

# 日本生理學雜誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

第18巻 第12号

Vol. 18 No. 12

昭和31年12月1日発行

December 1956

## 原 著

加藤政孝：実験動物の心搏リズム	867
笠原龍喜：室温 Tyrode 液中に於ける家兔の別出小腸管運動に関する研究	875
西顯幹雄：大脳半球内面に於ける皮質性間代性痙攣の最終共通領野の法則について	890
朝比奈一男・藤本辰一：睡眠中の音刺激による大脳皮質誘発電位について	899
刑部宏：超極大刺激による棘間距離について	906
成田稔：中脳と呼吸運動	919
成田稔：中枢神経系内クエン酸 Na 微小刺激による呼吸運動変化に関する基礎的研究 呼吸制止領野，脳室及び血管内注射の呼吸抑制閾値について	935
柳谷岩雄・大久保義夫：小腸逆蠕動の発現条件について	943
堀佐喜子：犬の大脳皮質帯回に於ける呼吸抑制並びに促進領野について	948
堀佐喜子：犬の大脳皮質海馬回に於ける呼吸抑制並びに促進領野について	958
和合卯太郎：直接刺激による人体骨格筋の軽度の不随意疲労について 人体の筋神経の興奮性の研究（第11報）	965

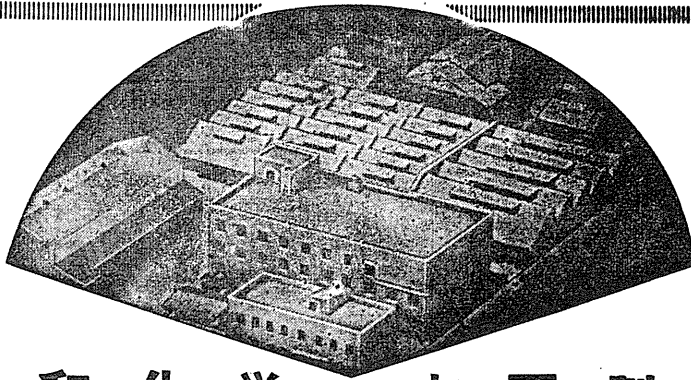
## 地方小学会報

第6回西日本生理学会	978
第7回日本生理学会中国四国部会	985

第34回日本生理学会総会諸通知	994
正誤表	993

# 日 本 生 理 學 會

Physiological Society of Japan

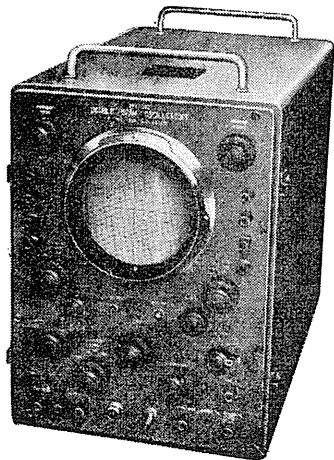


## 興和化学の主要製品

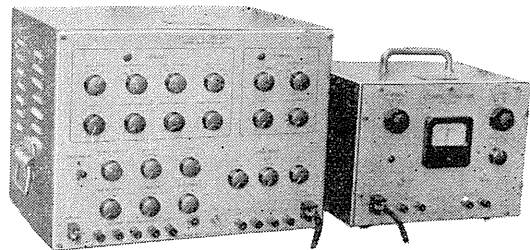
- |           |                              |            |                            |
|-----------|------------------------------|------------|----------------------------|
| レスタミンコーワ  | 注・錠・散<br>抗ヒスタミン剤             | スマルモンコーワ   | 糖衣錠<br>注                   |
| テブロン-Rコーワ | 注<br>自律神経遮断剤                 | コルゲンコーワ    | 錠<br>胃酸分泌抑制剤               |
| 複合ルチンコーワ  | 糖衣錠<br>散<br>高血圧治療剤<br>脳溢血予防剤 | Q & P KOWA | 糖衣錠<br>ミネラル入高單位<br>綜合ビタミン剤 |
| アドボンコーワ   | 注・錠<br>鎮痛鎮痙剤・消化性潰瘍治療剤        | ネオシネジンコーワ  | 注<br>血管収縮・血圧上昇剤            |
| アベランコーワ   | 錠<br>強力消化剤                   | ホスカコーワ     | 液・散<br>水血薬                 |

製造発売元 興和化学（興服産業薬品部）東京・日本橋四ノ六 販売元 興和新薬 東京・名古屋・大阪

### 直流増巾 二現象オシロスコープ



### 二チャンネル 刺戟装置



#### 製作品目

二現象筋電計・記録装置・直流増巾器  
電気衝撃（麻酔）装置・超低周波時間軸装置  
二現象観測装置

## 東京電気精機株式会社

東京都千代田区神田仲町 2-11 電話 (25) 9186. 9188  
9187



## 実験動物の心搏リズム 612.172

### Normal Patterns of Cardiac Rhythm in Experimental Animals

加藤 政孝 (KATO-Masataka)\*

#### 緒 言

実験動物の心搏リズムに関する研究を行うに際しては、先ず正常時の心搏リズムを熟知することが必要であるが、今日迄心電図及び血圧描写に依る幾多の実験研究があるにも不拘、各個の心搏週期を長い時間に亘って観察した報告は殆んど見当らない。

呼吸性不整脈即ち呼吸運動と同時に起る心搏週期の変動——吸気相に於いて心搏が加速され、呼気相に緩徐となる——は知られているが、其の量的な観察は報告を見ない。殊に第3級の変動は Cerletti<sup>1)</sup> に依りその存在は指摘されているが、現象そのものに対する観察も尙充分でない。

心搏リズムは実験動物に於いても佐藤の人間に於ける観察<sup>2)</sup> に似て、呼吸性不整脈と第3級の変動たる準週期性の slow rhythm と不規則動揺との種々の組合せで形成されている。

元来各瞬間毎の心搏リズム (instantaneous cardiac rhythm) の観察のためには Fleisch<sup>3)</sup> の Pulszeitschreiber は1つの便利な新方法であるが、私は Fleisch のと同原理で電氣的に構成された松田のカルデオタコグラフ<sup>4)5)</sup> を用いて、実験動物の心搏週期及び呼吸性不整脈を量的に観察し、又 slow rhythm と不規則動揺についても若干の知見を得たので報告する。

#### I. 実験方法

実験動物としては犬 (14頭)、猫 (4頭) 及び家兎 (15羽) を用いた。何れも基本としては安静状態で測定する。即ち猫・家兎は予め馴らした実験箱中に縛らずに放置し、犬はこれ亦馴らした架台上に軽く首輪を経てつないで置く。

\* 東北大学医学部応用生理学教室

心搏週期即ち互に相前後する2つの心搏の時間間隔はカルデオタコグラフに依って精密に連続的に追跡した。これによると各心搏の心電図 R 棘を利用して、時間間隔を縦軸の長さとして精細に記録し得る。誘導電極には皮下に刺した注射針を用いて犬では第 II 誘導を採用、猫及び家兎では胸部誘導を用いた (但し動物により Q 或いは S 棘が大なるものではこの棘を用いた)。同時に大抵呼吸運動をも描記した<sup>6)</sup>。カルデオタコグラフは主として A 型に依ったが、slow rhythm の観察には B 型に依る方が便利であるからこれを用いた。血圧の描写は頸動脈を鈴木の方法<sup>7)</sup> を用いて行った。呼吸性不整脈は相隣る呼位の心搏週期の平均と、その中間の吸位の最短心搏週期の差を以て計測した (単位：秒)<sup>8)</sup>。

#### II. 実験結果

##### 1) 実験動物の心搏週期と呼吸性不整脈

実験動物として家兎15羽 (体重1.62~2.14kg) 猫4頭 (体重1.57~2.18kg) 及び犬14頭 (体重5.0~16.2kg) を用いた。心搏週期平均は第1表に示す如く家兎 0.28<sub>5</sub> 秒 (0.15<sub>2</sub>~0.31<sub>7</sub> 秒)・猫 0.35<sub>5</sub> 秒 (0.33<sub>6</sub>~0.37<sub>1</sub> 秒)・犬 0.55<sub>9</sub> 秒 (0.38<sub>2</sub>~0.73<sub>4</sub> 秒) であった。

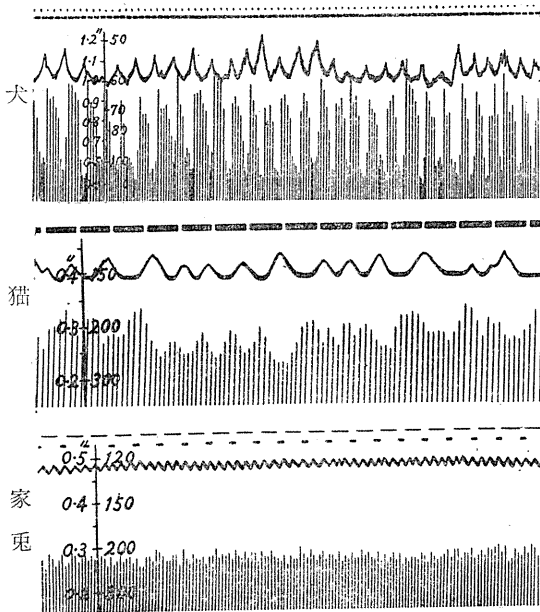
扱これらの安静時の心搏リズムをカルデオタコグラフで見ると (第1図)、呼吸性不整脈の大きさからいって犬が最も著明で猫・家兎に於いては小さいことが明らかにわかる。殊に家兎では明らかに認められる場合と、認められない場合とある。Cerletti<sup>1)</sup> に依れば正常状態に於いて家兎には呼吸性不整脈が無いと云っているが、私の観察に依れば明らかに認められた。犬では呼吸性不整脈が大である事は心電図に依っても既に知られている。Tiitso & Tootson<sup>9)</sup> は犬・猫・家兎の呼吸性不整脈の強さの順が全く上述

第1表

犬番号	性別	体重	呼位心搏週期	吸位心搏週期	呼吸性不整脈	心搏週期
No.1	♂	8.5	0.773	0.388	0.325	0.552
No.2	♂	13.2	0.881	0.425	0.456	0.654
No.3	♀	10.0	0.736	0.348	0.388	0.573
No.4	♂	12.8	0.872	0.369	0.503	0.621
No.5	♀	16.2	0.473	0.295	0.178	0.332
No.6	♀	8.6	0.727	0.250	0.477	0.457
"	"	"	0.752	0.316	0.436	0.532
No.7	♀	9.1	0.949	0.368	0.581	0.658
No.8	♂	10.8	0.702	0.346	0.356	0.522
"	"	"	0.789	0.367	0.422	0.581
No.9	♀	9.4	0.833	0.302	0.531	0.558
No.10	♀	5.0	0.712	0.295	0.417	0.497
"	"	"	0.691	0.296	0.395	0.505
No.11	♀	8.4	0.929	0.368	0.561	0.648
No.12	♂	15.0	0.635	0.333	0.302	0.466
No.13	♀	5.5	0.954	0.532	0.422	0.734
No.14	♀	10.6	0.704	0.258	0.446	0.478
平均			0.768		0.423	0.552

家兎番号	性別	体重	呼位心搏週期	吸位心搏週期	呼吸性不整脈	心搏週期
No.1	♀	1.85	0.288	0.271	0.017	0.287
No.5	♂	2.01	0.179	0.112	0.067	0.152
No.6	♀	1.91	0.326	0.305	0.021	0.315
"	"	"	0.325	0.307	0.018	0.317
"	"	"	0.329	0.307	0.022	0.319
No.7	♂	1.62	0.367	0.344	0.023	0.353
No.8	♀	2.14	0.315	0.258	0.057	0.285
No.9	♀	1.97	0.300	0.250	0.050	0.273
No.10	♂	2.03	0.312	0.237	0.075	0.274
"	"	"	0.313	0.271	0.042	0.281
平均			0.305		0.039	0.285

猫番号	性別	体重	呼位心搏週期	吸位心搏週期	呼吸性不整脈	心搏週期
No.1	♀	1.82	0.382	0.362	0.020	0.371
"	"	"	0.374	0.345	0.029	0.358
No.2	♀	1.57	0.379	0.296	0.083	0.336
"	"	"	0.408	0.336	0.072	0.370
No.3	♂	2.18	0.393	0.291	0.102	0.343
No.4	♀	1.76	0.354	0.320	0.034	0.338
"	"	"	0.391	0.346	0.045	0.369
平均			0.383		0.055	0.355



第1図 犬・猫・家兎のカルジオタコグラム

夫々上：刻時2秒。中：呼吸，上向は吸息，下：心搏リズム，心搏週期及び分時心搏数は左側のスケールに示す。呼吸性不整脈は犬が最も顕著で猫・家兎の順である。

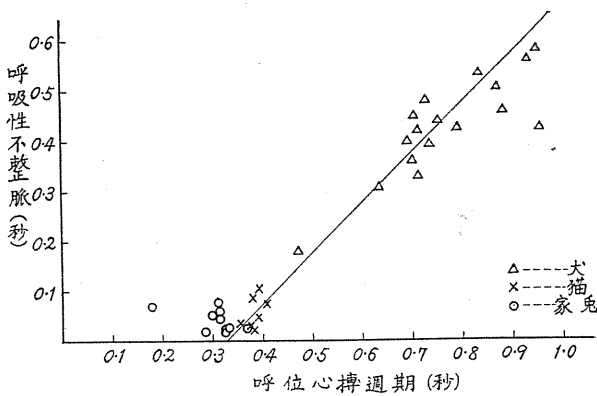
と逆であるとの結果を出したが，それが謬であることは既に Hamouda<sup>10)</sup> が証明したところである。

呼吸性不整脈の程度を呼吸の両相に於ける心

搏週期の差を以って量的に見ると，第1表の如くである。ここには犬14頭・猫4頭及び呼吸性不整脈が著明に出現した家兎7羽について，各々の呼吸性不整脈・呼位心搏週期および吸位心搏週期夫々20個の平均を示してある。各動物の呼吸性不整脈平均は犬0.43<sub>3</sub>秒(0.17<sub>8</sub>~0.58<sub>1</sub>秒)・猫0.05<sub>5</sub>秒(0.02<sub>0</sub>~0.10<sub>2</sub>秒)・家兎0.03<sub>9</sub>秒(0.01<sub>7</sub>~0.07<sub>5</sub>秒)である。

又各動物の呼吸性不整脈と呼位心搏週期との関係は第2図に示す如くである。即ち犬・猫に於いては呼吸性不整脈は呼位心搏週期に伴って増加し，両者の間には直線関係がある。その直線の座標軸とのなす角は45°である。但しこの直線は座標原点を通らないで，呼位心搏週期0.33秒の辺りに落ちる。家兎では呼吸性不整脈が一般に弱く一見上述の関係が見られぬようである。

