuls の頻度、synapse に集まる神経線維の数及び他の線維や神経細胞との相対的位置に関係する。またその synapse の歴史に関係する。歴史といっても最近のものとしては前の興奮よりの回復の程度が重要であり、古い歴史としては記憶を挙げることが出来る。その中間のものとしては条件づけによる synapse の変化を考えなければならない。

御承知の如く、Povlov の条件反射の方法によって吾々は synapse の選択性を外から control することが出来る。例えば、食物と関係の無い刺激はそれ自体では唾液分泌反射をひき起すことは出来ないが、この刺激を食物と共に数回与えると、その刺激自体でこの反射をひき起すことが出来るようになる。この条件づけの操作によって普通ならば通過出来ない synapse を興奮が通過出来るようになったものと解釈出来る。しかし解剖学的な neurone は生後新しく生ずることはないのであるから、以上の現象は今まで使用されていなかった途が使用されるようになっただけである。こゝに選択作用が生じたことは疑いがないところである。

興味あることは、条件反射が成立する途中において neurone の synapse が著しく無選択の状態になる時期があることである。即ちどんな刺激をも無差別に受け容れてこれを通してしまうので、無差別的に反応がおこる。この現象を汎化という。ところが条件反射が確立すると或る刺激には応ずるが他のものには応じないといっ

た選択性が完成する。これを分化という。分化がおこるためには、特定の興奮の通過を許すと同時に、他の興奮を抑えるという作用が必要である。吾々の神経系の行なう選択作用はこの抑制作用によって始めて可能になるのである。この抑制作用は凡ての濾過器に見られることで何れも neurone に特有だという訳ではない。しかし neurone の synapse は唯濾過作用をするだけではなく、興奮の積分作用をも受持っている。

条件反射学では抑制作用或は制止を末梢器管の反応を通じて観察するだけで如何にして制止が発生するか、制止が neurone の何処で生ずるかを明かにしていない。真空管では negative feed-back の mechanism は極めて判然としているが神経系のそれはまだよくわかっていない。直流を通ずる場合、その陽極において興奮が抑制を受ける事実に基づいて神経系の抑制作用を説明しようとの試みが盛んに行われているが、まだ凡ての人々を満足させることは出来ない。

§ 4. 人工記憶と生理的痕跡

条件反射は生後獲得される反射であって、その反射が不必要な環境におかれると自然に消滅して行く。条件づけの操作によって synapse に起った変化が後戻りするものと考えられる。記憶にも忘却があるし、記憶するためには刺激を繰り返さねばならない点などは条件づけの場合と類同である。恐らく類同の神経学的変化がこれら両現象の根本をなすものと考えられる。唯記憶は意識上の問題であり、条件づけは意識下の問題であるだけの相違であらう。

痕跡をのこしておいて、之を再生することが記憶や条件づけの特徴であるが、同様の作用は蓄音器のレコードや tape recorder のテープにも見られる。最新の自動計算器にも人工記憶装置が備っている。この記憶装置が水銀のような一時的な歪みを生ずる所謂記憶物質を回路中にもっており、その歪みの pattern を再生するのである。記憶を長びかせるためには同じ刺激をその回路中をたえず循環させておく。循環の

ためのエネルギー消費は別に他のエネルギー源から補うと云った具合になっている。そして記憶したものを使用した後は回路を断って前の痕跡を消してしまう仕掛になっている。

吾々の記憶を故意に消滅させることは殆んど不可能であるので、この点人工記憶よりも不便だといわざるを得ない。人造線維でも何でも人造の方が代用品として役立つばかりではなく、本物よりも優れている点があるのは人間の工夫によって自然物の長所を強調することが出来るからである。自動計算器も確かにその速度といふ正確さといふ人間の頭脳より優れているようである。

好ましからざる記憶が中枢神経系にこびりつくことは精神病発生の mechanism に大きな役割を演じているであろうという Wiener の考えは面白い。lobotomy や、shock 療法が精神病に有効なのは好ましからざる循環回路を断ち切り或は neurone に大きな刺激を与えて残っている痕跡を消滅させるためではないかとの考えも傾聴に値する。専門家の間でもこれ以上の良い説明の持ち合わせがないからである。

Wiener は記憶は neurone に残る或る生理的な痕跡であろうと解釈しているが、この考えは心理学で痕跡説といわれている考え方である。neurone に残る変化として吾々が差当り考えられることはその形質膜の透過性の変化である。痕跡説をおしつめて考えて行くと結局こんな所に落ちつくことになる。

しかし大脳の neurone の透過性が記憶と共に変化するかどうかは未知である。そしてそれを検出する方法も今の所知られてはいない。この関係において幾分参考になるのは網膜の出来事である。御承知の如く、網膜は発生学的には脳の一部であって、その neurone 網は大脳皮質のそれを思わしめるものがある。

吾々は網膜を光で照射した後の残効を、その neurone の電氣的興奮性の変化として検出することか出来る。光照射の後、数秒乃至数十秒の間、興奮性が増加するのである、之は確かに neurone に残された痕跡である。面白いのはこ

の痕跡の消長は照射光の波長に特有だという点である。網膜面にそって光を sweep させると恰も螢光板上を光が sweep したときの様に痕跡が残る、しかもこの痕跡のあり方は sweep の速度によってちがうのである。痕跡の強さは sweep の始めから終りの方に向って強くなっており、勾配が出来ている。この勾配の強さは速度と平行する。

しかもこの勾配は20秒間位変らずにいる。それ故に吾々はこの勾配を測定して光の速度を当てることが出来る。

運動するものゝ速さの知覚は他の条件が一定ならば運動する物体の速度（或は網膜上の速度）によるが、同じ物理的速度でも大きいものは遅く、小さいものは速く動くように感ずる。また廣い視野を動くものはのろく、狭い視野を動くものは速く感ずる。このことを Brown の法則という。面白いことには上述の方法で測られる網膜痕跡は物理的な速度によらず心理的な速度によるということである。即ち大きい光点の痕跡の勾配はゆるやかで、小さい光点のものは急峻である。また大きい光点と小さな光点とを一緒に走らせると勿論両者の速さの感じは等しいが、この場合には両者の痕跡の勾配は等しいのである。

文明人は映画を楽しむが映画の原理を知らない人が非常に多い。相当の智識人でも、あれは残像を応用したものだと考えている人が可なりある。しかしそれは間違っている。間違っていることは次の考察ですぐわかる。今A点に光を出し、次にAと少し離れたB点に光を出すとA、B、間の空間的、時間的間隔が適当であればAからBに向う連続的な運動が感ぜられる。残像のあるのはA点とB点だけであってAとBとの間には残像はない筈である。それにも拘わらずAとBが連続してしかも運動の感覚をおこすのであるから残像では説明出来ないこと明かである。

上述の網膜痕跡の測定によるとAとBの間の何物もない筈の所にA、Bと同種の変化が証明され、しかもその勾配はAからBに向っている

のである。その理由を茲で説明する暇をもたないが一言で云えば neurone 網の示す Gestalt 的性質によるということが出来る。

§ 5. Gestalt と Homeostasis

Gestaltの法則は知覚、運動の如き動物性機能に関する最も一般的な法則であり、Homeostasisの原理は植物性機能に関する基本的な法則である。何れも包括するところは廣いが物理化学的の言葉で表わせない生物学的の法則である。Gestalt 的な考えによれば全体は部分を規定するが、全体は部分の和ではない。この考えは今日の吾々の自然科学的研究の弱点を衝くに妙を得ており、殊に知覚の面に於ては研究の発展に寄与する所が大きいから、傾聴すべき原理であるが、しかし Gestalt 原理からの説明を聞いてもそれが本当の説明だとは思われない。どうしても熱力学の法則を確率の原理より導き出すといったような取り扱い方が Gestalt 原理になされない限り、自然科学者を満足させることが出来ない。しかし吾々が生理学的研究を進める程生体の Gestalt 的性質に直面することは事実である。譬えを前の網膜痕跡の話に取るならば、網膜痕跡が実際に光の当たった網膜の部分だけにあると考えるのは間違っているのである。光はそれが通った網膜の途筋に痕跡を残すばかり、網膜のもっともっと廣い部分に作用を及ぼし、その残効が直接の痕跡と共に残っているのである。従って直接の痕跡だけを取り出して論するのは抽象であって本当は網膜全体のことを併せて論じなければならないのである。Gestalt 原理は Field theory と一脈相通するものがある。

網膜に映像を生ずるとその周囲に必ず網膜誘導の場を生ずる。この場の在り方が吾々の視知覚に関係し、映像だけのことを考えていたのでは説明の出来ない多くのことに説明を与える。例えば錯視などは網膜の場の在り方と大いに関係がある。運動の知覚が網膜像の速度に比例し

ない事も要するに場の性質によるといえる。また映画の原理をなす仮現運動 (apparent movement) も場の問題である。こうした場は確かに neurone 網に生ずるものであるから、網膜よりも大脳皮質に於て一層顯著な場が生じていると考えねばならぬ。大脳皮質の場の測定が行われるのはもはや時間の問題であると考えられる。

Homeostasis は生物の内部環境の恒常性の原理である。あらゆる生物の機能はこの恒常性を維持する方向に動員される。殊に Vitamin, Hormon 等の化学的調節機構はこの恒常性を保証する最も有力な機構である。神経系も勿論これに与っている。血液の滲透圧や pH を一定に保つためには血液成分の物理化学的性質も重要な役割を演じている。

こうした色々の機構を総合して目的に適った調節をなすものは自律神経の中枢であって、その大部分は間脳にある。何れにしても生理学的調節の総元締は中枢神経系であって中枢神経系の研究によって始めて生理学的調節の機構が理解される。この講演に於て私が話の中心を中枢神経系に置いたのはこの故である。

(本論文の要旨は、昭和27年10月25日、日本学術会議主催「サイバネチックスシンポジウム」に於て講演したものである)

文 献

- 1) Brillouin, L. (富山小太郎訳) (1950) 生命、熱力学とサイベルネティックス 科学 20, 216
- 2) 伊沢計介 (1952) 自動制御理論の展望 科学 22, 58
- 3) Kuffler, S. W. and C. C. Hunt (1952) The mammalian small-nerve fibers: A system for efferent nervous regulation of muscle spindle discharge. Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis. 30, 24
- 4) Shannon, C. E. (1949) The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press: Urbana.
- 5) 高橋秀俊 (1951) インフォメーションを正しく伝えるには 科学 21, 438
- 6) 渡辺 勝 (1952) 電子計算機の計算のメカニズム 科学 22, 10
- 7) Wiener, N. (1948) Cybernetics or Control and Communication in the animal and the machine. John Wiley & Sons, Inc., New York,

原 著

大 静 脈 圧 に 就 い て 612.144.146

Venous Pressures.

銭 場 武 彦 ・ 岸 良 尚

(Semba-Takehiko • Kishi-Yoshinao) *

I. 緒 言

静脈内の血行機轉に就ては、毛細血管を経て心臓の *vis a tergo* が作用し、それに静脈壁の収縮性と心臓の吸引作用が働き、又呼吸運動や筋運動等の諸因子が関与するといわれて居る¹⁰⁾。

而して大静脈は單なる導管ではなく、近心部では自発的収縮を営み¹⁴⁾、又その収縮性、伸展性、ひいては血液の *reservoir* の機能等が認められ⁶⁾、更に血管運動神経の影響を受ける¹²⁾。しかし未だその血行の機序に就ては殆んど明らかになって居ない。

茲於、大静脈各部の圧を知る事は、之等の機能を説明するために重要な基礎的事項であるが、Jacobson (羊、犬) (1807)⁹⁾、Burton-Opitz (犬) (1903)³⁾ 等が直接法によって系統的に測定した他には、余り追及されて居ない。彼等は *v. jug. ext.*, *v. subclavia*, *vena cava sup.*, *v. fem.* 等の圧を測定したが、*vena cava inf.* に就ては報告していない。そこで自分等は静脈 catheter 法を用いて、開胸開腹する事なく、犬の大静脈圧を測定し、各部の圧の関係を追及してみた。

II. 実 験 方 法

犬 (体重4.5~11kg) 16例を用い、urethane 麻醉を施す。脊位にし、頸部、軀幹部、大腿部をなるべく水平になる様に固定し、大腿内側にて小切開を加え、*v. femoralis* が *v. saph. mag.* を分岐する部位からビニール製の catheter (内径 1.8mm, 外径 2.0mm) を心臓に向けて挿入し、

v. iliaca comm. dex. et. sin. の分岐部より *vena cava* の心房開口部迄の各部の圧を測定し、一方上頸部にて小切開を加え、*v. jugularis ext.* より *v. fac. ant.* が分岐する部位より catheter を心臓に向けて挿入し、*vena cava sup.* の心房開口部迄の各部の圧を測定した。catheter 内には 5% *sod. citrate* (比重1.040) を充し、水manometer に連絡してその値を読んだ。開腹も開胸もしない。又 catheter には目盛を附して、挿入部位からの距離を測定して置き、実験終了後、開腹、開胸して、測定部位と器管との位置関係を求めた。*vena cava sup. et. inf.* が心房と境する部位を 0-線として、各測定部位のそれよりの高さを求めて、測定値に補正を加えた。

静脈圧の測定部位は次の様である。

1) *v. jugularis ext.* で *v. facialis ant.* の分岐部 (cannulae で測定)。2) *v. jugularis ext.* で *v. tran. colli* の分岐部。3) *v. anonyma dex. et. sin.* その分岐部。4) *vena cava sup.* の心房開口部。5) *vena cava inf.* の心房開口部。6), 7) *vena cava inf.* の横隔膜部の前後 (胸腔内及腹腔内)。8) *vena cava inf.* で *v. renalis* の分岐部。9) *v. iliaca comm. dex. et. sin.* の分岐部。10) *v. fem.* で *v. saph. mag.* の分岐部 (cannulae で測定)。以下測定値は全て mmH₂O に換算して示す。

III. 実 験 成 績

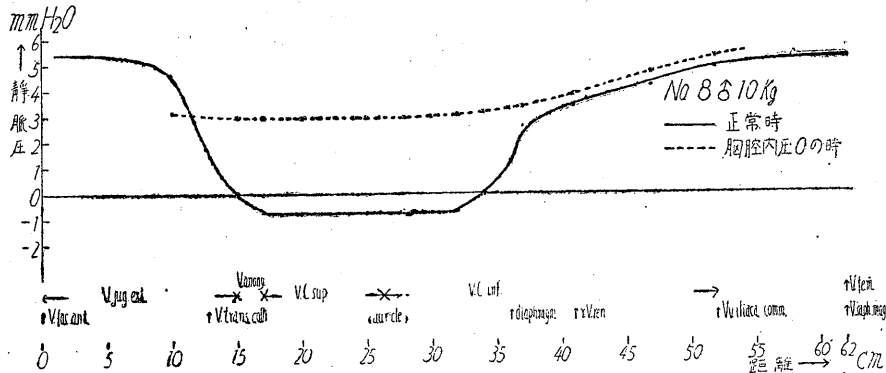
1) 16例に就ての測定値を第1表Aに示した。一般動脈圧は 85~135 mmHg の間にある。静脈圧は心臓部から末梢にゆくに従って高くなり、*vena cava* の心房開口部は最も低く、平均

* 廣島医科大学生理学教室

第1表 大静脈圧 A:一般血圧85mmHg以上の場合, B:一般血圧65mmHg以下の場合

examples	No.	weight kg	carotid blood pressure mmHg	v. jug. ext.		vena cava sup.		vena cava inf.		v. iliaca comm mmH ₂ O	v. femoralis (v. saph. mag. の分岐部) mmH ₂ O
				(v. fac. ant. の分岐部) mmH ₂ O	(v. tran. colli の分岐部) mmH ₂ O	(v. anonyma の分岐部) mmH ₂ O	(v. auricle の開口部) mmH ₂ O	(diaphragm の直下) mmH ₂ O	(liver の直下) mmH ₂ O		
[A]	1	♀ 6.5	130	78.0	- 15.6	- 15.6	- 15.6	- 9.4	- 5.2	37.5	64.5
	2a	♂ 11	100	40.5	20.8	6.2	- 5.2	3.1	15.6	35.4	41.6
	3a	♂ 9	135	51.0	- 10.4	- 10.4	- 10.4	0	20.8	31.2	40.1
	4a	♀ 11	115	23.9	- 12.5	- 12.5	- 12.5	1.0	7.3	22.9	31.2
	5	♂ 10	130	—	- 9.4	- 9.4	- 9.4	18.8	18.8	29.2	—
	6	♂ 10.5	115	—	- 8.3	- 8.3	- 8.3	22.9	22.9	37.5	—
	7	♂ 10	105	45.8	8.3	- 4.2	- 10.4	2.1	4.2	35.4	—
	8	♂ 10	85	46.8	0	- 7.3	- 7.3	10.4	26.0	35.4	—
	9	♂ 6	125	84.3	- 5.2	- 5.2	- 5.2	5.2	7.3	19.8	67.2
	10	♂ 9.5	110	17.7	- 15.6	- 15.6	- 15.6	23.9	41.6	69.7	85.3
	11	♂ 8	100	20.8	- 32.3	- 32.3	- 32.3	- 11.5	29.2	38.5	68.6
	12	♂ 6.5	88	14.6	8.9	8.9	8.9	9.4	9.4	10.4	37.5
	13	♀ 8.5	92	9.4	- 18.8	- 18.8	- 18.8	- 7.3	- 4.2	13.5	39.6
	14a	♀ 9	105	—	- 18.8	- 18.8	- 28.1	- 26.0	2.1	16.7	—
	15a	♀ 4.5	110	—	- 13.5	- 13.5	- 13.5	26.0	34.4	41.6	45.8
	16a	♀ 6	90	39.5	- 6.9	- 9.6	- 15.6	14.6	31.2	35.4	—
平均				(84.3~9.4)	(20.8~-32.3)	(8.9~-32.3)	(8.9~-32.3)	(26.0~-26.0)	(41.6~-5.2)	(41.6~10.4)	(85.3~31.2)
(最高~最低)											
[B]	2b	♂ 11	50	—	—	—	- 15.6	- 13.5	- 10.4	26.0	39.6
	3b	♂ 9	50	36.4	- 45.8	- 47.9	- 47.9	- 47.9	- 39.6	6.2	20.8
	4b	♀ 11	45	—	- 29.2	- 29.2	- 29.2	- 17.7	- 8.3	20.8	—
	14b	♀ 9	45	—	- 88.9	- 88.9	- 88.9	- 88.9	- 10.4	3.1	—
	15b	♀ 4.5	65	—	- 18.8	- 18.8	- 18.8	9.4	14.6	23.9	29.2
	15c	♀ 4.5	50	—	- 37.5	- 37.5	- 37.5	- 36.4	- 3.1	21.8	25.0
	16a	♀ 6	50	36.4	- 37.5	- 38.5	- 41.6	- 15.6	10.4	17.7	—
平均				(36.4~-37.5)	(-15.6~-88.9)	(9.4~-88.9)	(-15.6~-88.9)	(9.4~-88.9)	(14.6~-39.6)	(26.0~3.1)	(37.5~10.4)
(最高~最低)											

—13.0mmH₂O の陰圧を示し、1例 (No.12: 8.9mmH₂O) を除いて、—5.2—32.3mmH₂O の間にあつた。vena cava inf. では横隔膜を越えて腹腔内に到って初めて陽圧となり、頸部では v. jug. ext. の中間部に於て初めて陽圧となった。16例に就て各部の圧を示すと第1表の様である。又第1図に於ては例11の場合を図示した。



第1図 大静脈圧: 例11の場合 (実線は正常時, 破線は胸腔内圧0の時)

瀉血によつて一般血圧を元の値の約1/2に下降させた場合 (135~85mmHgが65~45mmHgになる) は、腹腔内 vena cava にては平均16mmH₂O、胸腔内にては28mmH₂Oの圧下降が見られた。前者は元の測定値の34%、後者は180%に相当する。

2) 大きい犬で v. jug. ext. の末梢部から v. c. sup. の心房開口部までは約21.5cmで、v. fem. から v. c. inf. の心房開口部迄は32.5cmある。今一般血圧85mmHg以上のものに就て、各測定部位相互間の距離 (D_{cm}) とその静脈圧の差 (P_{mmH₂O}) より、毎cm毎の圧勾配 ($\frac{P_{mmH_2O}}{D_{cm}}$) を求めると第2表の様になる。v. jug. ext. から v. anony. への移行部及び v. c. inf. の横隔膜部には最も大きい圧勾配が生じ、前者は毎cm毎に7.94mmH₂O、後者は6.53mmH₂Oを示した。v. jug. ext. で v. fac. ant. の分岐部より心房開口部までの平均圧勾配は3.76mmH₂Oであつて、v. jug. ext. だけでは3.29mmH₂O、v. c. sup. では0.23mmH₂Oであつた。v. fem. で v. saph. mag. の分岐部から v. cava inf. の心房開口部までの平均圧勾配は2.55mmH₂Oで、v.

fem. 0.95mmH₂O、v. iliaca comm. 0.99mmH₂O、胸腔内 v. c. inf. は1.79mmH₂Oであつた。胸腔内 vena cava は横隔膜を境する急峻な圧勾配の影響を受けて、割合に勾配が大きかったが、心房に近づくに従つて著しく勾配は減少する。即ち胸腔内 vena cava の圧勾配は胸腔への移行部の1/6~1/7にすぎない。殊に v. c. sup. には勾配は殆んど認められない。

3) 胸腔内圧と大静脈圧との関係を求めるために、人工呼吸の下に左右の胸廓を開き、胸腔内圧を大気圧と等しくさせた。

この時の大静脈圧の値を第3表に示す。vena cava の心房端の圧は常に陽圧であつて、平均22.9mmH₂O (最高38.5mmH₂O、最低10.4mmH₂O) である。これは正常時—13.0mmH₂O (血圧85mmHg以上) 又は—41.8mmH₂O (血圧65mmHg以下) (第1表) に比して、35~65mmH₂Oの圧上昇である。

4) 胸腔内圧0の時の大静脈毎1cm毎の圧勾配 ($\frac{P_{mmH_2O}}{D_{cm}}$) を求めると第4表の様である。

胸腔内外の移行部に於ける急峻な圧勾配は全く消失し、v. jug. ext. より v. anony. 間は0.77mmH₂O (正常時7.94mmH₂O)、横隔膜と v. renalis 間の vena cava では0.84mmH₂O (正常時6.53mmH₂O) と夫々圧勾配は減少し、v. c. inf. の平均勾配は0.82mmH₂O (正常時2.55mmH₂O) v. jug. ext. より v. c. sup. の心房開口部までは0.35mmH₂O (正常時3.76mmH₂O) となった。而して v. c. sup. 内の勾配は正常時と殆んど変らない。

更に人工呼吸下に胸腔内圧を高めて、陽圧となす時は、大静脈に於ける圧勾配は、第5表に示す様に v. c. inf. では平均0.40mmH₂Oで、胸

第2表 大静脈の圧勾配 (一般血圧85mmHg以上の場合)

examples No.	v. jug. ext. (v. fac. ant. の分岐部)	(v. trans. colli の分岐部)	vena cava sup. (v. anonyma の分岐部)	(auricle の開口部)	vena cava inf. (diaphragm の直下)	(v. renalis の分岐部)	v. iliaca comm.	v. femoralis comm. (v. saph. mag. の分岐部)
	mmH ₂ O	mmH ₂ O	mmH ₂ O	mmH ₂ O	mmH ₂ O	mmH ₂ O	mmH ₂ O	mmH ₂ O
1	0.70	17.90	0	1.98	7.80	1.71	0.85	
2a	1.98	7.27	2.29	1.04	4.16	0.61	—	
3a	0.81	10.81	0	0.99	6.94	0.72	0.42	
4a	7.28	—	0	2.34	5.46	0.82	0.52	
5	—	—	0	3.02	2.36	1.24	—	
6	—	—	0	3.46	3.12	0.45	—	
7	2.60	5.82	0.70	1.17	9.35	1.00	—	
8	—	7.72	0	1.47	7.81	1.59	—	
9	6.49	—	0	1.26	4.16	1.50	0.52	
10	2.22	—	0	5.26	—	1.27	0.42	
11	4.68	1.04	0	1.67	7.00	0.93	2.08	
12	—	5.00	0	0.07	0.21	0.70	2.08	
13	2.81	—	0	1.44	4.16	0.87	1.38	
14a	—	—	—	0.21	8.35	0.52	—	
15a	—	—	—	2.08	14.58	0.95	0.34	
16a	—	—	—	1.33	12.48	0.96	—	
平均	3.29	7.94	0.23	1.79	6.53	0.99	0.95	
(最高~最低)	(7.28~0.70)	(17.90~5.00)	(2.29~0)	(5.26~0.07)	(14.58~0.21)	(1.72~0.45)	(2.08~0.34)	
		3.76			2.55			

第3表 胸腔内圧0の時の大静脈圧

examples No.	carotid blood pressure mmHg	v. jug. ext. (v. trans. colli の分岐部) mmH ₂ O	vena cava sup. (v. anonyma の分岐部) mmH ₂ O	(auricle の開口部) mmH ₂ O	vena cava inf. (diaphragm の直下) mmH ₂ O	v. iliaca comm. mmH ₂ O
5	100	13.5	14.6	15.6	25.0	44.7
6	95	15.2	10.9	10.4	35.4	41.6
7	60	—	12.5	12.5	2.00	37.4
8	60	31.2	29.1	29.1	33.3	53.0
9	50	—	—	38.5	41.6	45.7
10	90	17.7	16.6	16.6	47.9	96.5
11	80	25.0	25.0	25.0	29.1	46.8
12	50	—	—	31.2	33.3	39.5
13	50	40.5	33.3	27.0	28.0	38.5
平均		23.9	20.3	22.9	32.6	49.3
(最高~最低)		(40.5~13.5)	(33.3~10.9)	(38.5~10.4)	(47.9~20.0)	(96.5~37.4)

腔内圧が高まる程勾配は減じた (第5表).

