

日本生理誌第14卷3号昭和27年6月1日(毎月1日発行)
昭和27年5月6日第3種郵便物認可

日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第14卷 第3号

Vol. 14 No. 3

昭和27年6月1日発行

June 1952

原 著

有本和男：単一神経纖維に於ける偽作流と KCl 濃度との關係に就て (第3報) KCl 濃度と濃淡電位との關係に就て.....	81
有本和男：単一神経纖維に於ける偽作流と KCl 濃度との關係に就て (第4報) KCl と麻醉薬との關係に就て.....	86
根岸喜久夫：漸増電流刺激による單一骨骼筋線維の短縮について.....	92
沖田実・入沢宏：毛細血管内血流速度に就て.....	98
錢場武彦・岸良尚・佐々木弘純：頸動脈洞反射と肝臓血管.....	102
阿知波繁一：疲労尿の電気化学的研究 (第8報) 酸化還元電位に及ぼす影響.....	106
阿知波繁一：疲労尿の電気化学的研究 (第9報) 陽極過電圧に及ぼす影響.....	110
小田中貞：嚙下呼吸.....	114
伊藤秀三郎：中枢神経運動系に対する諸種化学物質の作用に就て.....	120

地方小学会報

第75回生理学東京談話会.....	127
第76回生理学東京談話会.....	130

第14卷第2號末尾に第13卷總目次があります

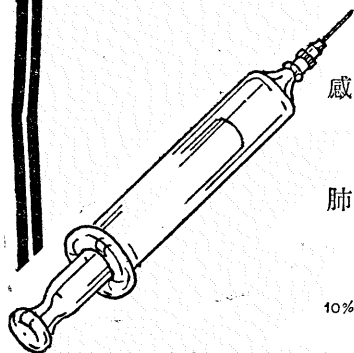
日 本 生 理 學 会

Physiological Society of Japan

Sulfa

"第一"のダイアジン注射液

テラジアジン注射液



感冒とは……氣道内に潜在或は常在するウイルス或は細菌により組織器官が侵されるもので Infection が伴うものとされていますので、テラジアジンの投與こそ最も適切でありましょう。

肺炎の場合……肺炎菌性・ブドウ球菌性のもはもとより氣管支性・フリードレンデル菌性・百日咳性・麻疹性肺炎等に對しても、すぐれた効果を發揮します。

原因不明の發熱にメチロン（スルピリン）との混合注射をお奨めします。

10% 2cc X 10 170円 5cc X 10 330円 10cc X 5 360円

2cc X 50 750円 5cc X 50 1600円

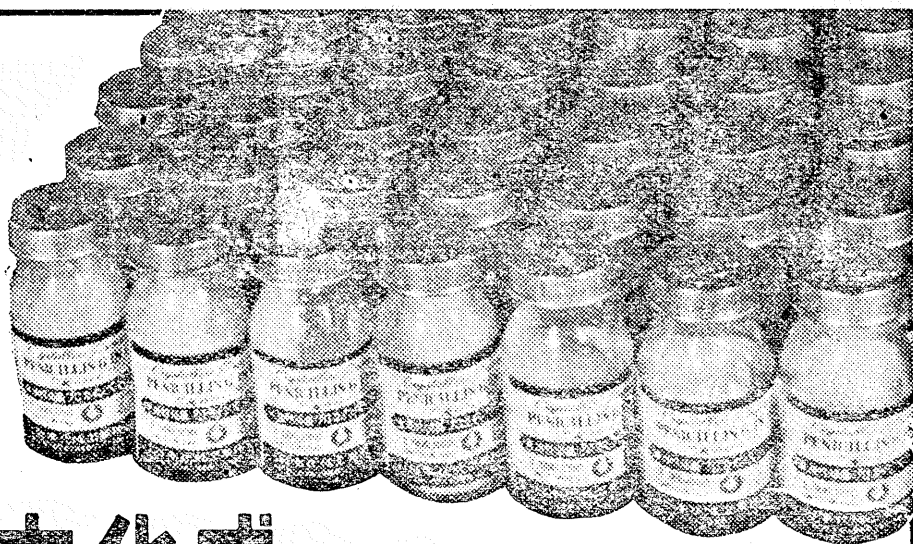
末 25瓦 830円 100瓦 3,000円 500瓦 14,000円 錠 10錠 20錠 100錠 500錠



第一製藥

本社 東京都中央区日本橋江戸橋三

支店 大阪市道修町・福岡市下祇園町（文・連星）



日本化成の Penicillin

- ★油性プロカインG 300.30万單位
- ★水性プロカインG 300.30万單位
- ★結 晶 G 20.10万單位
- ★無 定 形 20.10万單位

ペニシリン

単一神経繊維に於ける偽作流と KCl 濃度との関係に就て 612.014.423:612.014.46

(第3報) KCl 濃度と濃淡電位差との関係に就て

The Interaction between the Potassium Concentration and the Action Current of the Single Nerve Fibre.

Part 3. The Relation between KCl Concentration and the Concentration Potential.

(本論文の要旨は第27回日本生理学会総会に於て報告した)

有 本 和 男 (Arimoto-Kazuo) *

I. 緒 言

先に著者は第1報¹⁾に於て、蟄の神経繊維の Ranvier 氏絞輪部に KCl を作用させると、その絞輪部の偽作起電力が減少することを報告した。又第2報²⁾に於て、KCl を作用させた絞輪部の隣接絞輪部も亦閾値の上昇及び偽作起電力の減少が見られ、それは大体その部位に $1/2 \sim 1/3$ 位の濃度の KCl を作用させた場合に相当する事を知つた。

なお田崎³⁾は KCl を作用させた隣接絞輪部の閾値は下降すると述べている。

著者は此処で上述の変化で、KCl の濃度差による濃淡電位差によるものであるか否かを知る事を目的とし、KCl を作用させた部位並に隣接絞輪部の閾値並に偽作流の変化を追求しつゝ、UX54 及び懸鏡電流計を使用して、その濃淡電位差を測定した。

II. 実 験 方 法

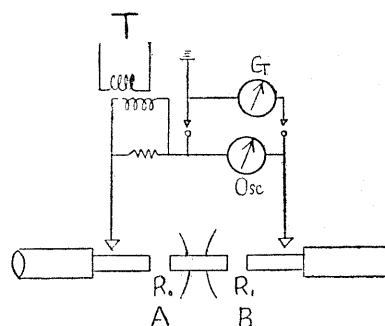
実験材料としては、蟄の坐骨神経腓腹筋並に縫工筋標本から清水の方法で単一神経繊維を分離剔出し、斯くして作製した単一神経繊維筋標本を30~60分 Ringer 液中に静置した後実験に使用した。

1. 第1実験

実験方法は田崎³⁾の髄鞘乾燥法に従つた。即ち第1図の様に2枚の硝子板に依つて互に隔絶された pool A, B を作り、此れに絞輪 R_0 , R_1 をのせ、髄鞘の部分に空气中にて乾燥させた。

* 東京歯科大学生理学教室

更に各々の pool に Zn-ZnSO₄-寒天 Ringer 型不分極電極を置き、此の回路にブラウン管オツシ



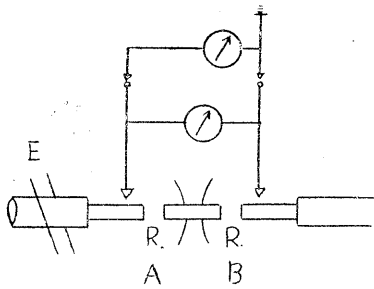
第1図

ログラフ及び UX54 を挿入し、T なる回路に依つて、絞輪 R_1 に感應電撃を与えた。先ず絞輪 R_1 の閾値を決定し、其の偽作流を撮影し、然る後に UX54 の陽極回路に電流計の零点を決定し、次に A 部に 0.9% KCl 水溶液と普通 Ringer 氏液との比を種々の濃度比に混合した溶液 (KCl-Ringer 氏液) を作用させ、各種 KCl 濃度に依る B 部の閾値と偽作流の変化を追求しつゝ、電流計の変化を測定した。猶 UX54 陽極回路に挿入した電流計は、横河製 $50\mu A$ 電流計である。

2. 第2実験

第2実験の方法は第1実験の方法と殆んど同様であるが、第2図に示す如く、田崎の髄鞘乾燥法に従つて、2つの pool A, B を作り此の pool に Zn-ZnSO₄-寒天 Ringer 型不分極電極を置き、此の回路にブラウン管オツシログラフ及び懸鏡電流計を挿入し、E なる回路に依つて興奮傳導刺激を興えた。先ず B 部に 0.1-% Cocain-Ringer 氏液を作用させ、絞輪 R_0 の偽作流が全

く単絞輪性となつた時に、其の偽作流を撮影し



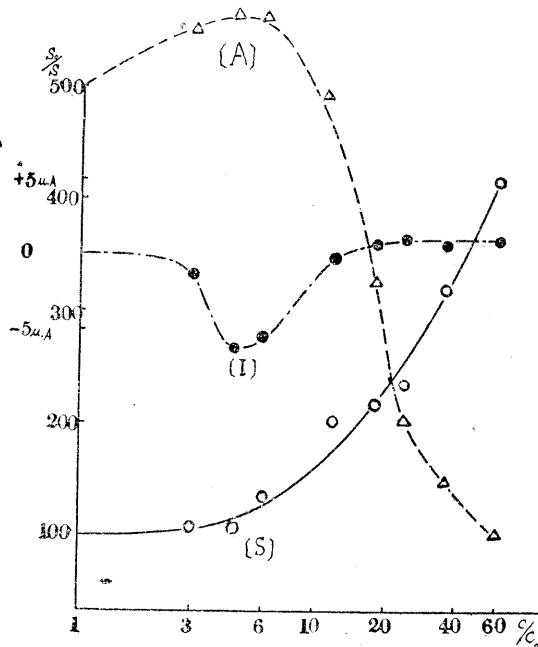
第2図

然るに懸鏡電流計の零点を測定した。更にA部に各種濃度のKCl-Ringer氏液を作用させて、A部の偽作流の変化を追求しながらA部とB部の濃淡電位差を測定した。

Ⅲ. 実験結果

1. 第1実験 UX54によるKClの濃淡電位差の測定と閾値及び偽作流との関係 (第3図参照)。

種々の濃度のKCl-Ringer氏液を近心側poolに作用させて、その場合に於けるKClの濃淡



第3図

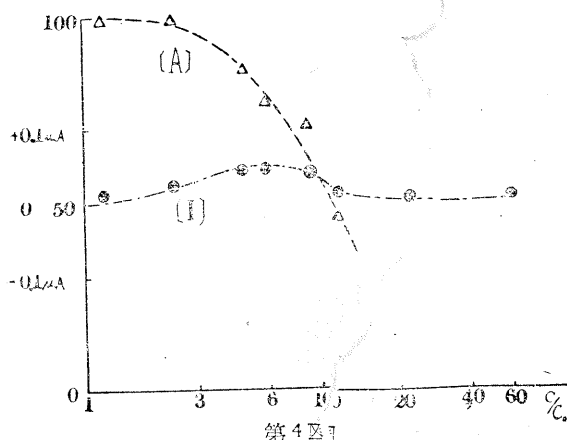
[A] Action current [I] UX54の変化 [S] Threshold 電位差を求める爲に、UX54によつて生ずる電

流計の振れを求めた。この場合の隣接正常絞輪部に於ける閾値及び偽作流の大きさとの関係を求めた。結果は此の図に示す如く、KCl 0.09% (溶液のKCl濃度(C)は普通Ringer氏液に含まれるKCl濃度(C₀)即ち0.014%の約6倍)迄は閾値及び偽作流は殆んど変化を示さなかつたが、KClの濃度がそれ以上に高まるにつれて閾値は急激に上昇し、偽作流はその大きさを減少した。図のA部とB部との濃淡電位差は、KCl 0.0675% (Ringer氏液中のKCl濃度の約4.5倍の時最高度で6.4 μ Aであつたが、KClの濃度がそれ以上に高まるにつれて零に近すいた。第3図の縦軸は閾値と偽作流の大きさの変化であり、横軸はKCl濃度である。

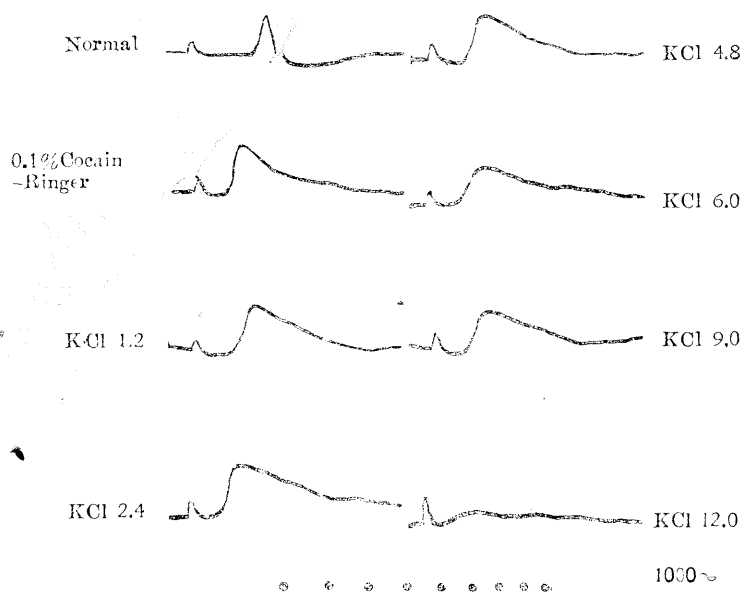
縦軸の閾値並に偽作流の変化に対する説明は著者の第1報第5図と同様である。UX54の変化に就ては、図を分り易くする爲に、任意の所に零点を求めた (室温23°C)。

2. 第2実験 懸鏡檢流計による測定値と興奮傳導による偽作流の大きさとの関係 (第4図参照)。

刺戟部位に於ける偽作流の大きさを測定する場合には、刺戟電撃による振れと偽作流とが重なるために、その形ちがくすれ、測定値は当然或る程度の大さの誤差を含む事が考えられる。そこで著者は、近心側神経幹を刺戟し、その部位に生じた神経衝撃によつて、注目する絞輪に興奮傳導によつて生ずる偽作流の大きさを測定した。猶A部とB部とのKClの濃度差によつて生ずる電位差を懸鏡檢流計によつて求め、第1実験と比較することとした。その結果は、偽作流の大きさはKCl 0.036% (約2.4倍)迄は殆んど変化を示さなかつたが、それ以上の高濃度に於ては急激に減少し、KCl 0.18% (約12倍)に於て消失している。亦濃淡電位差の高まりはKCl 0.072~0.09% (即ち約4.8~6倍)の時に最高で0.05 μ Aであつたが、KClの濃度が高まるにつれて零に近すいた。第4図の縦軸は偽作流の高さ並に懸鏡電流計によるA部、B部間の濃淡電位差を示してある。偽作流の大きさは正常時を100とし、百分比で現して



[A] Action current [I] Mirror Galvanometer の変化



興奮傳導 (第4図) の場合の偽作流の形の変化を示す

ある。又濃淡電位差は分り易くする爲、任意の所に零点を置いた。横軸は KCl の濃度で C/C_0 で現わしてある (室溫 13°C)。

IV. 考 察

以上の閾値及び偽作流の大きさの変化は当然著者の第1報、第2報の変化と共通している。

而して田崎が見た如く A部に KCl を作用させ Compensation によつて見た B部の閾値は、田崎の結果と違つて下降する事なく、見掛上の上昇を示した事である。

濃淡電位差は UX54 と懸鏡電流計で測定した値は、両者共大体同一の傾向を示した。即ち KCl 0.0675~0.072% (Ringer 氏液の約5倍) 迄は濃淡電位差は高まつた。何故ならば、一見懸鏡檢流計にて電流値の増大が上部に向うのは、容易に考えられるが、然し UX54 を使用した時は下方に移動を生じて、あたかも前者と反対の方向に陽極陰極の差を生じた様に見えるが、此れは真空管の特性を考えればすぐ思考出来る所である。即ち第1図から考えられる如く KCl 作用部位が UX54 の接地側になるので、此の部の陽性変動は UX54 の格子側が地球に対して相対的に陰性変動を行

つたと考えられるから、格子電位が陰性になれば、陽極電流は減少する事になるからである。KCl 0.09% (Ringer 氏液の約6倍) 以上に於ては、濃淡電位差は逆に下降し零点に近ずいた。此の事は若しも、形質膜の外に作用させた KCl の作用によつて、膜自身の抵抗が変化しないものと仮定すれば、濃淡電位差は作用させた KCl の濃度の高まりに応じて増大しなければならない筈である。然るに KCl 0.09% (約6倍) 附近より濃淡電位差が下降し零点に再び近づく事と、著者の行つた第1~2報

に於ても或は本実験に於ても、閾値並に偽作流の変化が急激に現われ始める KCl 濃度が 0.09% (Ringer 氏液の6倍) 附近である事、及び Hodgkin¹⁾ が無髓神経纖維に KCl を作用させそのコンダクタンスを測定し、その結果形質膜は作用させた KCl の作用によつて、その抵抗の減少する事を見た。此れらの点を比較考察すれば、著者の実験結果から KCl 0.09% (Ringer 氏液の約6倍) 附近に於て、莖の単一神経纖維の形質膜の電気抵抗が減少し、KCl を作用させた部位の形質膜及び神経纖維内部の変化が起

り、次で二次的に隣接絞輪部の閾値並に偽作流にも変化が起るのであつて、 K^+ の濃淡電位差そのものによる陰極或は陽極電気緊張によつて生じたものではないと云う事が考えられる。従つて濃淡電位差はKClの濃度が高まるにも関わらず、 K^+ の他部への移動等により、或る濃度以上又は或る時間経過すれば、却つて其の隣接部間の濃淡電位差が減少し、且つHodgkinの実験から想像出来る如く、其の電気的抵抗の減少から、終には隣接部位との間は等電位となると考えられる。又著者に取つて興味ある事は、第1報及び第2報に於て、目的とする絞輪部のKCl濃度を変化せしめた場合、即ち本報告と同じ条件の時、常にKCl濃度がRinger氏液の約4~6倍附近で偽作流の上昇と、軽微ではあるが、場合に依つては閾下降が見られ、且つ第1報、第2実験の如く少くともKClについて可及的に濃淡電位差を生ぜしめない様にする、此の如き偽作流の増大等の見られなかつた事である。然し此の点も本実験結果が明解な答を与えてくれている。即ち、丁度偽作流の上昇している時には、少くとも目的とする部位及び隣接絞輪部の間には濃淡電位差が完全に証明出来る事であり、且つそれはKCl濃度大なる方が他に対して陽性となつている。従つて此の濃度近傍では完全に陽極電気緊張の存在する事が証明された。此の事は多くの人々、特に田崎³⁾に依つて別出單一神経纖維に就てなされた電気緊張の結果と全く同一の結果となつている。従つて第2報に於てKCl効果の原因に就て種々考察をめぐらしたが、本実験からその理論を相当明確にする事が出来たと信ぜられる。

V. 結 論

著者は第1報、第2報に於て、蟻の單一神経

纖維に各種濃度のKCl-Ringer氏液を作用させ、その作用部位並に隣接正常絞輪部の閾値と偽作流の変化を追求したが、常に問題になるのが此の両者間の濃淡電位差の状態の不明確な事であつた。そこでUX54及び懸鏡檢流計を使用し、其の濃淡電位差を測定し次の結果を得た。

1. UX54を使用した場合、KCl 0.0675% (Ringer氏液の約4.5倍)迄は濃淡電位差は高まり、その最高値は $6.4\mu A$ であつたが、それ以上のKCl濃度に於ては零点に近ずいた。

2. 懸鏡檢流計を使用した場合はKCl 0.072% (Ringer氏液の約5倍)迄はKCl濃度差が増すと共に濃淡電位差は高まり、KCl 0.072~0.09% (約4.8~6倍)で最大($0.05\mu A$)に達し、それ以上KClの濃度が大となると、それと共に濃淡電位差は零に近ずいた。

3. 以上の事から、閾値並に偽作流の変化は電気緊張から来る変化ではなくして、形質膜並に神経纖維内部が外液として作用させた K^+ によつて影響を受け、その結果現われたものと思われる。且つ此の作用はKClの特異的な作用と考えられる。

摘筆するに当り、慶応大学医学部教授兼東京歯科大学講師加藤元一博士の御校閲を深謝し、終始御指導御鞭撻と御校閲を労わした山田守教授、丸橋寿郎助教授に深い感謝の意を捧げる。

文 献

- 1) 有本和男 (1952) 單一神経纖維に於ける偽作流とKCl濃度との關係に就て (第1報) KClを作用させた部位に就て 日本生理誌 14, 70
- 2) 有本和男 (1952) 單一神経纖維に於ける偽作流とKCl濃度との關係に就て (第2報) KClを隣接絞輪部に作用させた場合に正常絞輪部に及ぼす効果に就て 日本生理誌 14, 77
- 3) 田崎一二 (1944) 神経纖維の生理学 河合書店発行
- 4) Hodgkin, A. L. (1947) The effect of potassium on the surface membrane of an isolated axon. J. Physiol. 106, 319-340

Summary

Using UX 54 and mirror galvanometer, the author measured in this report the potential difference between "A" and "B" of Fig. 1 or 2.

1. When UX 54 was used and KCl concentration was up to 0.0675%, the potential difference continuously increased. The maximum point was $6.4\mu A$. And when the KCl concentration was more than that, the potential difference got near the zero point.

2. When mirror galvanometer was used and the KCl concentration was up to 0.072%, the potential difference increased. The maximum point was $0.05 \mu\text{A}$. But when the KCl concentration was more than that, the potential difference got near the zero point.

3. Judging from above two experiments, the change of the threshold and the action current was not caused by electrotonus. It was considered that the change was caused by the potassium on the plasma membrane and inner part of the nerve fibre. Moreover, it was supposed that this change was caused by the special action of the potassium.

(Department of Physiology, Tokyo Dental College)

単一神経繊維に於ける偽作流と KCl 濃度との関係 に就て 612.014.423:612.014.46

(第4報) KCl と麻酔薬との関係に就て

The Interaction between the Potassium Concentration and the Action Current of the Single Nerve Fibre.

Part 4. The Interaction between KCl and Narcotics.

(本論文の要旨は第27回日本生理学会総会に於て報告した)

有 本 和 男 (Arimoto-Kazuo) *

I. 緒 言

著者は先に莖の神経繊維の Ranvier 氏絞輪部に KCl を作用させると、その絞輪部の偽作起電力を減少せしめる事を報告した (第1報¹⁾)。猶この場合に、KCl を作用させた部位の隣接絞輪部もまた閾値の上昇及び偽作起電力の減少が見られ、それは大体その部位に数分の一の濃度の KCl を作用させた場合に相当する事を見出した (第2報²⁾)。此れ等の実験からすぐ想像出来る様に、2つの絞輪間の一侧のみを変化せしめた時当然其処に他側との間に、KCl のみについて考えれば、濃淡電池を形成するから、電気緊張が生ずると考えられる。そうすると KCl の濃度の高い方が当然陽極となる様な電気緊張が考えられる。純粋な電気緊張と偽作電位との関連性に就ては田崎³⁾ が先に、陽極電気緊張の際には活動電位は上昇し、その閾値は上昇する事を報告しているが、著者の結果は此れと逆の結果を得た。其処で著者は第1報、第2実験¹⁾ に於て述べた如く、両側の KCl 濃度を同時に変化せしめて、濃淡電位差の考えられない様な実験を試みたが、矢張り同様の結果を得たのである。其処で更に K⁺ による濃淡電位差を直接電流計又は電位差計によつて求めた所、KCl が正常 Ringer 氏液の約 4.5~6 倍に於て、その電位差は最も変化するが、12 倍以上になると電位差は殆んど認められないと云う結果を得た (第3報⁴⁾)。

此の様に隣接絞輪部に KCl を作用させた場

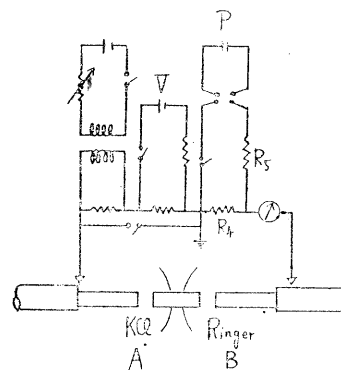
合の正常絞輪部に生ずる此等の変化は、唯單に KCl の濃度の差によつて生ずる電位差によるものか、又は KCl を作用させる事によつて神経繊維に何等かの変化が生じ、二次的に此の様な現象が見られるに至つたか、問題となる。

そこで著者は KCl の濃淡電位差を外部から補償電圧を与えて得られた田崎³⁾ の結果を追試し、且つ前報告⁴⁾ の如く見掛上の電位差の消失は、KCl の移動によるものとするならば、一般に細胞膜の透過性を小さくすると云われている麻酔薬を作用させた場合の、KCl の影響とを比較して見るならば、更に明解な答を得るものと考え、次の如き実験を行つた。

II. 実験方法

此等の実験には莖の坐骨神経腓腹筋または縫工筋標本より剔出した單一運動神経繊維を用いた。

実験装置は KCl の濃淡電位差に対する補償電圧を与える爲に、第1図 P の如く 2Volt 蓄電池に直列に2個



第1図

池に直列に2個の栓型抵抗器を連結し、此等の抵抗器の R_4 , R_5 の中間と電源部とを電流計回路と刺激回路との間に連結させ、常に $R_4 + R_5 = 2000 \Omega$ となる様に R_4 ,

* 東京歯科大学生理学教室

R_5 の抵抗を変えて求める補償電圧を得た。

猶 KCl の各濃度の液を作用させた場合の補償電圧を求める場合に、常に B 部の感応電撃による閾値が、正常時の閾値に等しくなる様に、補償電圧を加減した。

又 KCl と麻酔薬との関係を求める爲には第1報、第2報と同様な装置によつた。

あらかじめ 0.1% Cocain-0.9% KCl 水溶液を作つておき、KCl free 0.1% Cocain Ringer に、0.1% Cocain-KCl 水溶液を種々の割合に混じて、各種濃度の KCl-Ringer 加 0.1% Cocain 溶液を作つた。

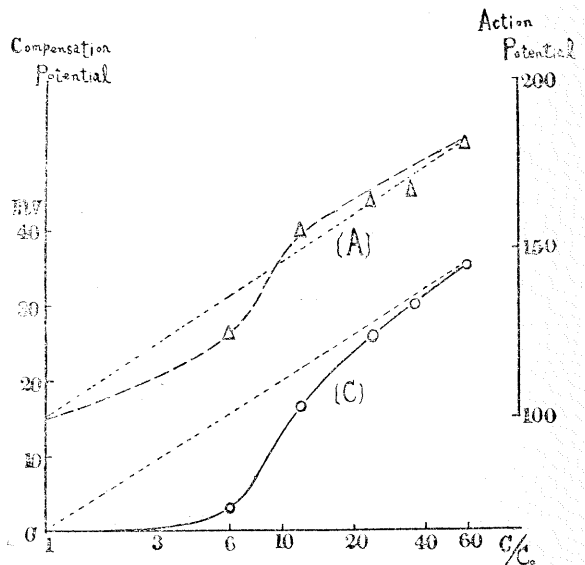
実験に際しては、先ず 0.1% Cocain-Ringer 氏液で一侧 (A 部) の Ranvier 氏絞輪部を麻痺して、單一絞輪の偽作流として観察すると共に、0.1% Cocain-Ringer 氏液を作用させる事により、形質膜の透過性を減少させておいた。そして單一絞輪性になつた事を、ブラウン管オシログラフにより確かめておいて、その後から A 部に Cocain の入つた種々なる濃度の KCl 溶液を渡し、B 部の普通 Ringer 氏液の側に如何なる変化が現われるかを、感応電撃、矩形波によつて観察した。また第3、第4図の測定した点は第1、第2報と同様に KCl 液を作用させてから、5~10 分後の測定値である。