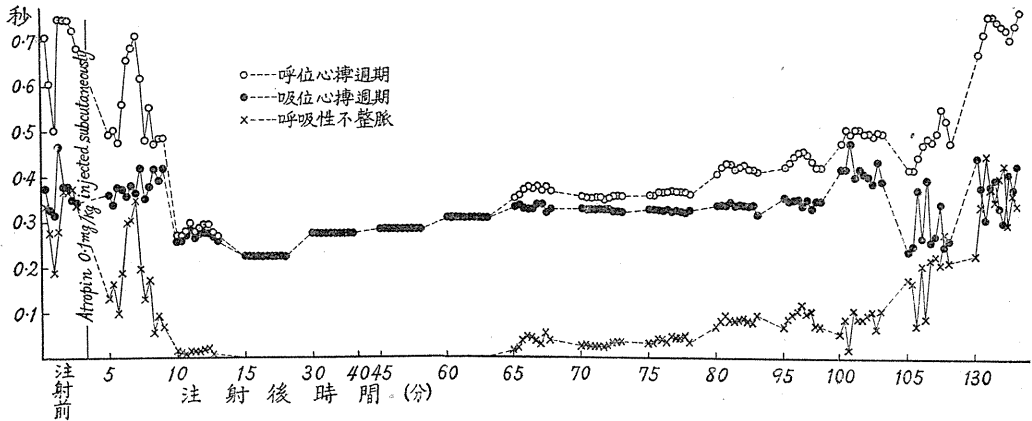
Cerletti<sup>1)</sup>によると呼吸性不整脈は大部分は迷走神経を介して現われるとされて居り，唯特別な実験条件のもとに於いてのみ交感神経の活動も関与するとされているが，私も2頭の犬について両側迷走神経を切断すると，著しい速脈と共に呼吸性不整脈の完全に消失するのを観察した。



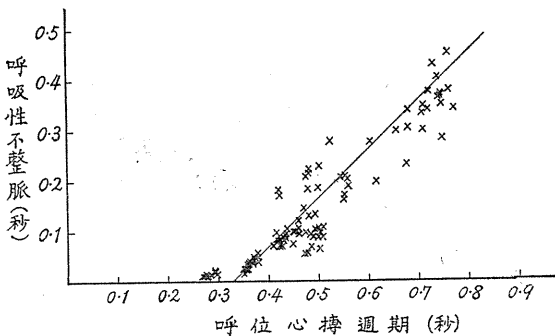
第2図 呼吸性不整脈と呼位心搏週期との関係

各点は夫々動物個体の呼吸性不整脈20個の平均を示す。両者間には直線関係があり、その座標軸とのなす角は45°である。

次に犬及び家兎に若干の薬物試験を試みた。即ち犬4頭にはアトロピン (0.1 mg/kg 皮下注射), 家兎5羽にはヘロイン (0.1mg/kg 皮下注射) を適用し、前者に於いては呼吸性不整脈の減弱を、後者に於いてはその増強を来さしめた。第3図は犬に対するアトロピンの効果の1例を示す。呼吸性不整脈は時間と共に次第に小となり、吸位の心搏週期の減少は軽度であるが、呼位の心搏週期の減少が甚だしく、10~15分後遂に消失した。その恢復過程を見ると呼吸性不整脈は55~65分後に再現し始め、呼位の心搏週期が次第に増大して行ったが、吸位の心搏週



第3図 犬。アトロピン皮下注射後の全経過に於ける呼位心搏週期・吸位心搏週期及び呼吸性脈の変動を示す。横軸の時間は等間隔でない。詳細は本文参照。

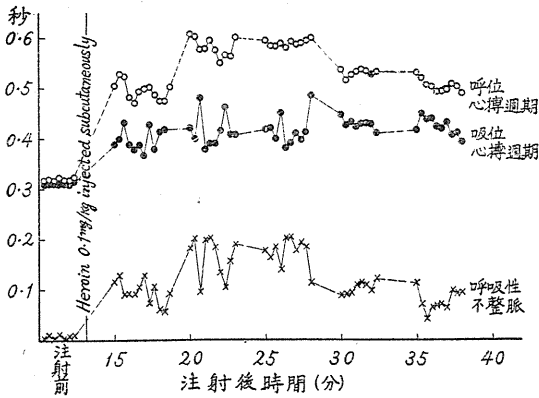


第4図

第3図の全経過中に於ける呼吸性不整脈と呼位心搏週期との関係  
多数の個体に見たと同様な直線関係がある。

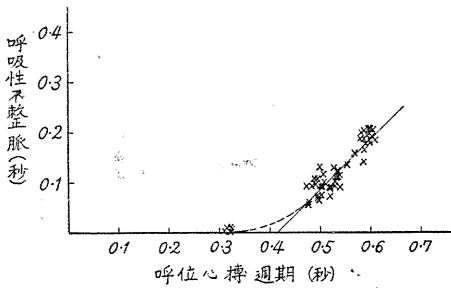
期の増大が軽度であり、呼吸性不整脈は130分後には完全に恢復した。この全経過に於ける呼吸性不整脈は呼位心搏週期に対して、安静時の多数の個体に見た様な直線関係にあった(第4図)。他の実験例に於いても結果は略同様であった。

次に家兎にヘロインを注射した場合(第5図)注射後約5分頃から心搏週期が次第に延長するとともに呼吸性不整脈も増大し、約15~20分後心搏週期も呼吸性不整脈も最高に達し、30分後頃よりともに次第に減少して行く。この場合は吸位の心搏週期の増大よりも呼位の心搏週期の増大が甚だしい。この場合



第5図

家兎・ヘロイン皮下注射後の呼位心搏週期・吸位心搏週期及び呼吸性不整脈の変動を示す。本文参照



第6図

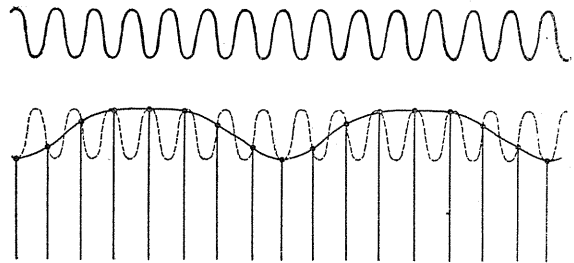
第5図の経過中に於ける呼吸性不整脈と呼位心搏週期との関係  
これ亦同様に45°の直線関係がある。詳細は本文参照。

各時相の呼位の心搏週期と呼吸性不整脈とを夫々横軸・縦軸値(単位:秒)に取って示すと、第6図に示す如く略直線関係を示し、而もこの直線の傾斜は45°に近い。同様のことが実験に供した他の家兎にも見られた。この事は松田・鈴木<sup>8)</sup>が人間に就いて、佐藤<sup>11)</sup>が犬の実験的甲状腺中毒症に於いて認めた事実と一致し、呼吸性不整脈が心搏週期と密接な相関に立っていることを更に確めたものである。

2) 呼吸と心搏リズムの干渉

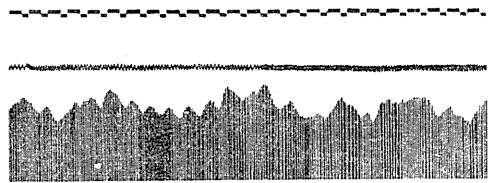
上述の如く家兎に於いては呼吸性不整脈が極めて小さく、殆んど認め得ない場合がある。而してこの場合呼吸数が極めて多く心搏数と略等しいとき、詳細に観察すると振幅は小さいが、或る種の心搏リズムの波が見られることがある

(後述の slow rhythm とは別に)。この波は呼吸の或る位相に心搏が落ち、次に幾つかの呼吸の後に心搏が再び同じ位相に落ちるために生ずると思われる(第7図、第8図)。即ち一種の干渉波であるが、若し然りとすれば一定時間内の干渉波の数はその時間内の呼吸数と心搏数の差に等しくなる筈である。第2表は事実正にその通りであることを示す。Trotter, Edson & Gesell<sup>12)</sup>は血圧の変動に於ける呼吸との干渉波を記載しているが、心搏リズムと呼吸との干渉波については未だ報告を見ない。人間に於いて実験的に呼吸の速度を早め、心搏数より1つ多いか1つ少ない呼吸をさせると、やはり同様に干渉波が出現するのを認め得る。この干渉波の存在は家兎の心搏リズムにも呼吸性不整脈の存在することを間接に証明するものである。



第7図 干渉波の成因を示す模型図

上:呼吸。下:縦線は心搏週期。呼吸数14, 心搏数16の時、その差2つの波が出現することを示す。



第8図 呼吸リズムと心搏リズムとの干渉波  
第2表No.3の一部

第2表

家 兎	呼吸数	心搏数	干渉波頻度	
			実測値	計算値
No. 2	171	237	65.5	66
No. 4	191	255	65	64
No. 3	306	334	28	28

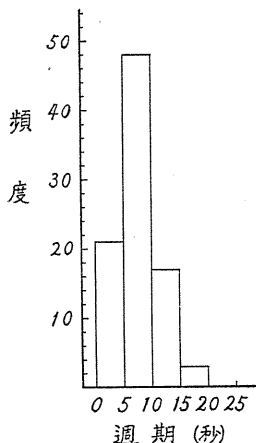
### 3) slow rhythm に就いて

人間には勿論動物の心搏リズムにも血圧の第3級の動揺と類似の緩徐なリズムが存在する。この“Langsame Wellen”については Fleisch の記載があり、更に動物に於いては Cerletti の報告があるが、私もカルデオタコグラフを用いてこれの存在を確めた。吾々はかかる準週期性の波を slow rhythm と称している。

家兎14羽のうち呼吸性不整脈が顕著なもの6羽、著明な slow rhythm が認められたもの5羽、呼吸性不整脈と slow rhythm がともに認められたもの1羽であった。猫では4頭全部に呼吸性不整脈が現われ、slow rhythm は認め得なかった。犬は14頭全部が呼吸性不整脈著明で稀に不規則な動揺が見られたが、slow rhythm と称し得るものでなかった。

以上述べたことから心搏リズムの是等2構成要素—呼吸性不整脈・slow rhythm—はその出現が互いに抑制的である様に思われる。家兎1例に於いてのみ呼吸性不整脈と slow rhythm が共に認められたが、この例では呼吸性不整脈が0.01<sub>7</sub>秒で全家兎中最小であった。

家兎中 slow rhythm の著明な5羽につきその週期を0~5秒・5~10秒・10~15秒のものに分類して頻度分布を求めて見ると、5~10秒範囲のものが最も多い(第9図)。この値は佐藤<sup>2)</sup>が人間で観察したものに比べて週期が稍々短い。家兎の slow rhythm を第10図に示す。

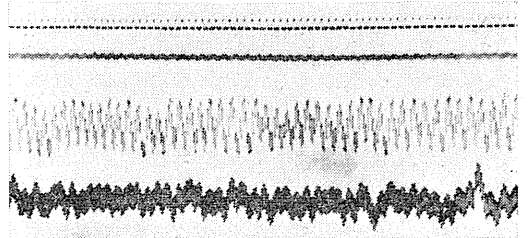


第9図 slow rhythm の週期の頻度分布



第10図 家兎の slow rhythm

上：刻時2秒。中：心搏。下：呼吸，上向は吸息を示す。週期約10秒の反復せる slow rhythm が見られる。



第11図 家兎. Traube-Hering 波と心搏リズム

上：刻時2秒。第2：呼吸，上向は吸息。第3：頸動脈圧。下：心搏リズム。血圧には Traube-Hering 波が見られるが、心搏に slow rhythm は現われない。

この slow rhythm は血圧に於ける Traube-Hering 波と必ずしも一致するものでないことは、血圧の波状動揺のあった家兎でも心搏リズムに slow rhythm は認められなかったことからわかる(第11図)。逆に slow rhythm を明瞭に認めた例に於いて、血圧が同期的な変動を示すか否かを知ることは興味あるところであるが、残念乍らそれを実験することができなかった。

## Ⅲ. 考 察

犬・猫及び家兎の安静時の心搏リズムは人間の場合と同様にその程度は動物により異なるが、呼吸性不整脈を示すことは上述の通りである。但し家兎では呼吸性不整脈が明らかに認められた場合(7羽)も、認められない場合(8羽)もあった。然し後者の中にも心搏リズムを詳細に観察すると、その内3例に波状変動を認め、これを呼吸リズムと心搏リズムとの干渉によるものとして説明できたから、これは家兎の心搏リズムにも呼吸性不整脈を生ぜしめる原因が存在していることを証明するものである。

呼吸性不整脈の大きさからいって犬が最も著明で、その平均犬は0.42<sub>3</sub>秒・猫は0.05<sub>3</sub>秒・家兎は0.03<sub>9</sub>秒であり、この順序は心搏週期平均

の大きさの順と同じであった。

第2図に示した様に安静時の呼吸性不整脈の強さは呼位心搏週期に伴って増減し、而も両者の間に直線関係があり、この直線と座標軸とのなす角は  $45^\circ$  である。

又犬にアトロピンを注射して呼吸性不整脈の減弱を、家兎にヘロインを注射して呼吸性不整脈の増強を来さしめた時の全経過に於ける呼吸性不整脈は、呼位心搏週期に対して安静時の多数の個体に見たと同じく  $45^\circ$  の直線関係が認められた。

これらの事実は呼吸性不整脈が心搏週期と密接な正の相関に立つことを示すものであって、この事は松田・鈴木<sup>5)</sup>が人間について、佐藤<sup>11)</sup>が犬の実験的甲状腺中毒症に於いて認めたとともに一致する。殊にこの直線が座標軸となす角が  $45^\circ$  であることは、各種の状態に於いて呼吸性不整脈の消長が主として呼位心搏週期の消長に依るものであることを示している。但し第2図上で家兎の値は必ずしも犬・猫に於けると同じ直線上になく、期待する  $45^\circ$  の直線の上方に散布している。またヘロイン家兎に於ける所見(第6図)も呼位心搏週期が0.45秒以上では  $45^\circ$  の直線上に載るが、ヘロイン投与前の値は同図に於いてその左方に偏倚している。これはヘロインの全経過を示す第5図で明らかな通り、初めは呼位及び吸位両相共に徐脈となるが、その後主として呼位心搏週期の延長を見るのものである。犬でも家兎程著明でないが、著しい速脈の場合では同様の傾向を見る。即ち呼位のみならず、吸位相の心搏週期も多少は同方向に変化する傾向があることがわかる(第3図、第4図)。

犬・猫および家兎は安静時心搏リズムの特性は著しく異っているが、何れも呼位心搏週期が0.3~0.4秒になると、吸位心搏週期に殆んど一致して呼吸性不整脈が消失することは同様である。

呼吸性不整脈の成因に関するAnrep等<sup>13)</sup>の研究に依れば、呼気相に於いて主として迷走神経緊張の抑制、吸気相に於いてその抑制の緩解さ

れる為であると述べている。犬に迷走神経麻痺剤たるアトロピンを注射した場合及び両側迷走神経を切断した場合、ともに著しい速脈を呈すると同時に呼吸性不整脈の完全に消失したと、家兎に迷走神経緊張を高めるヘロインを注射した場合、著明な呼吸性不整脈の増大を見たことはその考えに一致する。人間に於いても臨牀的に所謂ワゴトナー者に於いては、呼吸性不整脈が顕著であるとされている。