5) 正常時の胸腔内圧を夫々左右側壁より測定し (Wiggers¹⁵⁾) 吸気, 呼気時の変動の平均値 (Pn) を求めた. 一方同例に就て, 胸腔内圧0の時の圧勾配 (第4表) に基づいて, 正常時 v. iliaca comm. に於ける静脈圧 (第1表) より, 胸腔内圧0の時の vena cava の心房端の圧 (Co) を算出すると, 第6表の様になる. 正常時の vena cava 心房端の静脈圧を Cn とすると, $Cn - Co = Pn$

の関係が成立つ. 即ちこれは正常時胸腔内静脈圧は胸腔内圧だけ低下している事を示すものである.

IV. 総括と考察

1) 第1表に示した大静脈各部の圧は, 犬に就ての Burton-Oplitz²⁾ の測定値 (この時の一般動脈圧に就ては記載がない) と比較するに, 心臓端 - 50.6mmH₂O (最大 - 17.4 ~ - 65.8mmH₂O)

第4表 胸腔内圧0の時の大静脈の圧勾配

examples	v. jug. ext. (v. trans. colli の分岐部) mmH ₂ O	v. c. sup. (auricle の開口部) mmH ₂ O	v. iliaca comm. (auricle の開口部) mmH ₂ O	v. c. inf. (auricle の開口部) mmH ₂ O	v. jug. ext. (v. trans. colli の分岐部) mmH ₂ O	vena cava sup. (v. anonyma の分岐部) mmH ₂ O	vena cava inf. (auricle の開口部) mmH ₂ O	v. iliaca comm. (diaphragm の直下) mmH ₂ O
No.								
5	0.30		1.12		0.50	0.20	1.00	1.16
6	0.46		1.25		0	0.06	2.90	0.37
7	0		1.02		—	0	0.78	1.19
8	0.18		0.94		1.0	0	0.44	1.24
9	—		0.31		—	—	0.38	0.28
10	0.10		—		0.20	0	—	—
11	0		1.02		0	0	0.55	1.28
12	—		0.40		—	—	0.29	0.45
13	1.42		0.49		2.90	0.89	0.10	0.77
平均	0.35		0.82		0.77	0.16	0.81	0.84
(最高～最低)	(1.42～0)		(1.25～0.40)		(2.90～0)	(0.89～0)	(2.90～0.10)	(1.28～0.28)

第5表 胸腔内圧を陽圧にした時の大静脈の圧勾配

examples	intra thoracic pressure right left	vena cava inf. (auricle の開口部) mmH ₂ O	v. iliaca comm. (diaphragm の直下) mmH ₂ O	vena cava inf. (auricle の開口部) mmH ₂ O	v. iliaca comm. (central part) mmH ₂ O
No.					
9	r 112.5 l 75.0	0.06	0.59	0.42	
11	r 112.5 l 75.9	0.14	0.22	0.17	
12	r 70.0 l 165.0	0.30	0.45	0.36	
13	r 25.0	0.14	0.85	0.65	
平均		0.16	0.53	0.40	
(最高～最低)		(0.30～0.06)	(0.85～0.22)	(0.65～0.17)	

第6表

examples	Cn (正常時、心房開口 部の大静脈圧) mmH ₂ O	Co (胸腔内圧0の時の圧勾配より換 算した心房開口部の大静脈圧) mmH ₂ O	Cn - Co	Pn (正常時胸腔内圧の平均値) mmH ₂ O (mmH ₂ O)
No.			mmH ₂ O	
8	- 7.3	26.0	- 33.3	- 33 {r - 41~-25 l - 40~-26
9	- 5.2	17.7	- 22.9	- 21 {r - 22~-21 l - 23~-20
10	- 16.0	14.6	- 30.6	- 30 {r - 35~-27 l - 32~-28
11	- 32.2	25.0	- 57.2	- 53 l - 70~-35

で自分等の得た成績よりも 38.1mmHg 低く、*v. fem.* にては、 74.4mmHg で 22.2mmHg 高い。これは彼が 0-線を胸骨柄の尖端に引いたためによるものと考えられる。

2) 動脈圧の変動に対する大静脈圧変動の割合を見るに、Burton-Opitz²⁾ は動脈圧の変動は余り静脈圧に影響を及ぼさないのを見たが、第1表A, Bに示す様に動脈血圧が1/2に下降した際に *v. iliaca comm.* では32.5%の減少をみ、心房開口部では180%の下降を認めた。即ち動脈圧の変化に応じて静脈圧も変化した。

3) 圧勾配に就て、*v. jug. ext.* と *v. c. sup.* 間には、毎1cm毎に 3.76mmHg 、*v. fem.* より *v. c. inf.* の心房端までは 2.55mmHg であり、これは Burton-Opitz²⁾ の得た夫々 3.94mmHg 及 3.81mmHg と大略一致した。

第2表に示す様に *v. c. sup.* 及胸腔内 *v. c. inf.* の圧勾配は0.23及 1.79mmHg で、殊に *v. c. sup.* の勾配は少い。この事は胸腔内大静脈内殊に *v. c. sup.* には血液は凝んで溜滞して居る事を示すものである。これは Clark, Hook and Wead³⁾ が *v. c. sup.* 又は *v. c. inf.* を夫々別々に結紮しても胸腔内大静脈圧は余り変化しないという実験によっても示される。

4) 正常時 *v. jug. ext.* より *v. anonyma* への移行部、及び *vena cava* の横隔膜部にみられる著しい圧勾配 (7.94mmHg , 6.53mmHg) は、胸腔内圧を0とした場合には、減少し (0.77 , 0.84mmHg) *v. jug. ext.* 及び *v. fem.* から心房開口部への勾配は緩やかになった (0.35 , 0.82mmHg)。又実験4)から $Cn - Co = Pn$ という等式の成立する事は、胸腔内静脈圧が全く胸腔内圧に影響されている事を示すに他ならない。また逆に effective venous pressure (Wiggers¹⁶⁾) $Co = Cn - Pn$ で、胸腔内圧以外の因子は、胸腔内大静脈へ血液が流入するためには余り影響しないことを示すものである。

従って胸腔内圧を陽圧にした場合は、圧勾配は更に減少を示し(第5表)、胸腔内圧 30cmHg になれば血流は全くなくなる (Rost¹³⁾)。

一方又、*n. phrenicus* を刺激する事によって、

胸腔内圧を下降させる場合には、胸腔内大静脈内への血流量は著しく増加するのが見られる (Burton-Opitz¹⁾)。

瓣のない、圧勾配の少い *vena cava* という pool に於て、胸腔内外を境として大きい圧差があるという事は、昔 Donders⁹⁾ が胸腔内陰圧による吸引は毛細管の *vis a tergo* であるといった如く、胸腔内陰圧が大静脈の血行に最も大きい因子である事を示している¹²⁾。

5) 静脈圧に及ぼす呼吸の影響に就ては、Barrey⁹⁾ は Donders と同様本質的な原因であると考えて居るが、Poiseuille¹²⁾、Jacobson⁹⁾、Wertheimer⁶⁾等は、呼吸運動による静脈圧の変動は胸腔外の静脈では生じないから、本質的なものではないと考えて居り、Volkmann, Ledderlose等⁶⁾ もそれによって静脈血行が促進される事を否定して居る。自分等が測定した例では、呼吸運動に基づく静脈圧変動の振幅は、胸腔内大静脈にて、 $1.04 \sim 4.16\text{mmHg}$ で、この時の胸腔内圧の変動は約 40mmHg であった。*v. fem.* 等の末梢静脈に呼吸の影響が生ずるのは人工呼吸を施した場合、吸気が特に増大した場合に限られ、この時、 8mmHg の静脈圧変動の振幅があった。この際胸腔内圧には 65mmHg の変動があつた。吸気時に静脈圧下降し、血流も増大することを Burton-Opitz¹⁾ は観察している。

又 Valsalva の実験の様な場合、吸気が静脈圧に大きい影響をもつ事は明らかである⁶⁾。一方横隔膜運動の機械的影響も *vena cava* の血行に関係あるという成績もある^{4) 5) 7) 11)}。

v. jug. ext. で心臓側より第2番目の瓣(胸腔外2.5cm位)迄は、通常吸気毎に静脈が collapse するのが見られる。collapse の原因は種々云われる⁶⁾ が、太い心臓側の大静脈圧の低下による血液の吸引が、細い静脈からの血液の流入を凌駕するからで、この部は胸腔内圧0の時の圧勾配に比して、正常時はその10.7倍の勾配を有する(第2表)。又この部の位置が0-線よりも高く、従って effective venous pressure が比較的高いことに原因がある⁸⁾。

V. 結 語

1) 静脈 catheter 法によって求めた16例の犬の平均大静脈圧 (一般血圧85mmHg以上の場合) は次の様である。

v. jug. ext. (v. fac. ant. の分岐部) = 39.5mmH₂O; v. jug. ext. (v. trans. colli の分岐部) = -6.9mmH₂O; vena cava sup. (v. anonyma の分岐部) = -9.6mmH₂O; vena cava (auricle の開口部) = -12.5mmH₂O; vena cava (diaphragm の直下) = 5.2mmH₂O; vena cava inf. (liver の直下) = 16.3mmH₂O; vena cava inf. (v. renalis. の分岐部) = 31.8mmH₂O; v. iliaca comm. = 40.4mmH₂O; v. fem. (v. saph. mag. の分岐部) = 52.2mmH₂O.

2) v. jug. ext. から vena cava の心房開口部までの圧勾配は距離 1cm 毎に 3.76mmH₂O で v. femoralis より心房開口部までの圧勾配は 2.55mmH₂O である。胸腔内圧を 0 とした時は静脈の胸腔内への移行部に見られる急峻な圧勾配は消失し, v. jug. ext. 及 v. fem. より心房開口部迄の圧勾配は夫々 0.35, 0.82mmH₂O となった。

3) 胸腔内 vena cava とくに v. c. sup. と心房開口部の間には圧勾配が少い。これは vena cava には血液は停滞して居ることを示すものである。

文 献

1) Burton-Opitz, R. (1902) The flow of the blood in the external juglar vein. Am. J. Physiol. 7, 435

2) Burton-Opitz, R. (1903) Venous pressures. Am. J. Physiol. 9, 198
 3) Clark, J. H., D. R. Hooker, and L. H. Weed (1934) The hydrostatic factor in venous pressure measurements. Am. J. Physiol. 109, 166
 4) Eppinger, H. and L. Hofbauer (1911) Kreislauf und Zwerchfell. Z. f. Klin. Med. 72, 154
 5) Franklin, K. J. and R. Janker (1934) Effects of respiration upon the venae cavae of certain mammals, as studied by means of X-ray cinematography. J. Physiol. 81, 434
 6) Franklin, K. J. (1937) A Monograph on Vains. 237. (Ch. c. Thomas)
 7) Gollwitzer-Meier, Kl. (1932) Venensystem und Kreislaufregulierung. Ergeb. d. Physiol. 34, 1145
 8) Holt, J. P. (1941) The collapse factor in the measurement of venous pressure. The flow of fluid throughout collapsible tubes. Am. J. Physiol. 134, 202
 9) Jacobson, H. (1867) Ueber die Blutbewegung in den Vene. Arch. f. Anat., Physiol. u. Wiss. Med. 224
 10) Landis, E. M. and J. C. Hortenstine (1950) Functional significance of venous blood pressure. Physiol. Rev. 30, 1
 11) Mettenleiter, M. (1924) Die Bedeutung des Zwerchfells für den Blutkreislauf. Dtsch. Z. Chir. 188, 379
 12) Pogany, J. (1931) Der Venendruck und seine klinische Bedeutung. Ergeb. d. inn. Med. u. Kinderh. 41, 292, 314
 13) Rost, E. (1932) Beitrag zur Kenntnis der Kreislaufverhältnisse bei Wiederbelebung durch Veränderung des intrapulmonalen Drucks. Z. f. ges. exp. Med. 82, 255
 14) 銭場武彦 (1941) 大静脈近心部に於ける自効的收縮に就て 日本生理誌 5, 370
 15) Wiggers, C. J., Levy, M. N. and G. Graham (1947) Regional intrathoracic pressure and their bearing on calculation of effective venous pressures. Am. J. Physiol. 151, 1
 16) Wiggers, C. J. (1951) Physiology in Health and Disease. 703 (Lea & Febiger, Philadelphia)

Summary

1) The average venous pressure in sixteen dogs, varying in weight from 4.5 to 11 kg, was as follows.

The determinations were made by venous catheterization (2.0 mm tubing) filled with a concentrated sodium citrate solution of specific gravity 1.040. A horizontal line was drawn through the junction of the right auricle and vena cava. The general blood pressure was above 85 mm Hg in all examples.

The peripheral part of the right external juglar vein : 39.5 mmH₂O

The central part of the right external juglar vein : $-6.9 \text{ mmH}_2\text{O}$

The peripheral part of the thoracic vena cava : $-9.6 \text{ mmH}_2\text{O}$

Thoracic vena cava in the neighbourhood of the right auricle : $-12.5 \text{ mmH}_2\text{O}$

Thoracic vena cava under the diaphragm : $5.2 \text{ mmH}_2\text{O}$

Abdominal vena cava under the liver : $16.3 \text{ mmH}_2\text{O}$

Abdominal vena cava on the bifurcations of the renal veins : $31.8 \text{ mmH}_2\text{O}$

Common iliac vein : $40.4 \text{ mmH}_2\text{O}$

Right femoral vein on the bifurcation of the large saphenous vein : $52.2 \text{ mmH}_2\text{O}$

2) The venous pressure decreases gradually from the periphery toward the centre on the circulatory system. The fall in pressure from the external juglar vein to the central vena cava amounts to $3.76 \text{ mmH}_2\text{O}$ for every 1 cm distance, and that from the femoral vein to the central vena cava amounts to $2.55 \text{ mmH}_2\text{O}$ for every 1 cm distance. However, there is a remarkable fall in pressure in the part from the external juglar vein to the anonymous vein and also in that part of the inferior vena cava under the diaphragm. The fall in pressure in these respective points amounts $7.94 \text{ mmH}_2\text{O}$ and $6.53 \text{ mmH}_2\text{O}$ for every 1 cm distance.

After the chest is opened, these sharp gradients of pressure disappear, and the fall in pressure from the external juglar vein and the femoral vein to the central vena cava amounts to $0.35 \text{ mmH}_2\text{O}$ and $0.82 \text{ mmH}_2\text{O}$ for every 1 cm distance.

This shows that the blood flow into the thoracic vena cava depends mainly upon the intra-thoracic negative pressure.

3) The fall in pressure of the thoracic vena cava is trifling, which shows that the blood is stagnant in the central vena cava and has formed a pool.

(Department of physiology, Hiroshima Medical School)

章 魚 の リ ン パ 管 の 検 索 612.423

Studies on the Lymphatics of the Octopus, Mollusca.

安 藤 義 夫 (Ando-Yoshio)*

I. 緒 言

1763年 William Hewson¹⁾ は種々なる動物(海亀, 鳥類, 魚類)に於て腸間膜のリンパ管を最初に発見し, 次で1774年には魚の粘膜に於けるリンパ管の網状構造を記載している. 1866年 Langer²⁾は蛙の腸のリンパ管に色素を注入する等, かくして脊椎動物は魚類に至る迄リンパ管の存在が明かにされるにいたった. Richard Hertwig³⁾ (1905) によれば無脊椎動物と脊椎動物とは循環系に於けるリンパ管の有無によって区別する事が出来ると言っている.

私は無脊椎動物のリンパ管の有無を追及しようと思い, 無脊椎動物中特に軟体動物に就て此れが検索を行おうとした. 而して軟体動物は開放性並びに閉鎖性の両端に互って夫れ夫れの血管系を持つものであるが, 私は特に閉鎖性血管系を有する章魚を採りあげて, 求むるリンパ管の存在を些か明らかにし得たと思うので此処に報告したいと思う.

II. 実験材料並びに実験方法

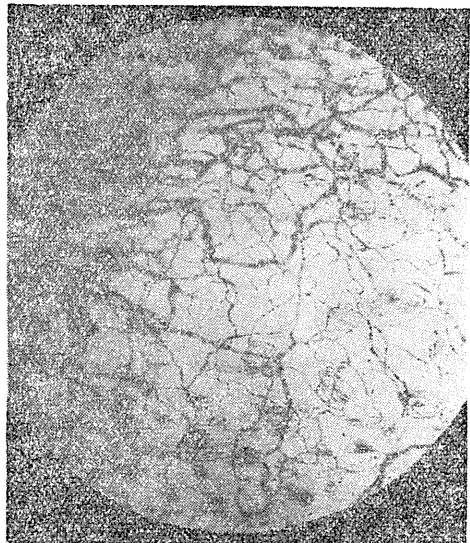
まだこ (*Polypus vulgaris* L.) 平均体重1125gを用いた. 外套膜背面に於て正中線に沿って縦に切開し, 続いて肝臓を被う筋性の被膜を同様縦に切開すれば大動脈が現われる. 肝動脈分岐部より心臓よりの点にてガラスカニューレを頭部の方向に挿入し, 海水柱 30mmの圧にて海水を灌流, 稍乳白色の血液が大動脈の他端より完全に流失し去った後, 25%墨汁+5%ゼラチン液に切代えて同様灌流を続ける. 墨汁が全身に灌流された時, 大動脈の両端を同時に結紮して墨汁の流失を防止する. 続いて外套膜腹面に於て中央外套膜牽引筋を切断し, 漏斗近部の外套膜辺

縁より正中線に沿って心臓部迄縦に切開して, 二分された外套膜左右に開く.

豫め細いガラス管にて作った極小の針と 5ccの注射筒とを細いゴム管で連結し, 注射筒には15%墨汁を入れて置く. 此の注射針を以て外套膜内面上皮下に刺して墨汁を注入する. かゝる操作を所々に繰返す事に依り, 外套膜内面に脈管形態を有する墨線が孤々, 或いは連続して現われて来る. かくして得られた標本は10%ホルマリンに固定し, 所要部位を採ってアルコールにて完全に脱水し, クレオソート, キシロールにて透明にし, カナダバルサムで封じ, 検鏡するか或いは顕微鏡写真で撮影して観察した.

III. 実験成績

1) 外套膜内面上皮下に於ける毛細血管の分布状態 第1図は墨汁のみを全身灌流したる場



第1図

合, 外套膜内面上皮下に近く認められる毛細血管の分布状態を示すもので, 即ち完全なる閉鎖性

* 広島医科大学生理学教室

の毛細血管網が認められる。第1表はその口径及び形成する網眼の大きさを示したものである。

第1表			
種類	部位	口径 (μ)	網眼 (μ)
毛細血管	外套膜内面	36.6~18.3	{縦109~138 横180~256}
毛細リンパ管	外套膜中央	146.4~91.5	{縦201~219 横915~1007}
リンパ管	{外套膜邊緣 漏斗}	457.5~274	
	内臓囊	732~457.5	

2) 毛細血管並びに脈管の分布構造 次に実験方法で述べた如く、外套膜内面上皮下に色素を注入する事により第2図の如き所見が得られ



第2図

た。即ち毛細血管は、1)で観察したのと全く同様で、口径(約 20μ)、網眼(約縦 110μ 、横 180μ)であるが、之れとは全く別に口径の極めて太い(約 100μ)、大きな網眼(約縦 200μ 、横 900μ)を形成する管状の脈管形態を爲すものが観察された。此の口径大なる方の脈管は50例に於て、常に血管系を灌流した際には全く認められず、皮下組織内へ色素を注入した時のみ認められる点から空洞様な脈管でない事は判別出来る。此の管は伸展性が頗る大であるばかりでなく、第2図に於ける如く3本の管形に沿って毛細血管が圍繞し、或いは交叉する所見も認められる。以上の諸点並びに後述する種々の所見より之れ

をリンパ管様の脈管と考えられる点が多く、爾後はかゝる構造の管形をリンパ管と呼称して観察を続ける事とする。

3) リンパ管各部の形態並びに其の分布構造 そこで更に身体各部に就て此の種のリンパ管を有する部を検索すると、第2図の如き比較的太いリンパ管は外套膜邊緣の内面上皮下及び漏斗内面に認められ、内臓を包む内臓囊の薄い被膜には更に太いリンパ管が認められる。而して末端部に於ける構造は第3図の如く網状構造を呈



第3図

するが、処々に盲端に終る部を認める。しかし組織内に開放する所見は認められず、完全なる閉鎖管系なる事が認められる。今各部に於けるリンパの口径並びに形成する網眼の大きさは、第1表に示す通りである。第3図に於て稍太い墨線は、毛細リンパ管であり、黒線を所々と区劃する細い白線は、其れを取囲む毛細血管である。かゝる網状の毛細リンパ管が外套膜中央部より漸次集合しながら口径も漸次太くなり、鰓基部及び心臓への二方向に別れて走っているが動静脈系への連絡部位或いは豫想されるリンパ心臓の存在の有無は明かに爲し得なかった。其の他鰓基部近辺は細小なるリンパ管が平行して走り、外套膜及び内臓囊、漏斗に分布するリンパ管が此処で錯綜しているのが認められた。亦

瓣の有無は判然としないが、恰も瓣の膨隆を思わしめる像が所々に見られたが、外套膜筋肉層にはかゝるリンパ管の存在は認め難かった。

IV. 考 察

章魚の血管系が高度なる発達を爲している事は1913年 George Grimpe⁴⁾ により詳細なる研究が爲されているが、リンパ管に関する記載はない。私は以上の実験方法によりリンパ管様の脈管の存在を確認し得たと考える。即ち此の脈管は第1表の如くであるが、此れをリンパ管と判定するには以下の三点を特に注意した。

1) 此の管形の口径は其の末端部に於ても毛細血管に比して極めて大で、其の末端は網狀の構造を呈する事並びに所々に盲端部を認め、或いは膨隆せる部を多く認める等、形態的に此れを蛙や亀の腸間膜並びに蹼膜等のリンパ管と比較すると相似た点が甚だ多い⁵⁾。

2) 更に此の脈管が極めて伸展性の大きな事は色素注入により管形の膨大する点で明らかであり、之れも亦血管と比較してリンパ管の特徴と言えよう⁶⁾。

3) 又此の脈管が血洞、或いは血液貯溜を目的とする血管拡張部位と考えられるも、然りとすれば其の部は動静脈系とは密接なる連絡を必要とするものと考えられる。而して実験総数50例に於て墨汁全身灌流を行った結果、かゝるリンパ管様の管形は全然認められず、閉鎖性の血管系のみが認められるのである。別に外套膜皮下の組織に色素を注入する事により初めてかゝるリンパ管様の脈管が認められる事は血洞様構造を否定出来ると考えられる。

4) 而して此の脈管系は末端部、基部共に毛細血管にて屈繞、或いは交叉され、末端部は組織間隙に開放しない閉鎖性の脈管系である事もリンパ管様の管系の特徴の1つと考えられる。

以上の諸点を考察して、私は此処に此の脈管をリンパ管と考えるに至った。1885年 Ioubin⁷⁾ は鰓の基部で外套膜上皮内に在る腺様物を変形細胞の腺と豫想し、亦1897年 Cuinot⁸⁾ は鰓心臓の腺様附属物をリンパ腺として挙げてゐるが

鰓基部近辺に於けるリンパ管の錯綜している状態よりして、リンパ管の動静脈への連絡部位及びリンパ心臓の所在を特に鰓基部近辺に求め、注意して検索したが不明に終ったが、此れは今後に残された課題である。以上の結果よりして軟体動物、章魚に於けるリンパ管の存在は明らかであると考ええる。

自分は先に軟体動物、牡蠣の外套膜に於て体液循環を観察し⁹⁾、牡蠣に於ては血管系は末梢端で組織間隙に開放し、体液が組織間隙を流れるのを認めたが、章魚の場合では同じ軟体動物であるのに拘らず完全なる閉鎖性の血管系を爲し、同時にかゝるリンパ管系が存在する事は閉鎖性血管系に達すれば其処に何等かの脈管外の体液通路が必要となる事を暗示するものとして極めて意義のある事と思う。

V. 結 語

無脊椎動物中、特に軟体動物、章魚に就てリンパ管の検索を行い、比較解剖生理学的にリンパ管と判定する種々なる所見を得たので其の存在に就て考察を行った。

文 献

- 1) Hewson, W. (1763) cited from Drinker, C. K. The Lymphatic system (1942) Lane Med. Lectures., 59
- 2) Langer (1866) cited from Winterstein, H. (1911) Handbuch d. vergleichenden Physiologie 2 BD., 1353
- 3) Hertwig, R. (1905) Allgemeine Zoologie., 94
- 4) Grimpe, G. (1913) Das Blutgefäßsystem der dibranchiaten Cephalopoden., Teil I., Octopoda
- 5) 入沢 宏 (昭和24年) 腸に於けるリンパ管に就て 廣島医学 2
- 6) 入沢 宏 (1949) 毛細淋巴管の構造と機能 日新医学 36, 18
- 7) Joubin, L. (1885) cited from Winterstein, H. (1925) Handbuch d. vergleichenden Physiologie I BD., 661
- 8) Cuinot, L. (1897) cited from Winterstein, H. (1925) Handbuch d. vergleichenden Physiologie I BD., 661
- 9) 安藤義夫 (昭和25年) 開放性血管系の構造に就て 廣島医学 3

Summary

It was generally accepted by many authors that in invertebrates there are no lymphatics in their body fluid circulation, and they appear at first in fishes.