III. 実験結果

1. KCl 濃度と補償電圧

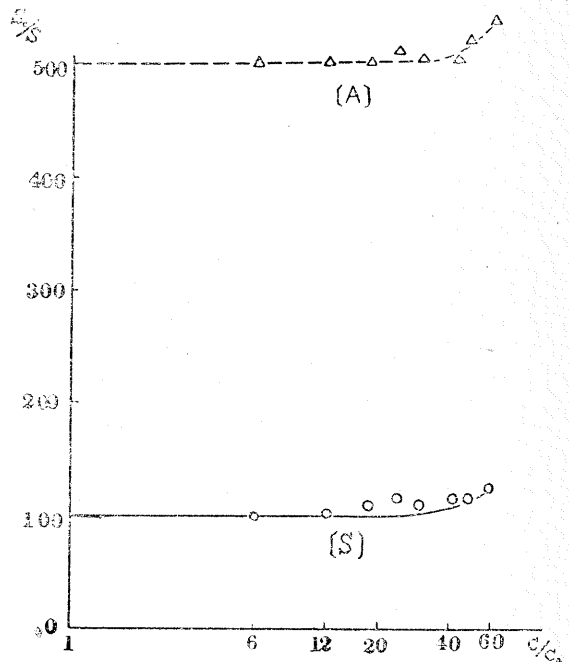
先ず A 部に或る濃度の KCl を作用させると、A B 間に KCl 濃度差による濃淡電位差が生じて、これによつて B 部の絞輪部が陰極電気緊張の状態になる事が考えられる。そこで A B 間に生じた濃淡電位差と絶対値が等しく、方向が反対な電圧を与えると、閾値又は偽作流等は正常値と等しくなる筈である。従つて逆に種々の濃度の KCl 溶液を作用させた場合に閾値が正常時と等しくなるような電圧を与えれば、この電圧の絶対値は KCl の濃淡電位差と等しくなると考えられよう。其の結果は第2図 (C. P) の如き結果である。図の横軸に

は Ringer 氏液中の KCl 濃度 (C_0) と作用させた溶液中の KCl 濃度 (C) との比をとり、縦軸の左は補償電圧の値を mV で現してある。縦軸



第2図

[A] Action potential [C] Compensation potential



第3図

[A] Action current [S] Threshold

の右は偽作流の大きさを正常 Ringer 氏液の場合を 100 としてとつて、百分比で現してある。猶

其の零点は補償電圧の変化と比較し易くする爲に、補償電圧の零点と異つた点に置いた。著者の得た結果は、先に田崎³⁾の報告したものと略々同様である。此の場合に得られた KCl の濃淡電位差と考えられる補償電圧は、6 倍から 60 倍迄の KCl 濃度は $E=41\log \frac{C}{C_0}$ で現わされる実験式を満足する如き結果を得た。

2. KClと麻醉薬との関係

先ずA部を 0.1% Cocain-Ringer 氏液を作用させて単絞輪性偽作流を得て後に、種々濃度の 0.1% Cocain加KCl-Ringer 溶液を作用させた実験結果は次の通りである。

1) 感応電撃によつて観察した刺戟部位の偽作流の大きさの曲線は第3図の如く KCl 0.63% 即ち Ringer 氏液中の KCl 濃度の42倍迄は殆んど変化なく、それ以上の濃度に於ては、偽作流は僅かに大きさを増す傾向を有している。勿論偽作流は消失してはいない。閾値の変化は全体的に観て、ほんの少し上昇するか、或は変化ない程度であつた。図の横軸の $\frac{C}{C_0}$ 及び縦軸の $\frac{S_0}{S}$ は第1報、第2報の説明と同様である。

2) 矩形流によつて観た偽作流の大きさの変化は、感応電撃による場合と全く同様である。

即ち KCl 濃度が Ringer 氏液の42倍迄は殆んど変化なく、それ以上の濃度に於て、僅かに大きくなる傾向を認めた。猶閾値にも殆んど認め得べき変化が現われなかつた。

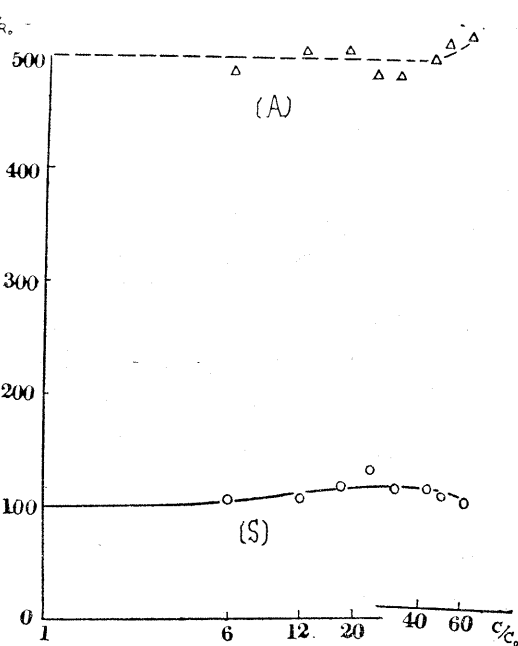
その変化は第4図に載せてあ

る。横軸 $\frac{C}{C_0}$ 及び縦軸 $\frac{R}{R_0}$ の説明は第1報、第2報の場合と同様である。

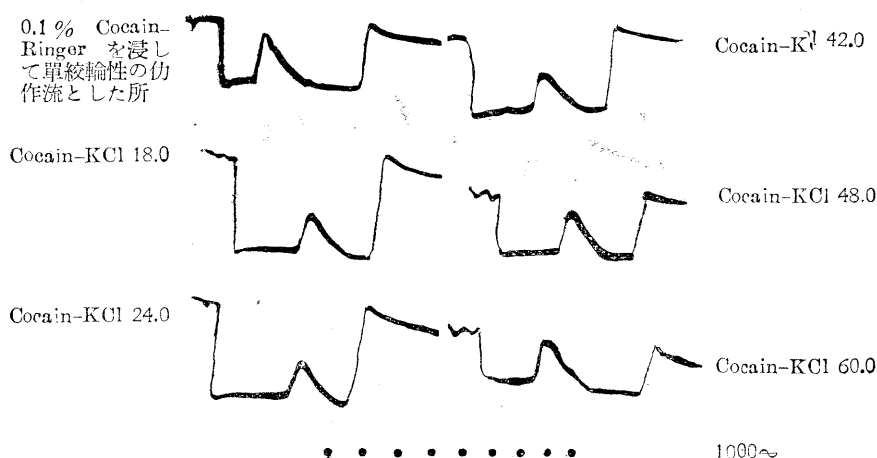
IV. 考 察

神経幹に KCl を作用させると、その部位の

偽作起電力が小となる事は Cowan⁵⁾等によつて報告せられている。亦別出単一神経繊維に就ても同様な結果が得られる事を先に著者は第1報に於て報告した。その結果は KCl を一側のみ作用させた時には、Ringer氏液の 4~6 倍の



第4図 [A] Action current [S] Threshold



矩形流(第4図)の場合の偽作流の形の変化を示す

KCl濃度の時に偽作流の大きさの一時的の上昇が見られたが、両側共に同濃度の KCl を作用させ、少くとも KCl 濃度差による電位差を無くした時には、此の偽作流の上昇の見られなかつた事を見出し、又第3報の実験結果より4~6倍

の KCl 濃度の溶液を一側に作用せしめた時には、少くとも電気緊張が生ずる事が考えられ、此の時、偽作流の下降は田崎の報告と全く合致する事を証明した。

然るに KCl の作用は、それだけではなく、隣接絞輪部に迄及ぶ事が知られた(田崎³, 著者²⁾)。此の隣接絞輪への影響は、K⁺ の濃度差によつて生ずる濃淡電位差によると先ず考える事も亦当然であろう。田崎は閾値を定常値にしておくという操作を行つて、逆に KCl の濃淡電位差を求められる事を示した。著者の得た閾値を定常値として求め得た実験でも同様な結果が得られたが、此の場合には、偽作流の変化は補償電圧が大(即ち KCl 濃度が大)である場合には常に正常時の偽作流が大である事で、此の大きさは与えた電圧に比例している。この場合には補償電圧と濃淡電位差との差が 0 か又はその近傍と考えられるので、偽作流の大きさも一定か又はその近傍で大きいか又は小である可能性が大である。著者は KCl を作用させた隣の正常絞輪部を見ているのであるから、当然第 2 報にも示した如く、此の部位に迄 KCl の作用が来ないと考えても、又 Donnan の膜平衡の変化から二次的な変化が正常部に及んだと考えても、数分の一の濃度の KCl を作用せしめたと考えられる様な結果を示す事が第 2 報に於て見出されたので、偽作流及び閾値の変化が正常部に及ぶ Ringer 液の約 6 倍位の値から、変化が補償電圧等に影響を及ぼして来ると考えても無理ない様に思われる。

然しこの実験で得られた様に与えた電圧に比例して、偽作流が一方向的に大となる事は考えられない。

此れよりすれば、次の様に考えた方が、より妥当だと考えられる。即ち KCl を作用させた隣接絞輪部の閾値、偽作流の変化は、KCl を作用させた部位の形質膜及び神経纖維内部の変化によつて二次的に生じたもので、K⁺ の濃淡電位差そのものによる陰極電気緊張によつて生じたものではないという事である。

この事は麻酔薬を作用させて後に KCl を作

用させた実験 2. で著明に裏書きされた。即ち麻酔薬を作用させた KCl 濃度が Ringer 氏液の 42 倍になつても、隣接絞輪部の閾値及び偽作流の大きさに殆んど変化が見られないことである。

この様に K⁺ の濃淡電位差は、麻酔薬の有無に関らず、各濃度では同様である筈であるが、麻酔薬を作用させた場合には KCl の濃淡電位差による影響が殆んど現われて来ていない。此の事は著者にとつて非常に興味のある点であつた。Osterhout⁶⁾ は *Nitella* の偽作流と KCl との間に密接な關係の有する事を指摘し、KCl の形質膜に作用する部位によつて、その偽作流の変化する事を証明し、それを膜の透過性の増加に伴い K⁺ の移動によつて説明出来る事を発表した。又 Hodgkin & Huxley⁷⁾ は *Carcinus maenas* から剔出した巨大無髓神経で行つた実験より、活動時の神経からは K⁺ 又は K⁺ 様の物質の出る事を証明し、且神経の Conductance 電気傳導度が数倍増加している事を発表している。又同じ *Carcinus maenas* の神経を使つて、Hodgkin⁸⁾ は神経に作用さず Ringer 氏液又は海水中の KCl 濃度の僅かな変化でも神経の形質膜の電気傳導度の増加する事を証明している。従つて、此れ等の報告より K⁺ は少くとも膜の電気傳導を増加せしめ、且つ K⁺ は偽作時には外部に出て来て、恢復時に再吸収が行われ、偽作電位に対しても Osterhout の実験より変化を生ずるためだといえよう。

然るに 0.1% Cocain 加 KCl-Ringer 氏液を作用せしめると、正常部位の閾値及び偽作流にも変化がない事が著者の実験によつて証明された。若し KCl が正常部位にも影響があるのならば第 2 報の様な傾向が生ずべき筈である。

以上の事から次の様に考えてよいのではなからうか。KCl を絞輪部に作用させると、先ず K⁺ によつて形質膜に作用し、その濃度によつてこの部の偽作起電力を小さくし、次で神経纖維の内部に迄その作用が及んで(Donnan の膜平衡を充すために纖維内の K⁺ はその部で K⁺ の濃度が大となり、従つて隣接の正常部では K⁺ 濃度

は小となる)。内部の変化がその隣接部位にまで及んで、隣接絞輪部内外の K^+ の比が変化する。この比の変化が即ち KCl を作用させた隣接正常絞輪部の閾値、偽作起電力を変化せしめる。

然らば作用部位の閾値の変化は、前諸報告に述べた如く電氣的抵抗の減少、即ち電気傳導度の増加から、絞輪部附近の形質膜を流れる電流の増加の爲、絞輪部位を流れる電流は減少し、従つて今迄閾値であつたものが閾下の刺激となり、閾値にするには更に電流の増加を必要とする。其の結果は、閾値の見掛上の上昇となると考えた方が、検流計実験から得られた結果と比較して無理のない様な1つの解釈ではないであらうか。

此の様に考えると、麻酔薬を作用させた後にKClを作用させると先ず、形質膜での上述の如き反応が起り得ず、従つて次々の反応がおさえられる故に、隣接絞輪部には何等の変化も見られなくても当然であらう。

従つて K^+ の作用は作用部位と隣接正常絞輪部との間に生ずる電位差による電気緊張の作用によるものではなく、特殊な作用を形質膜に及ぼすものと考えられる。然し其の作用機轉は種々考えられようが、著者の第1報、第3報の実験から、或る濃度 (Ringer氏液の約4倍) 迄はKClによる膜の均衡は保たれていて電気緊張の存在する事が考えられ、其れ以上になると平衡が破れ、電気傳導度の増加が生じ、電気抵抗の減少から前述の如き理由で閾値が増加し、電流計に流れる電流が局所電流のために少くなり、更にその一部の K^+ は隣接正常絞輪部へも移動して行き、其の部位に KCl を作用させたと略々同じ効果を及ぼすものと考えられる。

V. 結 論

著者は先に藁の別出単一神経纖維を髓鞘乾燥法を用いて2つの Ranvier氏絞輪部を隔絶し、一方に KCl を作用させた時の偽作流及び閾値の關係を追求し、その変化が單なる濃度に起因する電位差による電気緊張に依つては説明出来ない事を証明した。然し正常部への影響を説明

する事が困難であつたので、補償電圧を与えて兩極間の電位差をなくした場合と、形質膜の透過性を減ずると考えられる麻酔薬を作用せしめた場合の正常絞輪部位の閾値と偽作流との關係を追求した所が次の如き結果を得た。

1. KClによる濃淡電位差は閾値を定常にする爲の補償電圧から推定可能で $\frac{C}{C_0} = 6 \sim 60$ 迄は次の式を近似的に充す。

$$E = 41 \log \frac{C}{C_0}$$

2. 此の場合偽作流の大きさは与えた補償電圧の大きさに略々比例する。

3. 麻酔薬を作用させて後 KCl を作用させた場合には、隣接絞輪部の偽作流の大きさは変化が認められなかつた。

4. 此の場合、感応電撃及び矩形流による閾値も変化は認められなかつた。

稿を終るに当り、御校閲を勞した慶応大学医学部教授兼東京歯科大学講師加藤元一博士に深謝し、御指導御鞭撻と御校閲を賜つた山田守教授、丸橋寿郎助教授に感謝の意を捧ぐ。

文 献

- 1) 有本和男 (1952) 単一神経纖維に於ける偽作流とKCl濃度との關係に就て (第1報) KClを作用させた部位に就て 日本生理誌 14, 70
- 2) 有本和男 (1952) 単一神経纖維に於ける偽作流とKCl濃度との關係に就て (第2報) KClを隣接絞輪部に作用させた場合に正常絞輪部に及ぼす効果に就て 日本生理誌 14, 77
- 3) 田崎一二 (1944) 神経纖維の生理学 河合書店発行
- 4) 有本和男 (1952) 単一神経纖維に於ける偽作流とKCl濃度との關係に就て (第3報) KCl濃度と濃淡電位差との關係に就て 日本生理誌 14, 81
- 5) Cowan, S. L. (1934) The action of potassium and other ions on the injury potential and action current in Main nerve. Proc. Roy. Soc. B, 115, 216
- 6) Osterhout, W. J. V. (1934-35) Nature of action current in Nitella. J. Gen. Physiol. 18, 215-227
- 7) Hodgkin, A. L. & A. F. Huxley (1947) Potassium leakage from an active nerve fibre. G. Physiol. 106, 341-367
- 8) Hodgkin, A. L. (1947) The effect of potassium on the surface membrane of an isolated axon. G. Physiol. 106, 319-340

Summary

When the compensation potential was employed to get away the potential difference between "A" and "B" (Fig. 1), and when narcotic was used to decrease permeability of the plasma membrane, in both cases author persued the change of the threshold and the action current of next normal Ranvier's node.

1. The amplitude of the action current was increased proportionally to the compensation potential.

2. When C/C_0 was 6-60, the potential difference was approximately $E=41 \log C/C_0$.

3. When the potassium was irrigated after narcotised, there was no change of the action current, threshold by the induction shock and the rectangular current at the neighbourhood normal Ranvier's node.

(Department of Physiology, Tokyo Dental College)

漸増電流刺激に依る單一骨骼筋線維の短縮に就いて 612.741.12

Mechanical Response of a Single Muscle Fiber at the Cathode during the Passage of Lineally Increasing Current.

根 岸 喜 久 夫 (Negishi-Kikuo) *

I. 緒 言

直線的に上昇する漸増電流を用いて筋の短縮を観察した実験は、Lucas 以来数多の報告があり、且最近に於て杉⁴⁾ は再び此の事柄に就いて検討したが、之等の研究は主として電氣的刺激に対して適応が現れるか否か並びに電氣的刺激に関する諸要素の間の関係を定めることが目的であつた如く思われる。斯る目的に対し從來の研究は次の2点に於て再検討を必要とする。即ち(1) 筋に現れる短縮は筋線維の短縮の結果であるから、筋の短縮を興奮の目標として適応等を論ずる場合には、同じ性質の筋線維の集合又は單一筋線維に就いて関係を明かにしなければならぬこと、及び(2) 單一筋線維の短縮の場合に於ても、電氣的刺激に依つて起る筋線維の短縮には、持続性短縮と一過性短縮即ち攣縮があり、之等は電氣的刺激に対する反応状況が異なるものであるから、之等の短縮の何れを目標としたかに依つて実験結果は同一ではないことが豫想される。

余が以前報告²⁾ した如く、筋線維に起る持続性短縮に就いては、從來考えられていた如き刺激閾なるものは存在しないと見られるに反して、一過性短縮即ち攣縮に於ては明かに刺激閾が存在する。此の両者のうち何れを短縮目標として選定するかに依つて実験成績が異なるのは当然であり、且つこの両者の現れ方は刺激電極の性質に左右せられるから、相異なる刺激電極を用いて得られた成績を基礎として適応等の問題を論ずる場合には、各々の成績に対する実験条件を顧慮しなければならない。

余は以上の如き理由に依り、実験材料として

* 群馬大学医学部生理学教室

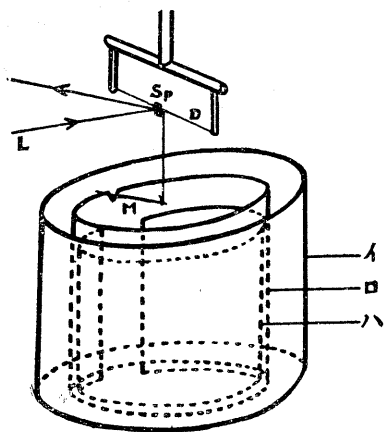
單一筋線維を用い、刺激方法としては、陽極と陰極の作用を分離して観察するに適當であると考えられる杉の所謂隔絶法に類似の電極箱を用い、電流の作用が直接及ぶ範囲にのみ起ると考えられる持続性短縮及び攣縮を目標として、直接的に上昇する漸増電流を用いて其の短縮の状態を極めて軽度の短縮をも明かに観察し得る如き方法を用いて研究した。以下之に就いて報告する。

II. 実験方法

実験材料としては、墓の後肢の筋主として M. sartorius, M. rectus internus major, M. adductor magnus 等から、通常の方法で Ringer 液中で分離した單一筋線維を用いた。之を杉氏隔絶電極に類似の隔絶箱(第1図)に装置したが、隔絶部位は特に上からおさえることをせず、隔絶箱の両側の Ringer 液面より上位にある隔壁の一定部位に横たえ、此の部が幾分乾燥する如くしたので筋線維の短縮に伴つて此の部がずれることはなかつた。

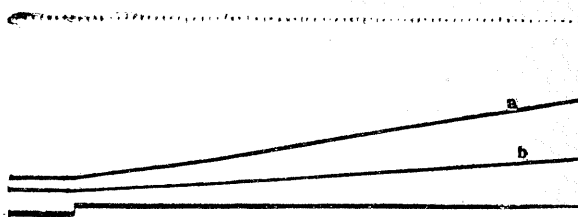
漸増電流としては、真空管を通して蓄電器の充電に依り得られる直線的漸増電圧に依つて之を更に他の真空管を通して増幅(第2図)したものをを用いたが、之に依つて得られた漸増電流は、第4図に示す如く全く直線の上昇を示している。尙実験に用いた漸増電流の増大の速さ(漸増率)は 0.005~0.25V/sec であつた。

筋線維に漸増電流を作用させて起る短縮を観察するに当つては、(A) 筋線維に全く電流を流しておかない場合、(B) 補助回路(第3図)に依り、筋線維に豫め陽通電(短縮を観察する側が陽極になる如く電流を流すこと)をしておいた時及び (C) 陰通電をしておいた際の短縮を



第1図 刺激電極及び光槓杆

Sp: 鏡 (此の鏡は実際は水平につけられており其の上に直角プリズムがおかれてあつて、光のフレの方向が電磁オツシログラムのフレと同一方向になる様になつてゐる)。D: 電磁オツシログラムの振動子に用いるストリップ。M: 単一筋線維。L: 光線。I, H: Cu 電極。O: 硝子容器



第4図

第2図の装置に依つて得られた漸増電流のオツシログラム
a: 漸増率の大なるもの (5.86V/sec). b: 漸増率の小なるもの (2.09V/sec). 時標: 1/100sec. 下の線は漸増電流開始の時点を示す

光槓杆を用いてプロマイド紙に、其の際用いた漸増電流及び漸増電流開始の時点を示す線と共に描記した。其の電氣的接続法は第3図に示す如きものである。此の際、描記面に記録される短縮の大きさは、筋線維の実際の短縮の約 100 倍に相当する大きさとなつた。

Ⅲ. 実験成績

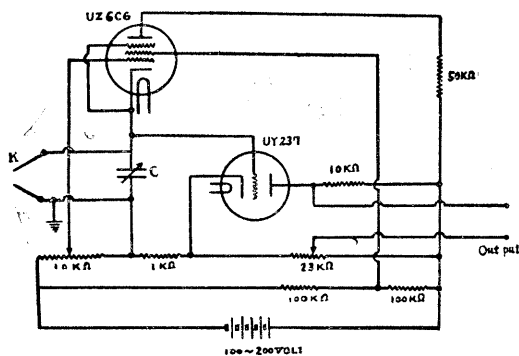
A) 筋線維に豫め電流を作用させておかない場合

筋線維の短縮は漸増電流の開始と共に (10~15msecの極めて小さい時間の後) 始まり、初めは極めて小さいが、電流の漸増に伴つて殆んど直線的に即ち電流に比例して増大する。併し或る電圧に相当する点から短縮曲線は急激な上昇を示し、短縮曲線の曲率が大となる。此の急激な上昇を示す点(K)は、実験例によつて多少の相違があるが、大体0.047Vの電圧に相当する点に於て現れる (第5図、第1表)。

漸増率を異にする漸増電流に対して起る短縮曲線を比較すれば、漸増率が大なる電流を用いた場合には勿論見掛けの上昇は早く起るが、電圧に対する短縮の大きさの割合は、漸増率の大小に殆んど関係がない。特に注目にする点は短縮曲線が急激に上昇する点に相当する電圧は漸増率に関係なく大体一定していることである (第6図 V_1, V_2)。

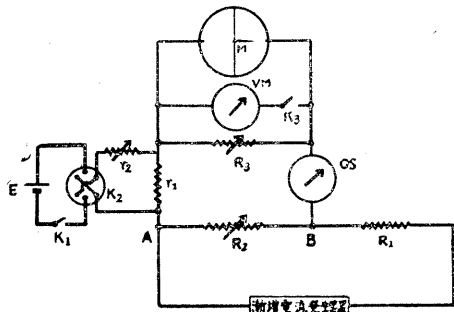
B) 筋線維に豫め陽通電をしておいて更に漸増電流を作用させる場合

漸増電流を作用させるに先立つて (約5sec前) 0.01~0.07V の陽通電をしておいて後漸増電流を作用させて現れる短縮曲線の形は、実験成績



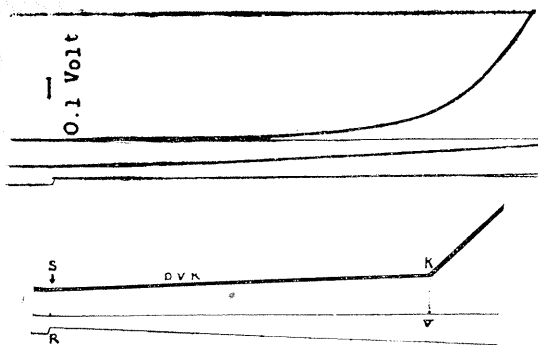
第2図 漸増電流発生装置

可変器 C に依り、及び 6C6 の格子電圧を変化させることに依つて漸増速度を調節し、K の開放に依つて漸増電流が開始される。Out put の一方の端子は抵抗 (23kΩ) の適當の点から導くことに依つて、漸増電流が零から直線的に増加する如くしたものである。



第3図 電氣的連結法

R_1, R_2, R_3, r_1, r_2 : 抵抗。VM: Voltmeter. Os: 電磁オツシログラム装置。K₁, K₃: 電鍵。K₂: 方向轉換器

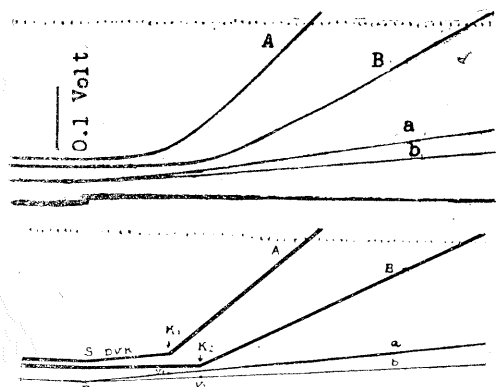


第5図 筋線維に予め電流を流しておかない場合に於ける漸増電流刺激に依る短縮曲線

筋線維: *Bufo vulg.* (185g, ♀) の *M. rectus internus major* から分離. 室温: 9.5°C. Ringer液温: 9.0°C

上図: 短縮曲線及漸増電流のオツシログラム, 時標10msec

下図: 上図のオツシログラムを模型化したもの; S: 短縮開始時点. DVK: 持続性短縮. K: 短縮曲線の折れ目. V: Kに対応する電圧. R: 刺激開始時点



第6図

漸増率の異なる漸増電流刺激に対する短縮曲線

筋線維: *Bufo vulg.* (190g, ♂) の *M. add. mag.* から分離. 室温: 17.0°C. Ringer液温: 14.5°C

上図: 短縮曲線及漸増電流のオツシログラム, 時標0.1sec

下図: 上図のオツシログラムを模型化したもの; 太線: 短縮曲線. 細線: 各短縮曲線に対する漸増電流. K_1, K_2, V_1, V_2 : 短縮曲線の折れ目及び夫々に対応する電圧

第1表 (*短縮が急増する点に相当する電圧)

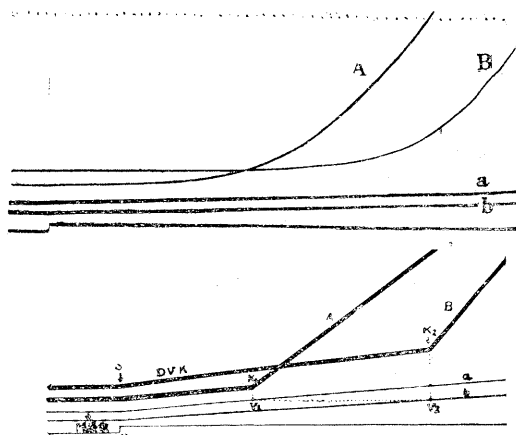
No.	筋線維を分離した筋	漸増率(V/sec)	$V_k(V)^*$
3	<i>M. add. mag.</i>	0.016	0.035
5	<i>M. rect. int. maj.</i>	0.019	0.050
6	<i>M. add. mag.</i>	0.022	0.023
7	<i>M. rect. int. maj.</i>	0.069	0.044
8	<i>M. sart.</i>	0.099	0.055
51	<i>M. rect. int. maj.</i>	0.039	0.068
63	<i>M. add. mag.</i>	0.023	0.059
65	<i>M. rect. int. maj.</i>	0.044	0.052
126	<i>M. add. mag.</i>	0.016	0.036
130	<i>M. sart.</i>	0.025	0.024
平均			0.046

A)に於ける場合と同様であるが, 短縮曲線に於て急激な上昇の起る点に相当する電圧は一般に A) の場合に於けるものより大である. 而して同一筋線維に就て, 豫め電流を流しておかないものと之とを比較すれば, 急激な上昇の起る点に相当する電圧は異なるも, 陽通電をした場合の急激な上昇の起る電圧と陽通電の電圧との差は, 陽通電をしない場合に急激な上昇の起る電圧と殆んど等しい値となる (第7図, 第2表).