心搏の slow rhythm は唯家兎のみに認められ、而かも呼吸性不整脈の著しくないものに見出された。週期約10秒の緩徐な動揺で、果して波動と称し得るか否かは明らかでないが、往々準週期的に可成り明瞭に現われる。同様な心搏リズムの波は人間にも見出されており<sup>11)</sup>、その週期も家兎の場合に近似している。この動揺の発生機構は明らかでないが、血圧について第3級の変動として昔より知られた slow wave を思わせる。但し本研究の僅か2例の観察では血圧と心搏リズムの slow waves は同時的でなく、週期も異り、通常出現が相伴わない。

血圧の第3級変動は近時家兎に於いて人為的に脳血行を制御すること<sup>14)</sup>、又は脳圧を上昇すること<sup>15)</sup>により確実に起し得ることが知られ、その催起操作の直接及び範囲は中枢神経系に限局して、而も血圧中枢の反応が主に体血圧の饋還による脳血液の周期的変動によると説明している。

然し所謂 Traube-Hering の波と呼ばれる血圧の第3級変動は決して一様でないことは既に Barcroft & Nisimaru<sup>16)</sup>及び尾形<sup>17)</sup>により指摘され、Traube<sup>18)</sup>の記載した波には少なくとも3種類あって、加藤<sup>19)</sup>はこれらを Traube の  $\alpha$ 波・ $\beta$ 波及び  $\gamma$ 波と仮称している。(  $\alpha$ 波と  $\beta$ 波はともに迷走神経切断という異常状態に於いて種々の操作を施した場合に出現したものである)。これらの中  $\gamma$ 波の週期が茲に報告した心搏の slow rhythm の週期と一致している。然し吾々の slow rhythm は全く自然状態に於いて出現したものであるが、Traube の  $\gamma$ 波は迷走神経無傷の犬を Worara (curare) で処理した後、甚

だ炭酸ガスに富む空気を人工呼吸したときに出現したものである。しかして Traube に依れば此の波は脊髄上端の切断と無関係に存続し、迷走神経切断によって消失するという。彼はこの  $\gamma$  波には血圧動揺に伴って心臓搏動に基く細かい山谷が見られ、搏動の数は血圧動揺の上り坂では密であり、下り坂では疎であると述べている。之が即ち吾々が心搏の slow rhythm と呼んだものと一致するのかも知れない。家兎に於いて血圧の第3級変動を認めてもこれに同期する心搏のリズム波が見られなかったのは、前者が所謂  $\beta$  波であったとすれば一応は理解出来る。要するに心搏の準週期的波状動揺の成因については更に実験に俟たねばならない。

#### IV. 結 論

1) 実験動物犬14頭・猫4頭・家兎15羽の心搏週期及び呼吸性不整脈を量的に観察した。心搏週期平均は犬 0.55<sub>2</sub>秒・猫 0.35<sub>5</sub>秒・家兎 0.28<sub>5</sub>秒であり、呼吸性不整脈は犬猫では全てに、家兎では15羽中7羽に認められ、その平均は犬 0.42<sub>3</sub>秒・猫 0.05<sub>5</sub>秒・家兎 0.03<sub>9</sub>秒の順であった。

2) 呼吸性不整脈と呼位の心搏週期との間には極めて速脈の場合を除き明瞭な直線関係があり、この直線が座標軸となす角は 45° である。このことは呼吸性不整脈の消長は主として呼位心搏週期の変化によって規定せられることを示している。

3) 家兎に於いて呼吸と心搏リズムの干渉波と見るべきものの存在を認めた。これは家兎にも呼吸性不整脈が存在することを間接に立証するものである。

4) 心搏リズムには呼吸性不整脈のほかに、家兎に於いては週期約10秒の準週期的動揺たる slow rhythm が往々見られた。これは呼吸性不整脈の明らかでない例に多く出現し、その週期は血圧の Traube-Hering 波とは必ずしも一致しない。これの発現機構は不明である。

稿を終るに臨み、懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師松田幸次郎教授に深甚の謝意を表します。

#### 文 献

- 1) Cerletti, A. (1946) Ueber Beobachtungen bei der Untersuchung der Pulszeit an wachen, nicht narkotisierten Kaninchen mit Carotisschlinge. *Helv. Physiol. Pharm. Acta* 4, 589
- 2) Sato, H. (1951) On the patterns of cardiac rhythm in healthy men, with especial reference to the slow rhythm simulating Traube-Hering waves of blood pressure. *Tohoku J. Exp. Med.* 53, 325
- 3) Fleisch, A. (1930) Der Pulszeitschreiber; ein Apparat zur Aufzeichnung der zeitlichen Pulsintervalle als Ordinate. *Zschr. ges. exp. Med.* 72, 384
- 4) Matsuda, K. (1948) Cardiograph. A new type of instrument for automatic recording of the variation in pulse frequency as ordinate. *Tohoku J. Exp. Med.* 49, 246
- 5) Matsuda, K. (1950) A modification of cardiograph. *Tohoku J. Exp. Med.* 52, 75
- 6) Kato, M. & H. Sato (1949) A new clinical respiratory recorder. *Tohoku J. Exp. Med.* 51, 378
- 7) Suzuki, T. (1947) A new simplified electrical method for recording the blood pressure in animal. *Tohoku J. Exp. Med.* 49, 64
- 8) Matsuda, K. & T. Suzuki (1952) Studies on the respiratory arrhythmia of man. Its relation to respiratory depth, cardiac rate and to the ages of individuals. *Tohoku J. Exp. Med.* 56, 199
- 9) Tiitso, M. & E. Tootson (1935) Ueber die Ursache der respiratorischen Arrhythmie. *Pflügers Arch. Physiol.* 236, 251
- 10) Hammouda, M. (1937) Ueber die Ursache der respiratorischen Arrhythmie. *Pflügers Arch. Physiol.* 238, 107
- 11) Sato, H. (1951) Studies on the cardiac rhythm of the dog in experimental hyper- and hypothyroidism. *Tohoku J. Exp. Med.* 53, 317
- 12) Trotter, R. T., P. Edson & R. Gesell (1922) A comparison of waves of blood pressure produced by slow and rapid breathing. *Am. J. Physiol.* 60, 500
- 13) Anrep, G. V. et al. (1935-36) Respiratory variations of the heart rate. I. The reflex mechanism of the respiratory arrhythmia. *Proc. Roy. Soc. B.* 119, 191  
II. The central mechanism of the respiratory arrhythmia and the inter-relations between the central and the reflex mechanism. *ibid.* 119, 218
- 14) 宮川 清 (1955) 脳の血流制御により引き起こされる血圧第3級動揺並びに呼吸様式の周期性変動について *日本生理誌* 17, 383
- 15) 佐川喜一 (1955) 頭蓋腔内の実験的上昇による呼吸水準及び血圧の周期的動揺に就いて *日本生理誌* 17, 402
- 16) Barcroft, J. & Y. Nisimaru (1932) Rhythmical contraction of the spleen. *J. Physiol.* 74, 294

- Undulatory changes of blood pressure. *ibd.* 74, 311  
 The effects of intestinal rhythm on general blood pressure. *ibd.* 74, 490
- 17) 尾形正治 (1940) 血圧に於ける Traube-Hering 氏曲線発生原因に関する疑義並びに周期的血圧変動に就いて 成医会誌 59, 630
- 18) Traube, L. (1865) Ueber periodische Thätigkeits-Auesserungen des vasomotorischen und Hemmungs-Nervencentrums. *Zbl. med. Wiss.* 881
- 19) 加藤 保 (1947) Traube の血圧動揺と呼吸中枢の周期的興奮に就いて 日本生理誌 10, 151

### Summary

The patterns of the cardiac rhythm, particularly the respiratory arrhythmia in the experimental animals (14 dogs, 4 cats and 15 rabbits) were studied by means of cardiograph.

In all the animals and in all the cases comprising various physiological conditions studied, there was found, except in cases of extreme tachycardia, a linear relationship between the respiratory arrhythmia and the expiratory cardiac interval, such that the change in respiratory arrhythmia was a result mainly of the change in the expiratory cardiac interval while the inspiratory cardiac interval remained almost the same throughout.

At times phasic variation in the cardiac rhythm not synchronous with respiration was observed in some rabbits, and it was found to be well interpretable as resulting from interference of the cardiac and respiratory rhythms. Besides the various waves mentioned above there was observed also in the cardiac rhythm of the rabbits another kind of fluctuation, a quasi-periodic wave of longer periods (approximately 10 seconds); the nature of this "slow rhythm", however, was uncertain.

*(Department of Applied Physiology, Tohoku University School of Medicine)*

## 室温 Tyrode 液中に於ける家兎の剔出小腸管運動に関する研究 612.337

Studies on the Movements of Excised Small Intestine of a Rabbit soaked in Tyrode's Solution at the Roomtemperature.

笠原 龍喜 (KASAHARA-Tatuki)\*

### 前 言 葉

腸管の正常運動に関しては、種々の観察がなされている。即ち、

Bayliss 及び Starling<sup>1)</sup> によれば、蠕動は小腸内容による刺激が腸壁に作用して、Auerbach の神経叢による反射運動として、刺激部の口側に収縮を、尾側に拡張を生起する結果、腸内容は尾側へ移動し、同じ機序による反射運動が反復するものであると説明した。

Trendelenburg<sup>2)</sup> は、蠕動は質的に他の運動と異なり、小腸内圧が或る程度 (限界圧) に達すると突如として発生する運動であって、小腸内容はこれによって尾側へ向って送られると述べている。

福原<sup>3)4)</sup> は小腸の正常運動を、振子運動・浅蠕動波・蠕動・分節運動及びこれ等の内の移行型に分類し、腸内容が極めて少ないときでも蠕動等による小腸の容積変動が存在するし、これは腸内圧を高めることにより、比例的に大きくなるだけで、週期も変わらず、限界圧の如きものは認められず、従って蠕動も本質的に他の運動型と異なるところがないと述べ、また、興奮の伝導は腸管全体が特種な伝導を持っていると考えている。

著者は室温の Tyrode 液中に於ける家兎の剔出小腸管運動に就いて観察したが、38°C に温めたのと殆んど同様な運動を営むことを認めた。然しこれを非生理的であると云う人があるかも知れない。

### 実 験 方 法

実験材料には2~3kgの家兎の剔出小腸片 (空腸を主とし、十二指腸、回腸を

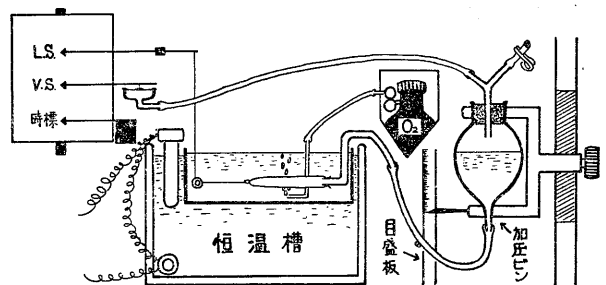
従とする) を用いた。本実験は室温の条件で行ったので、夏期に於いては室温、冬期に於いては恒温槽により Tyrode 液を所定の温度迄温めて実験を施行した。実験装置は福原の方法<sup>4)</sup> を踏襲した (第1図)。その要点を述べると、Tyrode 液にて2~3回腸内容を洗滌除去し、空虚にした6~10cmの標本を室温 Tyrode 容器内に浸し、その口側端を結紮して滑車を介して縦径描記槓杆に、尾側端をガラス管、及びゴム管を介して圧力ビン、更に Marey の描記釜につなぎ、腸片の容積の変動を同時に1つの Kymograph によって描記するのである。腸内圧は、Tyrode 容器の液面と、圧力ビン内の Tyrode 液面とが同高にある時 0mmH<sub>2</sub>O (内外等圧)、圧力ビンを10, 20mm と高くすることにより、腸内圧は夫々 10mmH<sub>2</sub>O, 20mmH<sub>2</sub>O と加圧されることになる。「酸素供給の腸運動に及ぼす影響」の実験時のみに酸素を用いたが、これは酸素ポンプより導かれた O<sub>2</sub> をガラス管により浴槽内へ気泡として供給した。その他、装置として循環泵など用いたが、その項に於いて詳しく述べる。

### 実験結果及び考察

#### I. 基礎的実験

##### A. Tyrode 液温と剔出小腸運動

剔出小腸運動の研究にあたっては、栄養液を



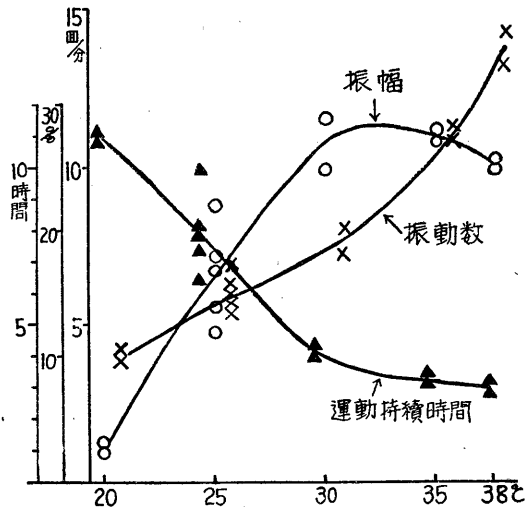
第1図

\* 日本医科大学生理学教室

37~38°Cに温めて腹腔温度に等しい条件で、しかも液中に酸素を供給しながら実験を進めるのが通例であるが、著者は低温で、酸素供給のない条件下で実験を行わんと欲し、これに先立って Tyrode 液温を変えた場合、別出腸片は如何なる運動を営むかを検討してみた。本項の実験は内外等圧で、酸素供給なしで行われた。

1. 各液温に於ける別出小腸運動の時間的経過

18°C以下の液温では腸運動は殆んど認められない。20°C以上の各液温に於ける腸運動は、第2図の各代表例に示す如く、どの液温にても、実験開始当初は基線（振幅の中心を通る線で、

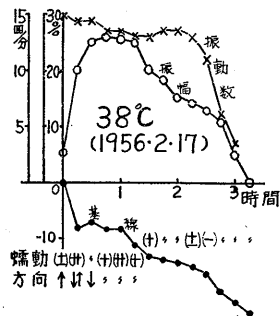


第3図

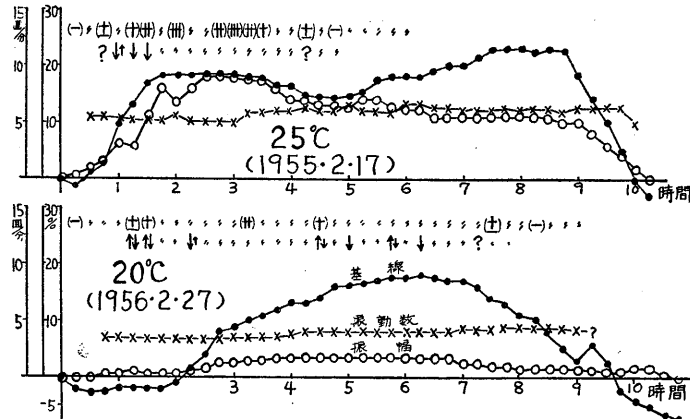
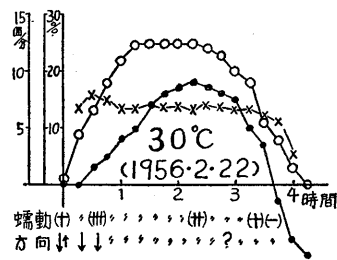
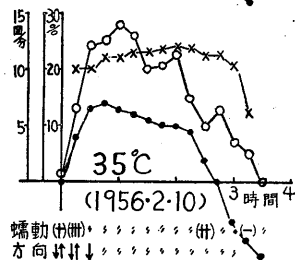
基線の上昇、下降は夫々腸の短縮、伸展を意味する)、振幅の変化が甚しく、其の後に比較的長時間継続する安定期に入る。この時期は蠕動、分節運動が最も盛んに出現するが、後半になると漸次衰えて振子運動のみとなり、運動の不安定・遂には基線・振幅・振動数共に急下降して運動停止に到る。振動数は時間経過に伴って漸次増加する傾向を有する。これ等の経過の進行速度は液温が低くなるにつれて延長する。