Author attempt to study the lymphatics of the invertebrates and found the complicated nets lymphatic capillaries in the Octopus, Mollusca. (*Polypus vulgaris* L.) In this animal, the blood flows through the complicated closed blood capillaries, which is shown in Fig. 1 with microphotograph.

After perfusion of india ink-sea water solution contained with the 5% gelatine through the whole blood capillaries of the Octopus, author injected a dye solution into the subepithelial surfaces of the mantel. And observed a closed lymphatic capillaries of a large diameter about 91.5μ . Because their structure and their distensibility were similar to the lymphatics of the amphibia, author considered these capillaries were the lymphatics of the Octopus.

Author discussed from the stand-point of the body fluid circulation that the Octopus which has closed blood capillaries has lymphatic capillaries to carry away the extra-vascular tissue fluids.

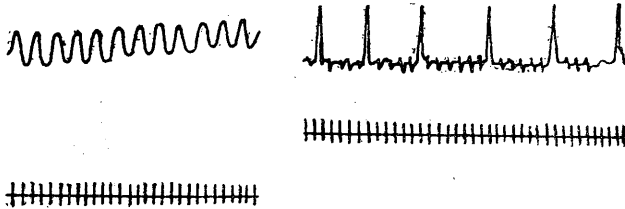
(Department of Physiology, Hiroshima Medical School)

第1図 の如く剔出血管は容器内に水平位で固定し、(A)の部を書桿に連結し、(B)の部のカニユーレは毛細管ピペット(C)に連結し、毛細管ピペットは中間に5ccの注射筒を介して海水マノメーター(D)に連結する。容器内の血管は(E)より送る新鮮なる海水により絶えず灌流される。以上の装置により注射筒にて血管内圧の増減を図り、此の内圧を(D)で読み、毛細管ピペット(C)にて血管内容量及び駆出量を読み、(E)よりの灌流液は海水又は藥物を加えた海水と適宜変化せしめ、又温度の調節は電気ヒーター或いは氷にて容器を外部より夫れ夫れ加温、冷却せしめて容器中の寒暖計にて此れが目盛を読む。而して剔出血管の收縮運動は(A)に連結せる書桿によりキモグラヒオンに描記させる。組織学的検索はヘマトキシリン、エオジン染色法を行つた。尙藥物はアドレナリン(第一製藥)。

アセチルコリン (武田), 乳酸 (局方) を用いて実験した。

Ⅱ. 実験成績

A) 動脈 摘出血管の収縮状態は大動脈では第2図の如く室温にて12秒に約1回の週期的収縮運動がある。此れは血管の縦軸に沿う運動であって、容量の変化は収縮時と弛緩時では極めて微量である。



第2図 (いずれも時間(T)は6秒) 第3図

B) 静脈 動脈の週期的収縮は微弱であったが、静脈では極めて著明なる収縮運動が見られる。即ち第3図に示す如く血管の縦軸に沿う収縮と血管の横軸に沿う収縮との2種類の運動が認められる。第3図で大きい収縮は縦のものであり、小さい収縮は横の運動を示す。かゝる2種類の運動は描写曲線上に明かに区別出来、室温にて縦の収縮は42秒に1回、横の収縮は6秒に1回の割合で週期的に行われ、通常は此の両収縮が合併する事が多い。大静脈に於て、此の両者の収縮数並びに血管からの駆出量を比較すると、何れも縦の収縮は横の収縮より少であった。然し加圧、アドレナリン作用時に際し、此の関係が逆になる場合も認められた。血管の収縮運動は主として末梢から中枢に向うが、時に収縮が逆方向に傳わる場合も認められ、特に血管内圧の高い時に出現する事が多い。

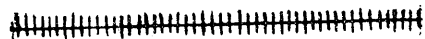
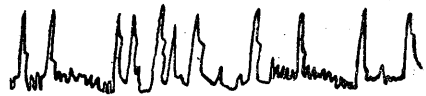
1) 内圧 静脈の自仿運動に対して極めて敏感に反応し、海水柱1~2mmの加圧により血管内圧甚しく高度ならざる限り直ちに著明なる横の収縮を伴う縦の収縮が認められた。之れに反し減圧の場合には此の現象は余り認められなかった。第1表は海水柱6mmづゝ加圧し、其の自仿運動の変化を収縮数(1分間)と駆出量とを以て示したものであり、第4図は加圧による

第1表 内圧に対する影響
内圧(海水柱mm) 収縮数(1分間) 駆出量(毎回cc)

6	5	0.096
12	4	0.07
18	7	0.24
24	7	0.27
30	10	0.48
36	14	0.564
42	8	0.384
48	6	0.192
54	9	0.288
60	7	0.186

影響を示すものである。而してその収縮数と駆出量とは共に内圧に対して平行する傾向が見られ、最高収縮数と最高駆出量とは一致している。尙同一血管に於て加圧実験を反復する場合、2度目の実験では低い内圧でもより多く駆出する事が認められる。

33mm 36mm



第4図

2) アドレナリン 濃度 10^{-7} より 10^{-4} まで漸次高濃度のアドレナリンを作用させた。第2表の如く駆出量は 10^{-4} まで減少し続けるが、毎分

第2表 アドレナリンに対する影響

濃度	収縮数(1分間)	駆出量(毎回cc)
作用前	4	0.18
10^{-7}	3	0.15
10^{-6}	2	0.09
10^{-5}	2	0.06
10^{-4}	9	0.06

の収縮数は 10^{-5} 迄は減少するも 10^{-4} に至って著

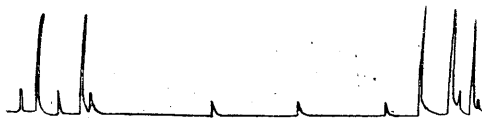
明なる増加が現われる。従って毎分の駆出量は常に減少を示し、濃度 10^{-4} の作用により収縮数増加するに及んで初めて増加するが、アドレナリン作用前に比較すれば矢張減少を示している。収縮は週期横 1.5 秒、縦 3 秒となり、自動運動は活潑となる。

3) アセチルコリン 濃度 10^{-7} より 10^{-4} まで漸次高濃度のものを作用させて行つた。第3表の如く濃度 10^{-7} に於て収縮数の減少を來すも

第3表 アセチルコリンに対する影響

濃 度	収縮数(1分間)	駆出量(毎回cc)
作用前	7	0.3
10^{-7}	2	0.36
10^{-6}	1	0.3
10^{-5}	0	0
10^{-4}	0	0

駆出量は増加し、爾後濃度の増加と共に両者共に減少し、 10^{-5} では弛緩状態で停止する。第5図の様に自働運動は 10^{-7} より縦の収縮力は消失



第5図

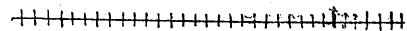
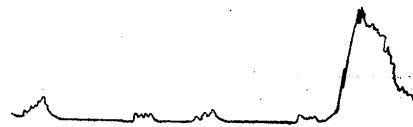
し、僅に横の収縮力のみ存して弛緩状態迄継続する。

4) 乳酸 濃度 10^{-7} より 10^{-4} まで漸次高濃度のものを作用させて行つた。第4表の如く濃度

第4表 乳酸に対する影響

濃 度	収縮数(1分間)	駆出量(毎回cc)
作用前	7	0.214
10^{-7}	6	0.205
10^{-6}	7	0.24
10^{-5}	7	0.25
10^{-4}	7	0.25

10^{-7} に於て一時収縮数並びに駆出量は稍減少するが、爾後濃度の増加と共に両者は漸次増加する。而して血管の容量は増加し、血管は軽度なる拡張状態を呈するのが認められる。自働運動は濃度 10^{-6} より特異なる運動を行い、即ち第6図の如き 3~4 個の収縮運動が1群となり、



第6図

約27秒位の間隔を置いて続いて現われる。亦自働運動は縦の収縮力が減少し、横の収縮力のみ存続し、海水にて置換すると強い縦の収縮が現われる。

5) 温度 温度に対する自働運動の影響を見るに第5表の如く収縮数は 10°C より 18°C 迄は温度の上昇と共に増加し、 18°C より以上にては減

第5表 温度に対する影響

温度	収縮数(1分間)	駆出量(毎回cc)
10°C	3~4	0.018
12	9	0.06
14	14	0.096
16	15	0.12
18	16	0.156
20	8	0.192
22	4	0.19
24	3	0.18
26	2	0.162
28	1	0.144
30	4	0.12

少を來している。而して駆出量は 10°C より 22°C 迄は温度と共に増加し、爾後減少を來す。而して 30°C 近辺にては収縮数の一時的増加が見られた。

実験に使用したる章魚の大静脈、大動脈の部

位をヘマトキシリン、エオジン染色法或いはワンギーソン氏染色法を施したる切片標本にて観察するに、輪状並びに縦走する滑平筋は之れを認むるも横紋筋繊維は認められなかった。

IV. 考 察

Bert⁵⁾ 及び Fredericq⁶⁾ は章魚の血管の蠕動運動を観察しているが、大動脈及び大静脈の自働運動を描記させて見るに、大動脈に於ける自働運動は縦の収縮のみにして、その駆出量の変化も極めて微々たるものであるが、大静脈に於ては之れに反しその自働運動は極めて変化に富んでいる。即ち週期的であると共にその運動には縦の収縮と横の収縮とがあり、宛も腸の蠕動運動に等しく、両運動共に内容液の駆出に与り、体液輸送上大きな役割を有するものと考えられる。心臓より動脈を経て末梢に送られた体液が再び中枢に帰る爲めには、動脈及び静脈に於けるかゝる自働運動の相違は故ある事と思われる。而して静脈に於ける血流調節、血圧調節も全てかゝる運動で行われ、静脈内血圧の上昇に際しては反動的収縮を行って中枢への影響を阻止し、時に血流の逆行が行われるのは腕部の中静脈に於て明らかに認められる。大静脈に於ける血管の収縮運動は縦の収縮に横の収縮が加つて現われ、それは加圧のみならず種々の刺激に対しても現われるものである。アセチルコリン或いは乳酸にては血管は拡張し、縦の収縮力は減少或いは消失した。かゝる事実は縦走筋が血管の緊張保持に大なる役目を持っていると思われる。之れに反し、アドレナリンにては濃度 10^{-4} で著明なる収縮数の増加を來すが、血管は収縮状態となって駆出量は減少する。然してその収縮運動は縦及横の収縮が著明に増加し、自働運動は促進するものと考えられる。内圧に対する自働運動を見るに収縮数と駆出量とは平行する傾向に在り、体重1100gの章魚の大静脈内圧を18mm海水柱として、36mm海水柱の圧迄は収縮数並びに駆出量は圧に平行して増加し、それ以上の加圧に対しても両者とも平行して漸次減少している。斯る事実はアセチルコリンが血

管の自働運動を抑制せしめる事と対称的に内圧は血管の自働運動を促進さすものと言えよう。温度に対する自働運動を見るに、収縮数は 10°C より 18°C 迄は温度上昇と共に増加し、 18°C より以上にては減少を來している。而して駆出量は 10°C より 22°C 迄は温度と共に増加し、爾後減少を示している。小久保⁷⁾ に依れば章魚の最適水温は 13°C より 16°C の間に在ると言っているが、かゝる事実と比較して温度は血管の自働運動を促進するものと考えられる。章魚の大静脈、大動脈をヘマトキシリン、エオジン染色或いはワンギーソン氏染色法を施したる切片標本にて観察するに、輪状並びに縦走する滑平筋は之れを認むるも横紋筋繊維は認められなかった。即ち章魚の血管の自働運動は滑平筋によるものと考えられる。

V. 結 語

1) 章魚の大動脈には室温にて平均1週期12秒の週期的な収縮が存在する。而して収縮時の駆出量は微量である。

2) 章魚の大静脈には週期的な縦と横との収縮がある。縦の収縮とは血管の縦軸に沿う収縮であり、横の収縮とは血管の横軸に沿う収縮である。縦の収縮は平均1週期42秒、横の収縮は1週期6秒である。横の収縮数及び駆出量は通常縦のそれより多い。

3) 静脈は加圧に対し敏感に新たな収縮を起し、収縮数及び駆出量は内圧と平行関係にあり、内圧により血管の自働運動は促進する。

4) アドレナリンでは濃度 10^{-4} で著明なる収縮数の増加を來すも、一方その駆出量は減少を來す。収縮は1週期横1.5秒、縦3秒となり、自働運動は活潑となる。

5) アセチルコリンでは濃度 10^{-5} で停止状態となり、血管の自働運動は抑制される。

6) 乳酸では 10^{-6} より 10^{-4} に至る濃度で多少収縮数及び駆出量は増加し、血管は軽度なる拡張状態を呈し、且つ3~4回に及ぶ横の収縮が1群となって平均27秒位の間隔を置いて繰返される特異なる収縮運動が現われる。尙アセチー

ルコリン, 乳酸にては縦の収縮力は減少或いは消失する。

7) 温度 10°C より 30°C 迄の実験では収縮数は 10°C より 18°C 迄は温度と共に増加し, 18°C より以上では減少する。駆出量は 10°C より 22°C 迄は温度と共に増加し, 爾後減少を來す。而して温度は血管の自働運動を促進する。

文 献

- 1) Johnes, W. R. (1852) cited from W. M. Bayliss (1923) The vaso-motor system, 14

- 2) 錢場武彦 (1941) 大靜脈近心部に於ける自動的収縮性に就て 日本生理誌 5, 370
- 3) 渡辺俊男 (1941) 靜脈の週期的収縮性に就て 日本生理誌 5, 367
- 4) 百々芳雄 (1950) 体液循環 生理学の進歩 I, 383より引用
- 5) Bert, P. (1867) cited from Winterstein, H. (1925) Handbuch d. vergleichenden Physiologie I BD, 976
- 6) Fredericq, J. L. (1878) cited from Winterstein, H. (1925) Handbuch d. vergleichenden Physiologie I BD, 976
- 7) 小久保清治 (1948) 海洋生物学 養賢堂 219

Summary

Author studied the effect of certain conditions to the rhythmical contraction of the extripated aorta and vena cava of the Octopus, and observed following results.

1) Aorta of the Octopus contracts rhythmically about 5 times in a minute. And its volume of the output is little.

2) Contraction curves of the vena cava of the Octopus shows two curves : that is a small contraction with little height superimposed to a large spike contraction. This small contraction is due to the longitudinal contraction of the blood vessel and the large is to the lateral contraction. It was also observed that the vein also reacts sensitively to the change of inner pressure. The number of contraction and the volume of output increase parallel to the increase of pressure.

3) Adrenaline increases the contraction rhythm, but the volume of output decreases. On the contrally acethylcholine supresses the automatic contractility of the blood vessels and $1:10^{-5}$ of its solution caused stoppage of contraction.

4) 10^{-6} to 10^{-4} lactic acid solution increases both the rhythmical contraction and the volume of output. The contraction curves are somewhat specific, and it looks like the contracture of the muscle. 3-4 spike contraction repeatedly superimposed to the normal longitudinal small contraction curves.

In the case of acethylcholine and lactic acid, longitudinal contraction decreases or disappears.

5) The effect of the temperature to the rhythmical contraction of the vein were also studied. During the experimental temperature of $10-18^{\circ}\text{C}$ contraction increased, and then gradually decreased until $18-27^{\circ}\text{C}$. But when temperature reached at 30°C its contraction suddenly increased.

The volume of output also increased or decreased parallel to the number of contraction.

(Department of Physiology, Hiroshima Medical School)

皮膚圧迫の筋緊張に及ぼす影響 612.829.33

(第3報) 人の上肢筋及び頸筋に及ぼす影響

The Effects of Pressure on the Skin upon the Muscle Tone.

3rd Report. Studies on the Neck and Arm Muscle Tone of Man.

長谷川 渙・倉島昭示 (Hasegawa-Akira・Kurasima-Syôzi)*

I. 前 お き

さきに高木など¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾¹⁹⁾により、半側発汗が皮膚に与えられた非対称性圧迫によって起ることが発見されて以来、皮膚の圧迫が單に発汗現象のみならず、その他の自律神経機能に対しても廣範な影響を及ぼす事が次々と報告されている⁵⁾⁸⁾¹¹⁾¹²⁾¹⁵⁾¹⁸⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾。一方皮膚からの求心性衝撃が、筋緊張に変化を及ぼすことは既に動物及び中枢神経系異常の人間に於いて観察されている。例えば手術的に大脳を取り去った視床体猿を床の上に横位にねせると下側の上下肢は伸展、手は開排し、上側の上下肢は屈曲把握する³¹⁾。Magnus¹⁰⁾は、これは下になった側の皮膚が体重により圧迫をうけるために起る現象であるとし、迷路を剔出した視床体家兎を横位にした場合、頭を正常位に向けるのも同様な理由であることを板試験 (Brett-Versuch) によって証明している。

Rademaker¹³⁾は犬に於ける magnet-reaction は足蹠に触れたのみで起ることを報告している。Beritoff⁴⁾は去脳した猫及び時には更に迷路を破壊した猫に於て末梢からの刺激が筋緊張に影響することを確めている。また猫に軽度のエーテル吸入麻酔を施して一側体部の皮膚をつまむと、その側の前後肢が伸展し、他側の前後肢は屈曲することは既に報告した通りであり²⁰⁾²¹⁾²⁴⁾、高木により圧-錐体外路反射と命名された²¹⁾。浅野¹⁾²⁾は中枢神経系疾患々者の下肢の皮膚をつまむと、下肢に位置的变化を來すことを報告している。

我々は第1報²³⁾に於てこのような反射が正常

人に於ても起ることを簡単に報告したが、今回は上肢及び頸筋についてより詳細に以下に述べる実験を行ってみた。

II. 実験方法

筋緊張の状態を知るために、時実など²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾により廣く用いられるようになった同心針電極により誘導した緊張筋の單一神経筋単位 (N. M.U.) の spike 放電の放電間隔を測定する方法によって検索した。N.M.U. の放電は、ブラウン管によって観察すると同時に、拡声器に導いてその音を聴き、被検者にも同時にこの音をきかせて筋緊張状態の示標とした。この場合、反射の影響をできるだけ鋭敏に出させるためには、時実²⁵⁾の言う如く、放電間隔を 100msec 程度に保たせるのがよかった。tonic 及び kinetic の線維の E.M.G. の上での差異は時実等²⁷⁾により述べられている。うまく tonic の線維から誘導できれば、被検者が意識的に緊張状態を変えない限り、殆んど一定間隔で長時間 (30分以上も) 同一の線維から誘導することができる。且つ被検者が馴れていれば、殆んど被検筋に力を入れず、無意識的に放電間隔を一定に保たせることも困難ではない。以下の成績はすべてこのような状態のもとで得られたもので、被検者が不馴れの場合には、僅かの刺激で放電状態が変化して実験が困難であった。また電極をさうれていることを強く意識したり、放電を一定間隔に保つために努力している時には圧迫の影響を殆んど見る事ができなかった。

皮膚圧迫には検者の拇指頭、または鉛筆の尻にガーゼを 3~4 枚あてたものを用い、側胸上部 (前腋窩線で 3~4 肋骨の附近) を強く圧迫

* 新潟大学医学部生理学教室 (高木教授)

するか、指でその部の皮膚を強くつまんだ。つまむことも圧迫することも同様な効果のあることがわかったので大部分の実験は圧迫のみを刺激とした。圧迫の場合には、軀幹の反対側に手をかけて押えると、その側からも圧迫されることになり、刺激の効果を不明瞭にすると考え、背部に軽く手をあててに止めた。記録は横河製電磁オシログラフでA型振動子を用いて撮影し、時標としては50サイクル交流に頼った。また一部は、実験の全部を一旦磁気録音機に録音し、重要と思われる所のみを撮影し測定した。

被検筋は、伸筋としては *M. triceps brachii* *M. ext. carpi ulnaris*, *M. ext. digitorum communis*, 屈筋としては *M. biceps brachii*, *M. flex. carpi radialis*, *M. flex. digitorum superficialis*, 頸筋としては *M. sternocleidomastoideus* である。一旦電極をさして N.M.U. の放電を誘導しながら、意識的に被検筋を動かせるような運動をして、放電間隔が短縮または延長することを確かめた後に皮膚圧迫を試みた。被検者の体位は正常椅坐位とし、上体を腹部から上胸部迄を上膊上部と共に椅子の背に軽く帯で固定した。*M. triceps brachii* を調べる時には上肢を下垂して軽く伸展気味にし、*M. biceps brachii* では手を廻外、前膊を約90°屈曲して前の机で前膊中程を支え、*M. ext. carpi ulnaris*, *M. flex. carpi radialis*, *M. ext. digitorum communis*, *M. flex. digitorum superficialis* を調べる場合には前膊を伸展して前の机に載せた上で副木を使用して前膊から上膊中頃迄を軽く固定し、肘関節が動かないようにした。*M. sternocleidomastoideus* の場合には後頭部と椅子の背の間に枕を入れ、額部に帯をかけて椅子の背に軽く固定した。

Ⅲ. 実験成績

1. *M. triceps brachii*

弱い一定の緊張状態を保たせることが比較的容易であり、同側圧迫では筋緊張は亢進し²³⁾、その影響は中等度に現われる。反対側圧迫では緊張は低下するが、同側圧迫に比していくらか反射が起り難く、かなり強い圧で始めて放電間

隔の延長が認められた。

2. *M. biceps brachii*

同側圧迫で緊張減退²³⁾、反射側圧迫で緊張増強するが、概して *M. triceps brachii* に較べて反応が起り難く、その程度もあまり強くなかった。

3. *M. extensor carpi ulnaris*

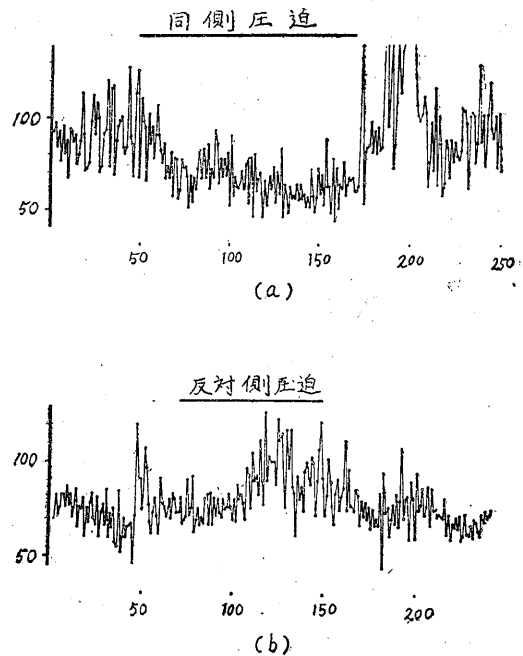
同側圧迫では促進²³⁾、反対側圧迫により抑制で、その程度は *M. triceps brachii* より稍々明瞭で、反射も起り易かった。

4. *M. flexor carpi radialis*

同側圧迫では抑制²³⁾、反対側圧迫では促進であるが、同側を圧迫することにより、放電間隔は著明に増大し、且つ圧迫の力が大して強くなるともこの反射が発現した。しかし、反対側圧迫の時には、同側圧迫の時より圧迫効果が発現しにくい。

5. *M. extensor digitorum communis*

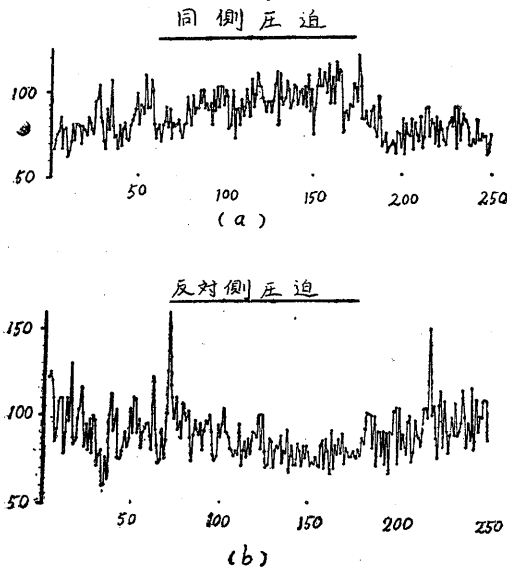
同側圧迫の促進(第1図a)の程度、及び出現の難易は、*M. ext. carpi ulnaris* の場合とほぼ同様、反対側圧迫による抑制(第1図b)は著明で、*M. flex. carpi radialis* に於ける同側圧迫とほぼ同程度であった。



第1図 *M. ext. digit. communis* (r)
縦軸は放電間隔(単位msec)、横軸は放電番号

6. *M. flexor digitorum superficialis*

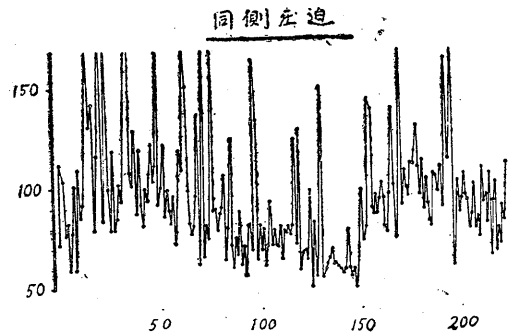
同側圧迫による抑制 (第2図 a) は圧迫の力を相当強くしなければ起らず, 反応の程度は *M. ext carpi ulnaris* 位であった. 反対側圧迫による促進 (第2図 b) は起り易く, 圧迫が強くなると簡単に出現した. 但し促進の程度は強いとはいえない.