C) 筋線維に豫め陰通電をしておいて更に漸増電流を作用させる場合

筋線維に豫め適當の強さの陰通電をしておいて更に漸増電流を作用させた場合に起る短縮を観察するに, 此の場合には漸増電

流を作用させる前から陰通電の強さに従つて短縮は起つていたのであるが, 漸増電流開始後の短縮曲線は, 全く電流を流しておかない場合に於て漸増電流を以て刺激した場合に得られるものと大体に於て同様の形となる. 併し急激な上



第7図

予め筋線維に陽通電しておいた場合に於ける漸増電流刺激に依る短縮 (筋線維に予め電流を流しておかない場合の漸増電流刺激に依る短縮も同一標品について記録した)

筋線維: *Bufo vulg.* (200g, ♂) の *M. add. mag.* から分離. 室温: 14.0°C. Ringer液温: 12.5°C

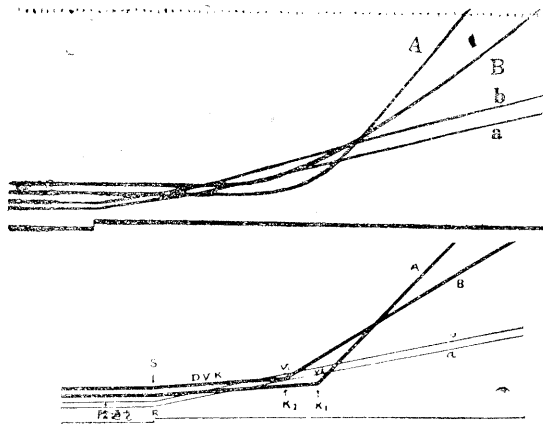
上図: 短縮曲線及漸増電流のオツシログラム, 時標0.1 sec

下図: 上図のオツシログラムを模型化したもの; A: 短縮曲線, a: 漸増電流. B: 0.05Vの陽通電をしておいて漸増電流で刺激した場合の短縮曲線, b: 漸増電流. K_1, K_2, V_1, V_2 : 短縮曲線の折れ目及夫々に対応する電圧

No.	筋線維を分離した筋	漸増率 (V/sec)	V _{kp} * (V)	V _p ** (V)	V _{kp} -V _p (V)
17	M. add. mag.	0.028	0.067	0.02	0.047
18	M. add. mag.	0.031	0.045	0.02	0.026
20	M. add. mag.	0.016	0.076	0.03	0.046
21	M. add. mag.	0.019	0.063	0.02	0.043
37	M. rect. int. maj.	0.015	0.117	0.05	0.057
64	M. add. mag.	0.008	0.057	0.02	0.037
74	M. add. mag.	0.020	0.101	0.05	0.051
101	M. add. mag.	0.013	0.059	0.03	0.029
102	M. sart.	0.016	0.113	0.07	0.043
103	M. sart.	0.021	0.079	0.03	0.049
平均					0.043

* 短縮高が急増する点に相当する電圧の絶対値

** 陽通電の電圧



第8図

予め筋線維に陰通電しておいた場合に於ける漸増電流刺激に依る短縮（筋線維に予め電流を流さぬ場合の漸増電流刺激に依る短縮も同一標品に於て記録した）

筋線維: *Bufo vulg.* (160g, ♂) の M. rect. int. maj. から分離

室温: 9.5°C. Ringer液温: 9.0°C

上図: 短縮曲線及漸増電流のオシログラム, 時標0.1sec

下図: 上図のオシログラムを模型化したもの; A: 短縮曲線, a: 漸増電流, B: 0.02Vの陰通電をしておいて漸増電流で刺激した場合の短縮曲線, b: 漸増電流. K_1, K_2, V_1, V_2 : 短縮曲線の折れ目及夫に対応する電圧

No.	筋線維を分離した筋	漸増率 (V/sec)	V _{kn} * (V)	V _n ** (V)	V _{kn} +V _n (V)
22	M. sart.	0.017	0.018	0.01	0.028
23	M. sart.	0.030	0.013	0.03	0.043
27	M. sart.	0.040	0.030	0.03	0.060
29	M. rect. int. maj.	0.017	0.042	0.01	0.052
30	M. add. mag.	0.024	0.024	0.01	0.034
31	M. add. mag.	0.017	0.043	0.01	0.053
33	M. sart.	0.020	0.050	0.02	0.070
50	M. add. mag.	0.007	0.012	0.01	0.022
57	M. rect. int. maj.	0.008	0.015	0.02	0.035
75	M. sart.	0.022	0.058	0.01	0.068
平均					0.047

* 短縮高が急増する点に相当する電圧の絶対値

** 陰通電の電圧

昇の起る点に相当する電圧は小である。同一標品に於て豫め電流を流さない場合に得られる短縮曲線の急激な上昇の起る点に相当する電圧と比較するに、前者の電圧は陰通電の電圧に相当する値だけ小さい（第8図、第3表）。

IV. 考 按

実験成績の示す如く、絶隔法を用いて筋線維に漸増電流を作用させれば、潜伏時に相当する期間の後、漸増電流の始めから電流の強さに相当した短縮が現れることは、余³⁾が既に報告した如く持続性短縮に就いては刺激閾が見られない事実と一致するものである。又漸増電流の漸増率如何に関らず、短縮高は其の電圧にのみ関係する如く認められるから、余の用いた如き方法に於ては適応は全く現れないと做し得る。

電圧が或る値に達したとき短縮高が急激に増大する現象に就いて考察するに、この電圧附近に於て筋線維の隔壁に近い部分から、急に遠い部分まで電流の作用が及ぶ様になること、即ち筋線維の短縮部位の長さが増大したとも考えることも出来るが、又筋線維の短縮にあづかる部位は大して変化せず、同一部位の短縮の程度が急に増した場合にも短縮高の急増が現れるわけである。實際は之等の両者が関係しているものと考えられるが、種々の事実から短縮の程度の増大が主である如く思われる。短縮高の急増が後者に基くとすれば、作用電圧が一定電圧に達すれば筋線維の短縮は急に大となり、この電圧が短縮に於て1つの限界電圧をなすことになり、この電圧を界として筋線維の電氣的性質に急激な変化が起るものと推定される。山極⁶⁾の核傳導體模型等に於ける実験其の他を合せ考える

に、この電圧が電気分解に於て見られる分解電圧に相当するものであらうと想像することが出来る。實際この電圧附近に於て筋線維の電気的性質に急変が起るか否かの問題は、今後研究を進める豫定である。

更に進んで考えるに、筋線維に於ける傳播性短縮即ち攣縮に於ては、明かに刺激閾が存在し又斯くの如き急変点なしには眞の意味に於ける短縮波の傳播は起り得ないものと解せられる。而して此の電圧が攣縮に対する刺激閾となるものと考えることが出来る。全筋に於ける杉⁴⁾の報告の如く、短縮の起る閾は大體一定で、漸増率の如何に関らないと云う結果を傳播性短縮に対するものと解するならば、余の上述の結果と全く一致するものである。

この短縮高が急増する点に相当する電圧は電流の漸増率如何に関らず大體一定していることから、筋線維に於ける分極電圧が一定の大きさに達した際、換言すれば筋線維の限界膜に於ける電気二重層電位が一定の大きさに達した際に短縮高が急激に増大するものと考えて差支えない。この事柄は筋線維に於ける短縮の傳播は、先ず偽作電位に依つて行われると云う松本¹⁾の推論、或は偽作電流が隣接する非興奮部を刺激する主因であるとする山極⁵⁾その他の理論を考按する上に重要な事実を提供するものである。

豫め筋線維に陰通電及び陽通電をしておいて漸増電流を作用させれば、短縮高に急増の現れる点に相当する電圧は夫々低下又は上昇するが之等の場合の電圧と、陰通電又は陽通電の電圧の和又は差は、電流を全く流しておかない場合の此の点に相当する電圧と大體同様の値となることは、短縮高に急増の起る電圧の絶対値を変化させないことを示すもので、電流の漸増率の如何に関らず、この電圧は大體一定していることと同じ意味を有するものである。換言すれば漸増電流を作用させる前に数秒程度の陰通電又は陽通電をした場合にも、筋線維の限界膜に、筋線維に通電しない場合と同一の変化が起れば、短縮高に急激な増加が現れると考えられ

る。

以上論議した如く、一定電圧に於て持続性短縮の短縮高が急増する事實は、傳播性短縮と非傳播性短縮（即ち持続性短縮）との間の関連性を示し、また両者に於ける短縮機序そのものが本質的に等しいかどうかは筋の短縮機序を考察する上に重大な意義を持つ。

尙上述の短縮高に急増の起る電圧附近に於て、筋線維に起る電気的性質（例えば膜の透過性等）の変化に就いては今後研究する豫定である。

V. 総 括

墓の後肢筋から分離した單一骨骼筋線維を杉の隔絶法類似の方法を以て固定し、直線的漸増電流で刺激し、其の短縮を光槓杆を用いて描記し次の如き結果を得た。

1) 豫め筋線維に何等の電流を流しておかない場合に漸増電流を作用させると、短縮は漸増電流の始めから始まり、刺激電圧が一定の強度に達する迄は、電圧に比例して殆んど直線的に増大し、一定電圧に達すると短縮は急激に増大する。

2) 漸増速度を異にする漸増電流に対して現れる短縮曲線の経過は、時間的關係が異なるのみで其の他は同様であり、短縮の急激な増大の現れる点に相当する電圧は、漸増速度の如何に関らず大體同様である。

3) 豫め筋線維に陽通電をしておいて漸増電流を作用させれば、短縮曲線の経過は、1)の場合と同様であるが、急激な上昇の起る点に相当する電圧は一般に 1)の場合よりも大であり、此の電圧と陽通電の電圧との差は 1)の場合に於ける急激な上昇の起る点に相当する電圧と大體同様な値となる。

4) 豫め筋線維に陰通電をしておいた場合にも、短縮曲線の経過は 1)の場合に於けるものと同様であるが、急激な上昇の現れる点に相当する電圧は 1)のものより小さい。陰通電の電圧と、陰通電をしておいて漸増電流を作用させた場合に現れる短縮曲線の急激な上昇を來す点

に相当する電圧との和が大体に於て 1) の場合の、之に相当する電圧と等しい値となる。

以上の実験成績を考按し、次の如く結論した。

1) 筋線維の持続性短縮は漸増電流の初めから起るから、之に対する刺激閾は存在しない。

2) 漸増電流の大きさが或る大きさに達すれば、短縮は急に大きくなるから、此の点に相当して筋線維の限界膜等の電気的性質が急激に変わるものであらう。

3) 上述の変化が現れる時から興奮の傳播が起りはじめ、この電圧が短縮に対する刺激閾となるのであらう。

4) 筋線維の持続性短縮に関するかぎり、適応は全く認められない。

本論の要旨は第72回生理学東京談話会に於て報告した。

終りに臨み、終始御懇篤な御指導及び御校閲を賜つた恩師松本政雄教授に心から御礼申し上げます。

文 献

- 1) 松本政雄 (1947) 筋攣縮に於ける偽作電位の役割, 科学 17, 54
- 2) 根岸喜久夫 (1951) 漸増電流による單一筋線維の刺激について 日本生理誌 13, 348
- 3) 根岸喜久夫 (1950) 骨格筋線維の持続性短縮に対する電気的刺激閾の否定 日本生理誌 12, 学64
- 4) 杉 靖三郎 (1951) 傾斜上昇電流に依る筋刺激—K. Lucas の実験検討 日本生理誌 13, 47
- 5) 山極一三 (1940) 刺激としての偽作電位 日本生理誌 5, 1
- 6) 山極一三 (1951) 神経興奮傳導の模型的研究 生理学講座 2, 2B. 71

Summary

The mechanical response of a muscle, stimulated by a lineally increasing current, was studied by many authors. In the present work, however, the response of a single muscle fiber was investigated for the following reasons:

1) In the experiment previously reported, it is not distinct which contraction of the two, cathodic contraction or twitch, was employed as the indication of the mechanical response.

2) To make the matter clear on the muscle, the response of individual fibers must be investigated, as the former is the resultant effect of the latter.

Method: The single muscle fiber separated from *M. sartorius* was fixed through the separating wall of so-called Sugi's isolating vessel. The lineally increasing current produced by means of Thyatron was led to the muscle fiber, and its shortening was recorded photographically. Thereby the response of the fiber was chiefly the cathodic contraction.

Results:

1) The contraction appeared from the beginning of the current flow and increased its height almost in proportion to the intensity of the current and then was followed by a sudden increase at a certain intensity, which was almost the same on various preparations regardless of the increasing slope of the applied current.

2) When the muscle fiber was stimulated during the flow of anodic constant current, response of the same type as in 1) was observed. In this case the intensity of the current, at which the sudden increase of contraction appeared, showed greater value than the one in 1), but the absolute value was calculated almost the same as in 1).

3) When the muscle fiber was stimulated during the flow of cathodic constant current, the contraction occurred in the same way as in 1), but the sudden rise of contraction height occurred at a smaller value of intensity than in 1), although the absolute value became almost the same as in 1).

(Physiological Inst. of Medical Faculty, Gumma Univ.)

毛細血管内血流速度に就て 612.135.15

Studies on the Rate of Blood Flow through the Blood Capillaries.

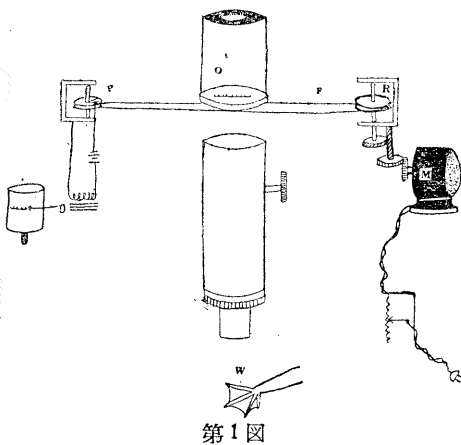
沖 田 実・入 澤 宏

(Okita-Minoru・Irisawa-Hiroshi)*

毛細血管内の血流速度を測定する事は、その血行を理解し、その静水力学的因子を考察する上に極めて必要であるに拘らず、測定方法がない爲、殆んど見る可きものがない。成書¹⁾に依れば、之は毎秒0.5乃至1mmと記載されているが、之が毛細血管系の如何なる部位の値であるかは不明である。Landis⁴⁾は腸間膜より40cm水压で無色の acasia液を灌流し、之に3%acasia-graphite 液を附加して、対照を良好にし、この着色液が毛細動脈に出現し、毛細血管に至る迄の様子を映写機に撮影後その filmより一定部位を着色液が流れる速さを、その部の口径、内圧と共に測定した。彼の値は平均、小動脈では2.75mm/sec 毛細血管では0.57mm/secであると云う。自分等は毛細血管内の血流速度を測定できる簡単な方法を考案し、各部位の測定を行ったので茲に報告する。

I. 実験方法

絹糸に5cm間隔の目盛を附し、之を第1図の



第1図

* 広島医科大学生理学教室

様に2滑車間を synchronous motor (1/20 h.p.) を動力として緩速装置により廻轉させ、糸が顯微鏡の ocular micrometer の入る可き位置を通過する様にした。測定せんとする毛細血管と平行に、この糸の方向を変化させ、接眼鏡より観察した像に於て、糸の速度と血球の動きとが全く相等しくなる様に motor の回轉を抵抗器により調節する。一方実験者の1人は秒時計により糸に附した5cm間隔 (l) の目盛が一定部位を通過するに要する時間 (t) を測定する。又一方、緩速装置に附した relay により糸の速度を kymographion上に描記させる、秒時計より秒速 l/t cm が計算される。血流速度の速い場合は25cmを測定し単位距離に換算した。秒時計の使用範囲は7秒乃至30秒程度で、之により糸の速度が計算された。顯微鏡像に於ける糸と血管との長さの比 (m/n) は ocular micrometer と object micrometer より計測し、此の装置では6.6であつたから、血流速度は糸の速度の $1/6.6$ である。即ち実験に際しては、糸に附した目盛が単位長を走る時間を測定し (t), $\frac{n}{m} \times l$ で除すれば、血球の秒速が計算される。この装置では $13/10$ であつた。血流速度算出の一般式は $V = nl/mt$, V は血流速度秒速, l/t は糸の秒速, n/m は顯微鏡像に於ける糸と血管との長さの比を示す。実験は総て冬蛙で urethane 麻酔を施した。観察部位は蹼膜毛細血管である。

II. 実験結果

A. 蹼膜毛細血管内血流速度の範囲

13例の蛙に就て、全実験例を総括して、その平均値をとると第1表の通りである。即ち毛細動脈は最も速度大で分枝部之につき、網状毛細

第1表

(表中のⅠ-毛細動脈, Ⅱ-分岐毛細管, Ⅲ-網状毛細管, Ⅳ-集合毛細管, Ⅴ-毛細静脈)

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均秒速 cm	0.28	0.23	0.03	0.11	0.16
遅い例 cm	0.14	0.05	0.01	0.02	0.07
速い例 cm	0.54	0.38	0.09	0.29	0.25
観察数	59	57	47	36	49
比率	9.3	7.6	1.0	4.3	5.3
流床の比	3.5	4.3	33.3	9.0	6.2

第2表

1					2				
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均秒速cm	0.33	0.38	0.05	—	0.23	0.53	0.33	0.03	—
遅い例cm	0.19	0.38	0.05	—	0.14	0.53	0.33	0.02	—
速い例cm	0.43	0.38	0.05	—	0.23	0.54	0.34	0.06	—
観察数	10	5	6	—	8	3	3	6	—
比率	6.6	7.6	1.0	—	4.6	17	11	1	—

3					4				
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均秒速cm	0.18	0.17	0.02	0.18	0.19	0.28	0.21	0.03	0.08
遅い例cm	0.14	0.14	0.02	0.12	0.17	0.22	0.20	0.01	0.06
速い例cm	0.24	0.19	0.02	0.29	0.21	0.38	0.21	0.05	0.12
観察数	4	10	5	7	5	7	6	2	4
比率	9	8	1	9	9	9	7	1	2

5					6				
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均秒速cm	0.31	0.21	0.05	0.04	0.12	0.38	0.25	0.05	—
遅い例cm	0.29	0.20	0.05	0.04	0.11	0.38	0.24	0.04	—
速い例cm	0.33	0.22	0.05	0.04	0.13	0.38	0.25	0.05	—
観察数	3	3	2	2	4	2	5	4	—
比率	6.2	4.2	1	0.8	2.4	7.6	5.0	1	—

7					8				
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均秒速cm	0.32	0.25	0.09	0.05	0.17	0.27	0.23	0.03	0.03
遅い例cm	0.30	0.25	0.08	0.05	0.15	0.25	0.21	0.03	0.02
速い例cm	0.36	0.28	0.09	0.05	0.19	0.30	0.24	0.03	0.03
観察数	6	5	3	4	4	2	5	4	4
比率	3.7	2.8	1	0.5	1.9	9	7.6	1	1

管では減速するが集合毛細管毛細静脈に至るに従い再び速度を増す。今、網状毛細管の血流速度を1とし各部の比率を見ると、毛細動脈はその9倍、分岐毛細管では7倍、集合毛細管は4倍、毛細静脈は5倍となつた。更に、この各部血流速度の逆数を流床面積と関係ある値と考えると流床の比は網状毛細管 3.3 に対し毛細動脈は1/9、毛細静脈は1/5である。各部の流速は刻々変化するので、毛細動脈では0.14-0.54cm/secの範囲を動揺しているが0.2-0.3cm/secのものが最も多い。urethane 麻酔下の正常血流速度のみを観察した2, 3の例を第2表に示す。即ち第1例では観察開始時0.20-0.19cm/secのものが、10分後には0.38-0.30cm/secに増し、更に5分後

には0.43-0.40cm/secに増した。この例では分岐毛細管に此の様な時間的変化は著明でなかつたが毛細静脈は0.14-0.23cm/secの間を動揺していた。更に第4例に就ても、観察当初0.22cm/secが次第に血流速度を増し0.31-0.38cm/secとなり再び減速して0.23-0.24cm/secとなり5分後再び増して0.29-0.30cm/secとなつた。即ち一種の週期的収縮に基因して血流速度が0.22cm/secより0.34cm/sec迄、絶えず動揺していた例である。網状毛細管でも血流速度は常に僅かに変動を示したが同一蹼膜でも相異なる毛細血管で0.05cm/secの速度を示すものと0.01cm/secを示すものと認められた。

毛細血管内血流速度は毛細動脈、毛細静脈では、その近心端の末梢端とで殆んど差が認められない。血流速度は分岐の毎に減速するもので網状毛細管で急速に速度が減少する。

B. 2, 3 化学物質作用時の毛細血管内血流速度

毛細血管に作用して収縮又は拡張を起させるadrenaline, acetylcholine, urethane, caffeine等により血流速度が如何に変化するかを知る爲に行つたもので、adrenaline (1:10⁻³) 作用に依り毛細血管各部は収縮するが口径に最大の変化を与えるものは毛細動脈であるに反し、血流速度は網状毛細管が最も変化して50%の減速を示した。毛細動脈は27%の減速を示したが毛細静脈では12%程度の減速しか示さない(第3表)。更にacetylcholineは作用後、1分20秒で著明な拡張を起し血流速度は増した。この際も毛細静脈の変化より分岐毛細管の変化が著明で、各々4.5乃至3倍の血流速度の増加が認められる事は第4表に示す通りである。従つて網状毛細管の流速に対する他部の比率は2倍乃至1.3倍であ

第3表

作用前					10 ⁻³ adrenaline				
Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
平均秒速cm	0.189	0.50	0.02	0.07	0.16	0.13	0.05	0.01	—
遅い例cm	0.170	0.50	0.02	0.07	0.13	0.13	0.05	0.02	—
速い例cm	0.190	0.60	0.03	0.07	0.19	0.13	0.07	0.09	—
観察例	3	3	4	3	6	3	3	4	—
比率	9	3	1	3.5	8	13	5	1	—
口徑収縮率%	—	—	—	—	—	29.4	—	28.5	—

第4表

	作用前					10 ⁻⁴ Ach 作用後				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
平均秒速 _{cm}	0.29	0.06	0.05	0.12	0.28	0.31	0.27	0.15	0.20	0.26
遅い例 _{cm}	0.25	0.06	0.05	0.12	0.28	0.30	0.26	0.15	0.20	0.25
速い例 _{cm}	0.30	0.06	0.05	0.12	0.30	0.32	0.28	0.15	0.21	0.26
観察数	5	3	3	3	4	3	3	3	3	3
比率	5	1	1	2	5	2	1.8	1	1.3	1.7

つて、網状毛細管の血流速度に接近した事がわかる。この場合は血管拡張と同時に流速が増加する例であるが、逆に血管拡張と同時に血流速度緩徐となる例は urethane の高濃度作用時に認められる。第5表は 10%, 20% urethane 滴下

第5表

	作用前					10% Urethane					20% Urethane				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
平均秒速 _{cm}	0.31	0.21	0.05	0.04	0.12	0.24	0.14	0.08	0.10	0.29	0.25	0.12	0.11	0.14	0.22
遅い例 _{cm}	0.29	0.20	0.05	0.04	0.11	0.24	0.13	0.06	0.10	0.28	0.22	0.11	0.11	0.14	0.18
速い例 _{cm}	0.33	0.22	0.05	0.04	0.13	0.26	0.16	0.12	0.10	0.30	0.27	0.13	0.11	0.15	0.24
観察数	6	5	5	3	4	7	6	8	2	3	4	3	3	3	9
比率	6.2	4.2	1	0.8	2.4	3.0	1.7	1	1.2	3.7	2	1	1	1	2

10% Urethane 作用時のIVは3分20秒後、Vは2分15秒後、IIは10分40秒後、Iは23分30秒後の測定値

による血流速度の変化を測定したもので、作用後血流は速くなり網状毛細管も血流盛となるが10乃至20分後には静脈側から減速し、25分後、毛細動脈では0.24cm/secで比較的速かであるが毛細静脈では0.07cm/sec (3例平均) に低下した。この時再び20% urethane 滴下により直ちに血流増加を示すが、この際最も変化の大きいのは網状毛細管で対照時の2倍に増す。従つて、この際も網状毛細管を1とすれば、毛細動脈と毛細静脈とはその2倍の速度であるが、他部は全く網状毛細管の速度に接近している。この例で、血行静止は約1時間後に毛細静脈側より起り、毛細動脈の血流速度は比較的最後まで正常範囲にあつた。次に毛細血管を著明に拡張させる caffeine に就いて云えば 2% caffeine 滴下後2分乃至5分経過後、著明な血管拡張と同時に血流速度促進が観察された (第6表)。この例では対照時は一般に各部血流速度緩徐で、特に網状毛細管より毛細静脈側にかけて速度は頗る緩徐であつたが2% caffeine 作用後は、この部は悉く速度を増し毛細静脈では2.5倍、集合毛細管では3倍に増した。第7表は同一例でacetylcholine,

第6表

	作用前					2% Caffein				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
平均秒速 _{cm}	0.20	0.16	0.03	0.04	0.09	0.28	0.12	0.05	0.13	0.23
遅い例 _{cm}	0.18	0.15	0.02	0.04	0.09	0.28	0.12	0.05	0.12	0.22
速い例 _{cm}	0.22	0.17	0.03	0.05	0.09	0.32	0.12	0.05	0.15	0.24
観察数	5	4	3	4	3	2	2	4	5	3
比率	6.6	5.3	1	1.3	3	4	2	1	2	4

adrenaline, caffeine 等を順次滴下して血流速度の最大と最小とを求めたものであるが、最小は adrenaline 作用時の0.01cm/sec, 最大は caffeine 作用時の0.07cm/secで網状毛細管に於ける血流速度の動搖が最も著明であつた。

Ⅲ. 総括と考察

毛細血管内血流速度を測定した以上の実験を総括すると、第1表第2図の通りで、13例の蛙に就き毛細動脈並に分岐毛細管は平均0.2cm/sec, 網状毛細管は0.03cm/sec, 更

第7表

	(1) 作用前					(2) Ach. 10 ⁻⁴				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
平均秒速 _{cm}	0.19	0.04	0.02	0.04	0.07	0.19	0.12	0.03	0.07	0.13
遅い例 _{cm}	0.18	0.04	0.02	0.03	0.07	0.18	0.11	0.03	0.07	0.12
速い例 _{cm}	0.19	0.04	0.03	0.04	0.07	0.19	0.13	0.03	0.07	0.13
観察数	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3
比率	9	2	1	2	3	6	4	1	2	4

	(3) Adrenaline 10 ⁻⁴					(4) Caffein 10 ⁻³				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
平均秒速 _{cm}	0.09	0.03	0.01	0.02	0.04	0.26	0.13	0.06	0.09	0.13
遅い例 _{cm}	0.09	0.03	0.01	0.02	0.04	0.24	0.13	0.06	0.09	0.12
速い例 _{cm}	0.09	0.03	0.01	0.03	0.05	0.28	0.14	0.07	0.09	0.13
観察数	3	3	2	3	3	3	4	4	3	3
比率	9	3	1	2	4	4.3	2	1	1.5	2.1

に集合毛細管毛細静脈では0.1cm/secの速度であると云える。之の値は Landis¹⁾ が蛙腸間膜で測定した値と極めてよく一致するもので彼は毛細静脈側の値を記載していないが毛細動脈側の値は良く一致する。更に、1947年 Vogel⁵⁾ が microcinematographic な方法により猫肺表面の毛細血管内血流速度を測定したが、彼の値は毛細血管で平均1-2mm/sec, 小動脈と小静脈では7-3mm/secと書いている。この値は自分等の最大値より速いが温血動物である事と部位の差等から当然の差と思われる。更に Green²⁾ の表に

は小動脈0.32cm/sec 毛細血管0.07cm/sec 小静脈0.07cm/secであつて、この値は自分等の値とよく符合する様に思われる。之等の測定値は墨汁液灌流によるものであるが、自分等の方法はこの点より適切と考えられる。

更に化学物質を作用させた実験から考えると血管収縮を示すadrenalineでは毛細動脈が先ず収縮し次で全毛細血管系が収縮を示すが、網状毛細管と他部との流速の比は対照と大差が認められない。即ち毛細血管系は一様に速度を減じている。又拡張性に仿くacetylcholineに就ても拡張と流速増加の著明なのは分岐毛細管の部である。然るにcafein, urethane等の拡張時には、毛細動脈や分岐毛細管等の速度が増すよりも寧ろ網状毛細管集合毛細管の速度増加の方が著明である。これ等の事より毛細血管を中心とした血行調節を考える際に毛細動脈ではKrogh, Vimtrup³⁾及び西丸⁵⁾による収縮細胞又はZweifach⁶⁾による筋細胞の収縮によりactiveの調節が行われているが、網状毛細管では壁の伸展性に基づくpassiveの調節が行われていると考えられて居る⁵⁾。而して今、この実験に基いてこの問題を考察してみると網状毛細管の部に

は大きな流速の変化があり、拡張時にはこの部の流速が盛んとなり増加した血量を通し、収縮時にはこの部の流速が衰えて間歇的となる事は網状毛細管が血量に対して量的な調節を行つていふと考えられる。即ちpassiveの調節とは壁の受動的収縮性による血管口径の増減と共に血流速度が変化して血流量が量的に調節されると言えよう。

文 献

- 1) 福田邦三 (1949) 人体生理学 p150
- 2) Green, Harold, D. (1950) Circulatory system: physical principles p. 228-238
Medical Physics, Vol. II, The Year Book Publishing Comp.
- 3) Krogh, A. (1932) The anatomy and physiology of the capillaries. Yale Univ. Press.
- 4) Landis, E. M. (1933) Poiseuille's Law and the Capillary Circulation. Am. J. Physiol. 103, 432
- 5) Aogel, H. (1947) Helv. Physiolog. et Pharmacol. Acta. 5, 105-121
Die Geschwindigkeit des Blutes in den Lungen Kapillaren.
- 6) Zweifach, B. W. (1949) Factors Regulating Blood Pressure. Transations of the Third Conference, Spored by Josiah Macy Jr. Foundations. P. 13
Basic Mechanismus in Peripheral Vascular Homeostasis.