2. 液温と運動持続時間・振幅・振動数との関係

第3図に示す如く、液温が高くなる程運動の持続時間は短く(38°Cで3時間)、週期は短縮して、従って蠕動の発現が迅速に繰返されるが運動が全体的に不安定である。25°C前後の低温に於ける小腸運動は、その持続時間も極めて長く(7~8時間)、運動も比較的安定して、蠕動・分節運動なども著明に出現する



- 基線・振幅は装置時の腸の長さに対する百分率で表す。
- 振動数は一分間に於ける振幅の数。
- 蠕動
  - (卍) 強力な蠕動が高頻度に。
  - (卐) 蠕動が中等度に出現する。
  - (+) 蠕動が時々出現する。
  - (±) 弱蠕動或は蠕動が稀に。
  - (-) 振子運動のみ。
- 蠕動の進行方向
  - ↓ 口側より尾側へ。 ↑ 尾側より口側へ。



第2図

し、しかもそれらの経過が緩やかに現われるので運動状態の観察が容易である。

蠕動の進行方向は、25°C 以上 38°C でも運動の安定しない早期に於いては逆蠕動もみられるが、安定期に入れば正蠕動のみとなる。更に低温になると、例えば 20°C では、運動の持続時間は長い (11時間) けれど運動は微弱で、移行型が多発し、腸壁の拘縮或いは不完全弛緩などが現われる。蠕動の進行方向も不明のことが多く、全経過に屢々逆蠕動をみる。

斯くして、25°C 前後の Tyrode 液中に於ける小腸運動は、その正常度が保たれ、且つ、運動の持続時間が長く、安定性に富み、蠕動の発現・伝導の緩徐などによる観察の容易などの利点を有することが解ったので以後の実験はこの温度でやることにした。

**B. 25°C Tyrode 液中に於ける剔出小腸運動に就いて**

1. 剔出小腸運動の時間的経過

液温 25°C, 内外等圧の条件で、剔出腸片の運動を詳しくしらべてみた。実験結果は第 4 図に示す如くである。即ち、

1) 基線の高さの変化と振幅の大きさととは相関関係を有して経過する。説明の便宜上、基線の変化を基準にして各期に分けて述べると、

第 1 期：装置後、腸片が漸次回復に向いつつある時期で、槓杆の重み (0.5g) に従って一時低下する。即ち伸びる。振幅も極めて小さく、蠕動・分節運動はみとめられない (20分)。

第 2 期：次いで基線は急激に上昇し、振幅も並行して増大し、約 50 分内外で、両者共に腸片

の元の長さの 15% に達する。腸壁のしわは殆んどなくなり、蠕動・分節運動も出現するが、その方向は逆蠕動もあって一定しない (50分)。

第 3 期：斯くして基線・振幅は急上昇の後、始めて比較的安定した値を示す様になる。其の後極めて徐々に、基線は上昇、振幅は下降の傾向を示しながら、6 時間内外の比較的長時間、安定した値を持続する。特にこの前半期 2~3 時間に於いては、安定度大で、而も運動は活潑で著明な蠕動が出現する。後半になるにつれて運動は弱くなり、基線が最高値 (25%) に達する末期には、振幅は 10% に減じ、運動は不整となり、次いで基線・振幅は急下降する。

第 4 期：基線・振幅ともに急下降する。下降開始後 50 分内外で基線は装置の高さ、或いはそれ以下に下降して、伸び切った状態で運動停止する。

運動の持続時間は 6~10 時間で、8 時間前後のものが多い。

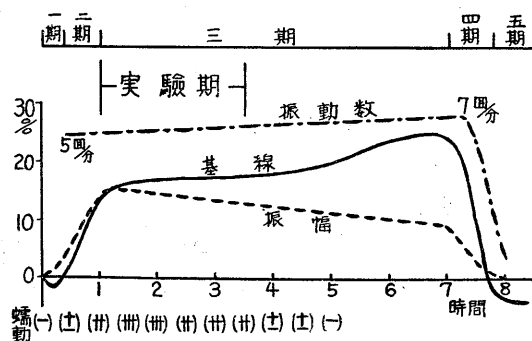
2) 振動数は実験開始当初は運動皆無か、あっても明確でないが、振動数の明瞭に数え得る 2 期には 4~5 回/分となり、以後は基線・振幅の高低に関係なく、極めて僅かずつ増加する傾向を有し、基線・振幅の急下降に約 30 分遅れて、6~7 回/分を最高値として激減する。

3) 蠕動の進行方向は、1, 2 期に弱い逆蠕動をみることがあるが、運動の安定する第 3 期以後には特別な例 (後述の逆蠕動に関する知見の項参照) を除いて、殆んど全て口側より尾側に進む正蠕動である。

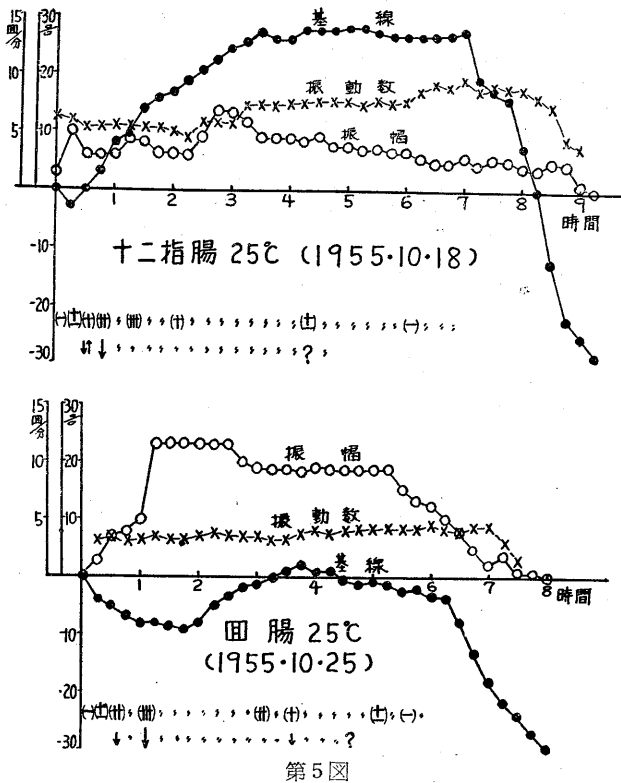
〔十二指腸・回腸について〕

第 5 図の代表例に示す如く、運動持続時間、各期に区分される時間的変化など、空腸のそれと全く類似した経過を示す。今十二指腸・空腸・回腸の 3 部分に就いて、夫々の傾向を比べてみると次の如くである。

基線の高さでは、十二指腸が最高位 (30%) にあり、空腸 (20%) これに次ぎ、回腸は実験開始時の高さ以下にあることが多い。振幅は回腸が 25~30% の高位にあって、空腸・十二指腸は 10% 前後の高さにある。しかし蠕動などの出



第 4 図



第5図

現頻度，強さには，振幅に於ける程差異は認められない。

振動数は十二指腸が6~9回/分(平均7.5)，空腸5~7回/分(6.0)，回腸3~4.5回/分(4.0)であって，尾側になるにつれて振動数が減っている。腹窓法による腸管各部位の振動数も同様な傾向を示している(第1表)。

小括

25°Cの液温では，装置後70分内外で，腸運動は最も活潑で，且つ安定する時期に入り，2~3時間継続する。故に腸管に種々の操作を加えて比較実験する場合には，この時期を実験期として選ぶべきである。

2. 酸素供給の剔出小腸運動に及ぼす影響に就いて

第1表 腸管の部位による振動数の相違

	十二指腸	空腸	回腸
腹窓法	(福原 <sup>4)</sup> ) 22~25	20~23	17~22回/分
	(著者) 23~26	20~24	16~21回/分
剔出腸管	6~9	5~6	3~4.5回/分
(25°C)	(7.2)	(6.0)	(4.0)

剔出小腸運動の研究に際しては，栄養液中に連続的に酸素を供給しながら実験を進めるのが通例であるが，著者は取えて酸素供給せずに実験を行ったが，では酸素供給をした場合，如何なる影響があるかを知らんがために本実験を施行した。

実験の方法 条件は前と同じ。酸素供給量は1分間に約200泡(ガラス細管より出る泡の数)。

1) 連続的酸素供給：大体に於いて酸素供給なきものと殆んど同じ結果を示す。ただ腸運動の持続時間が長く(10時間以上)，従って各期の時間もそれだけ延長する。勿論蠕動などの出現する時間も長くなるが，その強度，頻度には特記すべき差異は認められない。

2) 間歇的酸素供給：30~60分間隔で，5~10分間酸素を供給して，腸運動に如何なる影響を及ぼすかを

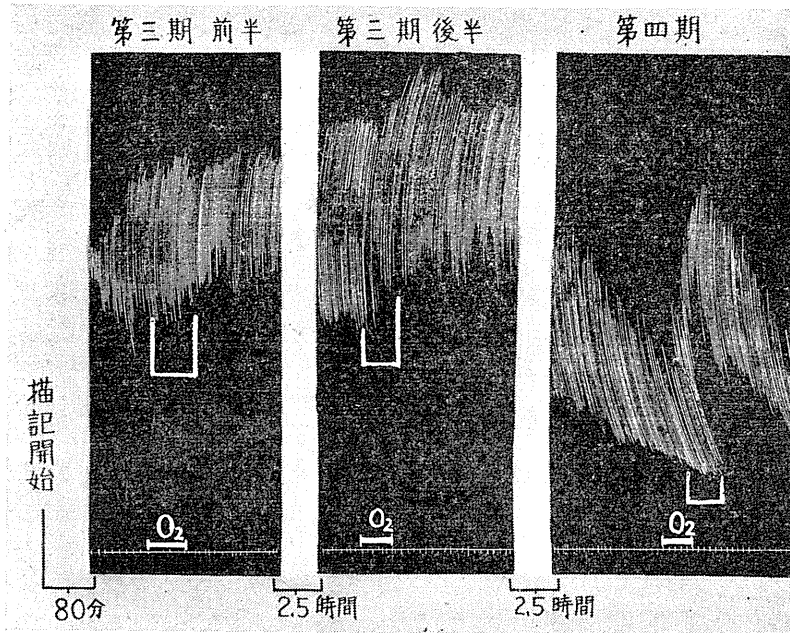
しらべてみた。1, 2期には殆んど変化なく，3期前半では僅かに促進的に作用するもの，或いは反って抑制的に働く場合もあるが，何れにせよ変化は小さい。3期後半では常に促進的に作用し，4, 5期では極めて著明な促進効果を示す(第6図代表例)。

腸運動の末期になる程，酸素供給による促進効果は著明に現われるが，運動停止した5期でも酸素供給すると，3期後半に於ける程度まで運動を回復せしめ得るが，供給停止により再び運動は急激に衰える。これを反復，間歇的酸素供給すると漸次反応度は低下して，遂には殆んど反応しない様になる(第7図)。

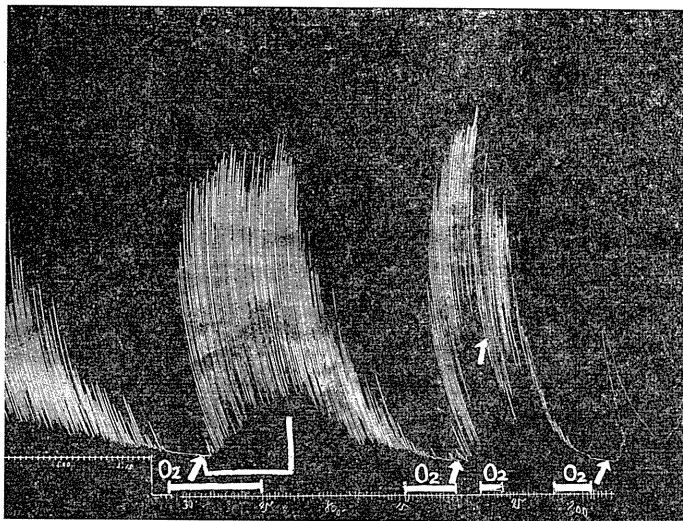
尚，間歇的酸素供給の代りに新しい Tyrode 液と交換した場合も全く同様な結果を得た。

小括

25°C Tyrode 液中の剔出小腸運動は酸素供給によって，運動持続時間を或る程度延長せしめ得るが，最初の間は蠕動などの頻度，強さには影響を認めない。特に3期前半(実験期)には



第6図 空腸 (1955. 7. 23)



第7図 腸運動の末期に対する酸素供給 空腸 (1955. 6. 9)

取えて酸素供給の必要がない。

### 3. 剔出直後の腸管と低温に保存した腸管の運動の比較

剔出腸片を氷室に保存した場合、果して実験材料に供し得るや否やに就いて、次の如き実験を行った。

実験の装置 条件は前と同じ。剔出洗滌した腸管の一部は直ちに装置に附し、残りの腸を

4°C 氷室の Tyrode 液内に放置保存する。而して、2~4~6~24~48時間後に夫々取り出し、装置に附してその運動を比較してみた。

実験結果は第8図の代表例に示す如く、剔出後4°C 氷室に約6時間以内保存した腸片の運動の時間的経過は、基線・振幅に多少の違いはあるが、殆んど同様な傾向を示している。3期前半、即ち実験期に入る時間は、同時間か、或いは低温保存の腸片を用いた方が短

い場合が多く、みられた。蠕動も2~4時間氷室に保存した腸片にかえて活潑に現われる場合が多く、6~7時間以上保存した腸片を用いた場合は、蠕動が出現し難くなる。振動数は殆んど同値か、保存せしもので若干高い値を示す事が多い。

24~48時間の長期低温保存腸片は第9図に示す如く、運動持続時間、基線の高さ(10~20%)振動数(4~5回/分~7~8回/分)など、剔出直後の腸片を用いた場合の時間的経過に類似した値を示す。しかし、蠕動、分節運動は皆無で、振幅も微小(1~5%)である。