第2図 *M. flex. digit. superf. (r)*7. *M. sternocleidomastoideus*

同側圧迫の場合には右側の筋に電極をさして右を圧迫し, 反対側の場合には左側から誘導して右を圧迫した. この筋は一侧, 例えば右側のみが作用すると, 頭が右に傾斜, 且つ左に廻轉するように作用する. 実際右側の筋に電極をさして頭を右に傾斜し, 又は左に廻轉すると放電間隔が短縮し, 両運動の合成方向に頭を向けると最も強く放電間隔の変化が起るのを確かめておいて実験した.

同側圧迫で促進 (第3図) し, 圧迫すれば直ちに且つ著明に放電間隔の短縮するのを認めた. 他方反対側圧迫の場合の抑制は, 同側圧迫の促進に比して反応が起り難く, 実験の初めには不明瞭であったが繰返し圧迫するうちに次第に効果の判定が明かにされてきた.

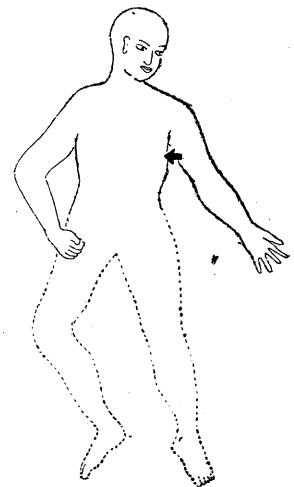
以上の結果をまとめると第1表の如くなる.

第3図 *M. sternocleidomastoideus (r)*

第1表

	同側 圧迫	反対側 圧迫
<i>M. triceps brachii</i>	+	-
<i>M. biceps brachii</i>	-	+
<i>M. ext. carpi ulnaris</i>	+	-
<i>M. flex. carpi radialis</i>	-	+
<i>M. ext. digitorum communis</i>	+	-
<i>M. flex dig. superficialis</i>	-	+
<i>M. sternocleidomastoideus</i>		
+ facilitation, - inhibition		

いゝかえれば一側圧迫の時には, 同側の伸筋の緊張は増加し, 屈筋のそれは減弱する. 反対側圧迫では丁度それと逆になる. 以上圧による個々の筋緊張の変化を誇張して模型的にあらわしたものが第4図で, 一側胸部の圧迫によって如何なる姿勢をとるか理解できよう.



第4図

←は圧迫を現わす. 尚下肢は假定として点線で示した

皮膚圧迫と同時に時実の緊張性頸反射²⁸⁾による四肢筋の緊張状態と比較して見た所, 概して頸反射の影響の方が著明であり, 圧迫の効果の不明な場合でも頸反射は大てい見ることができた.

IV. 考 察

1. 反射を起すに必要な皮膚刺激について

以上の実験を通して見ると、側胸部ならば何処を圧迫しても同様な効果が得られたのではなく、反射の起り易い部位が比較的限局しているように思われた。同じく側胸上部でもその場所から数 cm はなれた所では殆んど圧迫による影響が見られないこともあった。然しその場所は一定しており、被検筋によって移動するというようなことはなかった。圧迫する力は被検筋により比較的弱くともよい場合と、相当に強く圧を加えなければならぬ場合とあり、その場合によって適当に変えた。圧迫の力と筋緊張の増加減少の程度及び反射の出現の難易との関連性については今の所不明であるが、必ずしも平行するものではないようである。皮膚圧迫による筋緊張の変化が圧迫のみならず、単に皮膚をつまむだけで起るということは、種々の圧-自律神経反射と同様にこの反射の受容器も皮内にあることを想像させる²¹⁾。圧-発汗反射は圧迫部位によってその感受性は異なり、腋窩部が最も鋭敏であった^{6) 7) 18) 19)}。圧-筋緊張反射も腋窩部が最も鋭敏ではあったが、圧-発汗反射に比してはるかにその感受性は低く、換言すれば筋緊張は外見上は圧迫に対する反応性の低いものである。

2. 反射の出現様式について

大部分のものは皮膚圧迫と殆んど同時に放電間隔の短縮、または延長を來し、圧迫を続ける間はその状態を保っており、圧迫を止めると同時に以前の状態に復したが、このことは緊張性の反射であることを物語るものといつてよいであろう。圧迫開始後放電間隔の変化が徐々に起ったものもあったが、これは潜伏期が長いとも考えられるが、また前述のように適当な圧迫箇所が比較的限局していたことと考え合わせ、刺激開始の初期には適当な箇所に圧迫が行われておらず、刺激の間に次第にその場所に近ずいたものとも考えることもできる。尙精査を要する所であろう。

3. 筋による反射の強さの差異

次に皮膚圧迫の影響がどのような筋により多く働くかを見ると、概して上膊に於けるよりも前膊、指筋に対してより強く作用している。このことは Fulton など²⁾ が視床体猿等で見ている把握反射に関係あるものであろうが、近藤⁹⁾ のいう緊張性迷路反射の分布状態がやはり軀幹から離れた方に強く起ること、及び後に述べる頸筋の緊張状態が迷路剔出を行った動物のそれと類似すること等と共に、皮膚からの求心性衝撃が迷路からのそれと密接な関係を有するのではないかという暗示を与える。また拮抗筋からの放電を同時に測定しなかったが、恐らく相互神経支配の法則に従った放電変化が存在するものと考えている。

4. 反射の起り得る條件

圧-錐体外路反射は健康成人に於ては極めて弱く、肉眼的観察によつては見る事ができず N.M.U. の放電間隔を測定することにより漸く判定し得るが、そのみでなく、一定の弱い緊張状態を極めて自然、且つ無意識的に保つときにのみ現われ、強く注意をその方向にけるか、または一定の緊張を保とうとして努力しているときには起らなかった。これは大脳からの抑制が強く作用しているためであろう¹⁷⁾。圧-錐体外路反射は猫に於て軽度エーテル麻酔を施した時に著明に起ったが、このこともエーテルの麻酔作用が中枢神経系の上部、即ち皮質の抑制系が麻酔されて反射が起り易くなった時に現われた²⁴⁾ものと見ればよいであろう。

5. 其の他の筋について

M. trapezius の上部については、記録を行わなかつたが、圧迫と同側の筋緊張が亢進するのを見た。この筋は上部と下部では働き方が異なるが、我々の検査した場所では同側の M. sternocleidomastoideus と同様な態度を示していた。猫に於ても皮膚圧迫により同側の頸筋の緊張状態の増加を來す²⁴⁾。一方動物の一侧迷路を剔出すると、頭部は健側に廻轉、剔出側に傾斜する。人に於て皮膚を圧迫した場合に、他のすべての頸筋の作用をも合成すると圧迫側に傾斜するも

のと思われるが、これは前述の如く 圧-錐体外路反射と迷路性反射との関連性を思わせる他の手がかりとなる。

圧迫に対する下肢筋の緊張状態については目下検索中であり、横位にねせた視床体猿の下肢³⁾、猫に於ける交叉性反応の実験²¹⁾²⁴⁾、及び健康人に於ける緊張性腰反射の存在²⁹⁾等から考えて、当然上肢と同様な変化を来すものと思われる。この場合一方の側胸上部に圧を加えたのみでも下肢の緊張変化を来すであろうが、同側の腰部の適当な箇所圧迫を加えると側胸部のみの圧迫よりも強く反応が起るであろう。腰部と胸部の圧迫箇所を左右反対にすれば上肢下肢の反応は夫々圧迫と同側に伸展、反対側に屈曲が起って、動物に於ける交叉性伸屈像と同じ姿勢をとるものと信じている。これは健康人に於ける圧-半側発汗⁶⁾⁷⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²²⁾²³⁾、及び圧による皮膚温度の変化³⁵⁾がやはり上下に分たれることと対応するものであろう。何れ次の機会に報告したいと思う。

動物が横位から立ち直る際、先ず迷路からの反射によって頭部が正常位に持ち来たされ、次いで頸反射、腰反射によって上肢、下肢の順に立ち直り、これに皮膚からの刺激が加重されることは古くからいわれているが、更に皮膚刺激による筋緊張の変化もまた上下に分割されて作用するものと思われる。

V. 結 論

健康成人の一側上胸部の皮膚に圧迫を加えた場合、同側上肢の伸筋の緊張は亢進し、その拮抗筋では減弱する。反対側を圧迫するとその逆になる。またこの反応は上膊より前膊に起り易い。頸筋に於ては圧迫側は緊張増加反対側では緊張減弱を来す。

文 献

- 1) 浅野芳登 (昭和23-24年) 脳腫瘍による去脳強直の際見られたる体姿反射 京都大学外科集談会年報2号, 11
- 2) 浅野芳登 (昭和27年) 反射に関する座談会 (第7回 日本脳神経外科研究会総会) 脳と神経 4, 56
- 3) Bieher, L. J. F. Fulton (1938) Relation of cerebral cortex to the grasp reflex and to postural and righting reflexes. Arch. neurol. psychiat. Chicago, 39, 435-455
- 4) Beritoff, J. S. (1916) On the mode of origination of labyrinthine and cervical tonic reflexes and on their part in reflex reactions of the decerebrate preparations. Quart. J. exp. Physiol. 9, 199-229
- 5) 長谷川 漢 (昭和26年) 体部圧迫の心機能に及ぼす影響 新潟医学会誌 65, 68
- 6) 川瀬隆男 (昭和26年) 体部圧迫の発汗に及ぼす影響 新潟医学会誌 65, 68
- 7) Takao, Kawase (1952) Further studies on "Pressure Sweating Reflex". Jap. J. Physiol. 3
- 8) 高木健太郎・河合 仁 (昭和27年) 鼻甲介血管に及ぼす皮膚圧迫の影響 総合医学 9, 41-42
- 9) 近藤達子 (昭和26年) 健康成人に於ける緊張性迷路反射に就て 体力科学 1, 117-128
- 10) Magnus, R. (1924) Körperstellung, Berlin.
- 11) 松本良二 (昭和26年) 人体の皮膚抵抗について 新潟医学会誌 65, 862
- 12) 宮本清純 (昭和26年) 人の唾液分泌に及ぼす皮膚圧迫の影響について 新潟医学会誌 65, 862
- 13) Rademaker, G. G. J. (1931) Das Stehen. Berlin.
- 14) 櫻井達男 (昭和25年) 軀幹部側部圧迫時の皮温変動について 日本生理誌 12, 44-48
- 15) 櫻井達男 (昭和24年) 軀幹部圧迫時の半側発汗並びに皮温変動について 新潟医学会誌 63, 676
- 16) 櫻井達男 (昭和25年) 上下発汗の動機 日本生理誌 12, 252-256
- 17) Schreiner, L. N., D. B. Lindsley, N. W. Magoun (1949) Role of brain stem facilitatory systems in maintenance of spsticity. J. neurophysiol. 12, 207-216
- 18) 高木健太郎 (昭和26年) 皮膚圧迫の自律神経機に及ぼす影響 生体の科学 2, 1-8
- 19) 高木健太郎 (昭和24年) 半側発汗の動機について 日本生理誌 11, 137-141
- 20) 高木健太郎 (昭和27年) 圧-自律神経反射 脳と神経 4, 3-4
- 21) 高木健太郎 (昭和26年) 自律神経並びに錐体外路反射 東京医事新誌 96, 16
- 22) 高木健太郎他 (昭和25年) 体部圧迫と自律神経機能 新潟医学会誌 64, 214
- 23) 高木健太郎・長谷川 漢・倉島昭示 (昭和27年) 皮膚圧迫の筋緊張に及ぼす影響 (第1報) 生体の科学 3, 169-171
- 24) 高木健太郎他 (昭和27年) 皮膚圧迫の筋緊張に及ぼす影響 (第2報) 日本生理誌 14, 219
- 25) 時実利彦 (昭和26年) 筋電図とその応用 生体の科学 2, 249-254
- 26) 時実利彦 (昭和26年) 筋電図の臨床的応用 日本臨床 9, 1-11
- 27) 時実利彦・津山直一 (昭和26年) 筋電図とその臨床的応用 東京医学会誌 59, 62-85
- 28) 時実利彦・村尾 誠・小片 保 (1951) 健康成人に

- 於ける緊張性頸反射 脳神経領域 11, 49-71
- 29) 時実利彦・村尾 誠・小片 保 (昭和26年) 健康成人に於ける緊張性腰反射 体力科学 1, 149-155
- 30) 土屋重忠 (昭和26年) 体部圧迫の代謝に及ぼす影響 新潟医学会誌 65, 69
- 31) 植木俊二・滝沢修三 (昭和27年) 皮膚圧迫の肺聴診音に及ぼす影響 東京医事新誌 69, 16
- 32) 渡辺澄男 (昭和26年) 人の胃運動に及ぼす皮膚圧迫の影響について 新潟医学会誌 65, 862
- 33) 山田達男 (昭和25年) 半側発汗反射について 新潟医学会誌 64, 707-711
- 34) 山崎恒雄・宮本清純 (昭和27年) 皮膚圧迫の皮温に及ぼす影響 新潟医学会誌 66, 435

Summary

The effects of pressure on the body-surface upon the muscle tone were studied in normal man. The changes of tonic activities of a muscle could be presumed from that of the discharge intervals of the action currents of the muscle.

The subject was pressed by the tip of a thumb or pricked on near the axillar region in normal sitting position. The results are illustrated in the following table.

	pressed side	non pressed side
M. triceps brachii	+	-
M. biceps brachii	-	+
M. ext. carpi ulnaris	+	-
M. flex. carpi radialis	-	+
M. ext. digit. communis	+	-
M. flex. digit. superf.	-	+
M. sternocleidomastoideus	+	-

The symbol (+) indicates the facilitation and (-) the inhibition of the muscle tone. These results show that the pressure on the body-surface acts reflectively the muscle tone. By a pressure on the skin the ipsilateral extensors and the contralateral flexors are facilitated, and the ipsilateral flexors and the contralateral extensors are inhibited. This general feature seems to be similar to that evoked from the neck reflex.

(Department of Physiology, Med. Facul. Univ. of Niigata)

皮膚刺激の筋活動及び“ふるえ”に及ぼす影響 662.829.3

Effects of Touch and Pressure on the Skin upon the Muscular
Activities and Shivering in Rabbit.

長谷川 渙・倉 島 昭 示・佐 藤 素 一

(Hasegawa-Akira・Kurashima-Shôzi・Satô-Motoichi)*

I. 前 お き

さむけ、ふるえ等のある場合に体を押えついたり、重いふとんをかけたりすることによっていくらかでもしのぎやすくなり、反対に背中を軽くなでられることによって一層強く感ずることは日常屢々経験することである。さむけと共に起るといわれる立毛反射は單に寒冷だけでなく、これに機械的刺激が加わると一層起きやすいことが証明されている¹⁾。週期的運動の1つである眼球振盪は圧迫により抑制され、背中の有毛部をなでることにより増強する²⁾。

我々は末梢からの求心性衝撃のうち、皮膚の触刺激及び圧迫刺激が全身の筋活動及び律動的筋活動の1つであるふるえに対して、各々逆の作用があるのではないかと考えて次の実験を行って見た。

II. 実 験 方 法

実験動物は正常家兎で、これを腹位に固定し、室温10~15°Cで30分~1時間靜かに放置した後、筋活動の状態を偽作電流によって調べた。電極は同心型針電極、または2本の注射針を用いた。かゝる條件の下では、靜置せしめた兎の筋活動の存在は電氣的には殆んど認められないか、又は小さい不規則な連続的な放電として認知される程度であって、以下にのべる刺激効果とは明瞭に區別判定されるものである。被検筋は解剖學的に精査しなかったが、左右前後肢の伸筋及び屈筋、背筋、腹筋、頸筋で、これらの筋から誘導した偽作電流を陰極線オッシログラフで觀察しながら拡声器に導いて音を聴く一方、電磁

オッシログラフによって感光紙に記録した。皮膚の触刺激には背中の中毛を吹く、撫でる、軽い棒をのせる等の方法により、圧迫には背部または両側体部を手で押えるか、紙挟みで背中の中毛か耳の附根をはさむ等の方法によった。尙刺激時点は合図によって入れたゝめ多少時間的なずれがある。

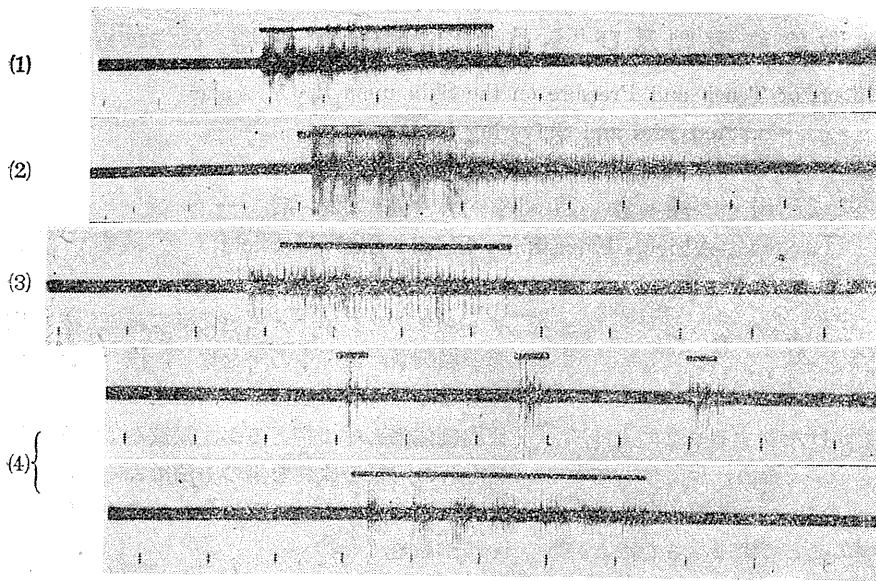
III. 実 験 成 績

1. 皮膚の触及び圧刺激が全身の筋活動に及ぼす影響

a. 触刺激の影響

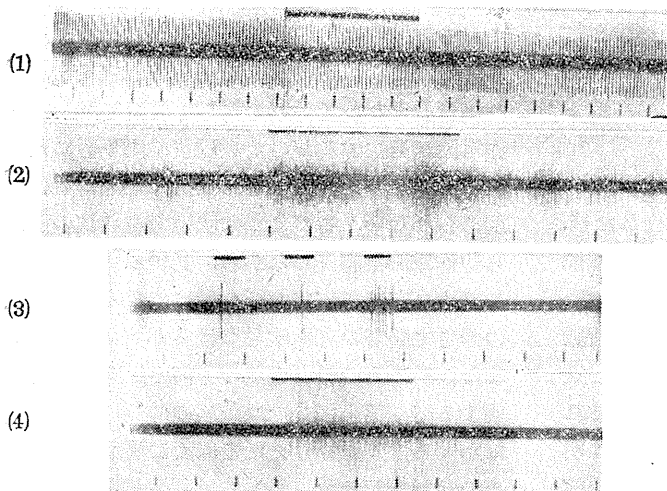
前述の状態で動物を固定し、約30分間放置すると、他から刺激が加えられない間は、家兎は自発的には殆んど動こうとせず、且つ手でふれて見ると肢筋は比較的弛緩しているように感ぜられる。この状態の時に電極を挿入すると、これが刺激となって体動を起し、同時に激しく偽作電流が発生するが、十数秒後には平靜になり特に刺激を与えぬ限り殆んど偽作電流に変化は認められない。このような状態で右前肢の筋から偽作電流を誘導しながら、緊縛した兎の背部の略中央有毛部皮膚の一方所にできる丈け一定の強さで験者の息を吹きつけるか(第1図1)、または鉛筆等の軸で毛並の方向と反対に軽く擦過する時(第1図2)は肢筋の伸側、屈側ともにかゝる触刺激を与えたと同時に著明なる偽作電流の増加を認めた。かゝる触刺激が数秒間一樣に与えられている場合には、筋活動はその間中続いている(第1図3)が、次第に弱まる傾向をとり、1秒以内の短い刺激をくり返し与えた場合(第1図4)には、それと一致したと思われる律動的な放電状態を示した。

* 新潟大学医学部生理学教室(高木教授)



第1図 家兎の前肢筋の E.M.G. に及ぼす触刺激の効果 室温10~15°C

- 1) 背中の毛を1カ所できるだけ一定の強さで吹いたもの。刺激前からあつた tonic な放電は刺激とともに増強し、次第に順応しながらつついている(右前肢伸筋)。
 - 2) 背中を鉛筆の軸でなでたもの。刺激後も著明な後放電をみとめる(右前肢伸筋)。
 - 3) 背中の有毛部を一定の強さで移動させながら吹いたもの。放電は刺激中に減弱して行く(右前肢屈筋)。
 - 4) 上は信号の所で夫々1回強く背中の毛をこすつたもの。下はその偽作を繰り返した。略刺激と同期したと思われる律動的放電を示す(右前肢屈筋)。
- 各図とも上より刺激記号、筋肉偽作電流、時標1秒



第2図 家兎の背筋、腹筋、頸筋の E.M.G. に及ぼす触刺激の効果

- 1) 背中の中央部に軽い棒をのせ、取り去つたもの。のせる時と、除く時に増員 (recruitment) がみられる(背筋)。
- 2) 刺激は背中に鉛筆をのせて動かしたものの(腹筋)。
- 3) 背中の毛を口で一寸だけ吹いたもの。3回目には加速 (acceleration) 及び増員 (recruitment) がみられる(頸筋)。
- 4) 背中の1カ所を一定の強さで吹きつづける(頸筋)。

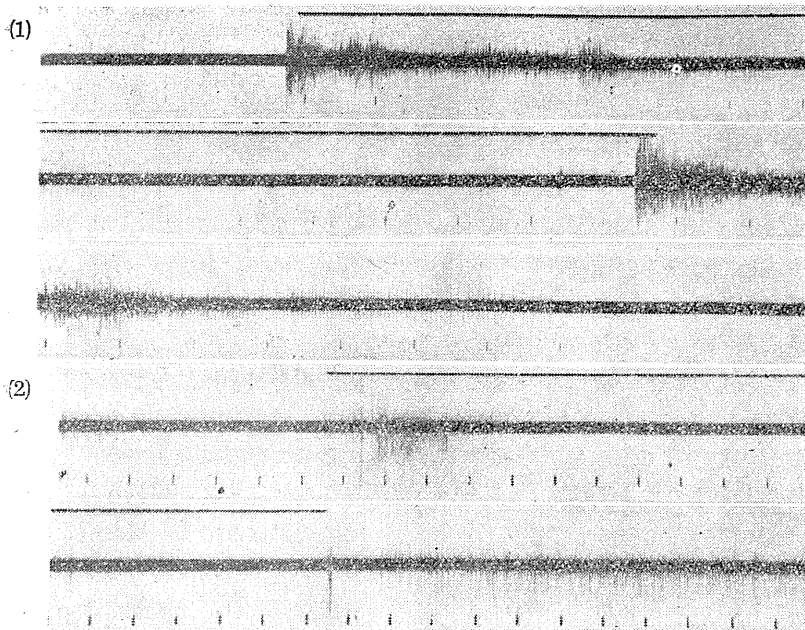
刺激を止める
と放電は速かに
消失し、刺激前
の放電状態にも
どることが多い
(第1図4)が、
数秒乃至十数秒
もの間放電が続
き、次第に消失
して行くことも
あった(第1図
2)。かゝる後放
電は殊に伸側の
筋に著明にみら
れ、一般に触刺
激の影響は屈側
よりも伸側の筋
に強く現われる
ために、外見上
兎の肢は刺激時
伸展位をとるよ
うに動くのが認
められた。

また背部の皮膚に息を吹き当て
る場合には、刺激の当たる場所を
移動させてやった方が以上の効果
が強く出現した。

背筋、腹筋、頸筋でも偽作電流
の上では同様な結果が得られた
(第2図)。

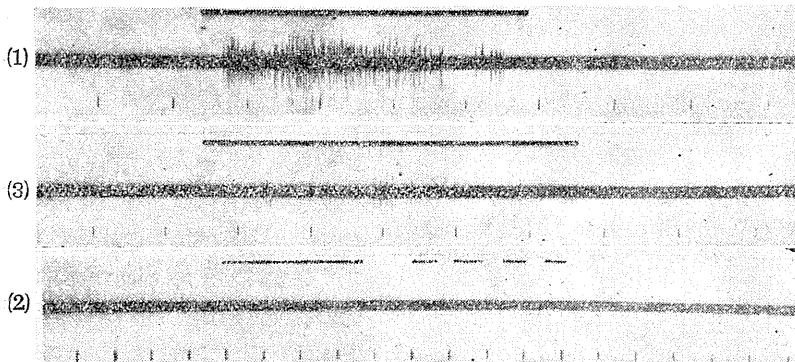
b. 圧迫刺激の影響

aと同様の実験条件に於て、兎
の両側の上胸部を験者の手掌で軽
く皮膚の上から圧迫すると、圧迫
を開始した時とそれを除く時とに
著明な筋活動の亢進の起るのが偽
作電流から見られるが、この場合
その亢進の程度は圧迫を開始した
時より取り除く時の方が強く、且
つ長く持続することが多い。しか
し何れの場合にも偽作電流は10秒