Summary

The rate of the blood flow through various parts of the capillaries of the frog's web is measured by a new method. Principles of the apparatus is shown in Fig. 1: a circle of fine silk thread moves round by two pulleys; one of them is connected to a worm-gearing in order to reduce the speed of rotation made by a synchronous motor, and silk thread runs just under a ocular-micrometer in a microscope, while the speed of the thread movement is measured by a stop-watch. The speed of both blood flow and the movement of the thread is made quite the same by changing the speed of motor rotation. Thus the rate of blood flow was measured indirectly.

Results: arterial capillary...0.28 cm/sec; nets capillary...0.03 cm/sec; venous capillary...0.16 cm/sec

These average value were shown in Table 1, where I: indicates an arterial capillary, II: bifurcation of arterial capillary, III: net capillary, IV: collecting capillary. First line indicates the average velocity of blood flow in cm/sec. The figures in second line indicates the lowest values of the data and the third line the fastest values. Finally, the fourth line the numbers of observations were indicated.

(Department of Physiology, Hiroshima Medical School)

頸動脈洞反射と肝臓血管 612.146.187.359.1

Response of the Blood Vessels of the Liver to the Stimulation of the Carotid Sinus Nerve.

銭場 武彦・岸 良 尚・佐々木 弘 純

(Seamba-Takehiko・Kishi-Yoshinao・Sasaki-Hiroyoshi)*

I. 緒 言

頸動脈洞反射に際して内臓諸器官の血管の反応は一樣でないといわれる。即ち腸、脾臓血管は拡張する^{2) 3)}が、腎臓では血流量は変化しない⁷⁾という。又肝臓血管の反応に就ては余り追及されていない。

たゞ総頸動脈を閉止して起る血圧上昇反射に就て2,3の実験があるに過ぎないが、その成績も一致していない。即ち Jarisch & Henze⁴⁾は肝臓容積は縮少するといふ、Gollwitzer-Meier & Schulte²⁾は不変であるといふ、Richter⁵⁾は縮少する場合と拡大する例を認め、Heymans 等³⁾は肝臓血管は Passive の影響を受けるという。こゝで自分等は、犬の頸動脈洞神経を電氣的に刺激して、前者とは反対の場合である血圧下降反射に際して頸動脈洞反射と肝臓血管との関係を追及してみた。

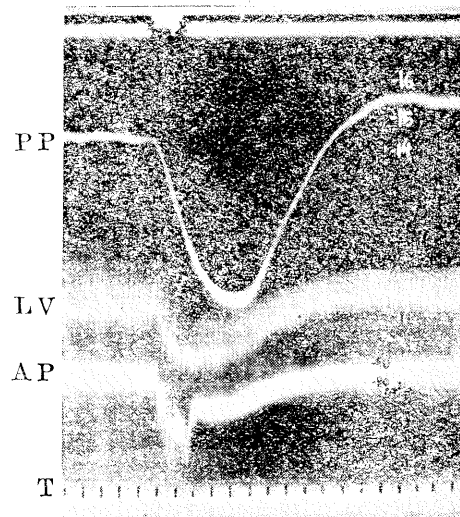
II. 実験方法

犬(体重5~7kg, ♂ ♀とも)を用い、urethane (1g/kg 腹腔内注入) 麻酔を施す。背位に固定し頸動脈洞神経を露出し、切断し、その中枢端を感応電流(巻数10000, 2V, CD=5~8cm, 10~20秒間)にて刺激する。肝臓容積は著者等⁶⁾が考案した全容積測定用 oncometer を用い、空気傳導法により Marey の Tambour に導く。一般動脈血圧は総頸動脈にて測定し、門脈圧は上腸間膜静脈に小腸静脈より cannulae を挿入し 5% citrate nat. を充した manometer に連絡する。描記には 1mm の slit のある写真 kymograph を用いた。実験は春及夏行い室温は 24~30° に保

つた。

III. 実験成績

1) 頸動脈洞神経の中枢端を電氣的に刺激(10~20秒間)すると、徐脈及動脈圧(AP) 下降を生じ、同時に門脈圧(PP) は著しく下降する。動脈圧は約1分後に回復し、門脈圧はそれより約40秒遅れて回復する。動脈及門脈圧が下降し始めると共に肝臓容積(LV) は減少する。初め急速に容積は減少し、のち徐々に旧値に戻るが、その経過は概ね動脈圧の経過と略相伴う(第1図)。



第1図

頸動脈洞神経刺激と肝臓容積の減少(縮少1/2)
犬No.71, 5kg ♂ urethane 麻酔
PP: 門脈圧 14.5cm H₂O (刺激前), 10.0cm H₂O (刺激後)
LV: 肝臓容積減少2.1cc (下向きは減少を示す)
AP: 頸動脈圧 85mmHg (刺激前), 45mmHg (刺激後)
T: 時間10秒
×-×: 左洞神経刺激15秒

* 広島医科大学生理学教室

第1図では左洞神経中枢端を15秒刺激した。刺激により動脈圧85mmHgが45mmHgに下降し、門脈圧は14.5cmH₂Oが10.0cmH₂Oに下降、のち15.5cmH₂Oまで上昇して回復した。この間肝臓容積は約2.1ccの減少を示した。この例では摘出肝臓の全容積は約170ccであつたから肝臓容積の減少は全肝臓容積の1.2%に相当する事になる。

洞神経刺激の当初、一過性に吸気が延長する。この時門脈圧及肝臓容積が一過性に増大するのが認められる事がある。

種々の実験例に於ける肝臓容積の変化を表にすると第1表の様であつて容積縮少は2.7~1.0

ccの間であつた(第1表)。

2) 肝動脈を閉止した場合

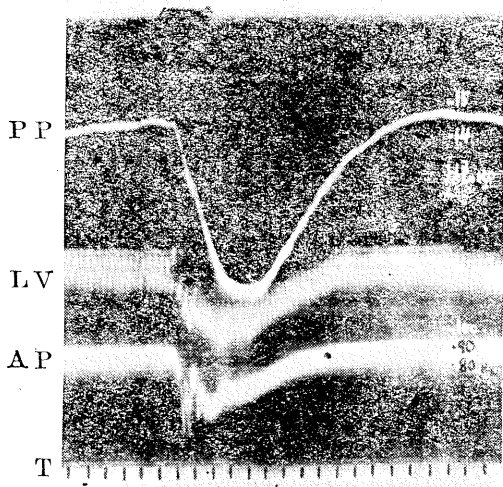
肝動脈をclemmeで閉止した後、頸動脈洞神経中枢端の刺激を行うに、やはり肝臓容積の減少を示し、第1図に用いた同一動物にて行つた実験では肝臓容積は2.4cc減少を示し、肝動脈を閉止しない例と殆んど異ならない(第2図)。

3) 門脈を閉止した場合

Eck氏fistulaを作り門脈血は全て下大静脈に流入させて肝臓は肝動脈のみによりて血行を保つ様にして、頸動脈洞神経を刺激した。その結果は第3図に示す様に動脈圧が82mmHgから64mmHgに下降すると共に肝臓容積は0.9cc

第1表

実験 番号	頸動脈圧の変化 mmHg	門脈圧の変化 cmH ₂ O	肝容積の縮少 cc	摘出肝全容積 cc	容積縮少率 %	刺激された洞神経
62	58→43	16.5→12.6	1.6	240	0.7	右
63	76→47	10.4→7.5	1.0	400	0.3	左
71	89→54	20.5→16.0	2.7	170	1.6	左
71	85→45	14.5→10.0	2.1	170	1.2	左
71	87→60	14.5→9.8	2.4	170	1.4	左(肝動脈閉止)
72	88→52	14.8→11.2	1.1	140	0.8	左
73	76→40	11.1→10.0	0.3	170	0.2	左(大内臓神経切断)
97	82→64	10.8→8.8	0.9	180	0.5	右(Eck's fistula)



第2図

肝動脈閉止後頸動脈洞神経刺激(縮少1/2)

第1図に用いた犬

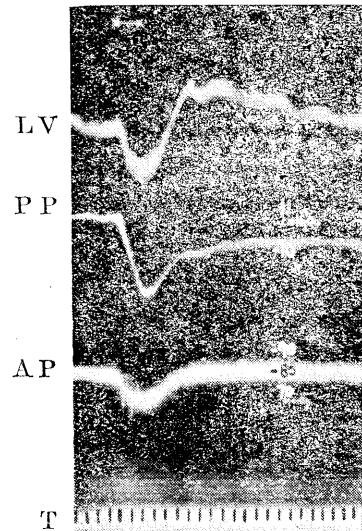
PP: 門脈圧14.5cmH₂O(刺激前), 9.8cmH₂O(刺激後)

LV: 肝臓容積減少2.4cc

AP: 頸動脈圧87mmHg(刺激前), 60mmHg(刺激後)

T: 時間10秒

×—×: 左洞神経刺激20秒



第3図

Eck's fistula 手術後頸動脈洞神経刺激(縮少1/2)

犬 No.97, 7kg, urethane麻醉

LV: 肝臓容積減少0.9cc

PP: 門脈圧10.8cmH₂O(刺激前), 8.6cmH₂O(刺激後)

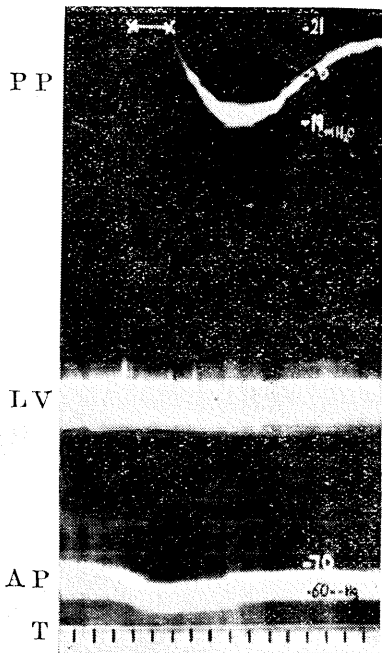
AP: 頸動脈圧82mmHg(刺激前), 64mmHg(刺激後)

T: 時間10秒, ×—×: 右頸動脈洞神経刺激20秒

減少し毫も肝臓容積増大を示さない。

4) 肝動脈及門脈を共に閉止した場合

一時的に肝動脈及門脈を clemme で閉止し、肝臓への血行を断つた後、洞神経中枢端を刺激した。頸動脈圧及門脈圧は夫々下降したが、肝臓容積曲線上には、單に呼吸の振幅の変化による動揺以外には認むべき変化を生じなかつた。第4図は第1, 2図の例と同一動物に就て両血管を閉止した例である。



第4図

肝動脈、門脈閉止後頸動脈洞神経刺激 (縮小1/2)
第1, 2図に用いた犬
PP: 門脈圧23.0cmH₂O (刺激前), 19.2cmH₂O (刺激後)

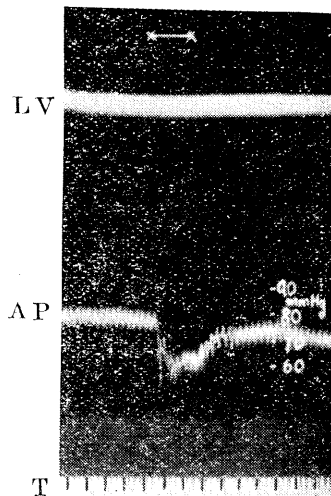
LV: 肝臓容積の変化はない
AP: 頸動脈圧72mmHg (刺激前), 60mmHg (刺激後)
T: 時間10秒
××: 左洞神経刺激刺激15秒

5) 肝臓灌流実験

肝臓を原位にて灌流するため、人工呼吸の下に横隔膜を破り下行大動脈を胸腔内で結紮し、肝動脈の血行を断つた後側枝を結紮して門脈より15cmH₂Oの圧にて脱纖維血加 Ringer-Locke 氏液を灌流し、横隔膜の頭側にて下大静脈に cannulae を挿入して外に流出させる。下大静脈は横隔膜の前後に於て結紮する。灌流開始後肝

臓を oncometer に容れる。本実験で肺循環及頭部胸部の血行は正常に保たれる。

頸動脈洞神経刺激により、頸動脈圧は下降するが、肝臓容積曲線には呼吸振幅の変化が見られるだけで容積変化は認められない (第5図)。



第5図

肝臓のみ灌流し頸動脈洞神経刺激 (縮小1/2)

犬 No. 86, 6kg ♂ urethane 麻酔

LV: 肝臓容積の変化はない

AP: 頸動脈圧85mmHg (刺激前), 55mmHg (刺激後)

T: 時間10秒

××: 右洞神経刺激15秒

IV. 総括と考察

1) Gollwitzer-Meier 等²⁾ は血圧下降反射でも肝臓容積の変化は生じないというが、自分等も頸動脈洞神経中枢端の電氣的刺激により肝臓容積は2.7~1.0ccの減少を認めた。肝臓が血管運動神経の支配を受ける事は Francois-Franck & Hallion¹⁾ 以來明らかにされている。Heymans 等³⁾, Richter⁵⁾ は血圧上昇反射に於て肝臓容積の縮少を認めたというが、然る時は血圧下降反射に於ては肝臓血管は拡張すると考えているが、実験では反つて容積の減少を示した。

2) これは同時に惹起する動脈圧又は門脈圧の降下に蔽われて、肝臓容積の増大が認められないのではないかと考え、肝動脈を結紮して動脈側より肝臓への影響を除いて見るに、実験2に示す様に、肝臓容積の縮少は依然認められた。Heymans³⁾ は頸動脈圧迫によつて一般血

圧上昇を來す時、肝臓容積が減少するが、肝動脈を結紮した後は、肝臓容積は Passive に増加するといふ、動脈側の影響を大きく考えているが、自分等の実験では肝動脈の結紮は肝臓容積の絶対値には変化を來すが、洞神経刺激により縮少する事は変らなかつた。

又門脈よりの影響を除くために Eck's fistula を作り肝動脈のみによつて肝臓の血行を保たせたのち頸動脈洞神経を刺激してみるとやはり動脈血圧下降と共に肝臓容積は縮少した。即ち肝臓内の肝動脈系の毛細血管及門脈系の毛細血管は共に洞反射に際して血管拡張を來たす証明がない。

3) 実験 (2, 3) だけでは、たとえ肝臓血管が拡張しても、それ以上に動脈側又は門脈側よりの流入量の減少が甚しい場合には、そのために血管拡張による肝臓の容積増加はみられないと考えられるので、肝動脈及門脈を閉止して肝臓への血行を一時的に全く停止させた後、洞神経を刺激して見ると、実験 4) に示す様に肝臓容積には何等変化を生じなかつた。

4) 更に一般体循環より肝臓を分離し、肝臓の神経は無傷のまま肝臓のみを灌流して、洞神経の刺激を行うに、一般動脈圧は下降するに係わらず、肝臓容積には変化を生じなかつた (実験 5)。

5) 以上の事実は頸動脈洞刺激に際して、肝臓血管の拡張が肝動脈や門脈圧の下降に蔽われて現われないのではなくして、肝臓血管は active の変化をさせず、單に肝動脈及門脈圧によつて

Passive に影響されるのであることを示している。この点 Heymans 等³⁾ の所説と一致するが、Heymans 等と異り、肝臓血管の Passive の変化は單に肝動脈からのみ受けるものではない。

かくて肝臓血管は脾臓などの洞反射に於ける態度^{2) 3)} とは異なるものである。

V. 結 語

犬の頸動脈洞神経中枢端の電氣的刺激により肝臓容積は減少するが、之は門脈及肝動脈圧の下降に基づく Passive の変化であつて、肝臓血管の口径は active には変化しない。

Eck's fistula の手術に関しては、東北大学和田正男教授の御教示によつた。

文 献

- 1) Francois-Franck, CA. A. & L. Hallion (1896) Recherches experimentales sur L'innervation Vasoconstrictive du foie. 2 memoire. Arch. de Physiol. 28, 923
- 2) Gollwitzer-Meier, KL. & H. Schulte (1932) Der Einfluss der Sinusnerven auf Venensystem und Herzminutenvolumen. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. 229, 264
- 3) Heymans, C., J. J. Bouckaert. & L. Dautrebande (1931) Sur la Régulation Réflexe de la Circulation Par les Nerfs Vaso-sensibles du Sinus Carotidien. Arch. Internat. de Pharm. et de Thérap. 40, 292
- 4) Jarisch, A., & C. Henze (1939) Lebervolumen und Mistelwirkung. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 191, 30
- 5) Richter, H. (1939) Über das Verhalten des Leber-volumens bei den Kreislaufreflexen. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 191, 40
- 6) 銭場武彦・岸 良尚・山内 功 (1951) 肝臓容積描記法に就て 廣島医学 4, 383
- 7) Unna, K. (1935) Arterieller Druck und Nierendurchblutung. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. 235, 515

Summary

The urethanized dogs were used for all experiments. The stimulation of the central end of the carotid sinus nerve with an induction current, were followed by decrease not only in the general blood pressure and in the portal blood pressure, but also in the whole liver volume. Even after the hepatic artery was clamped, the decrease of the liver volume was seen by the stimulation of the carotid sinus nerve. And when the portal blood flow directly into the general circulation without passing through the liver by Eck's operation and the liver was supplied by only the hepatic artery, the stimulation of the carotid sinus nerve produced the decrease of the liver volume. When the liver was perfused by Ringer-Locke's solution from the portal vein after ligation of the hepatic artery, the stimulation of the carotid sinus nerve did not cause the volume change of the liver.

Therefore, we may conclude that the decrease of the liver volume is the passive one, due to the fall of the portal blood pressure and the general arterial pressure, and the blood vessels of the dog's liver do not change in their diameter by the stimulation of the carotid sinus nerve.

(Department of Physiology, Hiroshima Medical School)

疲労尿の電気化学的研究 (第8報) 612.463

酸化還元電位に及ぼす影響

Electrochemical Investigation of Urine in Labor Fatigue. Part 8
The Influence of Labor upon Oxidation-Reduction Potential of the Urine.

阿知波 繁 一 (Achiwa-Shigeichi)*

緒 論

塩類イオンと膠質イオン間にはイオンの吸着結合が行われる。今単塩 MA の影響を考えると M^+ イオンは陰性膠質を、 A^- は陽性膠質を吸着結合する。これを逆にみれば陰陽膠質イオンにより M^+ 又は A^- イオン濃度が減少する様な結果となる。膠質系に対する被吸着性能は H^+ イオン及び OH^- イオンが最も大きく、これが膠質粒子の性質に関係なく吸着力に特に決定的意義を持つていていると考えられている。又これは ζ -電位に変化を来し、イオンの吸着力にも影響する。一般に単塩類の影響はイオン價数の大きい程大きく、この影響が全体として現われる。イオン價数が I, II, III, IV と増すとその膠質イオン結合力は累数的に増し、 $K_4Fe(CN)_6$ の様な塩は、その 1 mol は殆んど 4 当量を以て陽性膠質イオンと結合する。即ち K^+ の結合力は弱く $Fe(CN)_6$ のそれは強い¹⁾。

〔実験の部〕

実験 1. 還元力の定性試験

試料尿を中性、弱酸性又は弱アルカリ性としてこれに $K_3Fe(CN)_6$ 及び $FeCl_3$ 溶液を加え、出来た沈澱を $H_2C_2O_4$ で処理する。

実験結果 (1) 中性 (原尿の儘 $pH=5.8$ 附近) の場合 暗青色沈澱生成、 $H_2C_2O_4$ に可溶。

(2) 弱酸性の場合 鮮明青色沈澱生成、 $H_2C_2O_4$ に可溶。

(3) 弱塩基性の場合 変化なし。

即ち酸性、中性の場合は $Fe(CN)_6^{--} \rightarrow Fe(CN)_6^{--} + \oplus$ の還元作用が行われたことを示し、

還元力は 酸性 > 中性 > アルカリ性 の順であつた。

考 察

先に述べた様に膠質系の被吸着性能は H^+ イオン及び OH^- イオンが最も大で膠質粒子の性質に関係しない。即ち pH の大小が吸着力に決定的な意義を持ち、又 pH の変化は ζ -電位及び静電氣的吸着力にも影響を与えると考えられる故酸性とする程膠質粒子は陽性となり $Fe(CN)_6^{--}$ とのイオンの吸着が強く行われ、尿中の還元物質との接触も大となり、従つて還元を強く受けることになる。これに反し塩基性の場合にはイオンの吸着が弱くて還元を受け難かつた結果と思われる。

以下の実験は弱酸性又は中性 (原尿) で行う。なお実験は多数の資料例に就き調査したものでその 1 例を示す。

実験 2. $\frac{N}{100} - K_4Fe(CN)_6$ 10cc + $\frac{N}{100} K_3Fe(CN)_6$ 10cc を中性及び酸性 ($\frac{N}{10} - HCl$ 5cc 存在)

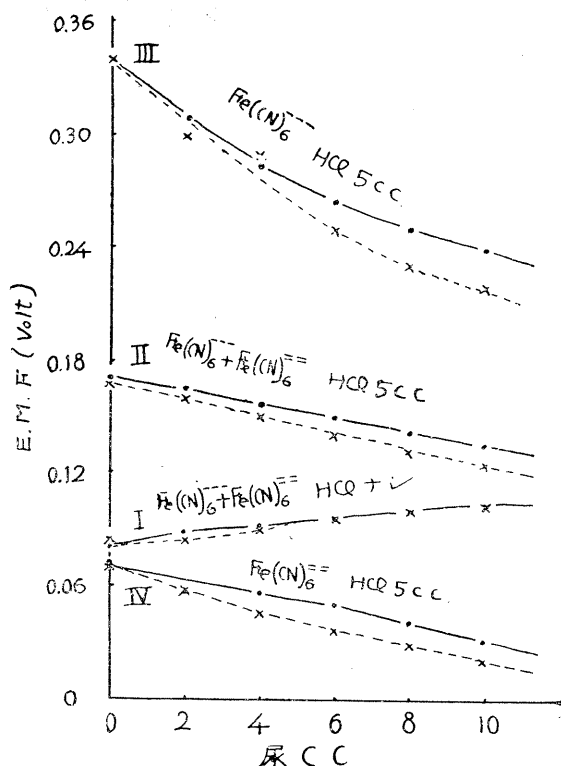
とし、作業前及び後 (又は運動前後) 尿にて滴定しその都度標準飽和カロメル電極に対する電位を補償法により求めた。温度室温、結果は第 1 図 (曲線 I, II) に示す。

考 察

中性の場合、作業前及後試料とも何れも電位は徐々に上昇し且両者同一電位を示した。酸性の場合、酸化還元電位は何れも直線的に徐々に降り、しかも何れも作業後の方が常に低いという結果を得た。

さて酸化還元電位は $\frac{Fe(CN)_6^{--}}{Fe(CN)_6^{--}}$ 活量比の函

* 滋賀縣立短期大学



第1図・印 作業前試料, ×印 作業後試料
数である。又イオン價数がI, II, IIIと増す程膠質粒子との結合力は暴数的に増すといわれている故に吸着結合力は $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} > \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ と考えられる。酸性溶液ではイオンの結合のため $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 濃度は減少し $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ の活量比の値は大となり従つて酸化還元電位は大となるべきである。即ちこのイオンの吸着反応のみの考えからみると滴定が進む程電位は大とならなければならない。然るに実験結果はこれと反対に酸性溶液では低下した。殊に作業後試料程低下率が大であつた。これは結果として $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ の比の値が小になつたことになる。これに関し次の様に考える。即ち滴定cc数が増す程還元性物質の増加が考えられる故これにより $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ イオンは還元を受けて減少し、他方このために $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ は増す、その結果比の値が小となり電位は降下したと考えられる。殊に酸性溶液に於て作業後尿が常に電位の低いということは作業又は労作により還元性代謝生成物が増加していることを示している。