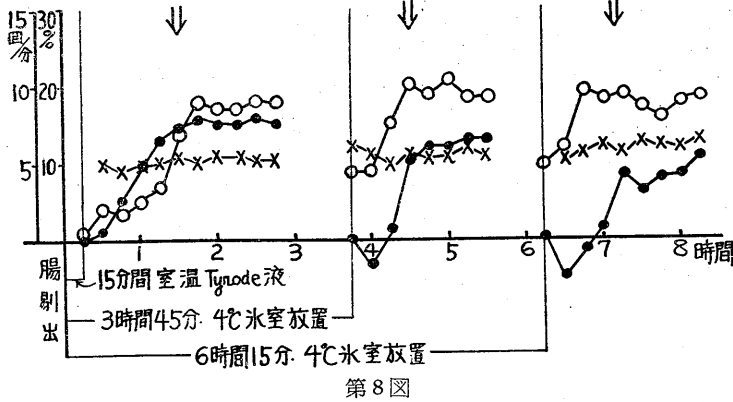
十二指腸、回腸でも全く同様な結果であった。

### 小括

1) 剔出腸片を4°C 氷室の Tyrode 液中に放置した場合、6時間前後の間であるならば、適時取り出して25°C とし実験材料に供しても、剔出直後の腸片と全く同様なか、或いはそれ以上活潑な運動を示す。

空腸 25°C (1956.6.15)

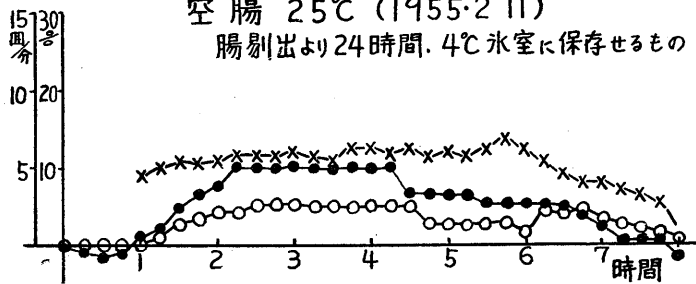
(一)(二)(三)(四)(五)(六)(七)(八) (九)(十)(十一)(十二)(十三) (十四)(十五)(十六)(十七)(十八)



第8図

空腸 25°C (1955.2.11)

腸剔出より24時間、4°C氷室に保存せるもの



第9図

2) 更に低温保存が長時間になると、長軸運動の傾向は大して変りないが、振幅小さく、蠕動は出現しない。

II. 腸内圧と腸運動 (蠕動の成因に関する研究)

基礎的実験に於いて明らかなる如く、25°C 前後の低温栄養液中に於いても、腸片は充分活潑な運動を営み得るし、特に運動が著明で且つ安定する第3期前半に於いては、酸素供給の有無に関係なく殆んど正常に近い運動を示し、しかも週期が大きい為には蠕動などの観察が容易で、実験条件としては好都合である事が解かった。又剔出腸片を4°C氷室に保存して適時取り出して使用する事により、準備時間を短縮し得た。

斯様にして得た実験材料を装置に附して、約70分待ち、第3期に入るや、腸内圧を順次高めて腸運動の変化を観察した。尙本実験では縦徑

の振幅と同時に、腸容積の変動も併記する様にした。

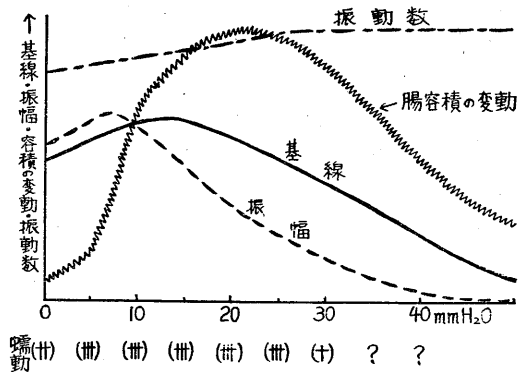
十二指腸・空腸・回腸に就いての実験結果は次に述べる通りである。

1) 基礎実験の項で述べた如く、腸部位による腸運動の差異はあるが、腸内圧の上昇に対する影響は部位の如何を問わず、全く同じ傾向を示している。すなわち第10図に示す如く、腸内圧を順次高めてゆくと振幅(5~10mmHg), 基線(15~20mmHg) 容積変動曲線(20~25mmHg)の順に最高値を示す。更に加圧すると、何れも漸次下降を示し、50mmHgでは運動は殆んどみられなくなる。

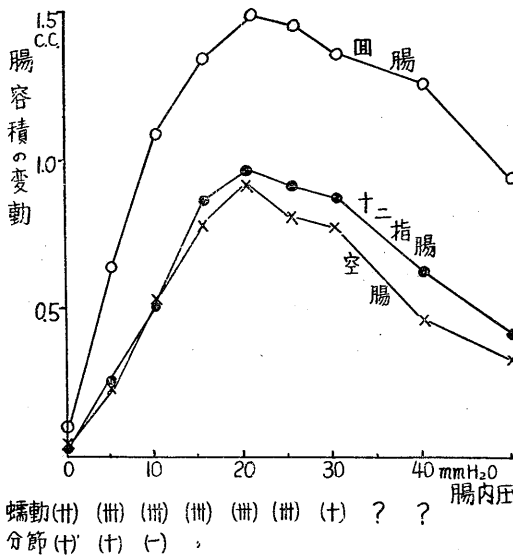
2) 振動数は全体的に僅かながら増加する傾向を示す(0.5~1.0回/分)。

3) 腸容積の変動 (第11図)

腸内容の殆んどない 0mmHg に於いては、蠕動が明らかに出現しているのに、Mareyの盃に極く僅かな、或いは全く影響のないことがある。これは腸内容が少ないために容積の変動が小さく、ゴム管を介して描記盃の膜を動かすまでに到らないだけである。



第10図



第11図

腸内圧を上昇せしめると比例的に腸容積の変動は高まり、腸管何れの部位も 20mmH<sub>2</sub>O 内外で最高値を示し、更に加圧すると逆に漸次減退の一途をたどる。蠕動は内外等圧で中等度、5~25mmH<sub>2</sub>O で著明に出現し、その強度、頻度は大体等しい。更に加圧すると蠕動は殆んどみられなくなる。

分節運動は 0~5mmH<sub>2</sub>O でみることがある。

4) 蠕動の進行方向は特別な場合(逆蠕動の実験の項参照)を除き、腸内圧の如何に関らず口側より尾側に進行する。その伝達距離は 0mmH<sub>2</sub>O では短く、5mmH<sub>2</sub>O 以上では内圧に関係なく長く、殆んど全長に及ぶ。

以上の事より蠕動の発現に関する Trendelenburg 氏説を批判すると次の如くである。

Trendelenburg<sup>2)</sup> は蠕動の成因に関して、蠕動は小腸内圧が或る程度(限界圧)に達した時突如として発生するもので、週期も大で、常在の微少運動たる振子運動と質的に異なるものだとし、限界圧はモルモットの回腸で 20~30mmH<sub>2</sub>O であると述べている。

福原<sup>3)</sup> はその追試実験に於いて、腸内圧が小さくとも腸容積の変動はあり、これは腸内圧を高めると比例的に大きくなるものであるとし、限界圧を否定し、蠕動も他の運動型と何等質的

に異なることはないと報告している。

著者の室温に於ける実験でも先述の如く、福原と全く同様な結果を得た。すなわち腸運動の最も活潑に出現する腸内圧(至適内圧)は存在するが、Trendelenburg の言う限界圧の如きものは認められない。しかし多数の実験例中には、0mmH<sub>2</sub>O で縦径の変動のみで蠕動なく、5mmH<sub>2</sub>O で僅かに出現する。即ち限界圧の如きものを示すものもあったが、斯様な例では至適内圧に於いても運動弱く、腸片の状態の不良なるためであろうと思われる。

又 Trendelenburg<sup>2)</sup> は蠕動の週期は振子運動の週期より大であると述べ、福原<sup>3)</sup> は容積曲線及び之に相当する長さの曲線は、常に一定していると述べている。著者の実験結果では、蠕動の多少に関係なく、その週期は殆んど一定であるか、或いは僅かに短縮する傾向を有する(詳細は第15図参照)。何れにせよ、蠕動の頻発時に週期の延長は認められない。

斯くの如く、腸運動特に蠕動は腸内容の多少を問わず出現するし、又各運動型に於ける週期にも殆んど差異を認めないので、福原の報告の如く、各運動型は本質的に唯一種のものであらうと思われる。腸内容の意義は蠕動の成因に対してではなく、興奮の伝導に対して存在するものであらうと思われる。

## II. 興奮伝導に関する研究

### A. 逆蠕動に関する実験

#### 1. 逆蠕動発現に関する知見

外径 6mm のガラス管に腸片の尾側を連結した装置による実験では、25°C 以上の液温で、未だ腸運動の安定せざる 1, 2 期に於いて、尾側より口側に向う蠕動即ち逆蠕動を認めることがあるが、第 3 期前半(実験期)に於いては全て明瞭に口側より尾側に伝達される正蠕動であって、逆蠕動をみることは稀である。しかし多数の実験例中には逆蠕動の頻発するものもあり、その原因と思われるものは次の如くである。

1) ガラス管の外径が腸管の自然の内径より大なるとき：ガラス管が 6mm でも腸片が細

いとき、或いは腸の太さが普通でも、7~8mmの外径のガラス管に連結したときに、逆蠕動が発現し、腸内容が増して腸の太さがガラス管径と一致するあたりで正蠕動となる。

2) 装置時の不手ぎわで腸管尾側の内壁とガラス管外壁との間にポケット状の深い間隙を生じたとき：ここに内容が溜り逆蠕動の原因となる。

3) 腸内残渣物・気泡が尾側の連結部にかかるとき：内容の排出がさまたげられて尾側に溜り、そこより逆蠕動が発現するが、障害物が管外に去ると正蠕動のみとなる。

以上何れの場合も、弛緩期に於いて腸片の尾側が拡張を強いられる状態にあり、収縮期に尾側に強い収縮帯或いは輪を生じて、それが口側に向う逆蠕動となる。これが腸片の中程に達すると盲端の口側は、送られた腸内容で膨張し、そこに強い収縮を引き起し、正蠕動が生じて逆蠕動と衝突して共に消え、弛緩期に入る。これが繰返される。

斯様に尾側の拡張が逆蠕動の発現の原因となることが解かったので、実験的に腸片の尾側、或いは一部を拡張して逆蠕動を発現せしめ、拡張度及び腸内圧と逆蠕動との相関関係を検討し、さらに腸管の興奮伝導に関する本態の究明にまで発展せんとし、以下述べる種々の実験を施行した。

2. 逆蠕動に関する実験

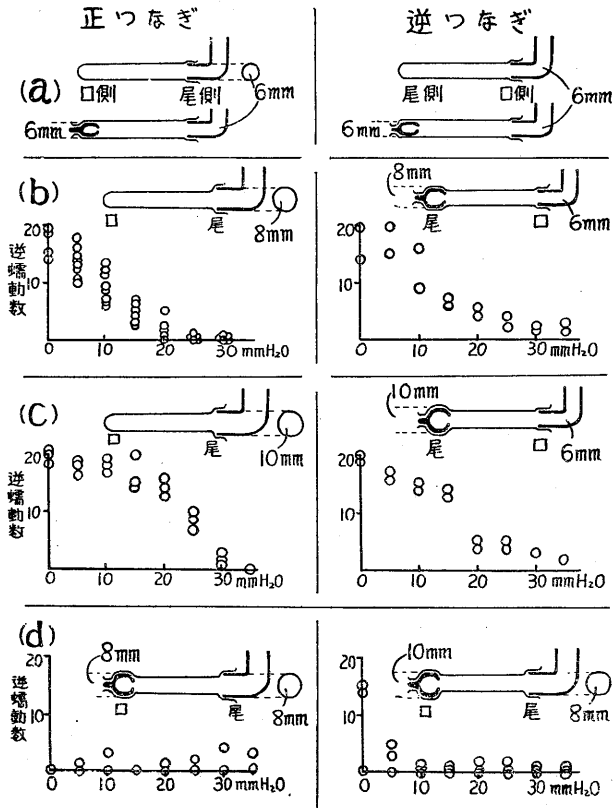
装置は Trendelenburg 法（福原の方法）と循環式（大久保<sup>5)</sup>）に分けて施行した。実験期即ち、腸片を装置に附したのち、70分待つて運動が安定してから本実験を開始し、1.5~2時間で終了する。先ず内外等圧から7~8分間隔で順次腸内圧を高め、各圧に於ける蠕動を目睹法によって20回観察してその進行方向を知り、正蠕動対逆蠕動の割合を記録した。図に於いて逆蠕動「0」とは全部正

蠕動、「20」とは全部逆蠕動、「10」とは正・逆蠕動が同じ割合であることを示す。

1) Trendelenburg 装置による実験

第12図に示す如く、口側を盲端にし、尾側をガラス管に連結する方法（正つなぎ）では、逆蠕動が頻発するときに腸内容が盲端の口側に送られて膨張し、二次的に正蠕動が発生して、蠕動の進行方向の判定に困難なことがあるので、逆つなぎ即ち、尾側を盲端にして口側をガラス管に連結する方法も併用した。逆つなぎによって逆蠕動を発生させるには、夫々の外径を有するガラス製乳頭を尾側盲端に装置した。斯様に正つなぎのときはガラス管の外径を大きくすることにより、逆つなぎの場合は尾側盲端にガラス製乳頭を装置することにより、腸片の尾側は拡張される。

a) 第12図aに示す如く、正つなぎで連結ガラス管の外径が6mmのときは腸内圧の如



第12図

何を問わず正蠕動が頻発する。

逆つなぎに於いては、低い腸内圧では連結管附近より発した蠕動が、尾側盲端にまで進行するのが明瞭にみられるが、加圧により腸内容が増すと、正蠕動が腸片の中程まで進行したところで、尾側の盲端が送られた腸内容のために膨張し、そこより二次的に逆蠕動が発生して正蠕動とぶつかり両者が消える。初発するものは勿論全部正蠕動である。

尙正・逆つなぎ両方の場合に、その盲端側に外径 6mm のガラス乳頭を装置したときでも、上述と同様な結果であった。即ち外径 6mm は生理的管径と言える。

b) 第12図 b に示す如く、正つなぎで尾側を 8mm のガラス管に連結したとき、逆つなぎで尾側盲端に 8mm のガラス乳頭を装置したとき、いずれの場合も逆蠕動の出現傾向は同じで、腸内容の少ない 0~5mmH<sub>2</sub>O では逆蠕動が殆んど全部を占め、10mmH<sub>2</sub>O 内外で正蠕動と同率となり、腸が内容のため膨張してガラス管径と殆んど同じ太さに達する 20~25mmH<sub>2</sub>O では逆蠕動は殆んどみられず、全て正蠕動の頻発となる。

c) さらにガラス管径、或いはガラス乳頭の外径を太くして 10mm にした場合にも、同様な傾向を示すが、このときは 8mm のものに比し、より高い腸内圧まで逆蠕動が出現する(第12図 c)。

尙 10mm 管使用の場合、腸片が細いときに無理をして挿入した場合には逆蠕動は出現しない。これは過拡張のため、或いは更にその部の筋線維が破壊されたためであろうと思われる。