第3図 家兎の E.M.G. に及ぼす圧迫の影響

- 1) 右前肢伸側より誘導、信号の間上胸部を左右から両手掌で圧迫している。圧迫の開始と除去の際に著明な活動亢進をみる。
- 2) 背筋からの偽作電流。刺激は1)と同じ。圧迫中に手を動かしたため僅かな放電がでている。



第4図 家兎の皮膚を圧迫しておいて触刺激を与える実験

- 1) 右後肢伸側より誘導。両側胸部に軽く手掌を押しあてておいて、信号の間背部に息を吹き当てたもの。
- 2) 1)と全く同様であるが、圧迫の力は1)よりも強い。偽作電流は極めて少数しかみられない。
- 3) 右前肢伸側筋の E.M.G. 強く圧迫を加えてあるため、背部を吹いても偽作電流の出現を来さなかつた例。

位で漸次減弱し、放電間隔は長くなり、刺激前の殆んど偽作電流の見られない状態にもどり、圧迫が継続されれば却ってそれよりも放電は少くなり、且つその抑制状態が長く続く(第3図)。

c. 圧刺激を与えておいて触刺激を加えた

場合

a, b と全く同様の条件の下で、触刺激の効果が、豫め与えておいた圧迫刺激により影響されるか否かを見た。即ち縛着した兎の両側胸部を両手掌で軽く圧迫しておき、偽作電流の出現状態が安定になった頃を見はからって背部の皮膚に息を吹き当てた(第4図)。かゝる場合、筋の偽作電流に対する息を吹き当てるといふ刺激の効果は、圧迫を加えていない場合よりもはるかに弱く、圧迫をやゝ強くしておくとも偽作電流の出現が殆んどなかった。殊に両耳の付け根の部分に市販の大型紙挟みでつまんでおいた場合にはどの皮膚面に息を吹きあてても、また毛を強く擦っても放電の出現を見なかった。

2. 触及び圧刺激のふるえに及ぼす影響

家兎を腹位に固定し、室温15°C位から

次第に下げて10~12°Cで放置しておくと、特に触刺激を与えなくとも自然に、且つ間歇的に偽作電流が現われ、遂には肉眼的に所謂ふるえと称せられる状態になることがある。2本の注射針を電極として僧帽筋から偽作電流を誘導して

みると、かゝるふるえの場合には筋の偽作電流は体を自発的に動かした場合の連続的な放電や短い触刺激を与えた時の断続的な放電とは異なっており、数秒の休止期間をおいてほぼ週期的に起って来ていることがわかる(第5図1)。この時背中の皮膚に吹く、撫でる等の触刺激を与えると、ふるえの休止期間でもふるえが起り(第5図2)、刺激をくりかえすとその間は殆んど連続してふるえが起って休止期間がなくなり、且つふるえそのものゝ大きさも肉眼的に大きくなることを知る。偽作電流の上からもこれと一致した所見が得られる(第5図3)。

次に背部、腰部、上側胸部等を手掌で圧迫して見ると、何れの場所を圧迫したときにも圧迫

開始の時に一時ふるえは強く、偽作電流も多くなるが、間もなく弱く、且つ休止期間も長くなり、圧迫している間はこの抑制された状態が続く。圧迫をとる場合にも、一時ふるえが強くなり、間もなく以前の状態にもどる(第6図)。

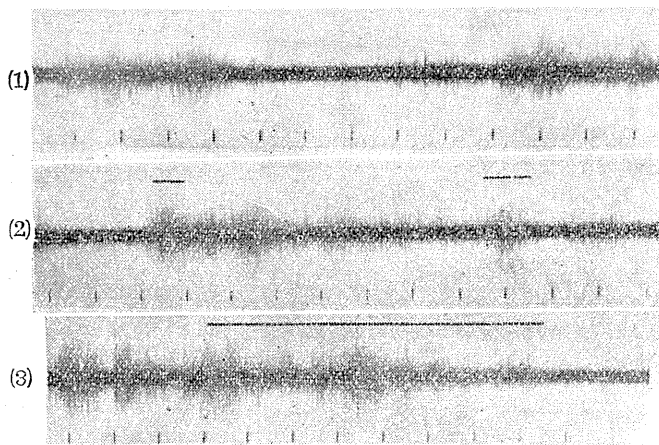
IV. 考 按

以上の実験から、正常縛着家兎のどの皮膚部分をなでても、風を吹きあてても、一過性、相対的活動促進効果が殆んど全身の筋肉に見られることが判る。皮膚を豫め圧迫しておくと、この促進効果は著しく減退するか、または全く消失する。寒さによって自然に発生する所謂ふるえという筋活動促進状態或は不規則な自発的週

期性運動はなでる、風を吹き当てるといふような皮膚の触刺激によって増強され、圧刺激によってはまず一過性の促進効果について、明かな抑制効果が見られ、圧刺激をやめると、一過性の増強状態を経過してもとの状態に復する。

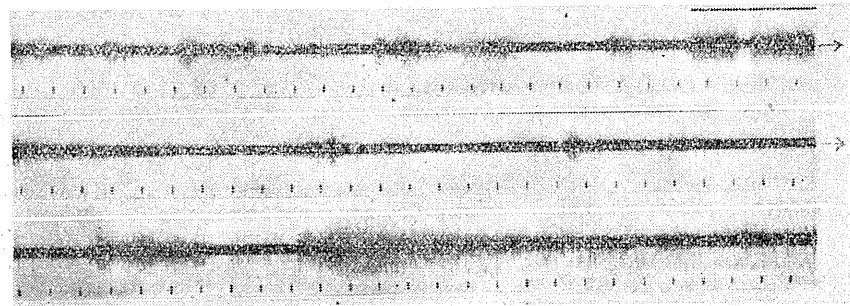
以上のふるえに対する成績は高木等²⁾によって行われた、一側迷路破壊後の家兎眼振に及ぼす皮膚刺激の効果によく一致している。また奥秋等³⁾が人の遺傳性小脳性失調症の患者の直立時下肢筋の活動に対する胸部圧迫の成績ともよく符合する。また Sherrington の犬の搔爬反射が皮膚に押しつけたときは一過性の増強が見られるが

擦過した場合には遙かにその増強作用が強いということ⁴⁾とも相似である。Sherrington はこの理由として、單なる圧迫よりも、なでる、こする事は継時



第5図 ふるえに対する触刺激の影響
家兎の M. Trapezius より誘導 室温 10~11°C

- 1) 自然に生ずるふるえはほぼ週期的に起っていることが E.M.G. の上から判る。
- 2) ふるえの休止期に触刺激(背中を1回鉛筆の軸でなでる)を与えると、ふるえと同様な偽作電流の発生をみる。
- 3) 2)の刺激を繰返すとその間はふるえが増強される。



第6図 ふるえに対する圧迫の効果(第5図と同条件)
信号の間は上胸部を両手で左右から圧迫している。刺激中ふるえの程度は減弱されている

的の加重を起す爲にその作用が強いと推論している。即ち継時的加重 (successive summation) のよき例として挙げているのであるが、私共は次のような理由から別の結論に達したのである。

Adrian⁵⁾によると、軽く皮膚にふれるときの知覚神経の求心衝撃と、これを圧しているときのそれとの間には全く明瞭な差異がある。前者は一過性の不連続な衝撃を送るが、後者は持続的な衝撃を送るという。いわゆる前者は刺激に対する慣れの早い線維であり、後者は慣れのおそい線維である。換言すれば、触と圧とは全く別の神経線維によって知覚されるものであることになる。この2つの異なる線維が反射的にも、筋活動に対して異なる作用、あるいは全く正反対の作用をすると結論したい。即ち慣れ早やの線維は相的、促進的に、慣れおその線維は静的、抑制的に作用する。皮膚を圧迫するときに、搔爬反射に於ても、眼振に於ても、ふるえに於ても最初一過性の促進効果が見られるが、これは圧迫と同時に起る触刺激によるものであり、圧迫後の活動亢進は圧迫による抑制効果の消失と共に起る rebound phenomena 及び圧刺激除去の際に生ずる触刺激によると理解される。圧刺激そのものが促進的に作用していない証拠としては、圧刺激の加えられている間は触刺激は全く無効であること、及び圧刺激によってふるえ等の自発的活動が明瞭に抑制されることから判る。Sherrington は触と圧とを混同し、これを共に同種類の刺激と解釈し、触による増強作用を中枢に於ける継時的加重と解したのであって、これは誤りであろう。未だ Adrian 等の業績の発表される以前であって、やむを得なかったことである。彼も混合求心性神経の人工刺激よりも、特殊受容器を選択的に刺激することができれば反射の意義に対して非常に有益なる資料の得られるであろうことを記載している⁶⁾。また搔爬反射は皮膚の機械的刺激一とする、軽くつねる、毛を引っ張る一によって増強されることも記載している⁷⁾のであるが、圧と触との差異を見逃している。然し電氣的に一小点を刺激する際、電極が毛根部にあると思われる

ときには搔爬反射は増強されるが、より深く入れると、他の反射が起って搔爬反射は抑制されるといっている⁸⁾。この抑制作用は余等のいう圧受容器が刺激された一めによるか否か不明で、今後の研究にまたねばならない。

皮膚の触刺激を慣れ早や、圧刺激を慣れおその線維と解釈すると、必然的にかかる性質を持つ他の臓器の受容器の性質に考え及ぼさざるを得ない。肺には少くとも2種類の線維の存在が証明され⁹⁾ 10) 11) 12)、慣れ早やは相的吸息増強、慣れおそは静的の吸息抑制に作用することが高木等¹²⁾によって証明されている。また横紋筋等にも少くともこの2種の線維の存在が証明されている¹⁴⁾。そして、その夫々の作用が明かにされているものもある。胃、膀胱に於てもこれ等2種類の作用が中根等¹⁵⁾によって明かにされた。

このように考えて来ると、一般に圧、その他によって刺激される伸展受容器には少くとも2種が存在しており、そのうち慣れ早やは相的促進的に、慣れおそは静的に作用すると考えざるを得なくなるのである。

この触、圧の作用は全身のどの部分からも起るものではない。Rademaker¹⁶⁾によると動物の足蹠の圧迫は全身の筋緊張を昂めるといっている。即ち足蹠は発汗に於けるように他の皮膚部分と異った態度を示すようである。またこの作用を起す閾値は場所によって異なるようである。現在の所、触、圧刺激の定量的調節が不充分であるためはっきりしたことは云えぬが、圧迫に対する閾値の低い所は耳介、背中のようにある。

なお、触刺激による一時的促進効果は室温30°C以上の場合も発現せうるが、この場合は1回の触刺激一背中を1回なでる、又は1息ふく一に対して、唯短時間の伸屈両筋の同時収縮にすぎないが、15~10°C以下に長く曝露すると刺激時間を超過して長い収縮が見られる。所謂 facilitatory after-discharge が起る。また單に寒冷のみの作用一勿論呼吸運動等によって身体のある部分にどうしても触刺激が及ぶことは避けられぬ一でふるえという自発的活動促進状態を

示して来る。そしてこの時触刺激はこれをより強化することから考えて、寒冷によって触刺激の閾値は下降し、逆に温熱はこれを上昇させるように見える。即ち寒冷は触刺激と同方向に働くように考えられる。

次に中枢の所在であるが、触刺激は四肢のみならず、背筋、また最近磯野¹⁷⁾によって眼筋の一時的収縮を起すことが明かになって来た以上、この興奮は單に脊髓中を蔓延するのみでなく、中脳、或はそれ以上まで蔓延することが考えられ、圧刺激が自律神経の殆んど全部に影響を及ぼすこと、及びふるえなる現象が間脳の刺激によって起ることと考へ合せて、恐らく間脳或は大脳皮質もこれに関与するものであらうと推定されるのである。即ち正常動物—上位中枢健全動物—に於ては、脊髓動物と異なり、ある刺激に対して全中枢がその刺激、その興奮性に応じて適当に関与し、生体は全体として機能すると云えるのである。

Sherrington もあれ程脊髓動物に於ける実験を繰返したが、すべて現象の簡素化のためであり、通常生体は全体として作用するものであることを明記している。唯、解剖学的或は機能的に近接するものが起り易いことは Goldstein¹⁸⁾等の云う通りである。

環境温度があまり低くない場合は、触刺激は短時間の収縮を起すのみであるが、寒冷に曝露すると facilitatory after-discharge がみられ、且つふるえに近い運動を示し、或はふるえ運動が強化されるということから、この研究が所謂週期性運動の発現機序の解明に役立つと考えられるが、このことについては更に研究を進めて見たいと思う。

V. 結 論

1) 私共は皮膚の触、圧刺激が全身の筋活動及び週期的筋活動の1つであるふるえに対する影響を研究した。

2) 皮膚の触、圧刺激は筋活動に対して互に拮抗的に作用する。触刺激は筋活動及びふるえに対し相的、促進的に、圧刺激は両者に対して

静的、抑制的に作用する。

3) 触は慣れ早や、圧は慣れおそ線維であることから、身体の他の器管に於けるそれら線維の反射作用の上に於ける類同を論じた。

文 献

- 1) 吳 健・沖中重雄 (昭和24年) 自律神経各論 179-185
- 2) 高木健太郎・長谷川 渙・佐藤素一・倉島昭示 (昭和27年) 眼振時の四肢筋の態度並びに皮膚圧迫の眼振に及ぼす影響 日本生理誌 14, 220-221, 脳と神経4, 6号 (掲載予定)
- 3) 奥秋寛次・木村敏夫 (昭和27年) 遺傳性小脳性失調症の一家系殊にその筋電図について、第69回新潟精神々経学会
- 4) Sherrington, C. S. (1906) The integrative action of the nervous system. New York, 184
- 5) Adrian, E. D. (1935) The mechanism of nervous action: Electrical studies of the neurone. Phil, 35
- 6) Creed, R. S., et al. (1932) Reflex activity of the spinal cord. Oxford, 104
- 7) 4) に同じ 37
- 8) 4) に同じ 47-48
- 9) 額頤教三 (昭和25年) 臺の肺臓よりの求心性衝撃について 福岡医誌 41, 271-274
- 10) 新島 旭 (昭和26年) ヒキガエルに於ける迷走神経性呼吸反射 日本生理誌 13, 187-197
- 11) 田崎一二 (昭和24年) 末梢神経内の各種求心性並びに遠心性線維の仿らきについて 日本生理誌 11, 学4
- 12) Knowlton, G. C., M. G. Larabee (1941) A unitary analysis of afferent vagal fibers stimulated by changes in lung volume. Am. J. Physiol. 133, 351-352
- 13) Takagi, K., H. Hasegawa, K. Ishii (1951) The significance of the vagus nerve on alternations in respiration. Jap. J. Physiol. 2, 17-21
- 14) Granit, R. (1950) Reflex self-regulation of muscle contraction and autogenetic inhibition. J. neurophysiol. 13, 351-372
- 15) 中根公正・横山正松・入沢優氏 (昭和27年) 腹部内臓に分布する圧受容器よりの反射 日本生理誌 14, 216
- 16) Rademaker, G. G. J. (1931) Das Stehen. Berlin
- 17) 磯野 弘 (未発表)
- 18) Goldstein, K. (1925) Zur Theorie der Funktion des Nervenstems. Arch. f. Psychiat 74, 370-405

Summary

In order to study the effects of mechanical skin stimulation electromyographically upon the muscular activities in normal rabbit, concentric needle electrode or two needles method was employed.

In normal, seemingly quiet lying rabbit, for considerable time after binding him to a fixing board by feet, the state of muscular activity is found to be fairly constant in the electromyogram interrupted by the occasional brief bursts of the action currents. In such a condition, blow on the hair or slight rubbing the body surface facilitates the muscular activity and distinct bursts are seen at every stimulation, but the constant skin pressure, e. g. pressing the chest side of the rabbit by palms or pinching the back skin by paper holders inhibits the muscular activity during the stimulation showing marked and slowly decrement facilitation at the beginning and the end of pressing, that is considered as a facilitation elicited by touch at the beginning of pressure and as a rebound phenomenon of inhibition at the end of pressure. And moreover, facilitatory effects of blow and touch are concealed completely or weakened by the constant skin pressure.

As to the rhythmical movements of the body and extremities such as shivering in cool condition, the same effects can be obtained by above mentioned each stimulation, namely touch and blow facilitates them and pressure inhibits them.

It was reported that there exist at least two kinds of pressoreceptors in lung and in striated muscles, each of which exerts a different influence reflexly on the muscle contraction. Similarly mechanical stimuli on the skin may also influence on the muscular activities reflexly in different two ways. According to Adrian, dermal receptors for touch and pressure are distinguishable in respect to their rate of adaptation. Consequently, we conclude that the excitation of rapid adapting nerve fibers facilitates and that of slowly adapting one inhibits the muscular activities, and furthermore excitation of the latter conceals the effect of the former.

(Department of Physiology, Medical Faculty, Univ. of Niigata)

髄鞘に対する KCl の効果に就いて 612.816.7

(第1報) 髄鞘被覆部に KCl を作用させた時の髄鞘の変化に就いて

The Effect of Potassium upon the Myelin Sheath.

Part I. On the Change of the Myelin Sheath which are Applied Potassium.

宮 原 長 知 (Miyahara-Takechi) *

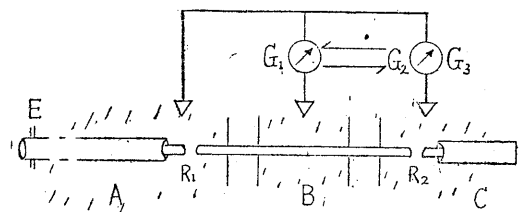
I. 緒 言

従来 KCl は神経の興奮傳導に密接な関係ある物質とされ、多くの人々に依って神経に対する KCl の作用が追求されて居る。猶近來は Cowan¹⁾, Fenn²⁾, Webb and Young³⁾ 特に Hodgkin⁴⁾ と Huxley⁵⁾ 等に依って廣範な研究が行われ、神経に対する KCl の役割は大部明かになつた感がある。即ち神経繊維中(蛙)の K⁺量は外液の約96倍迄に及ぶ事、静止電位は主として是等の濃度差により偽作電位は是の静止電位の逆轉によって生ずる等種々重要な性質が報告せられて居る。又田崎⁶⁾ は KCl は他の物質と異り、作用した絞輪部に隣接した絞輪に迄作用が及ぶ事を見、且つ是の作用は KCl による電流の逆向きの電圧に依って補償せられる事を報告して居る。有本⁷⁾ は是の KCl の特異な作用はその濃淡電位差によるものではなく、KCl の性質それ自身に依る事を明快に立証した。以上は KCl を神経繊維に作用させながら電気抵抗の小である絞輪部に主として作用するものと仮定して行われた。又田崎⁸⁾ 丸山⁹⁾ 等に依って報告せられて居る如く、髄鞘部は絞輪部に比して電気抵抗が大で、且つ分極性も大であると言われて居る。然し有本は KCl の濃度と剔出単一神経繊維の偽作電流との関係を説明するのに、偽作流が髄鞘部を流れるために電流計回路に流れる電流が小となるためであるとも考えた。是の考察は髄鞘部の電気抵抗の減少を仮定して成り立つものである。従って著者は髄鞘に対する KCl の作用を追求した処次の結果を得た。

II. 実験方法

実験材料は基の坐骨神経腓腹筋標本並びに縫工筋標本より清水⁹⁾の方法に従って剔出分離した単一神経繊維で、其の剔出部位に於ける相隣れるラ氏絞輪の間隔が 2mm 以上のものを選んで実験に供した。

実験装置は田崎の所謂偽作流の髄鞘を通しての漏れを見る方法¹¹⁾を応用した。即ち第1図の



第1図

G₁ ブラウン管オッシュログラフ

G₂ " " "

G₃ " " "

E: 白金電極. R₁, R₂: 単一神経纖維ラ氏絞輪, A, B, C Ringer氏液 Pool.

如く、3枚のガラス板上に空気で互に隔絶した3つの Ringer 氏液 Pool A, B, C を作り中央の Pool B に髄鞘被覆部のみを浸し、是の中央の Pool に浸された髄鞘被覆部の長さ (0.4mm) 及び、髄鞘乾燥部の長さ (0.2~0.3mm) は常に一定になる様に注意した。而して是等の Pool に各々1個の Cu-CuSO₄-寒天 Ringer 型不分極電極を置き、中央の 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ッシュログラフ G₁ に連結し、且つ Pool A, C, の不分極電極は接地し、尙神経幹の一端 E に白金電極を置き、是を介して下向開放性感応電撃を与え興奮傳導に依って生ずる絞輪 R₁, R₂ の偽作流

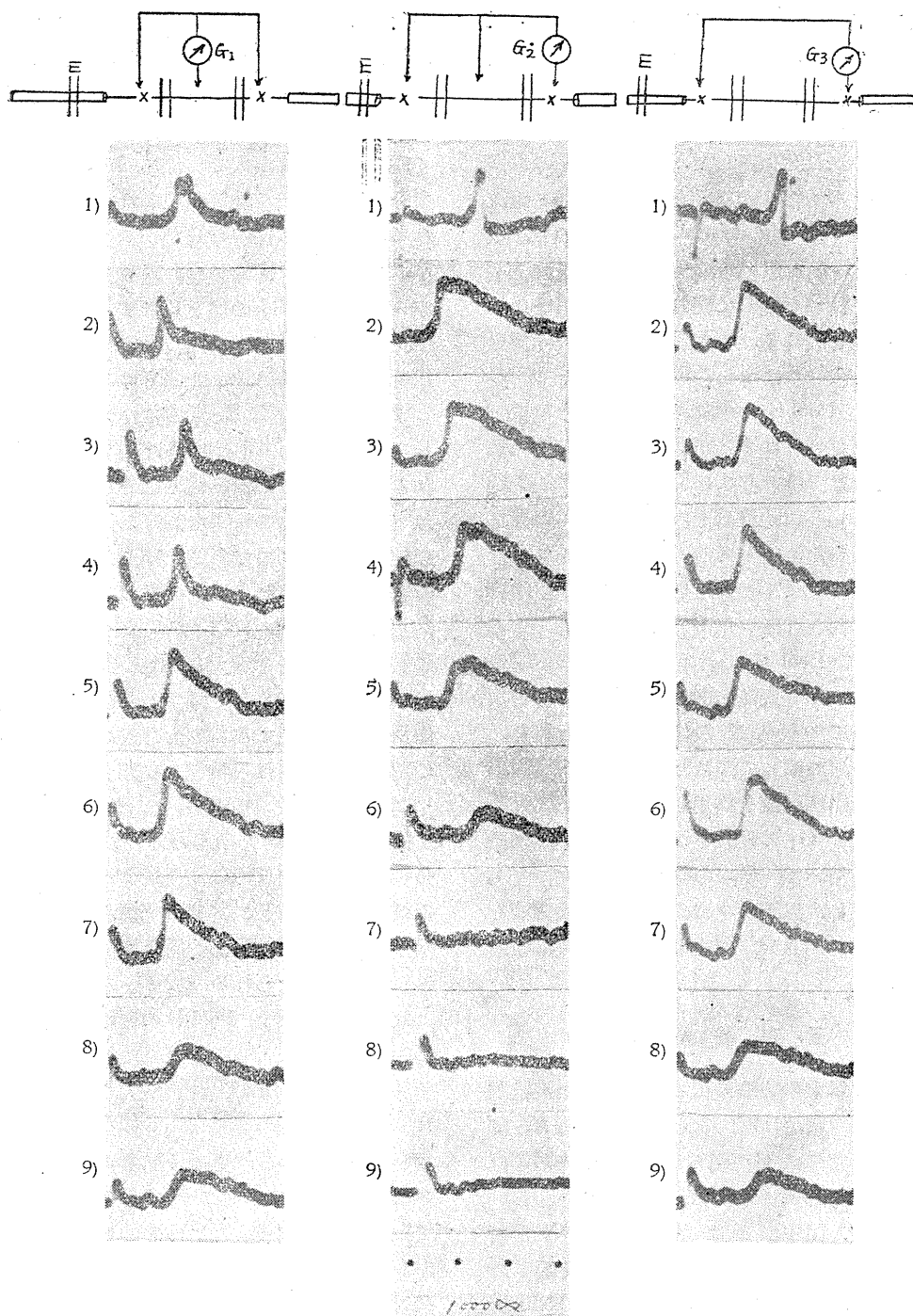
* 東京歯科大学生理学教室

の髓鞘を通しての漏れを G_1 に導き、其の振れを撮影記録した。次に切換スイッチを使用して上記の電流計を他部との中央に移し、上と同様な操作によって絞輪 R_1 と R_2 の偽作流を G_2 に導き、其の振れを撮影した。従って G_2 の形像は絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘を通して漏れる電流が中央の Pool B より Pool A に流れるので、絞輪 R_1 と R_2 の双絞輪性の偽作流より絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘を通して漏れる電流を引いた形像であると思われる。更に Pool B の不分極を Pool B から取りはずし、Pool A, C, との間の電気抵抗を Pool B と地球との間に大きな抵抗を介して連絡されはするが渡された繊維の抵抗のみに近くなる様にして、E に感應電撃を与え、絞輪 R_1 , R_2 の偽作流を G_2 に導き其の振れを撮影記録した。従って是の場合は所謂2本土堤と同一の絞輪 R_1 と R_2 の双絞輪性の偽作流に近い像が現われる (以下之の誘導法を G_3 と記す)。次に Pool C の Ringer 氏液を 3.5% Urethan-Ringer 氏液と置換し、絞輪 R_2 の偽作流が完全に消失し單絞輪性となつた事を、 G_1 , G_2 の像に依って確めた後、中央の Pool B に 0.45% KCl 水溶液を作用させ、E に感應電撃を与え、先ず G_1 の振れを撮影し、速かに切換スイッチを用いて、 G_2 の像を撮影し次に G_3 の像を撮影し、以下順次に濃厚な KCl 水溶液を Pool B に作用させ、以上の操作を反復実験追求した。