中性試料の場合、試料別に關係なく兩電位は同一値を示し、且徐々に上昇した。これを疲労尿の還元性物質の増加のみで考えると作業後の方が $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ の分子の値が小となり両者は必ず異なつた電位を示さなければならない。故に還元性物質のみを以てしては説明は困難である。これを次の様に考える。即ち、 $\frac{\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}}{\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}}$ 型酸化還元電位が次第に上昇することは分子の濃度が増大し分母が減少することである。然るに作業前後尿の何れも還元作用があつた(実験1に示した)。故に分子の値は必ず小となる。又前実験が示した様に疲労尿がこの減少率が大となる。然るに曲線Iの様に増すという結果を示したことは分母の濃度の減少率は分子の濃度の減少率より更に大にした結果として比の値は大となつたことを示して居る。従つて作業後尿の方が分子 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ も減少するがその反面分母 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ の濃度は分子のそれより更に小となつて丁度この比の値が一致したものと思う。然るに種々の実験結果より疲労尿には電氣的陰性粒子の増加していることを知つた。従つてこれと等量の陽性粒子の存在も考えることが出来る。これが $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ と吸着結合し作業後試料の方が更に分母の濃度が小となつて両者の比の値が一致し第1図(曲線I)の結果を示したものと思う。

実験3. (1) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ に $\frac{N}{10}$ -HCl 5cc存在を試料尿で滴定

第1図曲線IIIに示す様に電位は次第に降り、疲労尿程その率が大となつた。この場合 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 濃度は主として上の還元作用にて減少するも酸性なれば陽性粒子とのイオン吸着も考えられ一層減少することになる。反面最初濃度0の $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ は次第に増加する。勿論 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ が増加する程陽性粒子とのイオン吸着も大となりその増加を消去する結果となるが還元作用がより旺盛であるから $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ の増加率の方が大であつて全体として $\frac{\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}}{\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}}$ の比の値が小となり酸化還元電位は尿量に比例して降下したものと考えられる。

故に作業後尿の電位が常に低いということは前に述べた如くその中の代謝生成物としての還元性物質が作業前より増加していることを示して居る。しかも電位の変化をみるとこの電位は他の何れの場合の電位に比し値も高く且毎滴定ccごとの減少率は大きく、この酸化還元系電位は $\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}$ の還元が重大な係数となっていることが分る。

(2) $\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}$ に $\frac{N}{10}$ -HCl 5cc 存在を試料尿で滴定

第1図曲線Ⅳに示す様にこれ又作業後の方が常に降下率が大という結果を得た。この場合酸化剤である $\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}$ を含まぬため電位の変化は酸化還元的には考えられなくて次の各々が考えられる。

1. 前報²⁾に得た如く膠質粒子の白金自然電極電位は時間的に減少し、殊に作業後の方がその率が大であるということ。

2. 又この電位はすべてのイオンにより左右されるが殊にこの場合では $\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}$ 濃度による影響が大であるということである。

然るに酸性なれば H^+ イオンにより尿還元性物質は電気的陽性となりこれとイオンの吸着結合をなし、その濃度が減少した如くなる。且作業後試料程結合作用も大となる故電位の減少率も大となつたものと考えられる。これを要するに $\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}$ の場合は還元による濃度減少、同時に生成する $\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}$ の増加、これ等が又陽性粒子との吸着による減少等の総合結果の電位の変化を示し、 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}$ の場合は主として陽性粒子とのイオンの吸着による電位の変化を示す。

今試料尿で毎滴定ccごとの $\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}$ の場合の電位を e_1 とし、 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}$ のそれを e_2 、 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{---} + \text{Fe}(\text{CN})_6^{==}$ 混合物のそれを E とすると $E = e_1 - (e_2)$ であるべきである。実験結果も丁度第1図に示す様に

$$\left[\begin{array}{c} \text{曲線Ⅱの電位} \\ \text{Fe}(\text{CN})_6^{---} + \text{Fe}(\text{CN})_6^{==} \\ \text{曲線Ⅳの電位} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{曲線Ⅲの電位} \\ \text{Fe}(\text{CN})_6^{---} \\ \text{曲線Ⅰの電位} \end{array} \right]$$

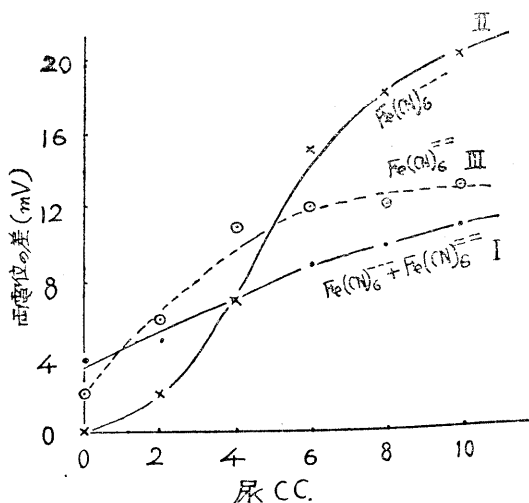
であつて殆んど等しいことを示している。電位

E の係数 $\frac{\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}}{\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}}$ は分子、分母が各独立的に代謝生成物である還元性物質(仮りにこれを疲労因子と呼ぶ)の増減、イオンの吸着結合、その他により、この酸化還元電位に決定的意義を与えて居ることが推察される。

然しながら実験的に $E = e_1 - (e_2)$ とならぬ点は勿論この外に他のイオンの吸着、濃度の変化自然電極電位の時間的变化²⁾も加味されているためと思われる。

以上の複雑な総合結果の内 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}$ の還元が全電位の主要な因子をなして居る。

更に第1図(曲線Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)を詳細にみると電位は何れも直線的に降るが作業後試料のそれが末廣がりのに差が大となつて居ることである。今滴定試料cc毎の両者の電位差を求めこれより降下度を比較すると第2図(曲線Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)のようになる。即ち同一量の試料滴下に対し作業後



第2図 降下率

試料の方が比例的降下度が急に変化している。以上の点からも前に述べた如く $\frac{\text{Fe}(\text{CN})_6^{---}}{\text{Fe}(\text{CN})_6^{==}}$ 活量比は代謝生成物の還元性物質と函数的関係を示し、これは又運動量(又は労作)とも或る平行の関係を示すと云うことが出来ると思う。

これを要するに以上の実験結果より運動又は労作は酸化還元電位に重大な変化を与え、しかもこの因子の比例的増加を酸化還元電位の測定により実験的に示したことになる。

故に先ず労作又は運動前に酸化還元電位を測り、次に或る一定労作後可及的同一条件にて今一度測定し、これを比較すれば疲労による生成物（仮にこれを疲労因子と呼ぶ）を数的に比較することが出来るはずである。

結 論

以上の実験結果を総括すると次の様になる。

- 1) 試料を酸性とする場合；酸化還元電位は労作後試料の方が常に低く現われた。
- 2) 中性の場合；両試料同一値を示した。
- 3) 塩基性の場合；還元作用を示さず。
- 4) 1~3の事実を

1. H^+ イオン, OH^- イオンの優先吸着性。

2. 多価イオンの膠質イオン吸着結合力の累数的増大。

3. 疲労尿中の還元性代謝生成物の比例的増加。

以上の3つにて容易に説明することが出来た。

5) 以上の事実を疲労判定の一助と考えることも意味あることと思う。

文 献

- 1) 寺田 宏 (1994) 化学の研究 生化学篇 31-71
- 2) 阿知波紫一 疲労の電気化学的研究-自然電極電位に及ぼす影響 (未発表)

Summary

This paper reports the investigation of the influence upon the Oxydation-Reduction Potential when the Oxydation-Reduction System, $Fe(CN)_6^{4-}$, $Fe(CN)_6^{3-}$, $Fe(CN)_6^{4-} + Fe(CN)_6^{3-}$, is titrated with Labor Urine, and its explanation by the following facts, preferential adsorbability of the H^+ and OH^- ions, exponential increase of adsorptive power to colloidal ions in polyvalent ions, and the variation of reducing material in the labor urine.

(Shiga Prefectural Junior College, Hikone)

疲労尿の電気化学的研究 (第9報) 612.463

陽極過電圧に及ぼす影響

Electrochemical Investigation of Urine in Labor Fatigue. Part 9.

Influence of Labor on the Over-Voltage of the Urine.

阿知波 繁 一 (Achiwa-Shigeichi) *

緒 言

過電圧はその原因により化学過電圧¹⁾、拡散過電圧、抵抗過電圧²⁾の3つに分けられ、これは電解の条件により著しく異なる。従つて固有値を求めるには電解条件を厳密に限定する必要がある。

次に過電圧に及ぼす条件について簡単にのべると、

1. 時間 時間的变化が著しい、これは電極表面の変化によるという。Hickling³⁾, Garriron-Lilly⁴⁾, Hoar⁵⁾等の研究がある。米田氏⁶⁾は過電圧は時間的に変化するものであるから測定する時間を次の4つに分けている。

1) 単分子吸着層が完結した時

2) 定常状態に達した時 (実際は数拾時間も上昇し続ける)

3) dq/dt (単位時間あたりの過電圧) が一定した時

4) 一定時間後

2. 電流密度 関係式には Tafel⁷⁾ の式が与えられている。

$$E\pi = a + b \log D$$

この式の成立する D_A の範囲は極めて小であつて、全くこの関係式の成立しない場合もある。

3. 温度 過電圧は分極の一種であるから温度の上昇する程減少するを原則とする。実験的に次の関係がある。

$$E\pi = a + \frac{RT}{\alpha F} \log D$$

前式と対照すると $b = \frac{RT}{\alpha F}$ となる。

4. 電極面の状態及び前処理 電極面の影響も大で表面粗いものは平滑のものより過電圧は

低いのが普通である、又表面に過電圧の低いものがあるとか、電鍍膜、酸化皮膜、電極内の歪結晶粒の大小、結晶面、電極の形態例えば曲率半径⁸⁾、活性度の変化(X線、 γ 線、紫外線、超音波による)⁹⁾等によつても左右される。

5. 材料 過電圧の低い金属と合金を造ると一般に過電圧は低下する。その他電極の材料により過電圧が可成り異なる。Hickling³⁾、米田⁶⁾氏等の研究がある。

6. 電解液の組成 電解液の組成によつても異なる。殊に放電するイオン濃度の影響が最も大である。酸化剤、還元剤、過電圧の低い重金属、ゼラチンおよび膠質粒子¹⁰⁾等も過電圧に影響を与える。

7. 攪拌 一般に過電圧は低下する。その低下度と D_A との関係は明らかでない¹¹⁾。

次に測定に用いる疲労尿成分¹²⁾をみるに複雑な有機化合物及び無機化合物(塩化物、硫酸塩、燐酸塩等)等の混合物である。又この物の電気化学的研究(第9~13報)¹³⁾によつて疲労尿中には陰電荷を帯びた膠質粒子の増大していることを証明した。以上の理由により疲労尿の陽極過電圧におよぼす影響を調査しようと思う。

実 験 の 部

実験 1. 陽極過電圧と時間との関係の調査

実験条件 電極—平滑白金電極、前処理なし、使用ごとにクロム酸混合液で洗滌。電解液—作業又は運動前後尿の各々40cc。温度—18°C。電流密度—1mA/cm²、常に一定に調節。攪拌—なし。

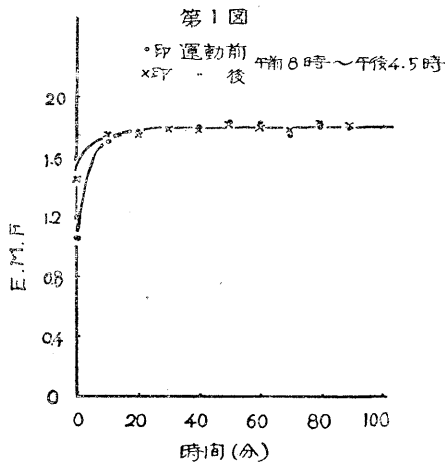
測定法 直接法を用い甘汞電極に対し定常

* 滋賀縣立短期大学

状態になつた時測定。以下いずれも多数の学生工員の試料につき殆んど同一結果を得た故その一部の測定結果を示す。

実験結果及び考察 (第1図参照)

過電圧の時間的变化をみると作業前試料は最初は低く、急に上昇し、作業後は最初より高い。20~30分後には両者殆んど一致した。作業前試料は陽極電解にあづかる物質が比較的小量のため、これが徐々に析出して抵抗を増し過電圧も次第に上昇したものと思う。これに反し作業後の方は電解にあづかる物質が多いため過電圧と同時に多くの物質が析出し抵抗の増加も最初より著しくなり、従つて電位が高く現われたものと思う。



しかし或時間後 (20~30分) になると陽性析出物が殆んど同一となり従つて抵抗も同一となつて過電圧が等しくなつたものと思う。

実験 2. 陽極過電圧と電解液組成の関係の調査

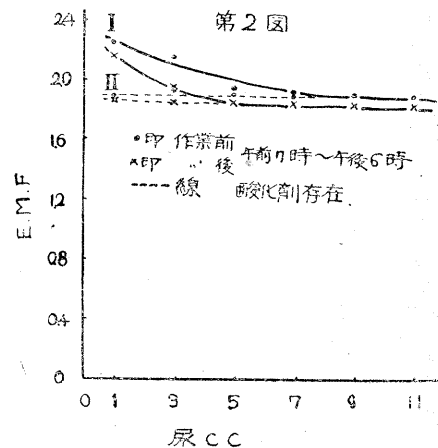
実験条件 前回に同じ。

測定法 蒸留水 40cc を試料にて滴定し攪拌後電極を上下して常に同一面積の電極が液中にある様にし、 $D_A = 1 \text{ mA/cm}^2$ に調節、定常状態になつた後測定する (第2図参照)。

実験結果及び考察

滴定の進行につれ、器中の尿の量が増加する程過電圧は減少した。前尿と後尿とを比べると両者ほとんど平行的に減少したが、作業後の方

が常に低く現われた (曲線 I)。実験 1 と同様に電解にあづかる物質が増し、抵抗が大となるた



めで、殊に作業後程、過電圧が低くなつたのはこの物 (陰性粒子、陰イオン) がより増大しているためである。次に酸化剤 ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) の存在で同様の操作をすると作業前、後の尿についていづれも電位は殆んど変らず、ついに酸化剤を含まぬ曲線 I と一致した。この場合も作業後の方が低い電位を示した。作業前試料では滴定ごとに電位は同一値を保ち殆んど調節する必要がなかつた。然るに作業試料では一定値となるに時間を要した。この滴定において電位の変らなかつた理由は滴下する試料は直に全部酸化し尽され最初の液組成を保持するためである。若しこの時酸化されずに残る部分があるならば曲線 I の様に過電圧は次第に降下するはずである。又作業後試料の場合一定電流となるに時間を要したことは酸化を受ける物質が多くなっているためと思われる。以上の点から試料 1~11 cc/40cc H_2O 、 $D_A = 1 \text{ mA/cm}^2$ の範囲では $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ によつて酸化される物質だけが主として陽極過電圧に関係し、他の物質、例えば Cl イオン、 SO_4 イオン、 PO イオン、 OH_4 イオンその他の影響はほとんど無とみなすことが出来る。これを要するに、過電圧に差のあること、酸化剤の存在で平衡電位に達するに多くの時間を要すること等は作業前後試料間に差異のあることを明瞭に示している。

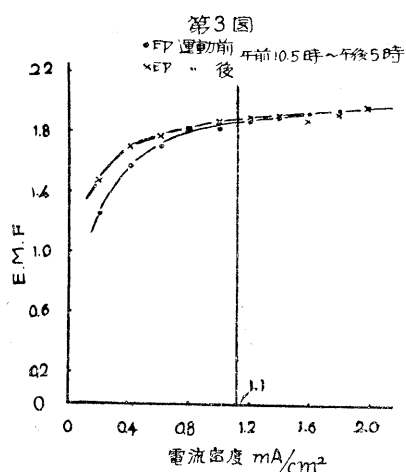
実験 3. 陽極過電圧と電流密度との関係の調査

実験条件 電流密度 $D_A = 0 \sim 2 \text{ mA/cm}^2$ の各々, 他の条件は前実験に同じ.

測定法 最初極めて小さな電流密度より次第に高電流密度を与え, その都度電流の略一定値になるを待つて測定する. これを $D_A = 0 \sim 2 \text{ mA/cm}^2$ 迄繰り返す.

実験結果及び考察 (第3図参照)

(1) 電流密度を増加すると曲線は最初は極めて急速に上昇し, その後上昇は次第に徐々となる. 電流密度の大きいときには両試料の値が



接近するに至るが, 一般には作業後試料の方が常に最初より高い電位を示す傾向がある. この理由も実験1の考察にのべたと同様な考えにて説明することが出来る.

(2) 曲線を精密にみると $D_A = 0 \sim 1.1 \text{ mA/cm}^2$ 迄の曲線と, それ以後の曲線では D_A と過電圧の関係には異なつた意味が含まれている. 即ち前者は対数的で, 後者は直線的である. 今その関係を実験式で示すと次の様になり Tafel の式から偏倚していることを示している.

$$D_A = 0 \sim 1.1 \text{ mA/cm}^2 \text{ 迄}$$

$$E\pi = a + bD + \log D \quad \dots\dots (1)$$

$$D_A = 1.1 \text{ mA/cm}^2 \text{ 以後}$$

$$E\pi = dD + e \quad \dots\dots (2)$$

但 $d = 0.031$, $e = 1.541$ となつた. 今前半の式において, a' , b' を作業前尿の個人差, 日差を

含んだ試料の恒数とし, a'' , b'' を作業後のそれとする. 然る時は一般に同一人の同日試料では $a' < a''$, $b' < b''$ の関係がある. 勿論同一人といえども日差, 作業内容, その分量に依つても異なるが, 少なくとも同一人, 同日の試料では上の関係が成り立つ. 以上の結果を考察するに, 曲線の前半の対数的関係を示す部分は一部無機成分の電解も加味していると思われるが, 主として有機成分が之に関係した抵抗過電圧とみることが出来る. 即ち Tafel の式からの偏倚は有機成分の存在及び濃度の変化の爲であつて勿論この物は恒数 a , b の大いさを左右すると考えられる. それ故逆に恒数 a , b から試料中の組成の変化を推知することも出来るはずである.

3. 後半の $D_A = 1.1 \text{ mA/cm}^2$ 以後の陽極電解の起る電位を曲線から求めると約 1.75 V となつた. この電位は略ハロゲンの電解電位に相当し定性的にも之をみとめた.

結 論

過電圧を左右する条件としては (1) 時間, (2) 電解液の組成, (3) 電流密度, (4) 温度, (5) 電極面の状態及び前処理, (6) 電極の材質, (7) 攪拌等による. その内 (1)~(3) を調査し (4)~(7) 等は可及的に同一条件として次の結果を得た.

1. 過電圧と時間との関係

作業前試料 最初低電位より始まり急速に上昇し次第に徐々になる.

作業後試料 最初より高く両者約20分後殆んど同一値となり, その後は徐々に上昇する.

2. 過電圧と電解液組成の関係 試料cc数の増加と共に過電圧の電位は次第に減少した. そして作業後の方が常に低く現われた.

酸化剤を含む場合 試料cc数には関係なく電位は不変で, 常に作業後の方が低い電位を示し遂に酸化剤を含まぬ場合に一致した.

3. 過電圧と電流密度との関係 これは第3図に示すように, 電流密度を増加する程最初は急速に, 次第に徐々に上昇し, 作業後試料の方が常に高い電位を示した. なお $D_A = 1.1 \text{ mA/cm}^2$

迄は試料の何れも略次式の関係が成立し, Tafel の式からやゝ偏倚して居ることを示した. 即ち $E\pi = a + bD + \log D$, 今 a' , b' を作業前試料の個人差, 日差を含んだ恒数とし, a'' , b'' を作業後のそれとすると一般に同人, 同日の試料に於ては $a' < a''$, $b' < b''$ となつた. それ故逆に恒数 a , b から疲労尿中の組成の変化を推知することが出来るわけである. 次に $D_A = 1.1 \text{ mA/cm}^2$ 以後は過電圧と電流密度との関係は直線的で試料別には関係なく, 又個人差, 日差もなく何れも同一式で表わすことが出来た. 即ち $E\pi = dD + e$. 但し $d = 0.031$, $e = 1.541$ となつた. この関係は主としてハロゲンの電解が行われていることを示した.

4. これを要するに過電圧に及ぼす影響は同一人, 同日の試料では作業後試料の方が種々の点に於て大であつた.

文 献

- 1) Bowden, F. P. J. N. Agar (1937) Chem. Soc. Ann. Rep. 34, 92
水渡 (1941) 物理化学の進歩 15, 総37
- 2) 米田幸夫 (昭和24年) 電気化学 17, 1
- 3) Hickling, A. (1937) Trans. Faraday Soc. 33, 1540 (1937)
- 4) Garrison, A. D. J. F. Lilly (1934) Trans. Electrochem. Soc. 65, 275
- 5) Hoars, T. P. (1933) ibid 4, 142, 628
- 6) 米田幸夫 (昭和24年) 電化講演会 17
- 7) Tafel, J. (1905) Z. Phys. chem. 50, 641
- 8) Electrochem. Z. (1932) 38, 77
- 9) 日化 (昭和9年) 55, 751
- 10) 武井 武 実験電気化学 上 195-215頁
- 11) Hunt, H. (1938) Trans Electrochem. Soc. 73, 307, 311
- 12) 小金井良一 生化学微量定量法 297頁
- 13) 阿知波繁一 (昭和24年) 電化講演会
阿知波繁一 (昭和24年) 日化講演会
阿知波繁一 (昭和25年) 電化 13, 19
阿知波繁一 (印刷中)

Summary

By investigating the influence of labor fatigue on the over-voltage of the urine, the following specific points were clarified.

1) Time relation.

Samples before the work showed that the at first lower over-voltage rose first quickly and then gradually. In samples after the work, E.M.F was high at first which further rose gradually. After about 20 minutes, samples before the work and samples after the work gave the same value.

2) The relation to electrolyte system.

With increase of the quantity of the sample added the over-voltage gradually fell. The curve for samples after the work appeared at a lower position. Similar curves for samples containing oxydising agents represented horizontal straight lines, i. e. E. M. F has no relation with the quantity of samples added. Values for samples after the work were slightly but definitely lower those before the work.

3) The relation with current density.

Till D becomes 1.1 mA/cm^2 , the next formula holds, deviating from Tafel's formula. This is because of presence of negative particles of a certain substance (named fatigue factor)

$$E\pi = a + bD + \log D.$$

When a' , b' are constants including individual and daily differences before the work, and a'' , b'' are constants including individual and daily differences after the work, a' is smaller than a'' and b' is smaller than b'' in cases of the same person on the same day.

4) From the comparison of the urine sample obtained before the work with that after the work in the over-voltage, it is concluded that there is characteristic relationship between the labor and the over-voltage of the urine.

(Shiga Prefectural Junior College, Hikone)

嚥 下 呼 吸 612.288, 612.312

Studies on the Swallowing Respiration.

小 田 中 貞 (Odanaka-Tadasi)*

I. 緒 論

Clark (1921)¹⁾ が人体実験に於て又 de Somer (1923)¹²⁾ が動物実験において嚥下時に呼吸運動が呼息性に停止することを認め、これを嚥下無呼吸と称して以來この見解は一般にひろく成書にとり入れられている。しかし最近の英米の成書によれば嚥下時にはいわゆる、short inspiration がまず出現しつゝいて呼息性呼吸停止が認められると記してあるが、この見解は Meltzer (1883)⁹⁾ 及び Steiner (1883)¹⁵⁾ 等の研究結果によるものと思われる。即ち氏等は上喉頭神経を電氣的に刺激すると呼吸が呼息性に停止し、この際に嚥下運動が起るとこれと同時に小吸、呼息が現われることを認めた。これによつて氏等は嚥下によつて小吸、呼息 (上述の “short inspiration”) ついで呼息性停止が現われると解釈している。Marckwald (1887)⁸⁾ も亦この事実を認めている。上述の如くこの問題については2種の見解があるが両者の不一致の原因を明らかにするためになされた研究は見当らない。この矛盾を解決せんとして私はまず動物について福原の呼吸運動描記法²⁾ を用いて嚥下の呼吸運動に及ぼす影響を研究し更に人体についての追試実験を行い両者の結果を比較検討した。

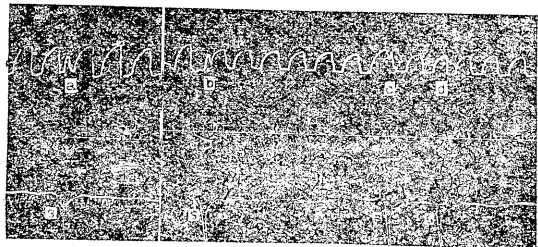
II. 実験方法

動物はウサギ、時にイヌ、ネコを使用した。呼吸運動描記法は福原²⁾ の方法による。動物はすべて橋脳中央部で脳底に達するまで横切し上位脳を除去する。両側迷走神経を頸部において切断し気管カニユーレを挿入する。上喉頭神経の電氣的刺激実験では電流滑走を防ぐため、なるべく長く周囲組織より分離する。即ちこの神

経が頸動脈背側を通過し迷走神経から分岐する部位まで分離し、次に内枝が舌骨甲状膜をつらぬき “Foramen thyreoidea” に侵入する部位で両側切断し、一侧の切断中枢端を頻数感應電撃で刺激する。嚥下運動第2相の標示として甲状軟骨の一端を糸で結び (但し人体実験に於ては喉頭部の皮膚を) これをゴム囊に連絡し囊内の圧力変化をゴム管を介して Marey の描記盆に導き、嚥下第2相に起る甲状軟骨の挙上運動を煤紙に描記した。人体実験に於ては動脈々搏受容囊³⁾ を胸骨剣状突起の部に固定し、ゴム管を介して Marey の描記盆につなぐか又は Bert の方法によつて呼吸運動を描記した。被験者を坐位又は背位にし、体位が動揺せぬよう留意する。被験者の意志が関与しがちであるがこれは被験者を訓練することによつて或程度除き得る。

III. 実験成績

A. 口腔内注水によつて起る自然的嚥下運動の呼吸運動に及ぼす影響



第1図

除脳ネコに於ける口腔内注水による嚥下呼吸の発現 (背矢描記)

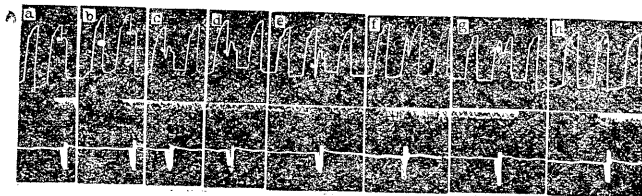
1951.4.25. 室温25°C, ネコの体重 2.6kg, 上の曲線は横隔膜背矢の収縮, 上向は収縮, 下向は弛緩を示す (其他の図でも同様)。白点 a, b, c, d は嚥下呼吸の発現時点を示す (其他の図でも同様)。時間1sec, 下の曲線に於てSは甲状軟骨の挙上を示す (其他の図でも同様)。

動物の口腔内に注水すれば嚥下運動が起り、これに随伴して呼息に切換えられた瞬間を除き

* 鳥取大学医学部生理学教室

あらゆる呼吸相に於て常に背矢の収縮弛緩が著明に現われる (第1図 a, b, c). この背矢の収縮弛緩は正常の呼吸と異り, 短時間で終ることゝその収縮が速に行われることが特徴である. この呼吸運動をこの論文では嚥下呼吸と名ずけておく. また吸息相及び呼息相に嚥下呼吸が起ればそれぞれわずかに当該相の延長を來すが (約0.05~0.1sec にすぎない), 代償性休息期と見なすべきものは認められない. おそらくこの位相の延長は嚥下運動の結果一時呼吸中枢の衝撃の発生時間が長びくため起るものであろう.