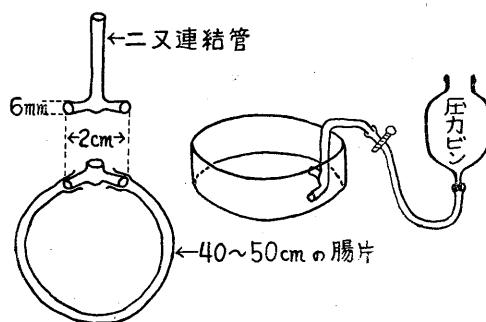
以上小括するに、剔出腸片の尾側に外径 6mm の管を置くときは、腸内圧の如何に関らず常に正蠕動が発現し、管径を大きくすると比較的低い腸内圧にて逆蠕動が頻発し、管径の大きさに従って、より高い腸内圧まで逆蠕動が発現し、腸内圧を高めて腸の太さが夫々の管径に一致するあたりで正蠕動が頻発する様になる。又腸に比しガラス管径が過大であっても逆蠕動は起らない。これ等のことは、腸片尾側の拡張

が、其の部の興奮性を高め逆蠕動を発現せしめるものであることを示している。

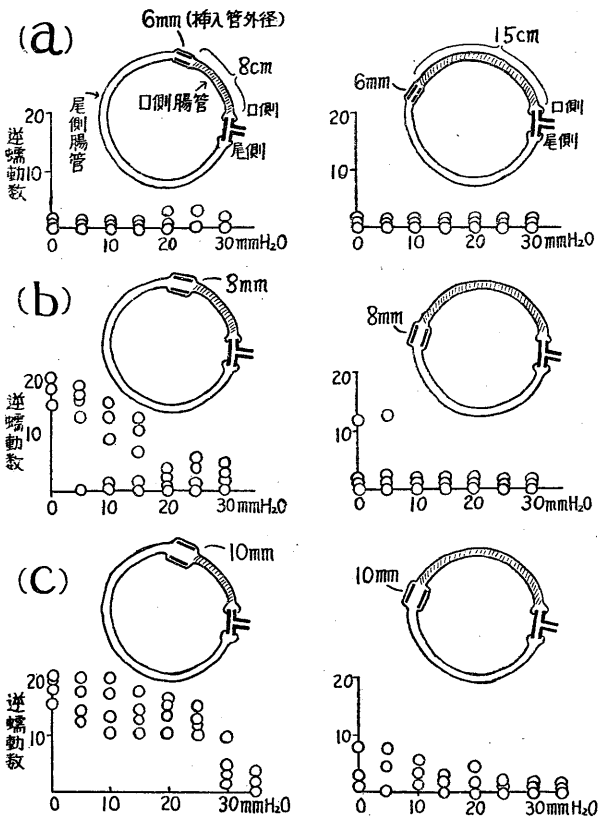
d) 第12図 d に示す如く、正つなぎで口・尾側共に 8mm に拡張したときは、どの内圧に於いても正蠕動が頻発する。口側を 10mm 尾側を 8mm にした場合には、0mmH<sub>2</sub>O を除き、どの内圧でも正蠕動が多発する。即ち、口側尾側共に拡張された状態にあっても、その拡張の程度が同じか、或いは口側がより以上に拡張された場合には逆蠕動は起らない。しかし拡張度の過大は興奮性の増大と一致しない。

## 2) 環状循環法の装置による実験

Trendelenburg の装置による実験では、何れか的一端を結紮して盲端とするために、正つなぎの場合は逆蠕動により、逆つなぎの場合は正蠕動のあるときに、盲端に内容が溜り二次的な興奮を起し、現象が複雑になることがあるし、また長い腸片を用う時は装置上困難を伴うので、環状循環式<sup>5)</sup>の装置を用う事とした。装置は第13図に示す如く、Tyrode 液を満した大型の円型ガラス容器に剔出腸片 (40~50cm) を環状に置き、口・尾端を二又の連結ガラス管の両端に夫々結紮連結して、腸内腔がこの連結管を経て加圧ビン内の Tyrode 液と連絡する様にする。その位置より圧力ビンを上げればそれだけ腸内圧は加圧されることになる。連結管と圧力ビンの間のゴム管をクレンメではさみ連絡を断つと、腸内容は二又管を経て環状に連絡し、口側に発した蠕動が律動的に尾側に向って進行し、腸内容は二又ガラス管を経て比較的滑らかに循環する。



第13図



第14図

第14図に示す如く、環状腸管の一部に種々な外径を有する長さ約 1cm のガラス管を挿入し結紮固定して、腸管の一部を拡張させて逆蠕動発現の有無を実験的に追求した。挿入部位は口側端より約 8cm (口側腸管 8cm と云う) と 15cm (口側腸管 15cm) の 2 カ所に決めた。実験液温は 25~27°C, 装置後 70 分待って、約 7 分間隔で 0mmH<sub>2</sub>O より順次加圧し、各腸内に於ける口側腸管の蠕動 20 回の正・逆方向の割合をしらべた。

a) 外径 6mm のガラス管挿入の場合

第14図 a に示す如く、口側腸管 8, 15cm 共に、逆蠕動はみられない。口側端を発生した蠕動は挿入管を滑らかに越えて尾側へ伝達される。しかし腸内容が少ないと (0mmH<sub>2</sub>O) 挿入管の近くで蠕動が消失して、管の直尾側より発する蠕動と無関係にあるが、相継いで発生する蠕動のために、少ないながらも腸内容が挿入管部に

送られて溜るときは、挿入管を経て著明に蠕動が尾側腸管へ伝達される。この事は加圧によりますます著明となる。

尾側腸管は口側腸管の正、逆蠕動の何れを問わず、常に活潑な正蠕動を営む。口側腸管に逆蠕動ある時はそれに関係なく、口側腸管に正蠕動があり腸内容の排出があると尾側腸管もその律動に従う。

b) 外径 8mm の場合 (第14図 b) 口側腸管 8cm のとき: 0~5mmH<sub>2</sub>O では殆んどすべて逆蠕動で、その伝達距離も長く、口側端近くまで及ぶ。しかし二又連結管を越えることは殆んどない。10~15mmH<sub>2</sub>O で正蠕動との比が等しくなり、20mmH<sub>2</sub>O で正蠕動のみとなる。

口側腸管 15cm のとき: 低い腸内圧で逆蠕動の出現することもあるが、大多数は内圧の如何を問わず強力な正蠕動が頻発して、挿入管を滑らかに越えて尾側腸管に伝達して循環する。

c) 外径 10mm の場合 (第14図 c) 口側腸管 8cm のとき: 低い腸内圧では勿論のこと、20~25mmH<sub>2</sub>O でも可成り高

頻度に強力な逆蠕動が発現し、30~35mmH<sub>2</sub>O の加圧で始めて正蠕動が多くなる。

口側腸管 15cm のとき: 逆蠕動の発現は低頻度ながらも 20mmH<sub>2</sub>O までみられる。挿入ガラス管附近より発した弱い伝達距離の短い逆蠕動と、口側端に同時に発した正蠕動とが中程で衝突して消えることが屢々みられた。

以上小括するに、環状装置に於ける口側腸管 8cm の場合、逆蠕動の発現と挿入ガラス管外径及び腸内圧との相関関係は、先述の Trendelenburg の装置による実験結果と全く一致する。

口側腸管 15cm の実験では、挿入管径 6mm で逆蠕動が皆無であることは上述と同じであるが、管径を大きくしても殆んど逆蠕動は出現しない。この事は、拡張により充進された 15cm 尾側の腸部位の興奮性が、口側端の興奮性 (生理的) に比して低位にあることを示している。

要するに、同じ外径のガラス管を腸管内に挿

入してその部の興奮性を高めても、腸内圧が大になる程逆蠕動の発現度が低くなることは、管挿入部の拡張がその部の興奮性を高めるものであることを示し、又管挿入部と口側端の距離が大になる程、逆蠕動の発現がみられなくなることは、生理的に腸管の興奮性は口側が高く、尾側になるにつれて傾斜的に低位にあることを裏付けている。

d) 挿入ガラス管部の2本の結紮間の腸を上記の実験中に切断しても、全く同様な結果を示す。

**B. 輪状筋伸展と腸運動週期、縦径伸展と腸運動週期**

腸管の一部の拡張が、其の部位の興奮性を高めるものであると考察したが、では拡張が興奮性を左右する本態は何であるかに就き検討しなければならない。著者は、局所の拡張は取りも直さず輪状筋の伸展であり、又同時に縦走筋に対する伸展である点に注目した。

後者に関しては例えば、皮膚の触圧覚にみられる如く、ガラス管による圧迫される輪状筋よりも、管の断面に於ける縦走筋の歪みによって張力を得ることから、容易に考えられることである。

生理的に腸管の興奮性は口側程高く、尾側になるにつれて低位にあると云う実験結果と、腹窓法及び剔出腸管の振動数が口側程頻数で、尾側になるにつれて少なくなっている実験事実(第1表)と併せて考察するとき、腸管の興奮性の高低は結局振動数の多少によって決められるべきものであろうと考えられ、ここに於いて腸管の縦径、横径の伸展と腸運動週期との関係に就き実験検討した。

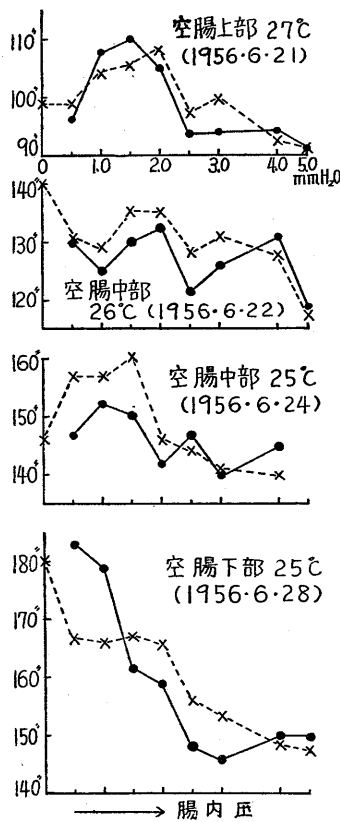
**1. 輪状筋の伸展と腸運動週期**

**(腸内圧と運動週期との関係)**

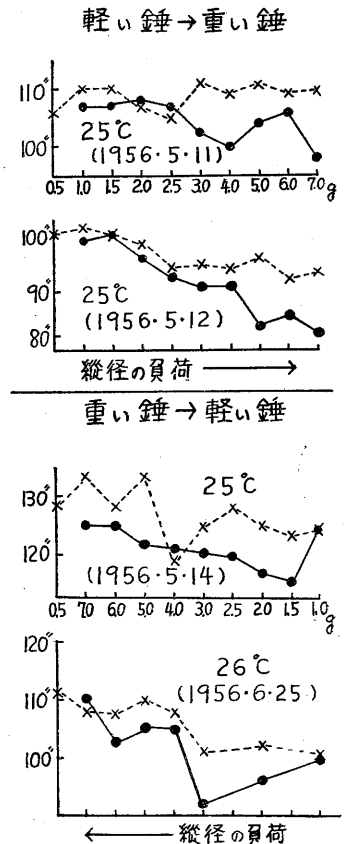
腸内圧を高めることにより輪状筋は伸展される。第3期(実験期)に於いて0mmH<sub>2</sub>Oより順次腸内圧を高めるわけであるが、各圧の後に必ず0mmH<sub>2</sub>Oにもどして、加圧時と夫々の後の0mmH<sub>2</sub>Oの振動数を20回数えて、これに要する時間を計測した。内圧変化の間隔は6~7分、加圧後約2分待つて運動が安定してから測る様にした。

腸管に負荷を与えて比較実験する際には、必ず其の都度、元にもどして対照を得て、始めて正確を期し得るものであろうと思う。

実験結果は第15図に示す如く、加圧時および0mmH<sub>2</sub>Oに戻した対照の各10回収縮に要する時間を比較してみると、腸内圧15~25mmH<sub>2</sub>Oの時最も短く、更に加圧すると反って長くなる傾向を有している。換言すれば20mmH<sub>2</sub>Oを中心



第15図 腸内圧と運動週期



第16図 腸管の縦径伸展と運動週期

とした腸内圧で振動数が増加する。Hukuhara<sup>6)</sup>は犬の小腸片の血液灌流による実験で、一定内圧のとき最も頻数になることを報告している。

2. 縦径伸張と腸運動週期

第1図の実験装置の縦径描記槓杆の一部に錘皿を懸けて、そこへ順次錘をのせて腸片の縦径に負荷を与え、夫々の収縮20回に要する時間を測る。対照には0.5gの錘を使用した。

実験結果は第16図に示す如く、錘の懸け方(軽い錘→重い錘、重→軽)の如何を問わず、1.5~6.0gの錘を懸けたときに、振動数の増加を示し、腸運動の微弱になる7.0gでは反って減少する傾向を有するものもある。即ち縦径の伸張は振動数を増加させるが、過重では反って減少する傾向を有する。

興奮伝導に関する項の綜括及び考察

1) 腸管の比較的短距離にある口・尾側両部位の拡張が同じか、或いは口側の方が大なるとき正蠕動が発現し、尾側の拡張度が口側のそれより大なるとき逆蠕動が発現する。これは腸管一部の拡張が、其の部の興奮性を高めることによると思われる。

2) しかし同じ条件でも、口・尾側両部位の距離が大なる程逆蠕動は現われ難くなり、生理的な腸管の興奮性が、口側程高く、尾側になるに従って低位になる事を示している。

3) 以上の事と、腹窓法及び剔出腸片に於いてみられるところの、十二指腸・空腸・回腸と順次尾側になるにつれて振動数が少なくなっている事実と考え併せるとき、腸管の興奮性を左右するものは、振動数の多少であろうことは容易に考え及ぶところである。

4) 腸管の一部の拡張は即ち、その部位の縦・横径の伸張であり、これと運動週期との関係を実験してみると、これ等の一定の伸張により振動数の増加を来し、伸張の過少、過剰は振動数に変化を及ぼさないか、反って減少を来す。

斯くして、腸管の一部の拡張による興奮性の亢進は、振動数の増加によるものであると理解される。

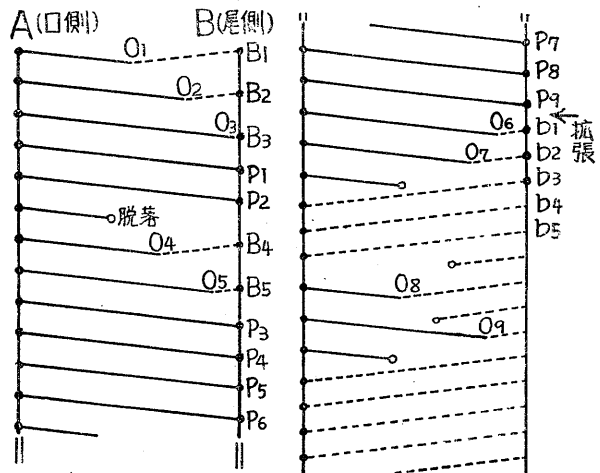
換言すれば、腸管の口・尾側両部位の振動数の多少により、蠕動の進行方向が決るのである。

即ち、戸塚<sup>7)</sup>の「最頻部位支配説」に従って興奮伝導の方向が決定されることが明らかとなった。

若林<sup>8)</sup>は墓の心臓の実験に於いてこれを立証した。

自働能を有する腸管に於いても、部分的には同様に説明出来るが、ただ腸管に於いては興奮伝導の様式が心臓の場合と異り、腸内容の多いときには興奮の伝達距離が長くて、最頻部位の十二指腸より2~3m(兎)尾側の回腸まで伝達されることもあるが(所謂縮蠕動)、腸内容の少ないときには伝達距離は短い。これは興奮波が伝達される途中で減衰脱落(以下脱落と記す)することによるものであらうと思われる。