Ⅲ. 実験結果

第2図は以上の方法に依って得られた実験成績中の1例 (室溫19°C) を示すものである。即ち、左側の写真は G_1 (髓鞘部誘導) 中央の写真は G_2 (絞輪部誘導) 右側は G_3 (Pool B 浮し) の像を示す。図中の1)は Pool A, B, C, が新鮮な Ringer 氏液に浸されたる時の像を示したものである。2)は Pool A, B, が普通の Ringer 氏液に浸され Pool C が 3.5% Urethan-Ringer 氏液に浸されたる時の写真である。此の左側の G_1 の像、即ち絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘を通しての漏れと右側の G_3 の像、即ち絞輪 R_1 の偽作流

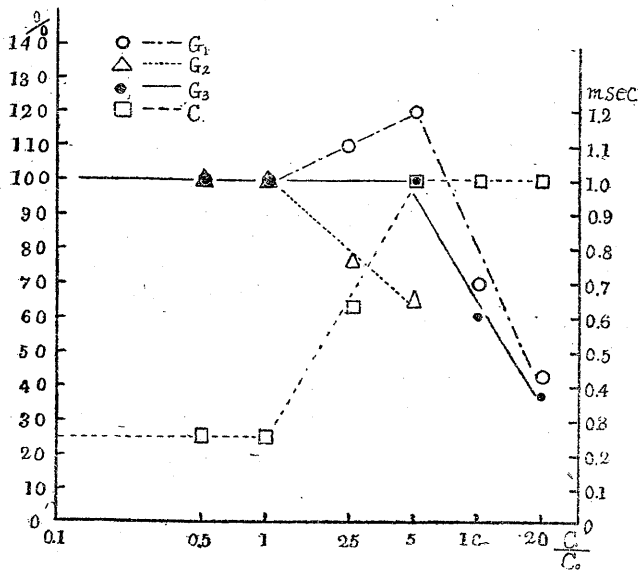
の絞輪 R_2 を通しての流れを比較すると、 G_1 の像は非常に尖つた形態を示し、且つ其の立ち上りの高さは G_3 の立ち上りよりも多少低い。是の事は髓鞘絞輪部に比較して電気抵抗が高く、且つ分極性が大で偽作流の早い時間の電流成分を通すと云う性質が現われて居る様に思われる。猶 G_1 の像の高さが相当大であるのは夏期に近い季節に実験が行われたためであろう。亦 G_2 の像と G_3 の像を比較すると其の形態に変化は認められないが、後者の方が少しく尖つた感がある。是は G_2 の場合は Pool B が接地して居るため絞輪 R_1 部の偽作流の髓鞘を通しての漏れが Pool A に逃げ去り G_2 に電流の和として入ってこない爲と思われる。図中の3)以下は各種濃度の KCl 水溶液を作用させた時の変化を示したものである。即ち KCl の濃度が 0.9% 迄は G_1 , G_2 , G_3 の像は2)の像と殆んど同一であつたが、KCl 0.9% より 4.5% 迄は G_1 の像は其の大きさを増大し、且つ徐々に其の初期尖りの部分が消失して図中の6)即ち 4.5% KCl 作用3分後の値では其の大きさが最大に達し、この誘導法で見られる特有な初期尖りが消え、図中2)の G_3 の像 (絞輪 R_1 部の偽作流の絞輪 R_2 を通しての流れ) と殆んど同一の形態となつた。是の事は髓鞘が KCl の作用によって、其の電気抵抗が減少し、且つ其の分極性が消失し恰も興奮性を缺如した絞輪部の様な性質に変化した事を示すものと思われる。尚 G_2 の像が順次小さくなって居るのは、Pool B の髓鞘被覆部が KCl の作用によって G_1 の像で見た如く絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘よりの漏れが増大したため、絞輪 R_1 部の偽作流の絞輪 R_2 を通しての流れが減少したものである。更に G_3 の大きさが一定であるのは、Pool B が他の Pool と電氣的に絶縁しているため絞輪 R_1 の偽作流の髓鞘よりの漏れないのと、絞輪 R_1 の偽作起電力に変化がなかった事を示すものである。亦 4.5% KCl 水溶液を作用させて後 G_1 , G_2 , G_3 の像が除々に小さくなつたのは有本の結果よりすれば、作用させた KCl が軸索に逆作用し、其の結果絞輪 R_1 の偽作起電力に変化を及ぼしたものと考えられ



第2図

1) Pool A, B, C が普通の Ringer 氏液に浸された場合. 2) Pool C に 3.5% Urethan-Ringer 液作用. 3) Pool B に 0.45% KCl 作用. 4) Pool B に 0.9% KCl 作用. 5) 2.25% KCl 作用. 6) 4.5% KCl 作用 3分後. 7) 4.5% KCl 作用 7分後. 8) 9% KCl 作用. 9) 18% KCl 作用

Time mark 1,000 $\approx$, Room temp. 19°C



第3図

G₁: 絞輪 R₁ の偽作流の髓鞘被覆部よりの漏れ
 G₂: 絞輪 R₁ の偽作流の絞輪 R₂ を通しての流れから髓鞘被覆部よりの漏れを引いたもの。
 G₃: 絞輪 R₁ の偽作流の絞輪 R₂ を通しての流れ
 左側の縦軸: G₁, G₂, G₃ の像の各々の立ち上りを 100 とす
 右側の縦軸: G₁ の像の時間経過の半減期 msec で現わす
 横軸: KCl の濃度, C₀ 等浸透圧 KCl の濃度作用させた KCl の濃度

る。次に第3図は以上の変化を図示したものである。即ち第2図の2)の G₁, G₂, G₃ の各々の立ち上りの大きさを 100 とし、是を縦軸に取り、横軸に KCl の濃度 (等浸透圧 KCl 水溶液の倍数で現わす) を取り、G₁, G₂, G₃ の大きさの変化を示したものである。亦 C は G₁ の振れの時間経過の半減期を msec で現わしたもので、髓鞘を通して漏れる絞輪 R₁ の偽作流は KCl の濃度が増加すると共に段々与えられた電流の形と同様な形になりつゝある。

IV. 考 察

曩に丸山⁹⁾ は髓鞘に対する KCl の効果を追求しているが、是は閾下降法を応用したもので、即ち大さ 180mV、持続 10msec の閾下電圧を与えて後 2msec 経過した時に試験電圧を与えて、髓鞘に対する KCl の効果を追求して居る。従って閾下電圧を与えて 2msec 経過して試験電圧を与えて居るので、髓鞘の直流抵抗部に対する KCl の効果は追求されて居るが、その初期尖り

の部分則ち分極性又は蓄電器的部分に対する効果は追求されて居らない。是は閾下降法で全電流の経過を知るためには、多数の閾値測定を行わねばならず、KCl の様な作用させた絞輪に隣接した絞輪部の閾値を変化させる様な物質では其の測定が殆んど不可能であると考えられる。然して髓鞘に対する KCl の効果を詳細に考究する場合、髓鞘を流れる全電流の経過に就て追求して始めて其の目的が達成されると思われる。是の点著者が応用した方法は、偽作流と言う或る特定の形態を持った電流成分ではあるが、其の髓鞘を通して流れる全電流の経過を知り得たので、髓鞘に対する KCl の効果が一段と詳かにされたものと思われる。亦著者の実験に於て中央の Pool B に浸された髓鞘の長さは 0.2~0.3mm になる様にしたが、Pool B に浸される

髓鞘の長さが増減すると偽作流の髓鞘よりの漏れが消長する事が認められた。

V. 結 論

著者は剔出単一神経繊維を用い、其の髓鞘被覆部に KCl 水溶液を作用させ、ブラウン管オシログラフを用いて偽作流の髓鞘を通しての漏れと絞輪を通しての流れを記録して、次の結果を得た。

1) 0.9% 以下の KCl 水溶液は髓鞘に殆んど変化を及ぼさない。

2) 約 4.5% KCl 水溶液を作用させると髓鞘の電気抵抗及分極性は減少し、髓鞘被覆部が殆も興奮性を消失したラ氏絞輪部と同様な性質に変化する。

3) 0.9% 以下の KCl 水溶液は、其の隣の絞輪の偽作起電力に何等変化を及ぼさないが、4.5% 以上の濃度の溶液は其の隣接絞輪の偽作起電力が減少する。

(本論文の要旨は 第28回日本生理学会総会に於て発表した)

撰筆するに臨み, 直接の御指導御校閲を賜つた山田教授, 丸橋助教授に感謝す。

文 献

- 1) Cowan, S. L. (1934) The action of the potassium and other ions on the injury potential and action current in Maia nerve. *Proc. Roy. Soc. B.* 115, 216
- 2) Fenn, W. O., D. M. Cobb, A. H. Hagnar, B. S. Marsh (1934-1935) Electrolytes in nerve. *Am. J. Physiol.* 110, 74
- 3) Webb, D. A., J. Z. Young (1940) Electrolyte content and action potential of giant nerve of *Loligo*. *J. Physiol.* 98, 299
- 4) Hodgikin, A. L. (1947) The effect of potassium on the surface membrane of an isolated axon. *J. of Physiol.* 106, 319
- 5) Hodgikin, A. L., A. F. Huxley (1947) *Gen. Physiol.* 106, 341-347
- 6) 田崎一二 (1944) 神経繊維の生理学 第1版 P. 93-95 (河合商店)
- 7) 有本和男 (1952) 単一神経繊維に於ける偽作流と KCl 濃度の関係に就て 第1報, 第2報, 第3報, 第4報 日本生理誌 14, 70, 77, 81, 86
- 8) Tasaki, I. (1940) Mikrophysiologische Untersuchungen über die Grundlage der Erregungsleitung in der markhaltigen Nervenfasern. *Pflüger Arch.* 244, 125
- 9) 丸山虎之助 (1942) 髓鞘の電気的性質に対する研究 慶応医学 22, 529, 703, 769
- 10) 清水忠夫 (1930) 単一神経繊維単一筋繊維標本の作製法に就て 慶応医学 11, 1903
- 11) Tasaki, I. (1949) Collision of two nerve impulses in the nerve fibre. *Biophys. Acta.* 3, 494

Summary

The author recorded the leakage of the action current through the short myelin-covered portion which are applicated potassium solution.

The result as follows;

The leakage of the action current through the myelin sheath are increased and the re-active property of the sheath are decreased.

(Department of Physiology, Tokyo Dental College)

小腸からの血圧・呼吸反射に就いて 612.181.183

Studies on the Vaso-motor Reflexes from the Dog's Small Intestine.

銭場武彦・岸良尚 (Semba-Takehiko・Kishi-Yoshinao)*

I. 緒言

著者の1人銭場は、蛙の胸腹腔内諸器管からの血管反射に就て研究し、之等の諸器管及大血管壁から膜管に到る long path の血管反射が成立する事を明らかにし、その経路は主として内臓神経又は迷走神経を求心路とし、脊髄を経て坐骨神経を遠心路とするという^{18),19)}。從來内臓諸器管の電氣的、機械的、又は化学的刺激の際に見られる血圧・呼吸曲線の変動は、内臓知覚の一示標として追及されて來て、多くの成績がある¹⁾⁴⁾⁸⁾¹³⁾²³⁾。しかしこの時の血圧・呼吸の変化は、必ずしも疼痛に随伴する現象ではなく、麻酔下に於ても、又除脳動物に於ても認められるものである⁵⁾¹²⁾。今、自分らは犬の小腸壁の刺激が脊髄を介する眞の血管反射を生ずる事を確め、且つそれに血圧上昇反射と血圧下降反射とのある事を明らかにしたので報告する。

II. 実験方法

犬を用い、urethane 麻酔を施し、背位に固定する。血圧は左総頸動脈にて観血的に測定し、呼吸運動は気管 cannule を挿入し、Marey の tambour に導いて描記した。腸壁を刺激するために、廻盲部に近く小腸の 10~50cm 長を腹腔外に露出させ、これに略体温に等しく温めた 5% 食塩水を滴下した。これにより腸運動は亢進し、又 spasm を生ずる⁵⁾²¹⁾。この時の小腸片の内圧の変化を piston recorder にて描記させた。実験の経過に従って大小内臓神経、迷走神経の切断、脊髄前、後根の切断、脊髄の横断等を行った。

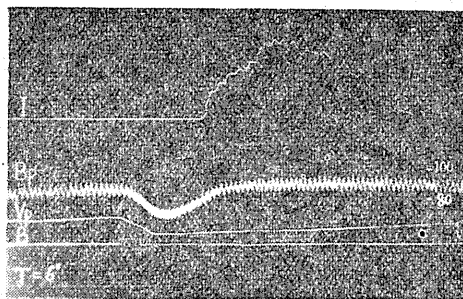
III. 実験成績

* 広島医科大学生理学教室

1) 正常時：小腸片に温食塩水を滴下する時は血圧は上昇する場合と、下降する場合とを認める事が出来る。即ち一は直後より血圧下降し 20秒後には 15~20mmHg 低下し、48~60秒後には回復する (第1図)、他は直後より血圧上昇し始め18~36秒以内に 15~30mmHg 上昇して最高値を示し、1分30秒~2分後には回復する (第2, 3図)。何れの場合に於ても、脈搏数には殆んど変化が認められない。

呼吸運動は血圧の上昇又は下降の初めに於て著しい変化を示し、呼気が延長する場合、呼吸性停止 (第2図A) 又は吸気が延長する場合等々種々の変化が見られた。呼吸数は増加するか又は減少した。

之等血圧・呼吸運動の変化は、腸運動の亢進に先行して起り、腸運動の経過とは直接的な関連は認めなかった (第1, 5図)。

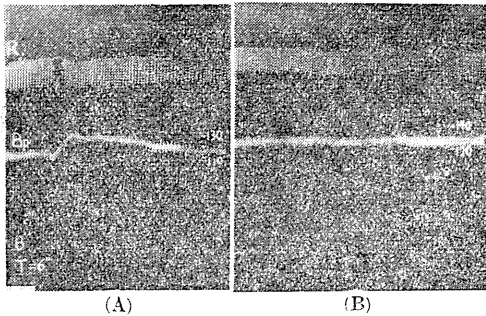


第1図

I: 腸運動. Bp: 頸動脈圧. Vp: 門脈圧. B: 基線, シグナルで 36° 食塩水滴下. T: 時間 6 秒
(以下の図の説明は同じ)

2) 腸間膜神経切断：小腸片の両端を結紮切断し、腸間膜を破り、血管に沿うて走る神経を出来るだけ剝離切断し、残りの神経繊維の機能を遮断する爲に、血管の周囲に 10% 塩酸 cocaine を 5~10 分間作用させた後、実験 1) と同様に刺激した。第2図(B)に示す様に、正常時(A)の血圧上昇及呼吸運動の変化は全く認められなく

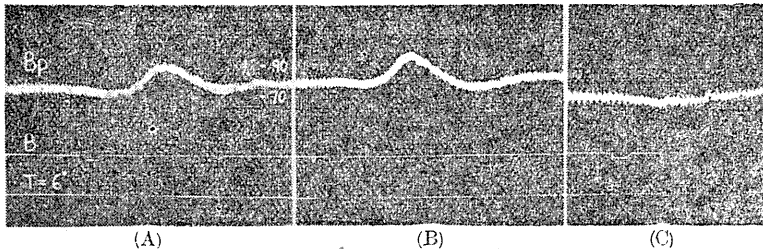
なる。この事は血圧下降反応に於ても同様である。かくして小腸壁の刺激は、腸間膜神経内を求心的に上行する事を知る。



第2図 (A) (B) 間にて腸間膜神経切断

R: 呼吸運動 (上向きの変化は呼吸)。シグナルで 40° 食塩水滴下

3) 迷走神経切断: 頸部又は横隔膜下にて両側迷走神経を切断した後に於ても、血圧呼吸運動の反応は切断前と全く異ならない。即ち第3図(B)にては、両側腹部迷走神経切断後に於ても、血圧上昇(76→95mmHg)を認め、頸部迷走神経切断後、更に横隔膜神経切断後に於ても呼吸及血圧上の変動は消失しない。



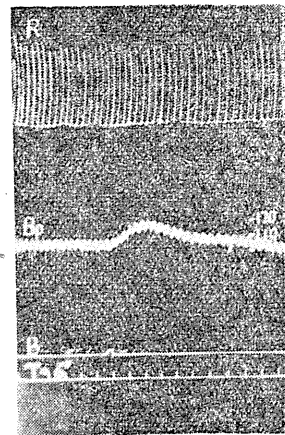
第3図

(A) (B) 間にて腹部迷走神経切断。(B) (C) 間にて内臓神経切断。シグナルで 40° 食塩水滴下

4) 内臓神経切断: 両側大内臓神経、及 I, II, III, 小内臓神経を切断した後は、第3図(C)に示す様に血圧上昇は見られなくなる。血圧下降反応も同様消失する。又同時に呼吸運動の変化は多くは消失する。呼吸の変化がなお生ずる場合は、腰部交感神経節を切除するか、脊髓 $L_1 \sim L_2$ 間を横断する事により消失せしめられる。

5) 脊髓横断: $C_8 \sim T_1$ の両神経根の間で、脊髓を完全に横断しおき、手術後 3~9 日して無麻酔の下に実験を行う。食塩水を小腸片に滴

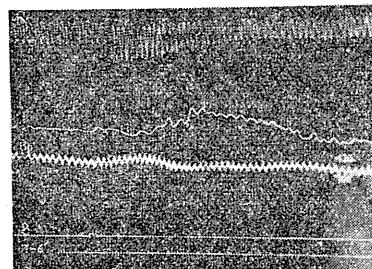
下する時は、常に血圧の変動を認むるに係わらず、呼吸運動の変化は全く認められない(第4図)。



第4図 脊髓 $C_8 \sim T_1$ 間横断後
シグナルで 40° 食塩水滴下

6) 前根切断: 犬の小腸の神経支配は概ね $T_1 \sim L_3$ の間である^{9) 11) 13)}から、前根 $T_4 \sim L_3$ 間を両側とも脊椎内にて切断し、又両側腰部交感神経節を切除し、手術後 9 日して実験を行う。

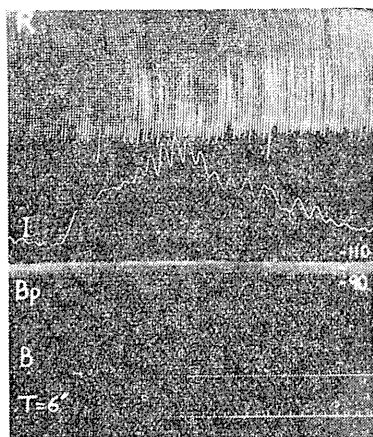
小腸片の刺激により常に血圧上昇又は下降を認め、又呼吸運動の変動を認めた。第5図では刺激後血圧は 115 mmHg から 120 mmHg に上昇し、呼吸数も 17/分 が 23/分に増加し吸気が延長した。



第5図 前根 $T_4 \sim L_1$ 間切断9日後
シグナルで 36° 食塩水滴下

7) 後根切断: $T_3 \sim L_1$ ⁹⁾ の間の左右後根を切断し、手術後 3~14 日して、小腸壁を刺激し

た。血圧・呼吸の変化は認められない。第6図は10日前に $T_3 \sim L_1$ 間両側後根を切断し、又腰部交感神経節を切除してある。廻盲部より 3~35cm 間口側に小腸片をとり、37°C 5% 食塩水を滴下した。血圧上にも、呼吸曲線上にも全く変化が認められない。即ち小腸よりの血圧・呼吸反射の求心路は後根切断により遮断された事を示すものである。



第6図 $T_3 \sim L_1$ 後根切断10日後
シグナルで 40° 食塩水滴下

IV. 総括と考察

1) 腸の spasm が疼痛を生じ、従って血圧変化を来すと Müller¹³⁾, Fröhlich & Meyer⁷⁾, Brüning & Gohrbandt²⁾ 等は云うが、自分等の実験は urethane 麻酔下において、血圧・呼吸上の変動は、刺激直後より30秒前後に最大に達するのであるが、腸の運動亢進は第1, 5図に示す様に、刺激後20~30秒間は潜伏時間を有するのが普通であって²¹⁾、血圧・呼吸の変化とは時間的に一致しないから、之等の変動は腸運動とは直接的な関連がない事を示している。又腸間膜神経の切断、cocain 塗布後には、腸運動亢進しても血圧・呼吸への変化は全く認められない(実験2)から、この変化は腸運動の単なる機械的な影響ではない。

一方亦脊髓横断後にも食塩水の滴下によって血圧上の変化は認められる(実験5)から、疼痛と血圧変化とは夫々独立した現象と考えられ

る。

2) 血圧の上昇反射を生じ、或は下降反射を生ずる条件は明らかではない。又呼吸運動の変化に原因するものではない(考察3)。多くの場合に上昇反射が得られ、血圧下降を見る場合は稀である。Irving et al⁸⁾, Vincent等^{15), 24)}は除脳猫や麻酔犬で腸の機械的刺激によって血圧下降の場合を認めた。之等は内臓神経の中樞端刺激が一般血圧の上昇を来す場合と、下降を来す場合があること、同一機轉であると考えられる²²⁾。一方 Ranson¹⁶⁾は知覚神経の中樞端刺激による血圧上昇反応とを区別し、夫々脊髓内の pressor path と depressor path を区分したが、之等と自分等の実験の場合とがどの様な関係にあるかは、これからの問題である。

3) 呼吸運動の変化と血圧変動とは通常相伴って生ずるが、脊髓横断後は呼吸運動の変化は全く消失し、單に血圧上の変動のみに止まる事(実験5)から、この場合の呼吸反射の一次中枢は更に上位にあり、血圧の場合は一次中枢は脊髓内に局在して居ると考えるべきである。腸壁からの刺激は直腹筋や四肢の筋への反射を起す事が知られている^{4) 6) 23)}が、之等は呼吸運動に影響し、従って curare を用いて居ない本実験に於ては、呼吸運動の変化に就て、これ以上の結論を下す事は危険である。

4) 肺臓からの血管反射では興奮は vagus を上行した(錢場¹⁹⁾)が、小腸下部では実験(3)に示す様に vagus 経由のものを見ないで、全て内臓神経を介して脊髓に入った(実験4)。この事は蛙の腹腔臓器に就ても証明される¹⁸⁾。

然る時、内臓神経内を上行した興奮が前根を経て脊髓に入るか、又は後根を介するかは問題がある。錢場の蛙に就ての実験では、腹腔臓器からの血管反射では興奮は前根を経過した¹⁸⁾。所が実験(7)にては、犬では明らかに後根を介する結果となった。又蛙の坐骨神経の中樞端の刺激に際しては、興奮は同側の前根及後根を通り、他側の前根を経て蹠膜血管を収縮させる実験がある²⁰⁾。一方内臓知覚に関連して、その求心性経路が後根を通ると考える Neumann¹⁴⁾,

Müller¹³⁾, Fröhlich & Meyer⁷⁾, 浅井¹⁾, Ranson & Clark¹⁷⁾等に対して Lehmann¹⁰⁾, Lebedenko & Brjussowa⁹⁾, Förster⁹⁾, Shaw⁹⁾等は前根を通ると主張して居り、血管反射と知覚刺激との関係や夫等の経路に就ては、更に追及される事が必要である。

V. 結 語

urethane 麻酔犬に於て、小腸下部に 5% 温食塩水を滴下する時は、反射的に血圧及び呼吸運動に変動が生ずる。血圧の反応には上昇と下降とがあり、夫々その求心路は内臓神経、後根を経て脊髄に入り、脊髄を第 1 次の中枢とする。血圧の変動と呼吸運動とは直接的関連がない。

文 献

- 1) 浅井四郎 (1936) 内臓知覚の二重神経支配法則 (I) 京都医誌 23, 518
- 2) Brüning, F. & E. Gohrbandt (1923) Ein experimenteller Beweis für die Schmerzleitung durch den Sympathicus bei der Darm-Kolik. Z. f. ges. exp. Med. 36, 164
- 3) Burton-Opitz, R. (1916) Depressor action of the thoracic sympathetic nerve and its branches. Am. J. Physiol. 41, 103
- 4) Dowmann, C. B. B., & B. A. McSwiney (1946) Reflex elicited by visceral stimulation in the acute spinal animal. J. Physiol. 105, 80
- 5) Dowmann, C. B. B., B. A. McSwiney and C. C. N. Vass (1948) Sensibility of the small intestine. J. Physiol. 107, 97
- 6) Euler, C. & T. Sjöstrand (1947) The elicitation of visceromotor reflexes. Acta Skand. Physiol. 14, 363
- 7) Fröhlich, A. & H. H. Meyer (1922) Zur Frage der visceralen Sensibilität. Z. f. ges. exp. Med. 29, 87
- 8) Irving, J. T., B. A. McSwiney and S. F. Suffolk (1937) Afferent fibers from the stomach and small intestine. J. Physiol. 89, 407
- 9) Lebedenko, W. & S. Brjussowa (1930) Beiträge zur Frage der Bahnen der Schmerzimpulse. III Z. f. ges. exp. Med. 71, 198
- 10) Lehmann, W. (1921) Über die sensiblen Fasern in den vorderen Wurzeln und ihre Beziehung zur Sensibilität der visceralen Organe. Z. f. ges. exp. Med. 12, 331 : (1924) ibid, 40, 174
- 11) McSwiney, B. A. & S. F. Suffolk (1938) Segmental distribution of certain visceral afferent neurones of the pupillo-dilator reflex in the cat. J. Physiol. 93, 104
- 12) Miller, F. R. & H. M. Simpson (1925) Visceromotor reflexes. Am. J. Physiol. 72, 231
- 13) Müller, L. R. (1924) Die Lebensnerven. p. 256, 514 (Julius Springer, Berlin)
- 14) Neumann, A. (1911) Zur Frage der Sensibilität der inneren Organe, I-IV. Zbl. f. Physiol. 24, 1213, 1217 : (1911) ibid, 25, 53 and (1913) ibid, 26, 277
- 15) Ogata, D. & S. Vincent (1919) A contribution to the study of vasomotor reflexes. J. comp. Neur. 30, 372
- 16) Ranson, S. W. (1921) Afferent paths for visceral reflexes. Physiol. Rev. 1, 477
- 17) Ranson, S. W. & S. L. Clark (1947) The Anatomy of the Nervous System. p. 124, 135 (W. B. Saunders, Philadelphia)
- 18) 錢場武彦 (1951) 腹腔血管から膵膜血管への反射 日本生理誌 13, 175
- 19) 錢場武彦 (1952) 肺臓から蛙膵膜血管への反射 日本生理誌 14, 263
- 20) 錢場武彦 (1952) 下肢の毛細血管反射経路に就て 広島医学 5, 28
- 21) Semba, T. & H. Sasaki (1952) The effect of the intestinal movements on the portal venous pressure. Japanese J. of Physiol. 3 (printing)
- 22) 錢場武彦・西田芳郎 (1952) 内臓神経の中樞端刺激による血圧下降に就て 日本生理誌 15 (発表予定)
- 23) Sherrington, C. S. (1926) The integrative Action of the Nervous System. p. 11, 321 (Yale Univ. Press)
- 24) Vincent, S. & J. H. Thompson (1928) Further observations on the vaso-motor reflexes and associated phenomena. J. Physiol. 65, 327

Summary

In dogs under urethane, stimulation of the small intestine by dropping 5% sodium chloride solution causes a rise or a fall of blood pressure. The afferent paths of these reflexes are the splanchnic nerves and they pass through the posterior roots into the spinal cord. The transection of the cord in the upper thoracic region is without influence on the vaso-motor reflexes, so the primary vaso-motor center in these reflexes are thought to be located in the thoracic spinal cord. Also we confirmed that there is no direct connection between changes in blood pressure and the respiratory movements.