B. 上喉頭神経の電氣的刺激により起る嚥下運動の呼吸運動に及ぼす影響



第2図

除脳ウサギに於ける上喉頭神経の電氣的刺激により発現する嚥下呼吸 (背矢描記)

1951.8.3, 室温33°C, ウサギの体重2kg, 上の曲線は横隔膜背矢の収縮, 白点 a, b, c, d, e は呼息相の各期, f は吸息相の初期, g は同相の末期, h は呼息に切換えられた瞬間に於ける嚥下呼吸の発現点を示す. 中の曲線は感応電流の刺激時点を示す, コイル間距離いづれも25cm, 説明は本文.

上喉頭神経の切断中枢端刺激によつて嚥下を起した場合にも上述の自然的嚥下運動の場合と同様の呼吸変化が認められる. 即ち刺激が閾値に達すれば嚥下運動と殆んど同時に, 但し呼息に切換えられた瞬間を除き (第2図 h) 如何なる呼吸相に於ても背矢の収縮弛緩が現われる. 嚥下呼吸の振幅は呼吸相の初期に於て発現する場合が最も小さく, 末期におきるもの程大となるが (第2図 a, b, c, d, e), 吸息相に於ては呼息相に於ける如く振幅の規則正しい変化を認めることはできない. 呼息相に於ける

る嚥下呼吸発生の状態は心臓の期外収縮に近似しているが吸息相に於ても嚥下呼吸が現われる点は心臓と異つている.

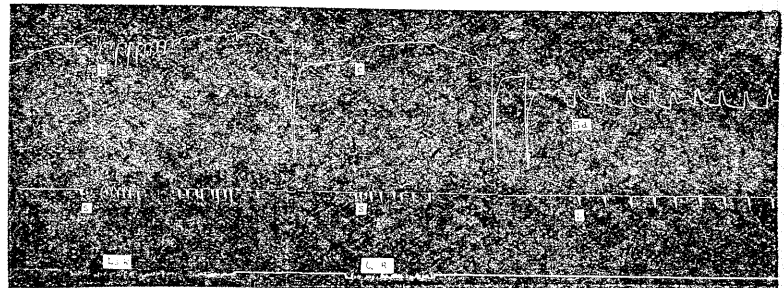
C. 嚥下呼吸の成因について

イヌでは脳幹切断時にショック症状として呼吸停止がしばらくつゞくことがあり, 又過剰人工呼吸を行えば呼吸停止の起ることは周知の事実である. 我々の見解⁵⁾によれば吸息性無呼吸 (例えばイヌで見られる “apneusis”) は刺激によつて呼吸中枢の興奮性がたかまり, また呼息性無呼吸は興奮性が低下し結局週期性が認められなくなつた状態である. それでは吸息性及び呼息性無呼吸の場合に嚥下呼吸は如何ように発現するであろうか.

橋脳中央部で脳幹を切断すると動物は呼息性に呼吸を停止した. 直ちに上喉頭神経を頻数感応電撃で刺激するも反応はない. この時迷走神経を持続的に感応電撃で刺激すると呼吸運動が再現してくる. その呼吸型は正常に比し著しく吸息相の延長せるものである.

かくして呼吸中枢の興奮性をたかめ刺激を中止すればいわゆる

“apneusis” 型呼吸に変つてくる. 吸息の “plateau” で上喉頭神経を刺激すれば嚥下運動が頻発し, これと殆んど同時に背矢の収縮弛緩が曲線上に重疊し (第3図 b) しかも曲線の水平位は次第に上昇し横隔膜の緊張が次第にたか



第3図 除脳イヌに於ける自発的嚥下運動の呼吸運動に及ぼす影響 (背矢描記)

1951.4.3, 室温20°C, イヌの体重3.8kg, 上喉頭神経, 舌咽神経, 迷走神経は両側共切断してある.

b, c は上喉頭神経刺激 (L. S. R.) による影響, Sa は自発的嚥下運動 (S) に随伴する嚥下呼吸, 迴轉速度 1cm は 6sec に相当する. 説明は本文.

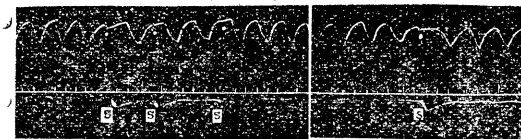
まつてくる(第3図c)。

以上の事実から呼吸中枢の興奮性が低下している時は嚥下呼吸は認め難く、反対に興奮性がたかまつている時には嚥下呼吸の出現は顯著であると考えることができる。刺激中止後には時々腹筋の関与する深い呼吸が見られるがもはや正常の吸息は認められない。こゝで注目すべき現象が現われた。即ち刺激中止後にかゝわらず嚥下運動が約5secの間隔で約3分間にわたり律動的に頻発し、これと殆んど同時に背矢の収縮弛緩が著明に出現した(第3図Sa)。これは嚥下中枢が持続的に求心性衝撃をうけた結果一時的に自発性を賦与せられ刺激を中止した後も律動的に自発性嚥下運動及びこれに随伴する嚥下呼吸を起すに到つたものである。

以上の実験結果からわれわれは嚥下呼吸の成因について次のように言うことができよう。即ち嚥下呼吸は上喉頭神経を介する求心性衝撃が直接呼吸中枢に到達し直接に影響した結果起るものではなく、嚥下中枢の興奮が呼吸中枢に拡散しこれを刺激した影響であり、嚥下呼吸が短時間で終るのは嚥下中枢の興奮が一過性でありしたがって呼吸中枢に対し頓挫的な拡散効果を与えるにすぎないからである。従つて嚥下時には重加する小吸息及び呼息が生じ且つ当該呼吸相がわずかに延長する。これを嚥下呼吸と称すべきである。横隔膜背矢描記による上述の実験結果によれば de Somer¹²⁾, Clark¹⁾ 等の嚥下時には呼息性呼吸停止が起るとする説には賛同することはできない。相互の不一致の原因としてはまず描記法の相違がとりあげられなければならない。よつて従来普通に使用されてきた呼吸運動描記法を用いた実験例を次に述べる。

D. 追試及び批判

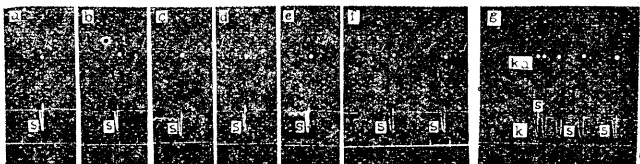
D. 1 動物実験



第4図

除脳ネコに於ける腹壁運動描記による嚥下時の呼吸運動の変化

1951.4.25, 室温25°C, ネコの体重2.6kg, 上の曲線は呼吸運動に伴う腹壁の膨隆陷凹を示す。上向は呼息下向は吸息, 時間1sec, 曲線は平滑化し嚥下呼吸は著明でない。



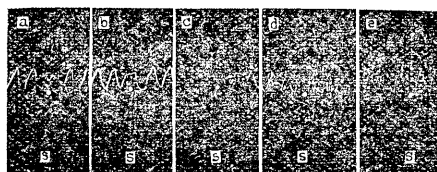
第5図

除脳ウサギに於ける口腔注水による嚥下運動の呼吸運動に及ぼす影響(動脈脈搏受容囊を用いて胸廓運動を描記する)

1951.8.6, 室温31°C, ウサギの体重1.9kg, 上の曲線: 上向は吸息下向は呼息, Kaは咀嚼運動(K)による呼吸運動の促進を示す。時間は3sec。

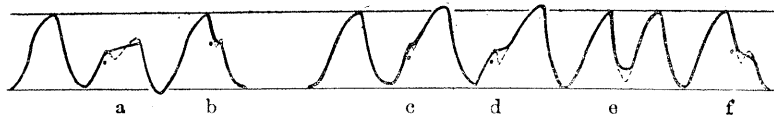
描記法の異なる以外実験要領は実験Aと同様である。

加藤(1947)⁶⁾の方法によると嚥下呼吸は不明瞭であり、曲線は呼息性に延長するか或は呼息性呼吸停止の傾向を示す(第4図)。動脈々搏受容囊を用いるとやゝ第1図及び第2図の嚥下呼吸に似たものが見られるがやはり背矢の収縮は充分に現われない。なお咀嚼運動中には呼吸の



第6図

人体実験に於ける嚥下運動の呼吸運動に及ぼす影響
1951.8.7, 室温32°C, 動脈脈搏受容囊を胸骨剣状突起部に固定する。上向は吸息, 下向は呼息



第7図 人体実験に於ける嚥下呼吸の一般型を示す

a. b. の実線は Bert の呼吸運動描記器を胸部に固定せる場合, c. d. e. f. の実線は腹部固定の場合の嚥下時の呼吸運動の変化を示す。上向は呼息, 下向は吸息。横線は正常呼吸振幅の大いさを示す。黒点は嚥下発現時点を示す。波線は動物実験に於て背矢描記法により確認せられたる嚥下呼吸の型より推定し訂定せる実際の嚥下呼吸曲線を示す。

リズムが速くなり促進を來す(第5図gのKa)。

D. 2 人体実験

Bertの呼吸運動描記を用い胸部及び腹部の2箇所から得られた結果を整理すれば概ね次の6型(第7図a. b. c. d. e. fの実線で示す曲線)に分類でき他はこれ等の移行型にすぎない。

胸部固定では呼吸相に嚥下運動が起れば約2 sec 間中間位に停止せる後やゝ深い吸息に移る(第7図a)。吸息相に起れば小吸息が重疊する(第7図b)。腹部固定では呼吸相に起ればまず小吸息或は短い呼吸停止が起りついで呼息に移るが、この呼息は腹部の運動が関与して特に大きく描かれることが多い(第7図c. d)。吸息期に起ればまず停止ついで呼息が起きるか或は吸息が続行する(第7図e. f)。

上述の実験結果を綜合すれば動脈々搏受容器は Bert の呼吸運動描記器よりも感度は多少良いが最後には Marey の描記器に連結されているために結局その効果に於ては大同小異である。更に従來の描記法は Head の方法以外はすべて直接横隔膜の運動を描記するものではなく胸廓或は腹部の運動を描くわけで、福原²⁾が指摘している如く得られた曲線は横隔膜と胸廓或は腹部の運動との綜合効果を示すもので一義的の判断を下すことができない。上述の致命的の缺陷のほかに従來の描記法においてよく使用されてきたタンブールの缺点を指摘しておきたい。

タンブールは吸息時に吸引されるがゴム膜の弾力によつて水平位に復そうとする傾向がある。この結果曲線は微少な運動に於ては殊にそうであるが実際よりも呼吸性に流れ、図では上方に移動する傾向がある。それで実際の呼吸曲線を描けば第7図波線で示す如く吸息位に移動させたものとなるであろう。この訂正せる曲線を背矢描記法による曲線と比較するに殆んど本

質的な相違を認められない。

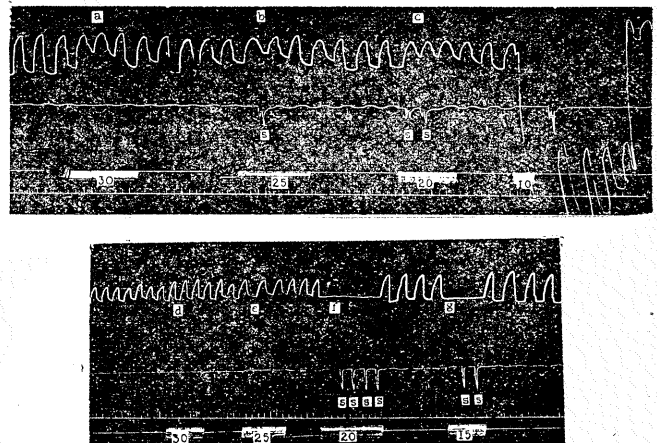
即ちタンブールを用いる方法では嚥下呼吸は覆いかくされ曲線は平滑化されると共に位相の延長を來したものと解釈することができる。de Somer Clark 等の謬見の原因はその描記法の不備にあると私は信ずる。

E. 迷走神経刺激による嚥下呼吸の発現

頸部迷走神経の切断中枢端を電氣的に刺激すると弱及び中等度刺激では嚥下運動は起らぬが持続的刺激を与えると呼吸は完全抑制状態におちいり、しかも刺激の末期たいていは刺激中止後に嚥下運動が1回出現し嚥下呼吸がこれに随伴する。Rosenthal(1881)¹¹⁾、Lewandowsky(1896)⁷⁾等はこの抑制効果及び嚥下運動を電流滑走による上喉頭神経の刺激効果と考えているが私の実験では胸部に於て肺迷走神経枝を刺激しても同様効果を得ているから氏等の説を承認することはできない。むしろ迷走神経も一部嚥下中枢に連絡をもっているが正常に於ては嚥下反射の求心路としての役割は果さないものと考えの方が妥当であろう。

F. 上喉頭神経刺激の呼吸中枢に対する直接効果

上喉頭神経刺激は嚥下呼吸を起す(C参照)ほかに呼吸運動に直接変化を及ぼす。即ちまず除



第8図 種々なる刺激強度による上喉頭神経刺激の呼吸運動に及ぼす影響
1951.5.2, 室温27°C, ネコの体重2.5kg, 迷走神経上喉頭神経は両側切断してある。上の曲線: 上向は収縮, 下向は弛緩を示す。下の曲線は感応電流の刺激時点を示す。時間は1sec。上の図: 除脳前の刺激効果, a. b. c は促進期, d. e. 除脳後の刺激効果を示す, dは促進期, eは抑制期, f. g は完全抑制期を示す。この例では嚥下呼吸が著明でない。

脳しない動物で刺激を次第に強めるとそれに比例して背矢の収縮頻数は増し振幅は小さくなり曲線の水平位が上昇する (第8図 a. b. c). 極めて強い刺激では呼吸の抑制が起るがこの際同時に咳嗽様呼吸や座攣が起つて曲線が乱れる.

次に橋脳のほぼ中央から上位の脳を除去した後に上述と同様の刺激実験を行つてみるに (橋脳の上半を除くのは Pitts 等の説を考慮しいわゆる “pneumotaxic center” を除外する目的から行つたものであるが, われわれの最近の研究によればかゝる呼吸調節中枢は存在しない⁵⁾¹⁰⁾. 弱刺激では呼吸は促進するが (第8図 d), やゝ強めれば呼吸は完全に抑制される (第8図 f. g). これらの刺激効果は嚥下運動と無関係にも起るからこれは嚥下運動に随伴する呼吸運動の変化でなく呼吸中枢に対する直接作用と考えなければならぬ.

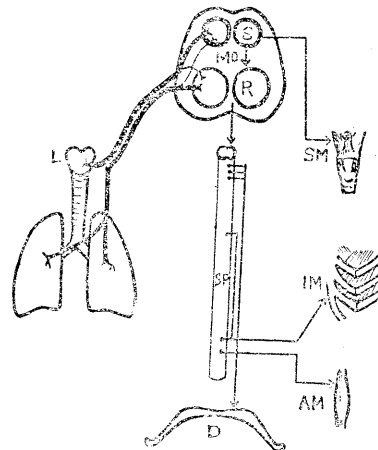
以上の事実を次のように要約することができる. 即ち正常に於ては刺激の強さを増すにつれてまず促進期, ついで抑制期がみられ, 除脳動物に於ては抑制効果が容易に現われる. 上喉頭神経についてのこの一連の刺激効果は福原⁴⁾のみた迷走神経の刺激効果とよく一致する. 故に両神経の呼吸運動に対する作用には本質的な差異は存在しないものと思われる. これまでのすべての研究者例えば Lewandowsky⁷⁾, Marckwald⁸⁾, Meltzer⁹⁾, 及びSteiner¹³⁾等は上喉頭神経の電気的刺激効果については上述の促進効果を見落とし, 呼息性効果 (われわれの見解によれば抑制効果とみるべきである) のみを見ておつた. また Meltzer, Steiner 等はこの呼息性効果をも嚥下呼吸の一分象とみているがこれは誤りである.

IV. 嚥下呼吸の反射路について

上述の実験事実によつて嚥下呼吸の反射路を第9図の如く説明することができる.

上喉頭神経末梢端の受容器より発する求心性衝撃は嚥下中枢に到達し, 嚥下中枢の興奮が呼吸中枢に拡散することは実験 A, B, Cによつて確認された. さらに求心性衝撃の一部は独立に

呼吸中枢に到達するが, これは常態においては呼吸中枢に変化を及ぼさない (実験 F). 迷走神経は呼吸中枢に対する主要なる求心路であるが, 一方嚥下中枢に対しても傳導路を有している. しかし常態においては嚥下運動を惹起するに充分な衝撃を送つてはいない (実験 E).



第9図 嚥下呼吸の反射路を示す

L: 喉頭, S: 嚥下中枢, Mo: 延髄, R: 呼吸中枢, SP: 脊髄, D: 横隔膜, SM: 嚥下筋, IM: 肋間筋, AM: 腹筋, 太線は主要求心路を示す.

V. 結 論

動物及び人体実験によつて嚥下運動に随伴する呼吸運動の変化を研究し, 従来の成績の不一致の原因を明かにした. その実験結果を綜括すれば次の如くである.

1. 嚥下は口腔内注水及び上喉頭神経の電気的刺激によつて起すことができる. 嚥下運動と殆んど同時に呼吸運動に重加する小吸, 呼息が生じ, 当該呼吸相の微少なる延長を來すが代償性休息期は認められない. これを嚥下呼吸と名づぐべきである. 嚥下呼吸は呼息に切換えられた瞬間を除きあらゆる呼吸相において現われる. 嚥下呼吸の振幅は呼息相初期において発現する場合最も小さく末期に起きるもの程大となるが, 吸息相においては呼息相における如く振幅の規則正しい変化を認めることはできない.

2. 嚥下中枢は上喉頭神経を介する求心性衝撃によつて興奮し, その興奮が呼吸中枢に拡散する結果, 1. に述べた嚥下呼吸が起るものと考え

えられる。

3. 迷走神経を介する求心性衝撃も嚥下運動及び嚥下呼吸を惹起することがある。

4. 上喉頭神経を電氣的に刺激すれば呼吸運動は弱刺激で促進効果を強刺激で抑制効果を示す。除脳後には抑制効果が優勢となる。これらの結果は嚥下運動とは無関係に起る。故にこれは嚥下運動の際の随伴現象ではなく呼吸中枢に対する直接の作用によつて起るとみななければならない。

5. 嚥下時に呼吸性呼吸停止が起きるという従來の見解の誤りであることを明かにした。

御指導を賜つた福原教授に感謝いたします。本研究は福原教授に与えられた、文部省科学研究費の一部によつて行われた。

文 献

- 1) Clark, G. A. (1921) Deglutition apnoea. *J. Physiol.* 54, 415
- 2) 福原 武 (1950) 一新呼吸運動描記法 *日本生理誌* 12, 206

- 3) 福原 武 (1951) *生理学実験法* 16 東京
- 4) 福原 武・馬場三郎・蒲原 沃 (1950) 呼吸運動の神経性調節の機序 *日本生理誌* 12, 203
- 5) 福原 武・馬場三郎・中山 沃・小田中 貞 (1951) 呼吸中枢の生理学的研究 (*日本生理誌*に掲載予定)
- 6) 加藤 保 (1947) Traube の血圧動揺と呼吸中枢の週期的興奮について *日本生理誌* 10, 152
- 7) Lewandowsky, M. (1896) Die Regulierung der Athmung. *Arch. f. (Anat. u.) Physiol.* 204, 240
- 8) Marekwald, M. (1887) Die Athembewegungen und deren Innervation beim kaninchen. *z. f. Biol.* 23, 242-246
- 9) Meltzer, S. (1883) Die Irradiation des Schluckcentrums und ihre allgemeine Bedeutung. *Arch. f. Physiol.* 209-238
- 10) 中山 沃・小田中 貞 (未発表)
- 11) Rosenthal, J. (1881) Neue Studien über Athembewegungen. *Arch. f. (Anat. u.) Physiol. Suppl.-Bd.* 39
- 12) Somer, E. de, (1923) Recherches sur les exitants secondaires biologiques de la respiration. *J. Physiol. et path.gén.* 21, 655
- 13) Steiner, Is. (1883) Schluckcentrum und Athmungscentrum. *Arch. f. (Anat. u.) Physiol. Suppl.-Bd.* 57

Summary

The experiments were carried out in order to search for the reason of the inconsistent results obtained by various authors on the effects of the swallowing upon the respiratory movement. The results are summarized as follows.

1) Pouring the wafer into the mouth as well as stimulation of the central cut end of the superior laryngeal nerve can elicit the swallowing act. Almost synchronously with this movement a very rapid in-and expiration is caused at any respiratory phase unless the swallowing occurs at the beginning of the expiratory phase and is followed by the shortest prolongation of the corresponding respiratory phase. This respiratory type should be discerned as the swallowing respiration. The later the swallowing respiration occurs in the expiratory phase, the larger its amplitude becomes, while in the inspiratory phase no such an event is ascertained.

2) The afferent impulses through the superior laryngeal nerve exert an excitatory influence on the swallowing center and the latter exerts an influence on the respiratory center, causing the swallowing respiration.

3) Some afferent vagus impulses may elicit the swallowing movement and respiration.

4) With the weak electrical stimulus of the superior laryngeal nerve the acceleratory effects are produced on the respiration while with the strong stimulus the inhibitory effects are produced. After the decerebration the inhibitory effects are produced with weaker stimulus. Since those effects are produced independently of the swallowing movement, they should not be discerned as a follower upon the swallowing act but as the direct effects of the stimulation.

5) The accepted view that the complete inhibition of respiration is effected reflexly during the swallowing is not tenable.

(Department of Physiology, Med. Faculty, Univ. of Tottori)

中枢神経運動系に対する諸種化学物質の作用に就て 612.816.7

Various Types of Movements Induced from the Chemical Stimulation to the Cortex and other Grey Matters in Central Nervous System.

伊 藤 秀 三 郎 (Ito-Shuzaburo) *

I. 緒 言

犬大脳皮質運動領に電氣的刺激を与える時は、対單運動を生じ、更に持続を長くすると、強縮性痙攣、次いで間代性痙攣を起す。強縮性痙攣から間代性痙攣へと現象的には移行するけれども本來は別個の切離された運動なる事が斎藤・須田^{10) 11)}によつて指摘され、又諸種の化学物質の極く少量を直接に中枢神経に注射することによつて起る運動現象を分析することによつて²⁾、大脳皮質より出づる錐体外路系の実験生理学的研究が発展して來て^{1) 5) 12)} 中枢神経運動系について著者等は次の如くに理解するようになった。即ち、

1) 錐体路系 皮質運動領野(犬では Gyrus sigmoideus, 猿では Gyrus centralis anterior) より長駆して脊髓前角に至り、こゝで終末共通路たる運動神経の節細胞に Neurone を交代し、骨骼筋に至るもの。実験生理学的には單運動、又はその強縮を生ぜしめる系である。

2) 錐体外路運動系 皮質運動領野より起り視牀又は淡蒼部或は中脳等に於て屢々 Neurone を交代して下り、終末共通路たる脊髓前角細胞に連絡する運動系で、間代性運動、交代性運動等を司るものである。

3) 錐体外路緊張系 錐体路系以外の経路により脊髓前角細胞に連絡し、その終末共通路によつて骨骼筋の緊張を保持せしめ、或は変化せしめ、或は抑制せしむる系が存在し、これが2)の錐体外路運動系と其の経路も法則も異なるものなることが発見せられるに至つた^{5) 12)}。緊張の急激な変化はもとより現象としては運動となつて現れるが故に、之も亦中枢神経運動系の中に

入れるが、実験生理学的の標示としては、硬直(硬麻痺も含む)、軟麻痺、Athetosis, Chorea 等である。

では、上記に挙げた諸運動現象を標示とし、数多くの化学物質が皮質下並に脳幹の諸核に対して、又特に脊髓前角に対してどんな作用を与えるかを研究し、化学物質の中枢神経運動系に対する作用について統一した理解を求めて本実験を企てた。

II. 実験方法

無麻酔の雑犬を斎藤・須田¹⁰⁾の方法により開頭し、露出された大脳皮質外より淡蒼部及び視牀内側に化学物質を直接注射し、黒核・中脳中心灰白質・赤核へは大脳半球後部を両耳側に押し除け中脳四丘体からか、或は工藤・名和・佐藤⁶⁾の方法によつて橋及び延髄の腹面を露出して腹側から注射した。尚脊髓前角細胞への注射は、先ず腹位に固定し脊椎部皮膚に縦切を加え脊筋の起始部を剝離し両側に圧排し、特に出血に注意し乍ら2~3個の椎弓を截除する。そこに見出される脊髓硬膜に縦切を加えて、湧出する髄液を拭い去ると脊髓脊面が露出される。特に後根部位に注意し乍ら、注射針を挿入して前角細胞に化学物質を注射する。

化学物質には総て少量の墨汁を混じ、実験終了後 Formalin 固定標本をつくつて、注射部位の確認を行つた。

III. 実験成績 (A)

a) 淡蒼部に作用する物質 Strychnine (3%, 0.02ml) は全身の間代性痙攣を、BaCl₂ (20%, 0.03ml) は間代性痙攣及び伸筋硬直を、KCl (20%, 0.02ml) は四肢の伸筋硬直を夫々起す。実

* 慶応義塾大学医学部生理学教室

験を例示すると、

20% BaCl ₂ 注入, 犬 6.5kg, No.125 (19.3.16)		
時 分 秒	14	15
		両側開頭
15	38	右側淡蒼部に 0.03ml 注入
	4	突然に全身に間代性痙攣起る。唾液分泌甚し。持続 1分36秒
40	22	再び全身の間代性痙攣起る
41	20	間代性痙攣顔面のみになる
44	25	更に間代性痙攣全身に著明となる
16	02 45	前肢に伸筋硬直が著明に現る

b) 視牀に作用する物質 Strychnine (3%, 0.05ml) は間代性痙攣, 強縮性痙攣及び伸筋硬直を, BaCl₂ (20%, 0.03ml) は間代性痙攣を、
 尿酸 Na (飽和, 0.05ml) は主として伸筋硬直を,
 KCN (20%, 0.05ml) は伸筋硬直を起す。実験例を示すと、

3% Strychnine 注入, 犬 6kg, No.147 (19.3.28)		
時 分 秒	13	35
		両側開頭
14	43	左側視牀内側へ 0.05ml 注入
44	38	全身の間代性痙攣, 同時に唾液分泌盛ん
47	18	間代性痙攣終る
	28	尾を立てる
48	10	尾を下げる
49	18	四肢伸筋硬直, 顔面に微に間代性痙攣。尾を立てる
	52	尾を下げ, 四肢伸筋硬直ゆるむ
51	3	顔面の間代性痙攣顯著
53	13	四肢突然伸筋硬直
53	32	四肢伸筋硬直ゆるむ

飽和尿酸 Na 注入, 犬 67kg, No.157 (19.4.2)		
時 分 秒	20	50
		両側開頭
21	22	左側視牀内側へ 0.05ml 注入
23	25	左側々頭筋に振盪様運動起る
23	55	顔面に微かな間代性痙攣振盪様運動起る
25	12	後肢(右側)に 1秒1回の運動が起る
26	28	上記運動終る
27	43	唾液分泌著明
30		顔面の運動尚続く
21	43	右側視牀内側へ 0.05ml 注入
	18	左側前後肢に伸筋硬直起る
50		呼吸深大となる
52		左側後肢硬直ゆるむ
55		左側後肢硬直再起

c) 黒核に作用する物質 クエン酸Na (2%, 0.03ml) は間代性痙攣, 交代性痙攣及び伸筋硬

直を, Metrazol (10%, 0.02ml), Na₂CO₃ (20%, 0.02ml) 尿酸Na (飽和, 0.05ml) は伸筋硬直を, KCN (1%, 0.03ml) 伸筋硬直及び間代性痙攣を起す。次に実験例を示す。