以上の観点より出発して、腸管の一部に於ける興奮伝導の種々な場合を説明すると、即ち第17図aに示す如く、通常腸管の口側の週期は尾側のそれより頻度が高いから、P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>に於いてみられる如く、口側は尾側を完全に支配して運動を営む。ここで、口側(A点)を発した興奮が途中で脱落した場合を考えても、A点の個有拍節で発した次の興奮と、B点の個有拍節で発



第17図a

した興奮が  $O_4$  で出会って消失し、以上同様に興奮の消失する点は、個有拍節の大きい B 点に近ずき、遂には  $P_3 P_4 P_5 \dots$  にみられる如く、B 点は A 点の拍節に支配される（正蠕動）。

今 B 点を拡張することにより、その部の頻度を増し、A 点の頻度より高くすると、興奮は逆方向に進行する。即ち速められた拍節  $b_1$  より発した興奮は、A 点の個有拍節より発した興奮と  $O_6$  で交り消失し、以下  $O_7$  の如く、興奮の消失する点は A 点に近ずき、遂には  $b_3$  の興奮は A 点に達し、 $b_3 b_4 b_5$  と b 点の拍節が A 点を完全に支配する（逆蠕動）。この際 A 点を発した興奮の脱落があれば、b 点の興奮は更に早く A 点に達する。b 点より発する興奮が途中で脱落すれば、 $O_8 O_9$  附近にみられる如く正蠕動も発現する。この場合腸内容の移動に伴う腸管の拡張の移動も加って、これ等の現象は更に著明に現われる。

8cm の距離（B 点）で逆蠕動が発現する条件でも、15cm（C 点）には無効であることは、第 17 図 b にみられる如く、C 点の個有頻度がさらに低位にあるために、B 点と同じ拡張 E を加えても、A 点より低位にあると云うことで説明出来る。

以上は別出腸管にみられる比較的短距離の興奮伝導に就き述べたが、これ等の事柄は、生体内の長く連続している腸管に於いても、全く同様に説明出来る。すなわち生体に於ける腸管は取りも直さず上記の腸部分の連続として考えれば良い。

福原<sup>4)</sup> および著者の実験でも、腹窓を透して見る小腸では、殆んど逆蠕動は認められない。Hukuhara<sup>9)</sup> は外観上全く健康なる腹窓兎の十

二指腸に於いて、長時間絶食せしめたもの、或いは食事直後に、強力な逆蠕動が相継いで起ることを報告している。

長時間絶食時には正常興奮波の減衰脱落の度も大で、残溜腸内容物、分泌液等の局所的貯溜により局所の拡張が生じ、逆蠕動が発現するのである。食直後に於いては、或る局所に一度に大量の食餌が送り込まれて停滞すること多く、そこより逆蠕動が発生する。又、その口側に腸内容の過停滞による過拡張が生じた場合、興奮性は反って低下して、逆蠕動の発現を助長するであろうことも、容易に考え及ぶところである。

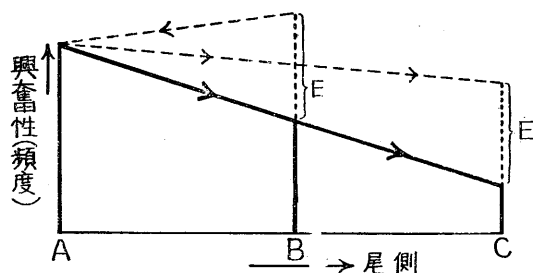
しかし、一般的に生体の小腸の内容物運搬は平滑に行われ、より口側の興奮性に打ち勝つ程の内容物貯溜がないために、正常小腸管に逆蠕動をみるのが稀なのであると考える。

柳谷<sup>12)</sup> は小腸逆蠕動の成因に就いて、小腸の強い屈曲、ネジレ、或いはそれに Gas を伴ったとき逆蠕動が発現し、これは蠕動を推進する内容物が、進行を阻止することにより発現するものであると述べているが、これは著者の見解を支持するものである。

斯くの如く、自働能を有する腸管に於ける興奮の伝導は、各部位の中で最速拍節を有する部より始まり、次第に他へと伝わる。

福原<sup>4)</sup> は興奮の伝導に関しては、腸管筋全体が心臓筋の如く特種の伝導性を持っていると考え、東田<sup>10)</sup> は生理的連絡のない腸管の吻合部、又はガラス管を介在せしめても、興奮波が滑らかに進行する実験事実より、蠕動進行の主要要素として、腸内容物の移動に基く腸壁の伸展刺激をあげている。

著者の実験結果では、腸内容の多少に関らず蠕動の伝達されるのを見ていたが、腸内容が少ないときにはその伝達距離は短い。又別出腸管の途中を切断して、ガラス管で連絡した場合、腸内容が少ない時には両腸片は別個に運動し、腸内容が多くなると、口側腸管の蠕動により、内容物がガラス管を経て尾側腸管に達すると、そこより蠕動が発現してさらに尾側へと伝達され



第17図 b

る。このことは東田の云う腸内容物の移動に基づく腸壁の伸展刺戟が、興奮波の伝導を助けることを意味している。

Bayliss 及び Starling<sup>1)</sup> は蠕動の成因及び伝導に関して、所謂「腸管の法則」を立てたが、Hukuhara<sup>11)</sup> はこれを追試実験として全面的に否定してゐる。著者も実験方法は異なるが、腸管の法則は成立しないことが明らかとなった。即ち Bayliss および Starling によれば、腸管が刺戟されると、刺戟が Auerbach 神経叢に受けられ、神経叢は反射的に、口側では興奮線維に興奮刺戟を、尾側では抑制線維に抑制刺戟を送り出し、其の結果口側では収縮を、尾側では拡張が起り、かくて腸内容物は口側から尾側へと送られ、ここでさらに次の部位の神経叢を刺戟して新しい反射が起きる。かくて内容物が次々と尾側に送られると説いている。果してそうであるならば、著者の第12図dの実験、即ち8cmの腸管で、その尾側を8mmのガラス管に連結し、口側に夫々8~10mmのガラス製乳頭を挿入した場合、常に正蠕動が発現すると云う事實は、ガラス管或いは乳頭で拡張する事により、口側尾側共に興奮線維と抑制線維が置き換えられた結果になり、此の様なことはあり得ないから、従つて腸管の法則は否定せられなければならない。

## 結 び 言 葉

家兎の剔出小腸片を室温 Tyrode 液中に浸し、その腸運動を観察して、次の結果を得た。

### I. 基礎的実験

1) 25°C以上の液温ならば、正常度が保たれ且つ安定した腸運動を管む。

2) 25°C前後の液温であるならば、酸素供給の必要はない。

3) 氷室保存の腸片も、剔出後6時間以内であるならば充分使用出来る。

### II. 蠕動の成因に関して

腸内容物が少ないときでも、蠕動による腸容積の変動があり、これは腸内圧の上昇に比例して大きくなるだけで、限界圧は認められない。

振子運動も蠕動も、本質的には唯1種である云う福原の説は至当である。

### III. 興奮の伝導に関して

1) 剔出腸管の一部に6mmのガラス管を挿入しても正蠕動のみが発現する。

2) 腸管の一部を拡張(8, 10mm)するとそこより逆蠕動が発現する。

これより、拡張がその部の興奮性を高め、逆蠕動の発現に大なる意義を有する事が判る。

3) 尾側に拡張があつても、その口側に同じか或いはより大なる拡張があるときには逆蠕動は発現しない。

4) 拡張部位が口側端より遠距離にあるときは逆蠕動は発現し難くなる。これは生理的な腸の興奮性が口側程大で、尾側になるにつれて低いことを示している。

5) 腸管の拡張、即ち縦・横径の伸展は振動数の増加を来す。

これ等のことより、拡張による興奮性の亢進は、振動数の増加に基づくものである事が解る。

6) 興奮の伝達距離は腸内容の多い時長く、小量の場合は興奮波の減衰脱落があつて短い。

以上の結果より、自効能を有する腸管内の興奮の伝導にも戸塚<sup>7)</sup>の「最頻部位支配説」の適用出来ることが明らかである。

7) Bayliss 及び Starling の腸管の法則は成立しない。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導並びに御校閲を賜つた、恩師戸塚武彦教授に深甚なる感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) Bayliss, W. H., E. H. Starling (1899) The Movements and Innervation of the Small Intestine. J. Physiol. 24, 99
- 2) Trendelenburg, P. (1917) Physiologie u. Pharmakologische Versuche über die Dünndarmperistaltik. Arch. f. exp. Path. u. Pharmakol. 81, 55
- 3) Hukuhara, T. u. S. Yokoyama (1942) Kritik an der Trendelenburgscher Theorie über die Dünndarmperistaltik. Jap. J. Med. Sci. Part 3, Biophysics 8, 19
- 4) 福原 武 (1953) 消化管運動の生理 綜合医学新書 No. 30 医学書院 東京
- 5) 大久保義夫・日 戸丑雄・柳谷岩雄 (1951) 腸管運

- 動に関する生理学的並びに薬理学的研究 (第3報)  
腸内容量と運動との関係 日薬理誌 47, 15
- 6) Hukuhara, T. (1941) Dynamische Untersuchungen am ausgeschnittenen Dünndarmstückes des Hundes. Jap. J. Med. Sci. Part 3, Biophysics, 7, 327
- 7) 戸塚武彦 (1932) 自伝能を有する臓器内に於ける興奮の伝導に就いて (第1報) 日医大誌 3, 3
- 8) 若林東一郎 (1933) 自伝能を有する臓器内に於ける興奮の伝導に就いて (第2報) 日医大誌 4, 6
- 9) Hukuhara, T. S. Kinose u. K. Masuda (1936) Beiträge zur Physiologie der Bewegung des Duodenums. Pfügers Arch. 237, 124
- 10) 東田 巖 (1952) 人工的に腸管を切断し各種吻合を施した場合の腸管運動の観察 日本生理誌 14, 272
- 11) Hukuhara, T. K. Masuda u. S. Kinose (1935) Über das Geselz des Darmes. Pfügers Arch. Physiologie 237, 619
- 12) 柳谷岩雄 (1952) 小腸逆蠕動の成因に就いて 日本薬理誌 48, 2, 131

### Summary

Observation was made upon the movement of the excised small intestine of a rabbit soaked in Tyrode's solution at the room-temperature.

Results are summarized as follows:

1) The excised intestinal canal, preserved in the cold Tyrode's solution in a ice-house for less than six hours, could be used without any difficulty for the experiment. Freshly excised or the incubated preparation was suspended for observation in the solution at 25°C, it began to contract rhythmically without any supply of oxygen. The amplitude of the movement grew larger in size in one or two hours and continued its regularity for some hours and then gradually became weaker. Its rhythm grew parallel to the amplitude. Further experiments were made in this constant phase.

2) Even if the content of the intestine was small it moved rhythmically and the rate of the rhythm seemed to grow a little with the inner pressure but no critical pressure (Trendelenburg) was observed.

3) Hukuhara's theory, which insists that the pendular movement and the peristalsis are quite the same kind essentially, was seemed to be reasonable.

4) Antiperistalsis appeared only when the caudal portion of the intestine was highly expanded but when the excised intestinal canal was long it was difficult to appear.

This evidence suggests that the excitability or the proper rhythm of the oral portion is stronger than the caudal portion, having the gradient of it along the axis.

It was clear also from the fact, that the proper rhythm of the canal is faster as the excised preparation was nearer to the mouth.

The theory that the portion having the faster frequency leads the other as Totuka has previously showed with the cardiac muscle, seemed to be available in this case.

5) The law of the intestine of Bayliss and Starling seemed not to be held.

(Department of Physiology, Nippon Medical School)

## 大脳半球内面に於ける皮質性間代性痙攣の最終共通

領野の法則について 612.825.1:(612.014.424+612.014.469)

Law of Final Common Area of Clonic Convulsion from  
the Inner Surface of Hemisphere.

西 願 幹 雄 (SEIGAN-Mikio)\*

### 緒 論

1870年に Fritsch, Hitzig<sup>1)</sup>により、大脳皮質に電気刺激を与えることによって、骨格筋が収縮し運動の現われることが発見せられ、此の皮質部位が運動領野と名付けられた。従来此の領野よりの投射経路は錐体路系によると考えられていたが、近年当教室の須田<sup>2)</sup> 其の他の間代性痙攣(略してKK)を標示とした一連の研究によって、運動領野に於いては錐体路系細胞だけではなく、錐体外路系細胞も共存することが実験生理学的に証明されて、運動領野を刺激した際に見られる全身のKKの投射経路は、此の運動中枢と云われていた部位より発する錐体外路系によることが確認された。尾崎<sup>9)</sup> は此の皮質性KKが運動領野以外のさらに前後に互る広い範囲の皮質からも起り得ることを発見して、其の一定領域を決定したが(第1図)、石塚<sup>3)</sup>、平山<sup>2)</sup> は不等皮質に属する海馬回にもKK運動性があり、ここからもKKが起ることを報告している。此の様に運動領野以外の相当広い範囲にわたる領域がKK運動性細胞を持つことが明らかであるが、更に尾崎<sup>10)</sup> はこれら領域より起るKKは、同側の運動領野を剔除しておくか、或いは他皮質との間に切截を施して連絡を断っておくと、運動領野以外の如何なる部位を刺激してもKKの起きぬ事から、運動領野以外の皮質刺激による興奮はすべて同側の運動領野を通過して下位脳に投射すると考え、同側の運動領野が皮質性KKに対して最終共通領野たる機能を有し、且つ此の機能が一側性である事を明らかにした。次いで平山<sup>3)</sup> は予め運動領野を剔除して

において、Gyrus Coronarius, Gyrus ectosylvius anterior, Gyrus Compositus anterior を刺激すると対側顔面のみKKの起ることを認め、此の領野を犬の顔面領野と名付けて、従来猿の顔面領野として知られていたArea 4Cに対するものとした。即ち上記顔面領野を剔除すると、運動領野の刺激では四肢及び軀幹にKKが起り、同側の顔面にはKKが起るが、対側の顔面には起らなくなる。同側顔面には起ると云う事は、一側運動領野は他側顔面領野と視床を介して連絡が有るからで、さらに対側顔面領野をも剔除しておけば全く顔面にはKKの認められないことから、顔面領野も亦最終共通領野たる機能を有する皮質→視床→中脳性の錐体外路系であるが、四肢及び軀幹のKKの投射経路とは趣を異にすると云っている。

以上の様に大脳半球外面の皮質に於いては、KKを標示とした皮質領野の区分及び錐体外路系法則が確立せられるに至ったが、内面については未だ不明で、僅かにCorpus Callosumのみが運動系に関与せぬことが報告されているにすぎない<sup>6)</sup>。そこで著者は大脳半球内側面全領域にわたり、隈なくKKを標示とした刺激実験を行って其の一定領域を決定し、これらKKの伝導経路及び半球外面皮質各領野との関係を明らかにしようとして本実験を試みたのである。