(Department of Physiology, Hiroshima Medical School)

人 体 鈣 物 代 謝 の 季 節 変 動 612.12

(体温調節機能と物質代謝の季節相関に関する研究 第1報)

Studies on the Seasonal Variations of Water and Salts Metabolism of Human Body.

(Studies on the Seasonal Correlation between the Metabolism and the Thermal Regulatory Function, Part I.)

吉 村 寿 人・大 原 重 信・山 本 克 起・田 中 光 雄

高 岡 渉・江 口 文 野・森 隆 之 助

(Yoshimura-Hisato・Oohara-Shigenobu・Yamamoto-Yoshioki・Tanaka-Mitsuo・

Takaoka-Wataru・Eguchi-Fumino・Mori-Takanosuke)*

I. 緒 言

諸種の塩分や水分の代謝が季節の変化と共に変化し血液性状に一定の変化が表われることは古くより気付かれた事実であって、多くの人によって研究せられた。例えば水分代謝に関しては夏は尿量が減じ発汗性が増すが、秋になると急に尿量が増加し、それと共に漸次に発汗性を減じ、冬期は全く排尿と不感蒸泄によって水分を排泄する事は日常経験せられる。この様な水分代謝の季節変化に伴って血液性状は夏期は水血症を呈し血液水分の増加と循環血量の増加を来す事は黒田¹⁾、Bazett²⁾ 其の他多くの人々によって明かにせられた。而して水血症の原因に就いては Barcroft³⁾ の研究以来これが気温上昇に基くものであり、且つそれによって流床が増す爲に組織液が血管内に入る爲であると言われている (Bazett⁴⁾, Evans⁵⁾ より引用)。この様な血液の稀釈は発汗に対する準備状態を形成するものであり (久野⁶⁾), また冬期において逆に血液の濃縮する事は末梢血流の減少と不感蒸泄の減退の原因となって放熱の減退に役立つと言う (Barbour⁷⁾)。この様に水分代謝の季節変動に関してはかなり詳しい研究があるが、一方塩分代謝に関しても、生体塩分の代表的なものであるClの代謝は体温調節機能と密接な関係のある事が知られている。即ち松本⁸⁾ は北満の住民が冬期に多量の食塩をとる事を見出し、緒方⁹⁾ はこ

の習慣は耐寒性の獲得に重要な意義のある事を報告した。一方夏期は発汗の爲に屢々塩分缺乏に陥る恐れのある事はよく知られた事実である。而して斎藤¹⁰⁾ は血液Clが夏期に多い事を確め、これは発汗によるCl喪失にそなえんとする一種の適応現象ならんと述べている。Cl以外の塩分の季節変化に関しては必ずしも充分な研究があるとは言いがたく、たゞPの代謝に関しては多くの研究があり、特に子供では冬に血中に少く夏には多くなる事、これは紫外線の照射量に関係あり、夏期は紫外線を多く受けて Vitamin Dが豊富なる爲にPの吸収が促進すると言う¹¹⁾ ²⁴⁾。而してPはCaと共に骨の代謝に関係深く夏は骨の発育が促進する (de Rudder¹²⁾)。其の他K, Ca代謝の季節変動に就いても原島一門¹³⁾ の研究があるが、詳しい機轉は不明である。

血液の酸塩基平衡に関しては季節的には夏期に血液pHの上昇の傾向があるが、高気圧によっても Alkalosis が起り、この天候の影響に煩わされて季節的な変動はそれ程明瞭でないと言われている (Berg et al¹⁴⁾)。

以上の様に塩分代謝の季節変動に関しては部分的に詳しい研究もあるが、未だ血液塩分全般に涉って総括的に季節変動を調べたものはない。そこで学研 (後の文部省科学研究) 季節生理班に於ては此の問題を採り上げ、多くの学者が互に連絡を保ちつつ系統的研究が行われ、多方面に互に総合的な観察を行い、之が生理的意義の解明に努力を傾注した。思うに若し諸種の

* 京都府立医科大学生理学教室

塩分代謝に季節変化ありとすれば、之は寒暑に対する生体の順応態勢の現われと見るべきであり、或は少くともこれに何等かの関連を有する筈である。従って此の様な諸々の代謝の変化の現われ方は様々であっても、その機序は何れの物質代謝にも共通したものと考えられる。此の様な季節変化の現われの機構の解明が吾々の目的とする所であり、此の目的の達成の爲には單に2, 3の物質代謝の季節変化の追求のみを以ってしては不可能であり、出来る限り多方面に互り其の季節変化を追求しそれ等を綜合検討し其の最大公約数的な作用機轉を求むべきである。かゝる観点に於て当教室では出来るだけ多方面に互り、其の代謝の季節変化を観察し、気候変化に対する調節機能の人体に現われる作用機序の解明に努めた。こゝに述べんとするのはその内の水分、塩分等の無機(鉍物)成分の代謝に就いての研究成績であつて、蛋白質代謝やエネルギー代謝に関しては別途に報告する。而してこの様な鉍物代謝に季節変化ありとすればそれは必然的に血液中の濃度にも影響する筈であり、又その場合に於てこそ体温調節機能に影響する所が大きいと考えられる。よつて著者等は血液の鉍物成分濃度の季節変化に主眼点をおいてその物質代謝の季節変化を追求せんとした。即ち研究対照として H_2O , Na, K, Ca, Cl, P, HCO_3 等の血液鉍質の主成分を網羅し、其の他に血液酸塩基平衡の季節変動並にその原因をさぐる意味にて尿排泄塩分の変動をも併せ検討した。

II. 実験方法

被検者としては軽作業に属する研究室に勤務する健康男子5名を選び、毎月2乃至4日間前夜より教室内に宿泊せしめ、翌朝起床前空腹時の血液を約10cc採血し、之を試料として全血比重、血清比重(何れも硫酸銅法)、血清氷点降下度(小型 Beckman 寒暖計⁵⁾)、血清pH(水素瓦斯電極法, 37°C)、血清蛋白濃度(Pulfrich 屈折計)、血清K(Kramer-Tisdall法)、無機磷(Bell-Doisy法)、Ca(Clark-Collip法)、Na(醋酸ウラ

ン法)、Cl(Rusznayak法)、血清 CO_2 濃度(Van Slyke 測圧式分析法)等に就いて測定¹⁵⁾した他、コンゴローート法¹⁶⁾により循環血清量を測定し、それ等の季節による変化を検討した。尙この採血時の気温を測定し考察の参考とした(第2図に毎月の平均値を表す)。

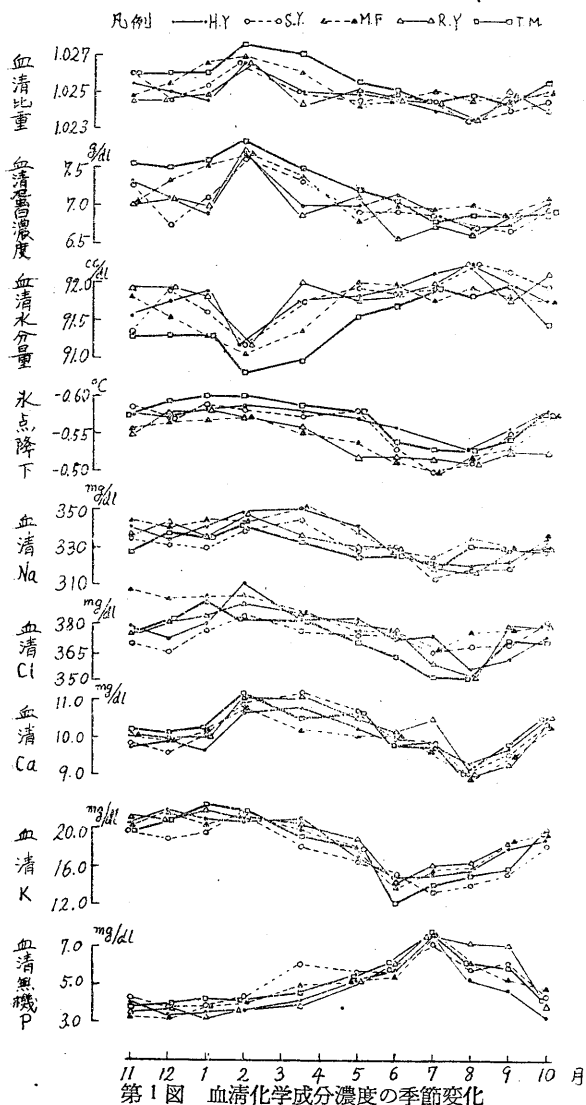
次に上記5名の被検者中3例に就き春(5月)、夏(8月)、秋(11月)、冬(2月)の四季に於て1週間毎日一定の食質(2400 kcal, 蛋白75g(動物性25%)), 四季共に全く同一)の食事をあたえ、1日全尿中のpH, K, P, Ca, Cl, Na, CO_2 , NH_3 の排泄量、尿アルカリ経済(Base economy)並に氷点降下度を測定し、最初の4日間は実験前の食質の影響があると考えられるので、最後の3日間の尿排泄量の平均値を求め、此の値の四季の変化を比較検討した。尿塩分測定法は血液と同様である。たゞしClはVolhard-Harvey法pHはキンヒドロソ法、 NH_3 はFolin¹⁵⁾を用いた。アルカリ経済は尿pHをキンヒドロソ電極にて測定しつゝ0.1 N NaOHにてpH 7.4迄滴定して求め、それ迄に加えた0.1 N NaOH量を以て表した。

III. 実験成績

A. 血液成分の季節変化

1) 血清比重、蛋白濃度(血液水分)及び全血清量

第1図に示す如く血清比重は冬期に高く2月に最高値を示し、気温の上昇と共に春から夏に向い減少、8月に最低値を示して秋には再び増加の傾向を辿る。この様な血清の比重の変化は主として血清蛋白濃度に基因することはVan Slyke¹⁷⁾等の証明した事であつて、図示の如く、血清蛋白は比重と平行して夏期に減少、冬期に増加している(血清蛋白の季節変化の詳細は江口¹⁸⁾論文にゆずる)。而して福山、佐藤¹⁹⁾等によればこの様な血清比重や血清蛋白濃度は血清水分濃度と不可分の関係にあり、彼等は血清比重より血清水分量を算出する公式を案出している。今この式を用いて血清水分を算出するに、図に見る如く血清水分は夏期に多く、冬期に減



第1図 血清化学成分濃度の季節変化

少して、血清比重と全く逆の季節変化を示す。このような血液水分の季節変化は前記のごとく、Barbour 一派の人達²⁰⁾等によってつとに認められ、我国に於ても季節生理班の多くのメンバー（黒田・堂野前・田坂・福島・斎藤等）²¹⁾により確められた所である。この様な血清水分濃度の増加は低蛋白血に於ても表れるのであるが、この場合の循環血清量の季節変化を見ると第4図上段に示す如く血液水分と同様に夏期に高く冬期に低くなっている。そして循環血中の総蛋白量を算出すると第4図の如く殆んど季節変化を生ぜず略一定に止まっている。従って上記の血

清水分濃度の季節変化は水血症に基くものである事が明かである。この様な夏期の血清全量の増加による水血症の存在する事はすでに Barcroft³⁾ 以来 Forbes, Dill & Hall²²⁾, Bazzett et al²⁾, 榎本²³⁾等によって明かにせられて高温環境の影響である事が略確かである。

2) 血清 Na, Cl 及び Ca (細胞外塩分) 濃度と氷点降下度 (4)

著者の1人大原はさきに労働時の塩分代謝に就いて研究し、細胞外塩分たるNa, Ca, Clと細胞内塩分たるK, Pとはその代謝の変化が全く対蹠的である事を見出したが、今回も一応この様な考えの下に血清塩分を2つの群に分てながめて見た。その結果は第1図の如く細胞外塩分の濃度は互によく平行した季節変化を示し、何れも夏に低く冬に高く、その変動の範囲（最高と最低月の変動率の和）は第1表に示す如く夫々の年間平均濃度の7~19%の程度である。これに対し細胞内塩分なるK, Pはその変化の程度が此等と比較にならぬ位に大きく、夫々の平均濃度の大約40~80%の範囲にも及んでいる。従ってこの場合にも細胞外塩分と細胞内塩分とを区別して論じた方が適當である。そこで先ず細胞外塩分たるNa, Ca, Clの季節変化につき観察するに此者の変動は血清比重や血清蛋白濃度と略平行し、冬は高く夏に低い。文献について見るにNaの季節変動を見た文献は非常に少く、主としてClについて測定せられ、両者は互に平行するとの立前にて論ぜられている。而して三藤・金山・田村・斎藤等多数の報告¹⁰⁾は何れも血清Cl濃度は夏に高く冬に低いと言う。即ちこれ等の成績は第1図の著者等の成績と反対である。併し乍ら此等の人々の成績は何れも著者等の場合の様に基礎条件に於て実験したものではなく多くは朝食後の値である。従って此等の成績は若干発汗とか組織液と血液の交流の影響を蒙っているから直ちに著者等の成績と比較し得ない。次に血清Ca濃度の季節変化に対しては、原島・渡辺・外山等¹³⁾は冬期に低く夏期に高く、

第1表 血清化学成分濃度の年間変動（季節変動の有意性を要因分析法にて検定し、危険率5%にて有意なものには*、1%にて有意なものには**を附した）

測定項目	年 間 平 均 値 (dl当り)	平均変動域 (最大最小の差)		最 高 月			最 低 月		
		実 測 値	%	年間平均値 との差	%	月	年間平均値 との差	%	月
蚤 白	7.09g	1.04g	14.7**	+ 8.5		2月	- 6.2		8月
水 分	91.72cc	1.08cc	0.7*	+ 0.4		8月	- 0.3		2月
氷点降下	-0.557°C	0.063°C	11.3**	+ 4.9		1月	- 6.4		8月
Na	333mg	24mg	7.2**	+ 3.3		2月	- 3.9		7月
Cl	376mg	33mg	8.3**	+ 4.0		2月	- 4.3		8月
Ca	10.0mg	1.9mg	18.6**	+ 8.9		2月	- 9.7		8月
K	18.3mg	7.3mg	39.6**	+ 16.8		2月	- 22.8		6月
P	5.0mg	4.0mg	80.3**	+ 52.4		7月	- 27.9		12月

この変動は自律神経緊張の変化に関係ありと述べたが、田坂等²¹⁾はこれと反対に夏は低く、冬高くなり血清蛋白の消長と平行すると述べている。著者等の成績もこの田坂等の報告に一致し、夏冬の変動は血清蛋白と平行するのみならず、変動率も血清蛋白の変動率（平均15%附近）に近いのである（蛋白と結合せるCaを除いた無機Caについても同様の季節変動が現れた）。

以上の細胞外塩分は血清塩分の主成分をなすものであるから、その滲透圧は主として此等塩類に基因する。而して此等塩類の内でも最も多いものはNaClであって、このNaClの季節変化が従来報告と反対である事より、著者等はこの事を確認せんが爲に血清のdを測定したのである。その結果は第1図に示す様に、全くNa、Cl等の季節変化と平行的な変動を示し、変動範囲も平均値を中心とした上下11%の程度である。

3) 血清K及びP（細胞内塩分）濃度

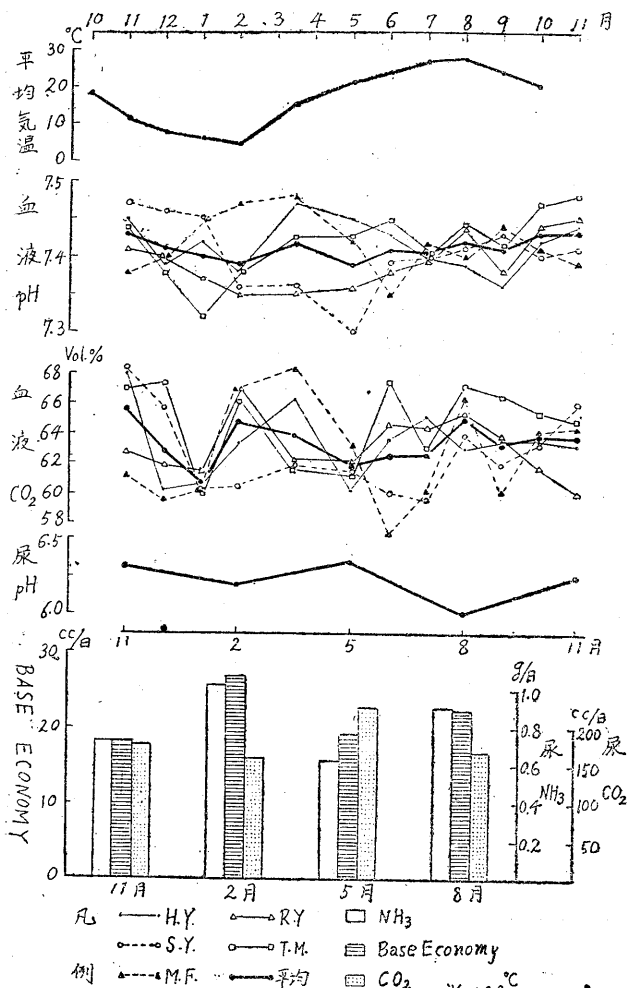
第1図に見る如く、Kは夏期に低く冬期に高く大きな季節変動を示している。この様なKの季節変化に就いては原島・渡辺・外山等¹³⁾も既に認めている。その原因について原島等は自律神経機能の季節変化に関係すると述べている。又武田²¹⁾は血清K濃度と環境温度との関係进行研究し、高温環境にては既に1時間にしてその濃度が低下し、逆に低温環境下にて短時間内に増加する事を確めている。この様な実験成績よりすれば血清Kの季節変化は体温調節機能と密接な関係におかれていられると思われる。

次に血清P濃度の変化はKの場合と反対に夏は高く冬に低下している。この様なP濃度に季節変化のある事は小児については古くより明か

にせられた所であって、太陽よりうける紫外線量の季節変化に関係ありとせられ²⁴⁾、Havard & Reay²⁵⁾は成人にも同様の血液無機燐の季節変動を確めている。

4) 血清pH及びCO₂濃度（酸塩基平衡）

第2図に見る如く血清pHは1~5月の間に心持ち低下している様に見える。この場合の各月の平均値について信頼限界を計算して比較しても勿論この程度の差では推計学的に有意な差ありとは言えぬ。又この場合の血清CO₂濃度を見るに、これも月別変動が大きくて一概に断する事は困難であるが、1月や5月には各人の年間平均値を下まわる値を示すものが多い。血液pHの季節変化に関してはBerg¹⁶⁾は夏に若干上昇の傾向を認め、又気温の急激な変化が血液pHに及ぼす影響に関しては環境温度上昇による呼吸促進により呼吸性Alcalosisを來す事実が一般に認められている¹¹⁾、併し果して季節変化によってこの様な呼吸性Alcalosisが起るかどうかは一概に推論し得ない事であって、著者等の成績によればCO₂濃度が夏期に減少しているとは断じ難い。思うに血液pHやCO₂濃度の季節変化は呼吸中枢の興奮状態や体内物質代謝等によって影響を受けるが、一方生体内には色々の器管の働きや緩衝物質が相協力してその変化を防止する様に働いている。然もこゝに測定せる血液pHやCO₂濃度は総て早朝空腹の基礎条件の試料について測定した成績であるから、一層此等の測定値の変動が少いのである。従つてこの場合にpHに大きな変動ありとすれば、それはむしろ一時的な変化と考えた方が良く、かゝる原因を除外して測定した毎月の測定値に大きな変

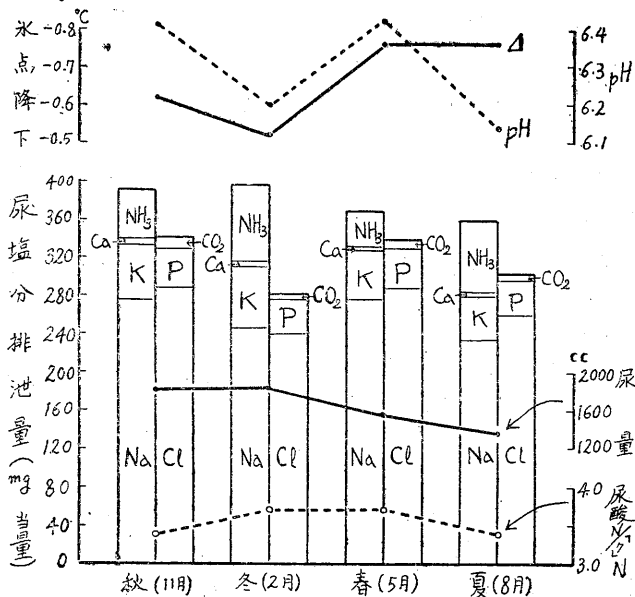


第2図 酸塩基平衡の季節変動及平均気温
化が表われなかったのはむしろ当然と
言う可きであろう。併し乍ら血液のpH
に変化は表われなくとも体内の酸塩基
の代謝には季節的な変動は起り得る。
此の様な体内中間代謝機轉に涉って迄
酸塩基平衡を論ずる爲には先ず次の項
の尿酸塩基根排泄の有様を見る必要が
ある。

B. 尿酸塩基根排泄の季節変化

尿に排泄せられる塩分量は食物とし
てとる塩分量によって著しく変化する
ものであるから、こゝには摂取食物の
量質共に約1週間づゝ一定に保って四
季節別に排泄量を検査した成績(3名の