2% クエン酸Na注入, 犬 10.5kg, No.25(19.2.1)		
時 分 秒	21	0
		両側開頭
22	23	右側四丘体上丘より右側黒核に0.03ml注入。直ちに後肢を曲げる
22	23 15	全身に間代性痙攣様運動起る。殊に右側に著明
	35	右側後肢に交代性痙攣起る
27	0	口唇尚ビクビクと動く。右側前後肢は伸筋硬直, 左側前後肢は屈状態

1% KCN 注入, 犬 8kg, No.115 (19.3.10)		
時 分 秒	16	30
		両側開頭
18	26	左側黒核に 0.03ml 注入
27	55	両側後肢伸筋硬直起る
30	35	左側後肢の硬直ゆるむ。右側後肢は尚硬い
40	20	全身の間代性痙攣起る。持続 1分50秒
49	15	全身の間代性痙攣再現, 持続32秒

d) 中脳中心灰白質に作用する物質 Glutamin酸Na (2mol, 0.02ml) 及び Metrazol (10%, 0.03ml) は伸筋硬直及び交代性痙攣を, Strychnine (3%, 0.03ml) は伸筋硬直及び間代性痙攣を, Na₂CO₃ (20%, 0.03ml) 及び KCN (1%, 0.02ml) は伸筋硬直を, 尿酸 Na (飽和, 0.03ml) は間代性痙攣を, NaCl (20%, 0.03ml) は間代性痙攣, 伸筋硬直及び交代性痙攣を起す。実験例を示す。

2mol Glutamin酸Na注入, 犬 11kg, No.19 (19.1.28)		
時 分 秒	14	0
		手術開始
17	0	腹面より橋の部位を露出
	30	中心灰白質に 0.02ml 注入
	5	頸部の筋肉がビクビクする
	20	呼吸大きくなる
	30	尾を動かす
31	5	両側後肢に交代性痙攣起る
31	10	交代性痙攣終る
	20	右側後肢に硬直起る
	25	右側前肢に硬直起る
33	20	右側前肢に他仍運動を加えると硬直甚るもすぐゆるむ
35		後肢再び交代性痙攣起る

10% Metrazol注入, 犬♂5.5kg, No.140 (19.3.23)		
時	分	秒
13	5	両側開頭
15	22	中心灰白質に 0.03ml 注入
	3	左側前肢に伸筋硬直起る
	8	四肢の交代性痙攣起る. 持続 2分41秒
25		両前肢伸筋硬直, 後肢は屈状態, 後弓反張
50	15	交代性痙攣再来. 右下に寝させると両前肢と右側後肢のみ交代性痙攣, 左側後肢は行わず
16	0	左下にすると両側前肢は屈状態, 両側後肢は伸筋硬直, 頸部を右方に曲げる
16	8	右側前後肢は伸筋硬直

20% NaCl注入, 犬♀7kg, No.40 (19.2.7)		
時	分	秒
15	50	両側開頭
16	37	四丘体上丘正中線より中心灰白質に 0.03 ml 注入
16	37	5 右側眼瞼ピクピク運動する
	40	呼吸速大
39	0	軀幹, 大腿部に弱い間代性痙攣様運動起る
40	30	右側前肢伸筋硬直
43	50	肩胛部, 左側前肢に間代性痙攣様運動起る
44	25	間代性痙攣様運動止む. 右側前肢に振顫起る
55	20	左側前後肢に交代性痙攣起る. 持続 4分30秒
17	1	50 交代性痙攣再来. 持続 1分
	6	右側前肢の硬直なくなる

e) 赤核に作用する物質 Glutamin酸Na (2mol, 0.02ml), Asparagin酸Na (2mol, 0.02ml), BaCl₂ (20%, 0.03ml), KCl (20%, 0.02ml) 及び Philopon (0.3%, 0.03ml) は伸筋硬直を, クエン酸Na (20%, 0.03ml) は間代性痙攣及び Athetosis運動を, Metrazol (10%, 0.03ml) は Athetosis運動を, Nicotine (原液, 0.02ml) 及び KCN (1%, 0.02ml) は伸筋硬直, 交代性痙攣及び間代性痙攣を, NaCl (20%, 0.03ml) 伸筋硬直及び Athetosis運動を夫々起す.

20% クエン酸Na注入, 犬♀8kg, No.23 (19.2.1)		
時	分	秒
18	40	両側開頭
19	10	中脳露出
19	15	左側四丘体上丘の中央より左側赤核をねらつて 0.03ml 注入. 直に強縮痙攣様運動全身に起る
3		頸部より上の顔面に間代性痙攣起る. 軀

21	20	幹尾部の振顫様ブルブル運動起る
25	30	左側前後肢に微かな間代性痙攣様運動起る
40	0	右側前肢に伸筋硬直を認む
		顔面の間代性痙攣様運動, 軀幹の振顫様運動殆んど終る. 尚右側前肢の硬直のみ残る

Nicotine原液注入, 犬♀6.5kg, No.137 (19.3.20)		
時	分	秒
15	10	両側開頭
16	45	左側四丘体上丘より左側赤核に 0.02ml 注入
	8	呼吸深大となる
32		四肢伸筋硬直, 後弓反張
36		右側後肢交代性痙攣著明, 右側前肢は弱い
41		顔面の間代性痙攣起る. 四肢は硬直を伴うためか間代性痙攣様運動著明ならず. 頸部筋の間代性痙攣様運動あり
48		尚四肢の伸筋硬直, 後弓反張あり

20% NaCl注入, 犬♀7kg, No.40 (19.2.7)		
時	分	秒
15	50	両側開頭
16	19	左側四丘体上丘より左側赤核に 0.02ml 注入
	15	肩胛部に振顫表わる
17	18	右側四丘体上丘より右側赤核に 0.03ml 注入
	5	右側前肢伸筋硬直起る
22	5	左側前後肢に Athetosis が起る. 持続 4分45秒
26	55	右側前肢の硬直ゆるむ
		左側前後肢に硬直再来. 持続 30秒

IV. 実験成績 (B)

a) 脊髓前角細胞に作用して強縮性痙攣, 間代性痙攣及び硬直を起す物質は Asparagin酸Na (2mol) である.

2mol Asparagin酸Na 犬♀10.5kg, No.1 (19.1.7)		
時	分	秒
15	25	第7胸椎開椎
	41	2mol Asparagin酸Na を 0.02ml 左側前角に注射. 直ちに体を右側に彎曲し左後肢伸展する
	20	軀幹の間代性痙攣が起る (左側著明)
	40	尾の間代性痙攣起る. 唾液分泌著明
42	25	右側後肢, 左側前肢の硬直著明に出現
		右側前肢, 左側後肢の硬直微弱ながら存在
16	8	後肢の硬直弛むも, 間代性痙攣止まず
16	16	間代性痙攣止まぬため注射部位より尾側

- で脊髓左側半截断。直ちに両後肢に硬直来る。左側前肢の硬直増強する。間代性痙攣は直ちに止む
- 16 23 2mol Asparagin酸Naを0.03ml 右側前角に注射。直ちに軀幹を左方に曲げて尾を立てる
- 8 左側後肢の硬直弛む。右側前肢に硬直出現す。左側前肢の硬直変らず
- 34 頸部より尾側で軀幹及び尾に間代性痙攣起る。殊に右側に甚だしい
- 16 41 左側後肢に硬直再来。間代性痙攣弱くなる。尾をあげる
- 15 上記半截断の位置で対側即ち脊髓右側を半截断
- 16 44 後肢の硬直ゆるむ。前肢には依然硬直あり。間代性痙攣止む
- 45 注射部より頭側で脊髓を全横断
- 45 両前肢の硬直は大部ゆるむも他偽的運動により硬直が増す

b) 脊髓前角細胞に作用して間代性痙攣、硬直を起す物質は Na_2CO_3 (20%) と Aleviatin [Sodium diphenyl-hydantoinate] (1mol) である。

20% Na_2CO_3 , 犬 6kg, No.145 (19.3.28)

- | 時 | 分 | 秒 | 観察事項 |
|----|----|---|---|
| 10 | 30 | | 第1, 2 腰椎開椎 |
| 11 | 15 | | 右側前角に 20% Na_2CO_3 を0.03ml注射。直ちに右側後肢が間代性痙攣起る。尾部振顫 |
| 20 | | | 右側後肢指先時々曲げる。即ち間代性痙攣 |
| 17 | 0 | | 指先運動終る |
| 18 | 0 | | 右側後肢硬直起る。但し同時に其の他の現象なし |
| 29 | 0 | | 左側後肢硬直あり |
| 11 | 45 | | 第1腰椎の左側前角に 20% Na_2CO_3 を0.03ml注射。直ちに両側後肢は屈状態になる |
| 10 | | | 尾を上げ振顫する |
| 20 | | | 左側後肢振顫持続30秒 |
| 49 | 0 | | 両側前肢に硬直を認める |
| 55 | 0 | | 左側後肢、尾部の間代性痙攣顯著。持続20分間 |

c) 脊髓前角細胞に作用して間代性痙攣を起す物質は Glutamin酸Na (2mol), ケエン酸Na (20%) 及び α -Ketoglutar酸Na (1mol) である。

2mol Glutamin酸Na, 犬 6kg, No.3 (19.1.10)

- | 時 | 分 | 秒 | 観察事項 |
|----|----|---|---------------------------------------|
| 14 | 30 | | 第11, 12胸椎及び第1腰椎開椎 |
| 14 | 58 | | 第11胸椎の右側前角へ 2mol Glutamin酸Na 0.02ml注射 |
| 5 | | | 尾を振り上げる |
| 20 | | | 右側後肢に間代性痙攣起る |
| 21 | | | 左側後肢に間代性痙攣起る |

- | | | |
|----|----|---|
| 59 | 20 | 軀幹に間代性痙攣起る |
| 15 | 4 | 40 右側後肢の間代性痙攣著明 |
| 15 | 12 | 0 尚上記の痙攣継続。左側後肢には間代性痙攣なし |
| 15 | 13 | 10 注射部位の少々尾側で右側半截断を行う直ちに間代性痙攣止まる。両後肢に硬直起る。左側は右側より強い。左側前肢にも弱いながら硬直出る |
| 15 | 18 | 10 左側後肢に振顫出現 |
| 15 | 20 | 第12胸椎の左側前角に 2mol Glutamin酸Na を0.02ml注射 |
| 30 | | 尾並に左側後肢に間代性痙攣 |
| 33 | | 間代性痙攣終る |

d) 脊髓前角細胞に作用して硬直を起す物質は Metrazol (10%), 薩酸Na (飽和), Benzedrin (0.3%), Histamin (0.02%) である。

10% Metrazol, 犬 8 12kg, No.8 (19.1.20)

- | 時 | 分 | 秒 | 観察事項 |
|----|----|---|--|
| 16 | 0 | | 第12胸椎、第1, 2 腰椎開椎 |
| 16 | | | 第12胸椎の左側前角に 10% Metrazol 0.01ml 注射 |
| 16 | | | 尾を立てる |
| 20 | | | 左側後肢伸筋硬直来る |
| 16 | 35 | | 対側の前角に同上液 0.01ml 注射 |
| 5 | | | 右側後肢に伸筋硬直起る。尾は依然立てたまふ |
| 40 | | | 左側伸筋硬直止む |
| 16 | 40 | | 同上液を 0.01ml 上記注射部位より尾側で前角に対して注射。直ちに左側後肢に抵抗感を覚ゆ |

V. 考 察

中枢神経運動系に対する化学物質の直接作用に就ては、尙多数の研究が当教室から報告せられている^{7) 18)}。著者も亦本論文以外に^{2, 3, 4)}の報告を試みているが、これらを総て一括して(表) 考察すると、中枢神経運動系の一定の核群は或る特殊の化学物質にのみ応答性を有すると共に、又逆にその化学物質が適用される核群の相違する事により発現する運動現象も全くことなることがあることがわかる。

間代性痙攣は大脳皮質運動領では Nicotine, Picrotoxin, Strychnine, Metrazol, Glutamin酸Na, Asparagin酸Na, Acetylcholine 及び BaCl_2 等によつて何れも起るが、皮質性間代性痙攣の神経経路はこの如き化学的刺激による探究と同時に省略法によつて須田¹⁴⁾、中邑⁸⁾が決定的に

化学物質	大脳皮質運動領野	淡蒼部	視 牀	被 蓋 網様質	中脳中心灰白質	黒 核	赤 核	前 庭 核	脊 髓 前 角
Nicotine	KL	K	K	L	L	K	KRL	RAth	R
Picrotoxin	K	—	—	—	—	—	—	R	RK
Strychnine	K	K	KTR	—	KR	—	—	—	—
Metrazol	KR	—	—	—	RL	R	Ath	R	R
水	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glutamin酸Na	KL	—	K	—	RL	—	R	RAth	KR
Asparagin酸Na	TK	—	K	—	—	KRL	R	R	TKR
蔞酸Na	—	—	R	—	K	R	—	R	R
クエン酸Na	L	—	RL	L	L	KRL	KAth	RAth	K
NaCl	—	—	—	—	KRL	—	RLAth	—	KR
CaCl ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	K
Acetylcholine	K	—	—	—	—	—	—	R	—
Philopon	—	—	—	—	—	—	R	—	—
KCl	—	R	R	—	—	—	—	RAth	—
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	R	R	—	R	KR
KCN	—	—	—	—	R	KR	KRL	—	R
MgCl ₂	—	—	—	—	—	—	—	R	—
BaCl ₂	K	KR	K	—	—	—	R	—	KR
α -Ketoglutar酸	—	—	—	—	—	—	—	R	KR
Adrenaline	—	—	—	—	—	—	—	R	—
Histamine	—	—	—	—	—	—	—	RAth	R
NaHCO ₃	—	—	—	—	—	—	—	R	—
NH ₄ OH	—	—	—	—	—	—	—	R	—
NaOH	—	—	—	—	—	—	—	R	—
KOH	—	—	—	—	—	—	—	R	—
HCl	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aleviatin	—	—	—	—	—	—	—	—	RK

Kは間代性痙攣を、Tは強縮性痙攣を、Lは歩行様運動を、Rは伸筋硬直を、そしてAthはAthetosis運動を示す。

提挙している所を参照すると、Nicotine のみがその運動経路の総ての節細胞に刺戟となることを示し、その他の物質はその運動経路の一部又は数部にのみ作用する事が判る。

皮質性歩行運動は大脳皮質運動領野に於てNicotine, Metrazol, Glutamin酸Na, クエン酸Naによつて生ずる。この様な歩行運動は佐藤²⁾により神経々路がほゞ明らかにせられているが、省略法を併用して確定せられた所によると、クエン酸Na が其の全神経々路にあたつて刺戟となり、その他の物質は一部又は数部に於て刺戟となるのみである事が判る。

大脳皮質運動領野から伸筋硬直を起す物質はない。しかるに視牀、中脳中心灰白質、黒核、赤核、前庭神経核に於ては数種の物質が、特有なる硬直を起さしめるが、之には2つの神経々路が存在し、1つは陰性硬直核を中脳中心灰白質に置き陽性硬直核を前庭神経核に置く硬直現象であり⁵⁾ もう1つは皮質性間代性痙攣に伴う硬直で視牀、黒核の関与する硬直系⁹⁾ である。

この事は著者の上の表にも極めて明瞭に看取される。

硬直を伴わない姿勢又はその姿勢の変化として生ずるAthetosis運動は2つの神経々路を有するが如く、第1は赤核より起り小脳を経て前庭神経核が関与するAthetosis系¹²⁾ であり、もう1つは皮質性歩行運動に伴う姿勢変化系¹²⁾ であると考えられるが、その意味で著者の上の表は充分うなづける成績を示している。

単運動或はその強縮と見られる強縮性痙攣は大脳皮質運動領、視牀及び脊髄前角に対する化学的刺戟によつてのみ表われるのであつて、之は皮質より長駆して脊髄に下る錐体路系の現象、又は視牀、脊髄後角等にStrychnineが作用した場合の反射性强縮と考えて理解することが出来る。

VI. 結 論

1) 実験生理学的に中枢神経運動系の各節細胞に対して夫々特有なる化学物質が刺戟とな

る。故にその特有化学物質を用いて諸核群を刺激する実験をなし得る。

2) 諸核を分割してその目的とする核のみを選び刺激することが可能である。かくて諸核群の生理的機能を求め得る。

3) 中枢神経運動系の分析的研究は電気的又は化学的刺激と省略法とを併用することによって遂行しうる。

4) 化学的傳達学的思想 (Loewi, Dale) は中枢神経運動系に対しても拡張しうる根拠が充分に存する。そして中枢神経運動系の化学的発動及び化学的傳達は同一系に対しても同一の作用物質ではなく、それぞれ交代節細胞に対して特有なる作用物質が豫想せられる。

欄筆するに臨み、加藤元一教授の御鞭撻と林鶴助教授の御指導並に御校閲に対し深甚の謝意を表する。

文 献

- 1) 林 鶴 (1944) 大脳生理学 三笠書房 東京
- 2) 石塚 保 (1942) 運動現象を標示とする大脳灰白質微小刺激法 条件反射 4, 83-99
- 3) 伊藤秀三郎 (1952) 中枢神経運動系に対する Acetylcholine の作用 日本生理誌 14, 69

- 4) 伊藤秀三郎・谷 道也・佐藤佐与・森田英夫・小田 満 (1952) Glutamin酸Na 及び Asparagin酸Na の皮質間代癇癇領域並に皮質下連鎖に対する作用 (日本生理誌に掲載予定)
- 5) 工藤達之 (1952) 去脳硬直及びその諸現象の機制に就て (脳神経領域掲載予定)
- 6) 工藤達之・名和 精・佐藤佐与 (1951) 中脳横断による去脳硬直 (脳と神経掲載予定)
- 7) 工藤達之・佐藤佐与 (1951) 赤核の化学的刺激によつて起る運動現象とその神経々路 日本生理誌 13, 542
- 8) 中邑 勇 (1943) 皮質癇癇癇癇に関する錐体外路系に就いて 条件反射 6, 11-31
- 9) 名和 精 (1948) 皮質性癇癇癇癇に伴なう硬直に就いて 条件反射 13, 1-8
- 10) 斎藤脩二・須田 勇 (1942) 犬の大脳皮質運動領の刺激によつて起る癇癇癇癇に対する刺激部位剔除の実験 条件反射 3, 22-29
- 11) 斎藤脩二・須田 勇 (1942) 大脳皮質単側剔除犬に於ける癇癇癇癇の両側性に就て 条件反射 3, 30-35
- 12) 佐藤佐与 (1952) 皮質性歩行運動と実験的 Athetosis に就て (脳神経領域掲載予定)
- 13) 佐藤佐与・工藤達之 (1951) 陽性硬直核に対する諸種化学物質の作用に就て (慶応医学掲載予定)
- 14) 須田 勇 (1942) 皮質性癇癇癇癇の皮質下連鎖 条件反射 4, 100-115

Summary

When a small dose of various chemicals was introduced to the grey matters in central nervous system, we got several types of movements in four limbs of dog; for examples as follows.

1) From cortex. tonic convulsion (abbreviated as T in the table) by the action of sodium aspartate, clonic convulsion (abbreviated as K) by nicotine, picrotoxin, sodium glutamate etc., locomotive convulsion (abbreviated as L) by sodium citrate etc.

2) From thalamus. K by nicotine, barium chloride, rigidity (abbreviated as R) by potassium chloride, barium chloride etc.

3) From midbrain. K by sodium oxalate etc., L by sodium citrate, sodium glutamate, R by sodium glutamate, potassium cyanide etc.

Thus we could stimulate selectively the specific motor nucleus in the central nervous system by injection of some chemicals. The analytical physiological study of the central motor system would be attained by employing such a method besides the electrical stimulating method.

(Department of Physiology, Keio-gijuku University School of Medicine, Tokyo)

地方小学会報

第75回生理学東京談話会

日時 昭和26年9月29日(土) 午後1時より

場所と当番 板橋区大谷口町 日本大学医学部講堂 内山孝一

1. 榛名 貢(慈恵医大名取研)

筋繊維内反応運動に関する諸條件

横紋筋より分離した単一筋繊維に各種薬液を作用させると筋繊維内に種々の痙縮運動が発生することは度々報告されている。私は各種濃度の Ammonia, 塩酸, 塩酸 Chinin による筋繊維内痙縮運動殊に長軸方向に短縮波の傳播する運動の低温(10°, 5°, 0°, -3°C)に於ける変化に就き実験し同時に横紋像, 複屈折性の変化を観察した。

1) 10°Cに於て運動の発生し難い低濃度溶液に於ても, 5°, 0°, -3°Cの低温に於ては運動が起り易くなつた。

2) 潜伏時は 0°~-3°Cでは薬液作用後数分~十数分, 10°Cでは殆んど直後に運動は発生した。薬液濃度は濃い程潜伏時は短かゝつた。

3) 運動速度は 10°Cでは平均20~50μ/sec, 0°, -3°Cでは数μ/sec, 5°Cでは中間であつた。薬液濃度は濃い程速度は早い傾向がみられた。

4) 持続時間は各薬液共低温時に長く, また濃度の薄い程長かつた。大抵 10°Cでは数十秒間より数分間, -0°, 3°Cでは数倍の長さで40分に互るものも見られた。

5) 横紋像は薬液が高濃度の方が破壊程度は高度であり, 然も 10°Cに於けるよりは, 0°, 3°Cに於て更に高度の変化が著明であつた。

6) 複屈折度 横紋像の変化の高度のもの程複屈折度の減少は著明であつた。

以上の如く, 運動速度は温度の高い方が早く, 反対に潜伏時は短くなつたことは他の筋収縮の問題と似ているが, 唯異なる点は, 低温では薬液が薄くて効くということ, 横紋の破壊程度は低温の方が著明であるということであつた。所謂特異性筋隆起, 伸展短縮では, 温度を下げる程収縮が大となることが知られているが, これらの現象と薬液による痙縮運動とは或種の関係があることゝ考えられる。

2. 小森爲郎(慈恵医大名取研)

新鮮人卵膜の食塩透過性

妊娠10ヵ月で正常分娩した卵膜で8時間以内のものを材料とした。等張ブドウ糖溶液と各種の mol 濃度の NaCl との間を卵膜で界し NaCl の透過する状態をブドウ糖溶液の電気抵抗から測定した。

1) 胎児面から母体側への透過は, 逆向きの透過よりも常に多い(約1.6~2.5倍)。0.15molの濃度では, 0.1molの場合の1.3~2倍, 0.6molでは約6倍弱と透過性は増加す。

2) 液の温度が上昇するほど透過量は多くなる。又温度が高いほど方向に対する透過量の差が小となる。

3) 絨毛膜, 羊膜單獨の場合にも母体側への透過量の方が多いが, 胎児側への透過量との差は卵膜に於けるより小である。

4) 従来膜の組織的構造と一方向き透過とが関係すると言われているが, 卵膜から分離した羊膜, 絨毛膜に於ても一方向き透過が見られた。しかしその程度は卵膜より僅かである。

5) 分娩後経過約60時間を経た卵膜や羊水過多からとつた絨毛膜では一方向き透過の傾向は見られない。

3. 石川利寛(東大生理)

懸垂屈臂運動の解析的研究

懸垂屈臂運動の際に主として使用される筋肉に前腕を曲げる様に仿く筋群(主として前腕二頭筋と上腕筋)と上腕を胴体に近づけ様とする筋群(主として闊背筋)である。

前者にかゝる負荷を p, 後者にかゝる負荷を q とすれば

$$p = Wr \sin \alpha$$

$$q = Wr \{ \sin(\alpha + r) - \sin \alpha \}$$

$$p - q = Wr \sin(\alpha + r) \text{ となる}$$

但し W は体重, r は上腕及び前腕の長さ(この両者はほぼ等しい), α は前腕が垂直線となす角, r は肩と重心とを連ねる直線と上腕となす角であ

る。

W, r は被験者によつて決まるので

$$p \propto \sin \alpha \dots\dots\dots (1)$$

$$q \propto \sin(\alpha + r) - \sin \alpha \dots\dots\dots (2)$$

$$p + q \propto \sin(\alpha + r) \dots\dots\dots (3)$$

又前腕を屈曲する筋で、負荷と筋力の比を考えこれを S と名付ければ

$$S \propto \sin \alpha / \sin r \dots\dots\dots (4) \text{ (証明略)}$$

そこで p, q, p+q, S に比例する $\sin \alpha$, $\sin(\alpha + r)$, $-\sin \alpha$, $\sin(\alpha + r)$, $\sin \alpha / \sin r$ の値の変化を臂を伸ばした位置から臂を曲げた位置迄 16 ミリシネフィルムで追求すると次の様になる。

(1 例について記載する)

r	$\sin \alpha$	$\sin(\alpha + r) - \sin \alpha$	$\sin(\alpha + r)$	$\sin \alpha / \sin r$
152°	0.017	0.437	0.454	0.04
146°	0.105	0.364	0.469	0.19
135°	0.070	0.536	0.653	0.10
118°	0.087	0.752	0.839	0.10
85°	0.139	0.860	0.999	0.14
64°	0.105	0.835	0.940	0.12
53°	0.052	0.777	0.829	0.07
34°	0.052	0.550	0.602	0.09

上記の例ではこれらの値が $r = 85^\circ$ のとき大体最大値をとる。

又疲労する迄懸垂屈臂運動を繰返すと、疲労して臂が充分曲らなくなると臂が今迄 $20 \sim 30^\circ$ 迄曲げられたのが、急に $90 \sim 100^\circ$ しか曲らなくなる。

上述の実験を多くの被験者について観察すると懸垂屈臂の際に最も負荷が強いのは臂の角が 60° 附近にある様に思われる。

(詳細は体育学研究に投稿中)。

4. 東田 巖 (日本医大生理)

人工的に腸管を切断し各種吻合術を施した場合の腸管運動の観察

兎の腸管を切断し、直ちに端々吻合或は側々吻合を行つて約 1 カ月間飼育したもの、又は手術後数時間内に、口部から傳導して來た蠕動はその切断並に経過時間に無関係に、内容物の移動と共に滑かに切断部を越えて進んだ。又此の切断端間に硝子管を挿入しても同じ事が見られた。

腸の一部を反轉して結合した場合には、手術後数時間内に於ける観察では少しく變つた傳導を示すけれども、約 1 カ月間飼育した後の観察では、前と同様 (反轉部については逆蠕動となる) に傳わつた。

端側吻合を行つた場合は吻合部から順蠕動の方向にのみ蠕動が傳わる。側端吻合の場合に、内容物が端の方向に流れる様にすると、蠕動は主として其の方向に傳わる。但し時には他方に傳わることもある。

従つて結論として 1) の腸の蠕動の傳播の主な原因は内容物の移動による伸展刺激によるものと思われるが、筋の連絡による傳播も全くないわけではない。2) 傳導は主として順蠕動の方向に起る。反轉して結合した場合にも、長く飼育するとその方向に傳わる様になる。

以上の観察は何れも腹窓下でなされたものである。

5. 山極一三 (東京医歯大生理)

Ranvier 絞輪の役割り

1. Lillie の神経模型を適当に変貌して有髓神経の模型を作り、これに就いて絞輪間距離と傳導運動の關係を追究した結果、或は絞輪間距離に於て速度が極大を示すことを確認した。此のことは最近の内村・加藤・山田・丸橋氏の業績 (昭和 26 年日本生理学会) から見て、恐らくは神経でも成立することらしい。