被検者)についての各季節3日間の総平
均値のみを掲げる(第3図)。図に見
る如く尿量は秋冬に多く春になると減少
し始めて夏最小となり、その氷点降下
度は之と反対に冬に低く夏に高い事は
一般によく知られた通りであって、水
分代謝の季節変化の1つの表われであ
る。而して各種塩分の1日の排泄量を化
学当量單位に換算し且つ陰陽イオン系
のものに分けてヒストグラムにして重
ねて見ると、一番排泄量の多いものは
言う迄もなく、Na, Clであって、こ
れは冬と夏に低下している。NaCl排
泄量が夏に低下するのは発汗により
NaClを失う爲に代償的に尿への排泄
が減じた爲であるが、冬期にNaCl排
泄量の減ずる事は詳しく考えねばなら
ぬ。又K排泄量は冬に増大し、夏に低
下しているがこの夏の低下はやはり発
汗による脱出の爲であろう。これに対
しPの排泄量は四季を通じて著変なく
又Caもその排泄量が僅かなる爲に季
節変化が明瞭でない。CO₂排泄量も若
干冬と夏に低下する傾向が見えるが、
これもその量が僅かである事と、測定



第3図 尿成分の季節変化

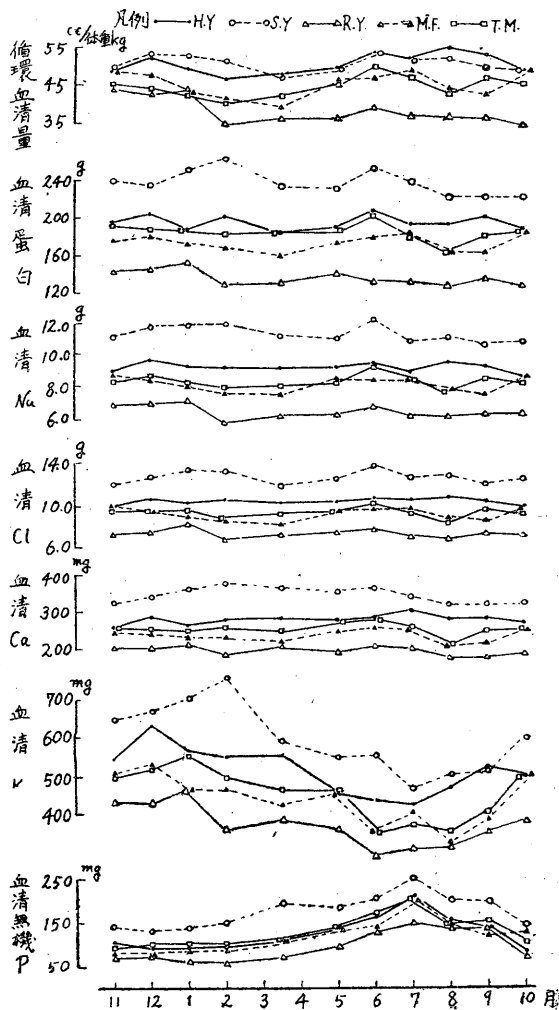
せし尿は1日の全量であって、1日の尿を排尿毎にトルオール下にとって蓄えて最後に測定したものであるから、この間 CO_2 が幾分脱出している事と思われる。従って確かな事は断言出来ぬ。たゞ尿のアンモニヤはその量が可なり多く且つ冬と夏に増大している(第2図及び第3図)。夏にアンモニヤの増す事は、気温が高い爲に蓄尿の間に氷室に入れてはあったが尿素よりアンモニヤが成生せられた爲かも知れない。然し冬は春秋の季節に比し増す傾向のある事は何れの被検者に就いても認められた事で確である。この様な尿アンモニヤ排泄量の変化は体内の酸排泄量と密接な関係ある事は衆知の事実であるから、尿の酸塩基平衡に就いて見る必要がある。先ず尿のpHはアンモニヤの消長と同様に冬と夏に低くなっている。そこで尿に排泄せられる酸塩基根の排泄の有様を検討して見る。

元来酸根とは OH^- イオン以外の陰イオン又は陰イオンになり得る基を言い、塩基根とは H^+ イオン以外の陽イオン又は陽イオンとなり得る基である。而して本実験に於て測定せられた陽イオン系のものは尿中の主なものを殆んど網羅し、Mgが測定より除外せられている位の事であり、Mgも僅かしか排泄せられないから結局第3図の陽イオン系の塩の化学当量を積み重ねたヒストグラムの高さは尿に排泄せられる塩基根の総量を大体として表す事となる。同様に陰イオン系の塩のヒストグラムは尿に排泄せられる酸根量を示すものであって、陽イオン系のヒストグラムと陰イオン系の夫の差は大体として尿に排泄せられる有機酸根量に該当する(磷酸根の場合には尿pHと磷酸の第2解離指数6.8とより第1塩と第2塩の混合として化学当量を算出した)。そこでこの有機酸根量を季節的に比較するに、明かに冬期は他の季節に比して増加している。この様な有機酸根量の排泄の増加は体内につくられた酸性代謝産物の増加に基づくものである。この事はさきの冬期の尿pHの低下、アンモニヤ排泄量の増加等の事実にも符合するのみならず、第2図に示したBase economyの冬期増量の事実によっても裏付けせら

れている(Base economyの増加することはつまり体内酸根の過剰を中和する爲に腎臓の血管球濾液よりのアルカリ回収が増す事である)。但しこの場合血液pHはそれ程低下していない事は前記の通りであるから、冬期は潜在性Acidosisが存すると言う可きであろう。夏期の尿に於ても前記の如くアンモニヤが増し、pHも低下し、Base economyも幾分増加の傾向が認められる。併しこの場合には測定した尿試料に幾分問題があつて確かな事は言えないが、恐らくは川田¹⁸⁾が証明せし如く夏期は発汗によって体内固定アルカリが失われる爲に潜在性Acidosisに傾いているのであろう。

IV. 考 察

以上著者等が血液鉍物成分の季節変動に就いて得られた成績をまとめると先ず血清比重より求めた血液水分は夏期に増加し、水血症を來して全循環血量の増加を來すのであるが、塩分濃度は細胞外塩分(Na, Cl, Ca)と細胞内塩分(K, P)とによってその変動の有様が異り、前者は何れも血液水分と反対に夏期に減少、冬期に増加し且つその増減の比率も血清固形成分の大部分を占める血清蛋白の変動率(約15%)に近いものである(第1表参照)。これに対し細胞内塩分濃度の季節変動は一般に細胞外塩分よりも格段に大きく且つKの変動の方向は細胞外塩分と同様に夏に低く冬に高いが、Pの場合はその反対である。そこで当然細胞外塩分と細胞内塩分とは季節変動の原因を異にしていると考えられる。先ず細胞外塩分の季節変動の原因につき考察する爲に、全循環血清中の此等の塩分の総量を算出すると、第4図の如き成績が得られる。こゝに見る如く全血清中の細胞外塩分量は1年間を通じて殆んど変化していない。(要因分析の結果季節変動は無意である)。たゞCa量は若干冬期に増加の傾向を示したのもあるが、被検者全体を通じて眺める時は、不変と考えた方が良く、殊にこの被検者は全血清蛋白量も幾分冬期に増す傾向があつたから、その影響と思われる。参考の爲に血清中の無機Ca(蛋白と結合せ



第4図 血清鉦質及蛋白総量の季節変化

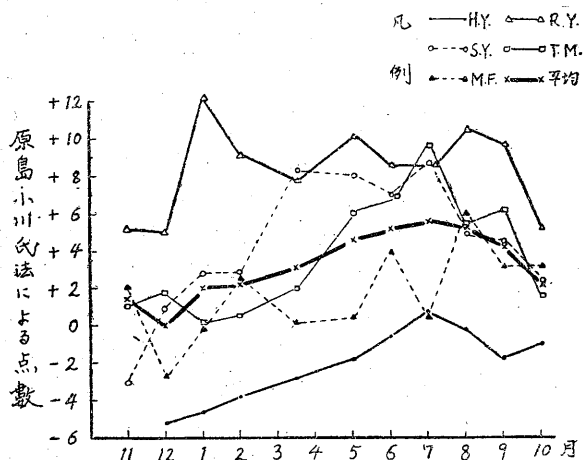
るものを除いたもの) 量を Peters & Eiserson²⁶⁾ の式を応用して算出したが、その全血清中の総量は全 Ca に就いての値より以上に年間恒定の程度が著明であった。

以上の成績よりすれば、血清中の細胞外塩分濃度の季節変化の原因は主として全血清量の季節変動の影響と考える外はない。而して全血清量の季節変動は緒論にも述べた如く、夏期の気温上昇に伴う血液流床の増加によるとせられている。併し乍らもしこれが単なる流床増加に伴う組織液の血管内流入によるものとすれば、夏期に血清滲透圧が減少することが説明困難

である。これに対し田中等¹⁸⁾は夏期の水血症の原因としては単なる流床の増加の外に水分代謝機構の季節的適応によって夏期に体内総水分量特に細胞外液相が増加する事を考慮せねば説明がつかぬと言う。何れにしてもこの様な流床の増加や体内水分量の増加は気温上昇に伴う皮膚血管の開張や発汗、不感蒸泄量の増加に伴う全水分代謝量の増加に伴うものであって、何れも物理的体温調節機能の季節変化に伴った現象であり、又 Barbour⁷⁾ 等が指摘した如く、主として物理的体温調節に対して生理的意義の深いものである。又この様な血液水分増加によって細胞外塩分濃度が減少する事は、発汗による血液濃縮を防ぐのみならず、汗への此等塩分の排泄を可及的に減ぜんとする1つの適応現象とも見られる。

次に細胞内塩分濃度の季節変化の原因に就き考えるに、先ず血清 P に就いては前記の如く太陽より照射せられる紫外線量の季節変化によるとの見方が現在圧倒的であり¹¹⁾、著者等の成績に於ても血清総量にも著明な季節変化が認められた。これが体温調節上どの様な意義があるかは明かでないが、恐らくは骨其の他の磷酸の多い組織の代謝の季節変動に深い関係があるものと思われる。

次に血清 K 濃度が夏に低く冬に高い原因につき考えるに、これは全血清量の季節変化では到底説明出来ない事はその変動率より明かである。これに関しては前記の如く原島等³⁾は自律神経緊張の季節変化に関係ありと述べ、Ca 濃度の季節変化と一連の関係ありと述べている。そこで著者等の被検者についても一応原島等に従って自律神経緊張度の季節変化を調べて見た。その結果は第5図に示されている。但しこゝに計算した緊張度は原島、小川の綜合法¹³⁾により、血清 K, Ca 濃度、中性好性白血球、好性白血球及び淋巴球の比率等より点数として算出したものであって、血液有形成分の成績は



第5図 自律神経緊張状態の季節変化

山本⁸⁾の実験成績より借用した。図に見る如く5人の被検者何れに於ても冬は点数が負となり(交感神経緊張), 夏は正(副交感神経緊張)となる。渡辺等はこの点数と薬効的自律神経緊張測定法の成績とがよき相関を有する事を証明しているから, 恐らく冬は交感神経緊張に夏は副交感神経緊張に傾く事は正しいと思われる。従来血清Ca/Kの比は自律神経緊張状態と密接な関係ありとせられて居るが²⁷⁾此の値を計算しても夏は此の比が大となり副交感神経緊張の像を呈する。併し乍ら何故に自律神経緊張が高まれば血清CaやK濃度又はその比に変化を生ずるやの理由については従来とかくの議論があって, いまだ確定しているとは言いがたい。即ちZondekによれば交感神経が働く際にはCaを必要とし, これが血液中より交感神経末端に集る事により興奮するが, 逆に副交感神経の興奮には組織中へKの蓄積を要する。そしてDresel, Wollheim等の支持を得たのであるが, しかしVollmer, Jendrassik & Antal等はかかる事実なき事を証明している(以上何れもMüllerの著書²⁷⁾より引用)。著者等の成績に於てもCa濃度は副交感神経緊張に傾いた夏期に低く交感神経の緊張せる冬期に高くなり, Zondek等の所説と反対である。それ故にK濃度の季節変化の原因も一応自律神経の緊張と切離して考え直す必要がある。

元来血清K濃度の生理的变化の原因として挙げられるものには色々あるが, その内で季節変動の原因となり得るものは新陳代謝(体内酸化現象, 蛋白代謝), 内分泌機能, 酸塩基平衡等の変化である(Fenn²³⁾). この内で酸塩基平衡の季節変化は若干は存在するがそれ程強いものでない事は前記の成績に明かであり, 又ホルモンとして第一に問題となるAdrenalinは血清K濃度を下げると言われ²³⁾, 然も冬期はAdrenalinの分泌が増しこそすれ, 反って夏よりも分泌が少い事はないから, これも当らない。Insulinも血清Kの低下に作用するが²⁸⁾, 然し高温環境下にてはInsulin分泌の減弱を思わせる様な報告²¹⁾はあっても夏期にInsulin分泌の増す様な成績は見当らないから, 夏期のKの低下の原因をInsulinと考える事も出来ない。又副腎皮質の機能が亢進すればKの排泄を高めて血清濃度を減する事も考えられるが, 四季別の尿排泄塩分の成績に見る如く, 血清K濃度の低くなるのは夏期であるに拘らず, Kの排泄量は反って冬期に増加している。従って最後に最も考えられる原因として新陳代謝亢進の理由が残る事になる。即ち井上²⁹⁾によれば冬期は細胞の蛋白代謝が亢進する外, これに伴ってこれと密接不可分の関係にある細胞内酸化が促進せられて基礎代謝が亢進する。この様な冬期の新陳代謝亢進の原因としては寒さによって下垂体機能の亢進する事を第一に考えねばならぬ(Fulton³⁰⁾). 即ちこれによってACTHの分泌が増し, 副腎皮質機能が亢進するとすれば, 以上の新陳代謝特に蛋白代謝亢進が当然起って来る筈である。この様な冬期の副腎皮質亢進の証拠としては本研究と並行して同じ被検者に就いて江口¹⁸⁾の見たγグロブリンの増加, 淋巴球の比較的減少, 井上¹⁸⁾の見た尿酸クレアチニン比の増大(第3図)の事実を挙げることが出来る。かくして副腎皮質のGlucocorticoidの作用によって体蛋白の分解が増せば当然Kの遊離を来し, これは細胞の代謝機轉亢進に伴う細胞膜透過性の増加と相まって

過剰のKの血中流出を來してその血清濃度を高めるのである。一方この場合の尿排泄塩分を見るに冬期はKの排泄が増し、Naの排泄が減少しているが、これは副腎皮質の Mineralcorticoid の分泌が亢進するとすれば一応は理解出来る。然しこの場合の尿排泄塩分の季節変化をどの程度に重く見てよいかは疑問である。それはこの場合にとつた食物は四季共に全く同じであったから、例えば Na の排泄が冬期に減するとすれば、当然 Na の腸からの吸収も順化によってそれに適応する様に減じなければならぬ。そうでないならば Na は冬中体内にたまり通しとなり、かゝる不合理は考えられぬ。それ故にこの点に就いては單に1週間の試験に止まらず、更に長期に渉る綿密な実験を行つてから考察すべきである。のみならず Mineralcorticoid の分泌はむしろ夏期に増す事を示唆する研究³¹⁾があるから、此の考えは直ちに承認出来ぬ。然し何れにしても此の成績よりして血清K濃度の冬期の上昇は尿排泄K量の減少によるものでない事は確かであつて、むしろ体内にて遊離せられるKが増した結果尿排泄量も増して居ると考えるのが至当である。而して前記の如く蛋白代謝が亢進すれば当然代謝産物として過剰の酸根がつくられるから、これが冬期の潜在性 Acidosis の原因と考えられるのである。又血中に増加せるKはこの酸の中和に利用せられ、Acidosis の発生の防止に役立っているのであろう。而して以上の如き冬期の新陳代謝の亢進は当然基礎代謝乃至は体内産熱の増加となつて表れ、体温調節上にも重要な意義をもっている(福田³²⁾)。この様に血清Kの冬期の増加は廣い意味の体温化学調節の1つの結果であると考えられる。更に血清K増加の重要な意義は血清K濃度の僅かな上昇は筋肉や神経の興奮性を亢進せしめる事実²⁸⁾である。この事は多くの人によって廣い視野より検討せられ、学界の一致した意見であるが、この様な筋や神経の興奮性の増加は当然冬期に於ける筋の活動とか緊張の増加を促進し体温化学調節を一層亢進せしめる結果を招來する。即ち血清K濃度の冬期の増大は体温の化学調節亢進の

結果でもあるが、一面その促進要因となるのであつて、体温調節の冬期順化に重要な意義を有する事が明かであらう。

以上要するに細胞内塩分たるPやKの季節変動の原因は体内諸臓器乃至は細胞機能の季節変化の結果であるが又一面此等細胞機能の季節変動の発現に対し重要な意義を有するものと言えるである。

V. 総 括

5名の教室員について逐月的にその基礎條件時の血清水分及び塩分濃度を又その内の3名については食餌を一定として四季に於ける尿排泄成分を測定し、人体鉍質代謝の季節変動を観察して次の成績を得た。

1) 血液水分量は夏期に増加し、冬期に減するが、これは全血清量の季節的増減（稀釈と濃縮）に伴うものである。

2) 血清塩分濃度の季節変化は細胞外塩分たる Na, Cl, Ca と細胞内塩分たる K, P とはその変化の有様を異にし、後者の方がその変動が遙に大きい。

3) 血清中の細胞外塩分濃度の季節変化はさきの血清の稀釈と濃縮に伴うものであつて、夏期に減少、冬期に増加する。従つてかゝる変化は体温の物理的調節の季節変化（流床、水分代謝の変化）がその主因であり且つ又物理的調節の季節順応に対し生理的意義が深い。

4) 血清中の細胞内塩分濃度の季節変化は塩の種類により様相を異にし、Pは夏期に増加、冬期に減少するが、Kは夏期に低下、冬期に増加する。而してこの変化は何れも体内諸臓器機能の季節変化に伴うものであろう。

5) 即ち血清P濃度の季節変化は恐らく太陽紫外線量の季節変化に原因するものであり、Kの夫は気温変化に伴う新陳代謝（基礎代謝又は一般産熱）の変化（冬期に亢進）によるものであろう。

6) 従つて血清K濃度の季節変化は体温の化学調節の季節変動に伴うものであり、且つ又その季節順応に対し生理的意義が深い。

7) 血液酸塩基平衡はその pH や豫備アルカリには殆んど大きな季節変化がない。併し冬期は上記の新陳代謝亢進の結果酸性代謝産物の産生が多い爲に潜在性 Acidosis に傾く。

この研究は、文部省科学研究季節生理班の一分担研究として行われたものであって、その費用は科学研究費にまづ所が多い。

文 献

- 1) 黒田嘉一郎 (1948) 医学と生物学 12, 12
- 2) Maxfield, M. E., H. C. Bazett, and C. C. Chambers (1941) *Am. J. Physiol.* 133, 128
- 3) Barcroft, J. et al. (1923) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, B. 211, 351 & 455
- 4) Bazett, H. C. (1949) *Physiology of Heat Regulation and The Science of Clothing Philadelphia* (edited by L. H. Newburgh) より引用
- 5) Evans, C. L. (1949) *Principles of Human Physiol.* London.
- 6) 久野 寧 (1946) 汗 (養徳社版)
- 7) Barbour, H. G. (1924) *Am. J. Physiol.* 67, 366 & 378
- 8) 松本兵三 (1943, 1944) 満洲医誌 39, 911; 40, 27
- 9) 緒方維弘 (1948) 日本医師会誌 22, 53
- 10) 斎藤 一・高松 誠 (1952) 労働科学 28, 269
- 11) Peters, J. P. & D. D. Van Slyke (1937) *Quantitative Clinical Chemistry Vol. I.*, Baltimore.
- 12) de Rudder, B. (1938) *Grundriss einer Meteorobiologie*, Berlin.
- 13) 原島 進 他 (1949) 日新医学 35, 132; 渡辺巖一 (1950) 労働科学 26, 486; 外山敏夫 (1951) 日新医学 38, 181
- 14) Berg, M. et al. (1940) *Am. J. Physiol.* 130, 9
- 15) 藤井暢三 (1947) 生化学実験法(定量篇) 南山堂; 須藤憲三 (1934) 医家学量の微量測定法 南山堂
- 16) Heylmeyer (1933) *Medizinische Spectrophotometrie*, Berlin.
- 17) 吉川春寿 (1947) 日新医学 34, 6 より引用
- 18) 江口文野 未発表(日本生理誌近刊発表予定); 大原重信 未発表(生化学近刊発表予定); 川田輝夫 未発表; 田中光雄 未発表(日本生理誌近刊発表予定); 山本克起 未発表(日本生理誌近刊発表予定)
- 19) 福山富太郎・佐藤篤郎 (1947) 医学と生物学 11, 400
- 20) Hamilton, W. F., H. G. Barbour, & N. M. Loomis (1924-25) *J. Physiol.* 59, 306
- 21) 学研季節生理班報告(日新医学: 黒田嘉一郎 (1948-50), 35, 188; 36, 128, 544; 37, 243; 堂野前維摩郷 (1948) 35, 278, 544; 福島寛四外 (1949) 36, 129; 武田 浩 (1949) 36, 422; 谷茂岡洋 (1949) 36, 423; 継眞 (1949) 36, 425; 山田早苗 (1950) 37, 41; 田坂定孝 (1950) 37, 242
- 22) Forbes, M. H., D. B. Dill & F. G. Hall (1940) *Am. J. Physiol.* 139, 739
- 23) 榎本英雄 (1952) 医学と生物学 23, 51
- 24) 高木敬一 (1936) 京都府立医大誌 18, 617
- 25) Havard, R. E. and G. A. Reay (1925) *Biochem. J.* 19, 382
- 26) 吉川春寿 (1949) 臨床医化学(臨床篇) 330 協同医書出版社より引用
- 27) Müller, L. R. (1931) *Lebensnerven und Lebenstrieb*, Berlin.
- 28) Fev, W. O. (1940) *Physiol. Rev.* 20, 377
- 29) 井上五郎 (1950) 日本生理誌 12, 77
- 30) Fulton, J. F. (1947) *Howell's Textbook of Physiology* 1100 Philadelphia and London
- 31) Conn, G. W. (1949) *Advances in Intern. Med.* III. 373
- 32) 福田正弘 未発表(日本生理誌近刊発表予定)

Summary

Water and salts contents in serum were determined monthly on five adult male students throughout a year, the samples being drawn from cubital vein in basal condition. Urinary out-puts of salts were also measured on three subjects of them, who took meals of the constant composition for a week in four seasons respectively.

Results obtained are as follows:

- 1) Water content of serum increases in summer, while decreases in winter. The change is accompanied with seasonal variations of total circulating blood volume, and bears an important relation with the regulation of heat elimination from the body.
- 2) Seasonal changes of salts concentrations in serum differ according to whether the salt is of extracellular (Na, Cl, Ca) or of intracellular origin (K, P). The changes of the latter are much greater than those of the former.
- 3) Serum Na, Cl and Ca decrease in summer while increase in winter. These changes

are mainly due to the seasonal dilution or condensation of the blood mentioned above.

4) Serum concentration of P rises with increase of ultraviolet rays of sunshine in summer, while falls with its decrease in winter.

5) On the other hand, serum K falls in summer and rises in winter. As the K level follows the metabolic rate, these changes are probably correlated with the seasonal changes of metabolic rate, especially of basal metabolism i.e. heat production, ascertained on the same subjects of this study.

6) The physiological rôles of these changes of serum salts were discussed and their intimate connections with seasonal adaptation of thermal regulation were deduced. Thus the extracellular salt are connected with physical regulation, while K from cells with the chemical regulation.

7) The acid-base balance of serum undergoes no serious variations with change of seasons, though, in winter, the blood pH inclines to fall slightly and the urinary out-put of acid radicals and the base economy increase (the latent acidosis).

(Institute of Physiology, Kyoto Prefectural University of Medicine)

会 報

会費の改正について

昭和28年度の会費は700円（1カ年）となりました。尙会費の御納入は本号に挿入の振替用紙を御利用下さい。

講演々題の申込み並に抄録の発表について

総会又は地方会に演題を申込み本誌に抄録を掲載出来るのは会員に限られて居ります。従って演題申込み希望者で会員でない方は豫め入会手續をお願い致します（誌上発表及び共同発表の場合も同じです）。

正 誤 表

（14巻9号544頁の正誤表の内下記の分だけ下の様に訂正致します）

頁	列	行	
434	左	下から16	行目の次に何れも“以下同様”を挿入する
		“ 13	
		“ 11	
436	左	下から12	
		“ 9	
		“ 7	

諸種神経炎・リウマチス・難聴に

100mg

50mg

高単位ビタミン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と漸次高単位に移り、臨床上也高単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10ccバアリアル

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 ●無痛性V.B₁注…パラエス

文献贈呈 大阪道修町 塩野義製薬株式会社 東京・福岡・札幌

主要医薬品

ペニシリン

各種ペニシリン

バンチオニン

注未錠

肝臓障碍
メチオニン製剤

ストレプトマイシン

結核治療抗生物質

デトキソール

重金属並に
中毒一般解毒剤

注射用
内服用 ジュンパス

結核化学療法剤

ジューソニン

重曹注射液

バンジット

全上 イソニコチン酸ヒドラジド

スチブナール

日本住血吸虫病デストマアンチモン製剤

オI-アミザル

砒素駆梅剤

コーチザン

副腎皮質ホルモン
米国メルク会社製
ロイマチス、神経痛、アレルギー疾患、角膜炎

シオI-アミザル

全上

錠剤・注射用
眼科用軟膏

マファルザル

全上

ギトーザン

注
ロイマチス、神経痛、キノフエン製剤

オスブルサン

内服用駆梅剤

塩酸アロカイン

注
局所麻酔薬

東京・萬有製薬株式会社・日本橋