2. 有髓神経模型に於る傳導速度は、無髓神経模型の夫々に比して一般に大きいが、同時に傳導遮断の危険率が高い。

3. 有髓神経の髓鞘を絶縁体と見なした場合の電流分布の理論式と、電流刺激に関する Nernst の理論式とから、或る絞輪間距離に於て傳導速度が極大を示すべきことを数学的に証明した。其の絞輪間距離は $\frac{4}{3} \frac{r_M}{r}$ (r_M は絞輪部の膜抵抗、 r は 1cm 当りの線維の内抵抗) であつて、gamma 運動神経線維の夫の約 2 倍に當る。

4. 上の所結を基にして、数学的に更に次の諸事項が誘導される：

1) 傳導速度を極大ならしめる絞輪間距離が線維の太さに比例すること (因に、神経の實際の絞輪間距離が線維の太さに比例することは経験的事実)。

2) 線維の太さと無関係に、絞輪間傳導時間の一定なること (経験事実、田崎、従つて当然傳導速度は線維の太さに比例すること (経験事実、Gasser etc.))。

3) 田崎法を用いて絞輪から絞輪へ通電する

限りに於て、基電流は線維の太さに無関係に一定なること(経験事実、田崎)。

5. 上記の様に、跳躍傳導を前提とした模型実験的事実並に同じ前提から出発した理論的取扱いの所結が、共に神経に於る経験的事実に符号することから、恐らくは其の前提、即ち有髓神経に關する跳躍傳導假説が正しいのであらうと結論する。

6. 田坂定孝・渡辺誠之・石橋 豊・貫洞一夫・林 一郎・荒岡 弘・鈴木東洋・越川 衛(千大田坂内科)

寒冷反応と ACTH (人体)

前報に於て ACTH, コーチゾン, DOCA等の各種 stress に対する影響に就ての実験的研究を報告し、脳下垂体-副腎系が極めて重要な役割を演ずることを確認した。今回は人工気候室を利用し人体に於て Cold stress を与え ACTH の影響を各方面より観察その一斑を報告する。

1. ふるえ、脈搏、血圧、口腔温、皮温に及ぼす影響

ACTH の一定量を以て前処置後 Cold stress (0°~6°C の寒冷室30分間轉入) を与えると対照に比し脈搏、血圧はさしたる差は認められないが、口腔温、皮温殊に環境気温変化に対する体温調節上重要な役割を演ずる手趾皮温は正常時寒冷下に於て下降の傾向を示すが ACTH 前処置の場合には寒冷室轉入中に於てすでに上昇の傾向を示した。また ACTH 前処置の場合は動物の場合と同様ふるえの発現を見ない。

2. 血糖に及ぼす影響

健常人に Cold stress を加えると15分値に於て抵抗期過血糖と思われる血糖値の上昇を見以後漸次下降す。乳酸は15分後軽度の上昇をする。又バセドウ氏病に於ては27分後抵抗期過血糖と思われる血糖曲線の山が見られるが、前値に比し可成り低く直ちに疲労期低血糖に移行す。然るに一定量の DOCA 及 ACTH を以て前処置すれば低血糖は緩慢となり健常時の変化に近づく。

3. 血液水分、血清蛋白並に分割、血清カリウム、カルシウム

ACTH 前処置の場合は無処置時に比し、血液水分、血清蛋白、血清カリウムの変動は何れも軽度である。即ち ACTH がこれ等の調節中枢の存在す

ると考えらるゝ間脳の感受性を或る程度変化せしめたる結果と思われる。

4. 血中好酸球の変動

ACTH 注射後4時間値にて好酸球減少度輕微の例にては Cold stress に対する反応著明であるが ACTH 4時間値にて減少度大なる例に於てはそれが少い。

7. 高木貞敬(東大生理)

暮後索後根標品に見られる遅電位に就て

1. 其起源に就て

後根電位に就て Barron and Matthews 以來研究され近年 Lloyd も之を分析し其起源を論じている。演者は脊髄の後索を第8及第9後根(坐骨神経をもつて)と共に切出し後根を電氣的に刺激し、標品上種々の位置より誘導した。

[結果] 1) 波形分析の單純化のため格子側の入力電極(G)は後索上端に固定し接地側の極(E)を動かしたが、この極が後根上にある限りスパイクに続いて顯著な陰性続いて陽性の遅電位が現われた。E 極が後索に入るや陽性遅電位は消失し数百ms に及ぶ陰性遅電位が現われた。次に E 極を後索上方に移動するとこの遅電位は次第に小さくなつた。遅電位の大きさは最大数mV に及んだ。

2) Spatial and Temporal Summation 及 Occlusion の現象が見られた。3) 標品冷却時遅電位上にスパイク群が現われた。遅電位が Generator potential として働くことが考えられる。4) K イオンは遅電位を小さくし Ca イオンは之を大きくする。5) ヴェラトリンは遅電位を著しく増大し且つ延長し其の完全回復には数分を要した。6) ニコチンは此の電位を消失せしめなかつた。7) 遅電位の現われた標品を染色鏡檢したが Synapse 細胞を認めなかつた。

[考察] 1) 此の電位が標品内に存在する多数の神経線維切口から生ずるものでないことを坐骨神経標品で証明した。2) 此の遅電位と末梢神経陰性後電位との類似を証明し、これより遅電位の起源を後索内興奮傳導の復旧過程に歸した。3) 遅電位の起源は從來神経興奮の説明に用いられた E-電位では解釈できない。後根が後索に入るや著しい枝分れをなし、従つて神経線維の表面積が著明に増大すること及びかかる多数の線維が密接して後索内を走り、それらの間質が少量であること：この事実より坂本(東大生理)は遅電位の起源に

電位の存在を想定した。4) 陽性遅電位も同じメカニズムにより起り唯誘導極の位置に基づくことを示した。5) 演者の説は脊髄の遅電位の起源に関する従来の説を否定するものではない。

8. 時実利彦 (東大理生)・川俣健二 (東大福田外科)

Neuromuscular unit の活動様式

12. 人間の呼吸筋とその働き方

同心型針電極で誘導した NMU の放電様式を指標として、正常及び深呼吸時の呼吸に関与する筋とその関与の仕方について調べた。正常呼吸時には、diaphragma の外に m. trapezius (pars descendens et transversa), m. deltoides (pars spinata), m. levator scapulae, m. rhomboides, m. scaleni, m. supraspinatus, m. intercostalis externus, m. intercostalis internus (I-IV interchondral portion), extensor of spinal column 等が吸気筋として働く。検索出来なかつたが m. transversocostalis brevis et longus, m. serratus dorsalis cranialis も吸气的に働くと考えられる。呼気筋としては m. intercostalis internus (interosseous portion 及び V 以

下の interchondral portion), m. transversus abdominis, m. obliquus externus abdominis, m. obliquus internus abdominis 等が働く。m. transversus thoracis は呼息的に働くと考えられる。m. quadratus lumborum, m. serratus dorsalis caudalis に就ては説論があり未だ決定的でないから将来の検索に待たねばならない。深呼吸時には以上の筋の働きが強くと共に更に m. subclavius, m. trapezius (pars ascendens) が働くようになる。m. sternocleidomastoideus, m. deltoides (pars acromialis), m. latissimus dorsi, m. triceps brachii, m. extensor carpi radialis et ulnaris 等を支配する前角細胞は呼吸中枢から吸气的の影響をうけ、m. serratus lateralis, m. pectoralis major et minor, m. deltoides (pars clavicularis), m. biceps brachii, m. flexor carpi radialis et ulnaris, m. rectus abdominis 等を支配する前角細胞は呼气的の影響をうけている。個々の NMU の放電様式は Gossel のいう様に呼気筋吸気筋で夫々一定の型をもっていない。之等の放電間隔はいづれも呼気、吸気の極限の少し前で最も短くなる。

第76回生理学東京談話会

時 1951年10月19日 (金) 午後1時より6時10分迄

場所と当番 日本医科大学生理学教室 (文京区駒込千駄木町) 戸塚武彦

1. 朝比奈一男 (東邦大生理)

蛋白コロイドによる層状沈着

蛋白コロイドが結晶質と共に試験管内に於て層状沈着を生成する爲の基礎的條件、即ち 1) コロイド濃度、2) 蛋白以外のコロイド成分との関係、3) pH、4) 温度、等について、第1報に述べた。本報告に於ては次の点に就いて報告する。

A. コロイドのみの溶液

	沈着輪間隔	沈着顆粒
温度が高い時 45°C	大	粗大
温度が低い時 30°C	小	密細

此の関係は結晶質溶液の結晶形成の関係と同じである。

	沈着輪	数
濃度高い時	太い	少い
濃度低い時	細い	多い

此の際顆粒の大きさは濃度に関係しない。

時計皿上に沈着輪を形成させる場合、その経過

中溶液の濃度は殆んど変化しない。

稀釈する力—沈着輪として溶質減少

濃縮する力—水分の蒸発による

この2方向の力が大体釣り合う故であろう。

従つて温度差による沈着輪の差異は、濃縮速度(蒸発速度)によるものでなく、蛋白の温度自体に対する特性によるものであろう。

B. 塩類を添加した場合

此の際、沈着輪の性状を規定する因子として次のものが考えられる。1) コロイド塩類の量的関係 2) 温度、3) 塩類のコロイド結合性

塩類のコロイド結合性の大小は、層状輪の様相に強く影響する。結合性の強い塩が溶液中にある場合は形成される輪は粗大な結晶性のもので、放射状の要素が大きい。結合性の大小を種々の面から判定して、大体次の様な順序と考えている。

陰イオン PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NH_4^{+} , OH^{-}
 NO_3^{-} , Cl^{-}

陽イオン Na^+ , Li^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Ba^{++}

非電解質の内、コレステリン、アルコール、尿素、尿酸、アンモニア、油等は輪形成を促進し、糖類は一般に阻止的に作用するのは、臨床的に結石形成や石灰化症状との関連を思わせる。

2. 松本晋三・兒嶋 靖 (慈大内科)

膝蓋腱反射時の研究

膝蓋腱反射時を測定するに當つて、從來の打腿槌の代りに、腿部を両側より約1cm平方の電極にてはさみ、それに感電電流の開放刺激を与えて膝蓋腱反射を起させて、その大腿四頭筋の偽作流を大腿にはつた極板より誘導増幅しオシログラフにて描記した。最初の刺激時点より偽作流による棘波迄を計測し反射時とした。この際に感電電流の刺激は、空間を傳つて直接増幅器に入るので刺激時点として正確である。この方法により計測すると、健康人では150~300msecで200msecが多い。次にこの刺激を3分間隔で2回、3回と連続すると、反射時は短縮して略一定となる。これに反して重症な結核患者、水銀中毒、甲状腺腫等の患者では、最初より50~150msecの値を示し連続の刺激に対しても著明な短縮を示さない。次に打腿槌により腿部を打つた普通の膝反射時とこの感電刺激による方法を比較したが、同一條件に於ても感電刺激の場合は、幾分長い様である。又打腿槌の場合でも、連続して腿を叩くと反射時は漸次短縮して行くのが観察された。尚腿部を叩いて反射の起つた時に、最初に現われる棘波は腿の伸展により生じ、次の棘波が大腿四頭筋の偽作流であると考えられるが、これには異論があり確定は出来ない。次に金属で叩くと、直ちに光点は移動し比較的正確な刺激時点となる。これによると最初の棘波迄はいくらかの潜伏時が見られる。更に第2の実験として家兎を用いて感電刺激により反射時を見ると11msec内外であり、胸髓を上位で切断し、直後及び12時間後で計測すると2~3msecの短縮を示した。

以上を考察するに漸次短縮することは、所謂疎通現象であろうが、結核患者等には一般にジナップスその他の亢奮性が充つているとも考えられるし、動物実験より推定して上位からの抑制が無くなつているとも見られる。

3. 勝木保次・竹田北照 (東京医歯大生理)

感覚の順応に就て

演者等はさきに魚類側線神経単一繊維の活動電流の記録から、繊維の径の大小により閾値及び順応に相違あるを見出し、且知覚神経繊維の受容器末端分布構造の差違から、感覚の閾値は径の細小なる繊維によつて定められ、刺激変化即ち感覚の弁別は径の大小なる繊維により行われるのであらうと推定した。受容器に於ける神経終末の無髄纖維は径の大小により相違する事は既に網膜や内耳に於て知られている所であるが、側線器に於てもこれと全く同様である事がわかつた(解剖 山田平彌教授の協力による)。

したがつて高等動物に於ける受容器についても構造が等しければ神経機能にも著変がないであらう事は一層確からしさを増したものと考える。演者等はこれを確証するため側線器が内耳受容器に通ずる一面皮膚の圧触覚器にも通ずる事から、猫の口髭につき、その1本に種々の刺激を加えて眼窩下神経の1枝から活動電流を誘導した。記録上から知られた事実は、本質的には側線神経繊維について見られたと全く同一であつて、ごく軽微な接触や、微風では主として細い繊維の活動がみられ、刺激の強さを増すにつれ太い繊維の活動が加わり、急激な接触に於ては主として太い繊維の活動が見られた。而も1本の髭に多くの大小繊維の活動を見る事は、如何にその感覚の鋭敏であるかを物語るものであつて、組織学的神経構造も他の高等複雑な受容器に於けるとよく類似する。さきに聴視器に於ける機構を推定した事も、左程無理でない事がいよいよ明らかとなつた。口辺の短い毛については著しく簡単な神経活動しか見られなかつた。

以上の結果から系統発生的見地からの研究が人間の感覚機構の解明に如何に重要な役割を果すものであるかを認めざるを得ない事であらう。

4. 錢場武彦・岸 良尚 (廣大生理)

血管反射と肝臓血管

減圧神経反射に於て肝臓血管は拡張するといわれるが、頸動脈洞反射に際しての肝臓血管の口径の変化に就ては未だ定説がない。自分等は犬の肝臓の全容積の変化をオンコメーターにより測定し次の結果を得た。即ち犬の減圧神経及頸動脈洞神

経の中樞端の電氣的刺激により一般動脈血圧及門脈血圧の下降と共に肝臓容積は著しい縮小を示すが、これは肝動脈の閉鎖や、又 Eck's fistulaにより門脈辺の肝臓流入を遮断しても同様現象はみとめられる。しかし両血流の肝臓への流入を遮断した場合や生体内で肝臓のみを灌流した実験に於ては、減圧神経や洞神経の中樞端刺激によつて、肝臓容積が変化するのを認めない故に、この様な反射に於ては肝臓血管は能動的には収縮も拡張もしないで、たゞ動脈血圧や門脈血圧の下降によつて受動的变化をするに過ぎない。

5. 時実利彦 (東大生理)

筋電計の供覧

臨床診断、実験研究のための出来るだけ操作の簡単な筋電計を試作した。第1型は75mmブラウン管オツシロスコープを主体として之に線條加熱に1.5Vの乾電池を用いた電圧2段増倍器と、電磁型オツシログラフ記録用の電力増幅器とを組合せたものである。電力増幅器にはスピーカーを自蔵し音に変換して聞くことが出来る様にしてある。電圧2段増倍器は陽極電圧にブラウン管オツシロスコープの電源を利用しているために極めて小型である。利得は約110dbである。第2型はブラウン管オツシロスコープの中に筋力作流電流の増幅器を自蔵したもので、全部交流操作にしてあるから臨床医学部門の使用に極めて便利である。之に前記の電力増幅器を接続すると電磁オツシログラフで同時に記録出来る。利得は約100db位である。尙これらの装置には單掃引が出来る様な端子を附し別に製作してある單掃引装置で操作出来る。

6. 猪飼道夫 (お茶の水女子大生理)

膝蓋腱反射の波及時間に及ぼすアルコールの効果

健康人において膝蓋腱を叩打するとき、膝蓋腱反射に伴つて他側膝の反射的伸展、同側肘の反射的屈曲及び他側肘の反射的伸展が見られる。著者は自作の機械的方法により、一側の膝蓋腱を叩打した膝以外の体肢にあらわれる反射的屈伸があらわれるまでの時間を測定し、反射の波及時間と名づけた。

約20%のアルコールを50~100cc飲用させた後、反射の波及時間を約1時間に互つて測定し

た。これと平行して波及した反射の大きさをも測定した。波及時間は一般に15~20分頃まで余り変化しないが、又は一時減少する傾向が見られるがそれ以後になると増大を示す。これは“あくび”の出はじめる時期に相当する。約1時間を経過して酔いがさめてくると、波及時間も旧に復する。

膝蓋腱反射の大きさ及び波及する反射の大きさは、波及時間が増大する時期よりも少し早期に増大しはじめるが、大体において波及時間の増大と平行する。これらの関係は下肢でも上肢でも同様である。

酸素缺乏のときの反射の波及時間の変化をアルコール飲用時と比較した。酸素缺乏の程度が増すにつれて波及時間は増大するが、高度3kmで減少し、4km以上になると増大する。反射の大きさは、大体波及時間の増大と平行する。

アルコール飲用及び酸素缺乏時には大脳からの抑制が弱まつて、下部反射中枢の充奮性が高まり反射の大きさを増すが、このとき反射の波及時間が増大する事実から見ると、この場合の反射の増大は生体に有利な状態ではなく、中枢神経系における反射的協同機能の統一性の乱れの1つのあらわれであると考えられる。

7. 中島 猛 (千葉大生理)

筋の傳導性及び非傳導性収縮について

鈴木及び佐藤(1944)は杉の隔壁函にて縫工筋を刺激し、隔壁を通して傳わり或いは傳わらぬ種々の収縮を検した。本法は筋収縮の傳導、非傳導を分つに便利な方法なことを見、種々の収縮の傳導性、非傳導性をこれによつて検し、併せて化学的痙攣物質作用時における、上述の方法により電気刺激にて起る収縮の傳導性の変化を観察した。

乳酸(酸痙攣)、NaOH(塩基痙攣)、Coffein(生理学的酸痙攣)によつて生ずる痙攣は隔壁を通して傳導しない。またこれらの物質の作用下にては、上述の方法にて見る正常にては非傳導性の陰極側に起る持続収縮が、Ringer側から藥品側へも、藥品側からRinger側へも、傳導性をやゝ増し、藥品濃度の大なるほど程度が大となるのを見た。Coffeinにては痙攣も、上述の現象の程度も最も大である。A. ch.(興奮痙攣)による痙攣と著しきその動搖は隔壁を通して傳導される。またその下の電気刺激による各種収縮の傳導性と非傳導性は、正

常に比して実質的の差異なく、特に描線の反復的動搖著しくそれは隔壁を通して傳導される。

熱攣縮 (Jensen, 1915) を 1 例に試みるに、これは全く隔壁を通して傳導されない。特發性筋收縮も隔壁の他側には傳導されない。また寒冷による收縮殘遺も、同様に他側には傳導されないのを見た。

8. 田坂定孝・高橋杏介・小林康郎・太田重二郎 (千葉大田坂内科)

人腦温について

われわれは數年來動物に於て腦温の研究を進めているが、更にロボトミーの機會を利用して直接人体につき腦温を觀察した。人腦温の測定は未だ報告に接せず、その温測定には本教室で確立した熱電氣的方法を用いた。即ちロボトミー施行の患者 21 例につき Freeman の prefrontal lobotomy の術式により手術を行い、その骨穿孔部より注射針型熱電対を矢狀面に垂直に、前額面に平行に前頭葉白質内に刺入しその部位に於ける腦温を測定した。

1) 前頭葉温分布: 通常硬膜よりの深さ 4cm の部位で最高値を示し、その際の腕窩温に比し約 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高値を示す。更に深部では反つて低値を示す。

2) ロボトミー施行の際殆んど總ての例に於て術後 30~90 分に手指及び足趾の皮温は極めて短時間内に急激な温上昇を示し、著明な例では 10°C 以上の上昇を認めた。かゝる皮温の変化は單に同部に於て腦穿刺を行つた際にも、多數例に認められた。

3) 術後の患者につき熱電対の深さを皮面より 4cm に固定して次の様な種々の條件負荷による腦温の変化を觀察した。先ずチフスワクチンによる發熱時には腦温が腋窩温、前額部皮温に先立つて上昇し始め、その温上昇度は惡寒戰慄の時期に一致して急激であり、この際も腋窩温に比し約 1°C 高値を示した。その他頭頂部、足部を冷却した際及び總頸動脈内に冷温水を注入した際、並びにピツイトリン、アドレナリン、バロチン、ACTH などのホルモン投与時の腦温の変化を觀察した。

9. 田坂定孝・貫洞一夫・川畑士郎・飯野恒三・鈴木東洋・内山 貢・植草 督 (千葉大田坂内科)

發熱物質の反復注射とその生物学的反応

わが教室に於ては、健常時並びに諸種病的狀態に於ける温調節の研究が続けているが、その一環として諸種發熱物質の檢索も続けて居る。今回はチフスワクチンと Pseudo Monas 属菌の菌体成分 (T.T.G.) を使用し、その反復注射を行い、その際の生物学的反応に就いて發表する。

チフスワクチン一定量の反復注射によつては發熱及び血糖上昇に対して耐性が現われ、又一定量重積注射によつては温中枢の麻痺を思ひしむる像が觀察され、この際頸靜脈中の乳酸、焦性ブドウ酸は頸動脈中のそれより増量するのがみられた。又經体成分を毎日反復注射をすると一時過敏的に温上昇しその後次第に耐性が現われ 12 日頃には余り反応しなくなる。その後 5 日置きに注射すると又温上昇が現われる。

この際肝機能は不変で、E.C.G に於いても変化はなく、血沈値の多いものは減少がみられ大量投与 (50~100r) 以外は血糖上昇もみられぬ。腎機能正常のものに対しては不変で、鉍質代謝も 10r 程度で著変なく (50~100r) にて血中 K 減少、尿中 K 増大、血中 Ca 増量がみられる。Thorn's test によつて副腎機能は低下し、組織学的にも皮質の Zona fasciculata に一定の變化がでるも、Zona glomerulosa は変らない。これは Pergner, Deane, Fostier 等及び Selye の警告反応の像に甚だ一致する。

以上の実験は更に続行中であり詳細は今後にゆずるが、何れにしても發熱とその耐性は副腎皮質と極めて密接にして、脳下垂体副腎皮質体系又はこれに関与する警告反応の概念と共に發熱物質の研究は甚だ興味ある問題となつたのでその研究の一端をここに發表する。

10. 富田恒男・船石 彩・飯田浩子 (東京女子医大生理)

活動電圧より見た蛙網膜と猫網膜との相違に就て

單色光を短波長から長波長へ或はその逆へと連続的に變化させて之を以て牛蛙の網膜を照射すると (スペクトル掃引法) 網膜内活動電圧 (EIRG) に幾つかの峰分けが生ずることに就ては既に報告した所であり、その結果から網膜内にはスペクトル感度を異にする少くとも 3 種の elements の存在を

想定した。同一方法を猫の網膜に就て試みたのに現在迄の所蛙に於ける如き明瞭な峰分けを検出し得ていない。そこで猫の ERG, EIRG 及び spike discharge に関して 2, 3 の基礎的な実験を試み下記の如き結果を得た。

1) 順応状態と ERG 中の b-波との関係を検したが最大感度波長は順応状態に無関係に常に 510 mμ 附近にあり、従つて先人により蛙の b-波に就て証明せられている如き Purkinje shift は検出し

得ない。このことは古く Piper (1905) により報告された所に一致する。

2) EIRG 中の陰性波を標示として順応過程に於けるスペクトル感度曲線を追つた場合にも b-波を標示とした上記実験と殆んど同一の結果が得られ Purkinje shift は認められなかつた。

3) 蛙に於ては EIRG と spike discharge との関連性が密であるのに反して猫ではその関係が甚だ不明瞭であることを知つた。

正 誤 表

頁	列	行	誤	正
447	表題	上から 2	dusing	during
447	左	上から 9	帰すところ	帰るところ
448	右	上から 18~19	体温計目盛	体温計は目盛
448	右	下から 3	Temperatur	Temperature
449	右	下から 6	0.22~136.77	0.221~36.77
449	右	下から 5	20~19%	18~19%
450	右	上から 17	各妊娠 30 例	各妊娠月 30 例
451	右	上から 3	第 15 日で	第 20 日で
451	右	上から 4	C.T. 263.00±37.15 秒に	C.T. 245.00±40.31 秒 交接前に
451	右	下から 6	36.64±0.135	36.76±0.221
452	左	上から 3	624.±39.76	624±39.75
452	左	上から 4	19~20%	18~19%
452	左	下から 4	±73.4! 秒	±37.4! 秒
453	左	上から 1	各母体には	各母体間には
453	左	上から 5	教授に、深甚	教授に深甚
453	文献	12)	Wocheuchr,	Wochenchr,
460	第 1 図			“6L6 のバイアス抵抗にバイパス コンデンサーを附加し、帰線に接 続す。又 16G の制禦格子を抵抗を 通して、6D6 の制禦格子に接続す る。”様に配線図を訂正する。
474	第 2 表		「腎臓」と「脾臓」の文字だけを入れかえる	

Comp. Rutin — KOWA —

本劑の特長

黃芩・黃連・大黃含有

- 1 血管脆弱の恢復作用が大
- 2 血壓降下作用や自覺症の改善が著明
- 3 高純度結晶を使用し、連用しても副作用は殆んど無い
- 4 量産化成功により價格は低廉 (文献贈呈)

高血圧・腦溢血・予防治療劑



興和化学

— 包裝の價格 —

末	25g	830円
	100g	1200円
錠	30錠	120円
	100錠	850円

複合ルチン

コーワ

製造元 興服産業株式會社

販賣元 株式会社 中村瀧商店 東京・日本橋本町三

— 日本薬局方 —



パンフレアチン 含糖ペプシン

東京都中央区日本橋室町4の5

製造發賣元 ミクニ化學産業株式會社

肝臓障害と関節疾患に

御期待の...

グルクロン酸の合成遂になる!

効能

各種中毒、薬物(サルファ剤等)の副作用、肝臓障害、肝硬変症、黄疸、ロイマチス、関節炎、神経痛等

【包装】

5% グロンサン 注
(1管 2cc 中 グルクロン酸 100mg)
5管入・10管入

グロンサンは生体内解毒物質の本体といわれるグルクロン酸の純合成品で、特異の治療効果が内外の期待を集めて居ります。

- ◎ 肝臓の機能を増強して肝臓疾患に著しい効果をあげると同時に、抱合機轉によつて各種の有毒物質を強力に解毒します。
- ◎ 関節疾患によく奏効します。これは関節の結締組織の重要成分であるグルクロン酸が、その欠乏症状を治癒させる結果とされています。

グロンサン



東京都中央区日本橋本町

(文 献 贈 呈)
製造販売元

中外製薬株式会社



Banyu

主 要 製 品

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| ペニシリン (各種ペニシリン製剤) | オスバルサン (内服駆梅剤) |
| ストレプトマイシン (結核治療剤) | バンチオニン ^注 (メチオニン製剤) |
| 注射用ジュンパス (同) | 塩酸アロカイン (局所麻酔剤) |
| ホエーテゾール (砒素駆梅剤) | ジューソニン (重曹注・制酸剤) |
| シホエーテゾール (同) | デトキゾール (重金属中毒解毒剤) |
| マアアルゾール (同) | ギトーサン ^注 (ロイマチス・神経痛) |

東京 萬有製薬株式会社 日本橋

昭和二十七年五月二十日印刷

編集
発行人

東京都文京區本富士町
戸塚 武彦

印刷者

中村作右衛門
鶴岡印刷株式会社

発行所

日本生理学会
東京都文京區本富士町
東京大学医学部生理学教室内

定価
振替東京八六四三〇
百四