### 1. 実験方法

1) 実験には成犬を雌雄を問わず用い、すべて無麻酔の下に行った。

2) 犬の固定及び開頭は当教室の方法<sup>12)</sup>によった。

3) 大脳半球内面を隈なく刺激するために、

\* 慶応義塾大学医学部生理学教室

数例を除き対側半球は視床を残して剔除した。

4) 半球切除は開頭後硬膜を切り、小脳天幕より半球と中脳間を剝離し、四丘体上丘前方と間脳との間で切断して、半球を剝離剔除した。出血は脳底動脈を生理的食塩水の温綿を固くしぼって圧迫することにより防ぎ得る。

5) 内外運動領間切截は、薄い篋状刀を両者移行部に1.0cmの深さまで垂直に挿入し、線状切截を行った。内外顔面領間の切截は、前頭骨を Bulbus olfactorius が露出するまで開き、B. olfactorius の直上で、外面へ約0.2cm寄った線より前頭部から視床へ向って、巾1.0cmの薄篋状刀を約2.0cmの長さだけ挿入することにより目的を達し得た。此の方法は外面の Gyrus compositus anterior 及び Prolea と内面の Gyrus genualis, Gyrus ectogenualis 及び Prolea 間の灰白質を縦断するものである(第1図参照)。

6) 皮質剔除は目的の皮質の周囲に篋状刀で切込みを入れ、輪状ピンセットにより充分に脳実質を除去した。

7) 錐体切断は当教室の中邑<sup>9)</sup>の方法により、犬を背位に固定して前頸部正中線上より入り、咽喉頭は切除するか、或いは一側に圧排しつつ Basis Occipitale に達し、此の骨を截除した後延髄腹側面を露出して切断した。

8) 刺戟方法 皮質電気刺戟は極間2mmの白金双極電極を用い、第2 Coil 捲軸10,000回、第1回路に6Vの電池を入れた Harvard 型 Inductorium による頻度100/secの強縮刺戟を与えた。化学刺戟は2Molの glutamin 酸 Na を0.01cc迄の目盛を有する Tuberculin 用注射筒に1/5針を附着させたもので、0.02~0.04cc程度の皮質部位に注入した。

9) 実験後標本はすべて10% Formalin 溶液により固定して、切截、切除其の他の操作部位を確かめた。

## II. 実験成績

### (1) 半球内面皮質 KK 領野の決定

1) 大脳半球内面皮質に於いても Gyrus Sigmoides を始め広い領域から KK が起る。

第1表 電気刺戟による成績

刺 戟 部 位	例数	+	-
G. Sigmoides	40	40	0
G. Supra splenialis	33	18	15
G. Splenialis anterior	28	16	12
posterior	14	0	14
G. Cingularis anterior	17	17	0
medius	21	20	1
posterior	12	5	7
G. Genualis	30	28	2
G. ectogenualis	21	16	5
G. Proleus	16	0	16
G. entolateralis posterior	7	0	7
G. ectolateralis posterior	7	0	7
G. Supra sylvius posterior	9	0	9
G. Compositus posterior	8	0	8
G. Hippocampus	7	4	3

第2表 化学刺戟による成績 (2Mol glutamin 酸 Na)

刺 戟 部 位	例数	+	-
G. Sigmoides	3	3	0
G. Supra splenialis	3	2	1
G. Splenialis anterior	2	2	0
posterior	1	0	1
G. Cingularis anterior	0	0	0
medius	1	1	0
posterior	3	1	2
G. Genualis	2	2	0
G. ectogenualis	1	1	0
G. proleus	2	0	2
G. entolateralis posterior	1	0	1
G. ectolateralis posterior	1	0	1
G. Suprasylvius posterior	2	0	2
G. Compositus posterior	2	0	2
G. Hippo compus	0	0	0

内面皮質を隈なく刺戟した結果、間代性痙攣を起す領野としかからざる領野とを区分することが出来た。257回の電気刺戟と24回の化学刺戟の成績を一括すると第1表及び第2表の如くである。

上記2表より知り得ることは、Gyrus Sigmoides からは全例に KK が起り、其の他の皮質回転からも屢々 KK を起し得たが、Gyrus Splenialis posterior, Gyrus entolateralis posterior, Gyrus ectolateralis posterior, Gyrus Supra sylvius posterior, Gyrus Compositus posterior 及び Prolea の刺戟では KK は起らなかった。これは大脳半球外面に於ける尾崎の成績(第1図)に一致するものである。

これを図示すると第2図の如くで・は KK の起る部位、一は起らぬ部位を示す。なお Gyrus

genualis, Gyrus ectogenualis の刺戟により顔面のみ KK を起し得るが、此の問題に就いては後述する。

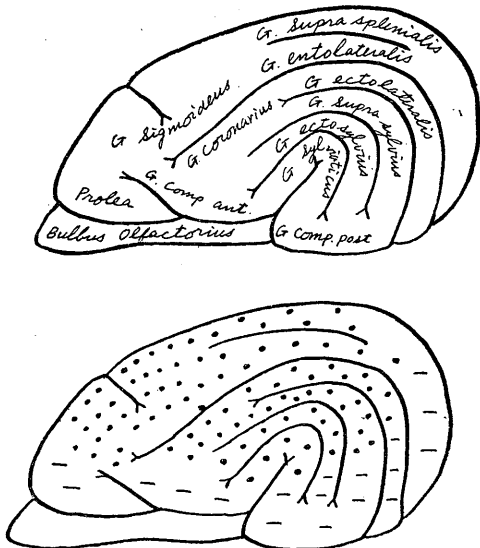
2) 錐体切断犬の内面皮質に於いても上記と同じ領域から KK が起る。

延髄錐体を切断した犬に就いて 190 回の電気刺戟の成績は第 3 表の如くである。

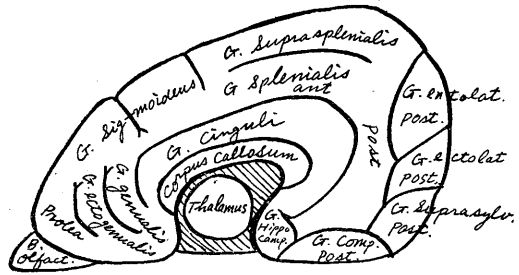
大脳外面の刺戟により起る皮質性 KK は、皮質運動領を発する錐体外路系の現象であることは既に知られているが、内面よりの皮質性 KK も、錐体を切断しても全く変化なく起ることは

第 3 表 電気刺戟による成績 (錐体切断犬)

刺 戟 部 位	例数	+	-
G. Sigmoideus	18	18	0
G. Supra splenialis	15	8	7
G. Splenialis anterior	15	11	4
posterior	18	0	18
G. Cingularis anterior	10	10	0
medius	11	10	1
posterior	12	8	4
G. Genualis	20	16	4
G. ectogenualis	20	15	5
G. proleus	21	0	21
G. entolateralis posterior	9	0	9
G. ectolateralis posterior	7	0	7
G. Suprasyllivius posterior	11	0	11
G. Compositus posterior	14	0	14
G. Hippocampus	9	7	2



第 1 図



第 2 図

第 3 表の成績からも明らかで、外面に於ける皮質性 KK と同じく錐体外路系の伝導路を持つものである。

(2) 内面皮質刺戟により起る間代性痙攣と最終共通領野に就いて

内面の皮質に於いても Gyrus Sigmoideus 以外の広い範囲から KK の起る事が分った。内面の Gyrus Sigmoideus に就いては、加藤等<sup>7)</sup>により其の身体部分に対する representation が明らかにされているが、皮質性 KK を標示とした内面皮質の錐体外路系法則は未だ不明である。

それ故、先ず運動領と内面皮質 KK 領野との関係を明らかにする必要がある。

1) 外面運動領 (G. Sigmoideus 外面部) を剔除すると、内面皮質から四肢及び軀幹の KK は起らない。

実験例 1. 犬 (No. 15) ♂ 1954. 4. 30

13時20分	秒	右半球剔除	
27		左外面運動領刺戟	R. A. 100-1秒
27	1	TK に始る全肢 KK 起る	
13	29	10	KK 止む
13	40		左内面運動領刺戟 R. A. 100-2秒
40	2		TK に始る全肢 KK 起る
42	5		KK 止む
53			左 G. Splenialis 刺戟 R. A. 100-5秒
53	5		KK 起る 全肢に及ぶ

54		KK 止む
14	5	左 G. Cinguli 前部刺戟 R.A. 100-3秒
	5	3 KK 起る 全肢に及ぶ
	7	KK 止む
	15	左 G. Suprasplenialis 刺戟 R.A. 100-5秒
	15	5 KK 起る 全肢に及ぶ
	15	41 KK 止む
	25	左 G. Genualis 刺戟 R. A. 100-10秒
	25	10 対側口唇鼻翼に KK 起る 四肢 KK なし
	26	5 顔面 KK 止む
14	30	左外面運動領剔除
	37	左内面運動領刺戟 R. A. 50-6秒 KK (-)
14	45	左 G. Splenialis 刺戟 R. A. 50-10秒 KK (-)
	55	左 G. Cinguli 刺戟 R. A. 50-10秒 KK (-)
15	5	5 左 G. Suprasplenialis 刺戟 R. A. 50-10秒
	15	左 G. Genualis 刺戟 R. A. 50-10秒
	15	10 対側鼻翼, 口唇, 眼瞼に KK 起る
	30	顔面 KK 止む

2) 内外運動領間に切込を入れるか、或いは内面運動領 (G. Sigmoides 内面部) のみを剔除しても内面皮質からは四肢及び軀幹の KK は起らない。

実験例	2.	犬 (No. 22)	♂	1954. 5. 19
12時30分	秒	左半球剔除		
13	18	G. Cinguli 刺戟 R. A. 100-7秒		
	18	7 KK 起る 四肢顔面に及ぶ		
	19	10 KK 止む		
	35	G. Genualis 刺戟 R. A. 100-5秒		
	35	5 顔面 KK のみ起る		
	40	顔面 KK 止む		
	43	G. Suprasplenialis 刺戟 R. A. 100-5秒		
	6	KK 全肢に起る 顔面にも起る		
	44	5 止む		
	47	内面 G. Sigmoides 剔除		
	52	G. Cinguli 刺戟 R. A. 50-10秒 KK (-)		
14	1	G. Genualis 刺戟 R. A. 50-10秒		
	1	8 顔面 KK のみ起る		
	2	10 止む		
	15	G. Suprasplenialis 刺戟 R. A. 50-10秒 KK (-)		

実験例	3.	犬 (No. 49)	♀	1954. 10. 11
14時45分	秒	右半球剔除		
15	5	内面運動領刺戟 R. A. 100-1秒		
	5	1 TK→KK 四肢, 顔面に及ぶ		
	6	31 KK 止む		
	15	内面 G. Suprasplenialis 刺戟 R. A. 100-5秒		
	15	6 四肢顔面同時に KK 起る		
	17	10 KK 止む		
	25	G. Splenialis 刺戟 R. A. 100-5秒		
	25	12 四肢顔面同時に KK 起る		
	27	50 KK 止む		
	35	G. Cinguli 刺戟 R. A. 100-3秒		
	35	4 全肢 KK から顔面に及ぶ		
	37	25 KK 止む		
	55	G. Genualis 刺戟 R. A. 100-2秒		
	55	2 対側鼻翼眼瞼のみ KK 起る		
	55	23 顔面 KK 止む		
16	5	G. ectogenualis 刺戟 R. A. 100-7秒		
	5	5 対側鼻翼より眼瞼に KK 始る		
	6	35 全肢 KK 起る		
	7	5 顔面 KK のみ止む		
	7	30 再び顔面 KK 出現 依然四肢に KK		
	8	四肢 KK 止み顔面のみとなる		
	9	10 KK 止む		
16	23	内外運動領間 (内外 G. Sigmoides の移行部) に切込を入れる		
	28	28 外面運動領刺戟 R. A. 120-1秒		
	28	1 TK→全肢から顔面の KK 起る		
	28	41 KK 止む		
	40	内面運動領刺戟 R. A. 80-5秒 KK (-)		
	45	内面 G. Suprasplenialis 刺戟 R. A. 80-5秒 KK (-)		
	50	G. Splenialis 刺戟 R. A. 80-5秒 KK (-)		
	55	G. Cinguli 刺戟 R. A. 80-10秒 KK (-)		
17	6	G. Genualis 刺戟 R. A. 80-10秒		
	6	10 対側口唇鼻翼のみ KK 起る		
	6	35 顔面 KK 止む		
	15	G. ectogenualis 刺戟 R. A. 80-10秒		
	15	10 顔面に軽い KK 様運動のみ		
	20	止む		
	45	外面 G. entolateralis anterior 刺戟 R. A. 100-5秒		
	45	5 四肢顔面に KK 起る		
	46	KK 止む		

尾崎<sup>10)</sup>が明らかにした様に、外面皮質に於いては Gyrus Sigmoides が皮質性 KK に対する最終共通領野であるが、上記実験から明らかな

様に Gyrus Sigmoideus は同側半球内面の皮質性 KK に対しても、最終共通領野となることが分った。即ち運動中枢以外の皮質より出て錐体外路系運動を起す経路は、これらの皮質部位より直ちに下位脳へ下るのではなく、横に綜合線維をもって運動領野の錐体外路系細胞に結合して、それより下へ降るのである。また内外運動領間に切込を行って、内面皮質を刺戟すると、KK が起らないのは、内面運動領野即ち内面の Gyrus Sigmoideus が内面皮質各部位からの運動性線維は受けるが、それを Gyrus Sigmoideus の外面部へ通すだけで、直接下位脳への錐体外路系投射線維を持たぬからである。

従って外面 Sigmoideus との結合が切れた時には、皮質性 KK に対する発動能力を失うことになる。

3) 一側半球内面の皮質刺戟による KK は対側半球運動領に及ぶことはない。

著者は実験の都合上、上記の実験 3 例は半球犬を用いたが両半球犬に就いても行い、上記事実を確認した。

実験例	4.	犬 (No. 45)	♂	1954. 10. 6
14時16分	秒	右内面運動領刺戟	R. A.	100-1秒
16	1	TK→全肢 KK 始る		
16	30	顔面にも KK 起る		
17	50	KK 止む		
25		右内面 G. Suprasplenialis 刺戟	R. A.	80-5秒
25	7	全肢 KK 起る		
	10	顔面にも弱い KK を認める		
25	40	KK 止む		
30		右半球の内外運動領間切戟		
36		右内面運動領刺戟	R. A.	50-5秒 KK (-)
45		右内面 G. Suprasplenialis 刺戟	R. A.	50-10秒 KK (-)

両半球犬に於いて一側半球の内外運動領間を切戟した後、内面皮質を刺戟したが半球犬の例と同じく KK は起し得なかった。この結果一側内面皮質と対側半球皮質運動領間の KK に関する伝導路の無いことは確かで、半球犬を用いた最終共通領野の成績は正しい。

(3) 内面皮質刺戟により起る顔面の間代性痙

攣と顔面領野との関係に就いて

皮質性 KK に於いては、顔面に生ずる KK と四肢軀幹に生ずる KK とを分離することが出来る。即ち外面皮質に於ける Gyrus coronarius, Gyrus ectosylvius anterior, Gyrus Sylvaticus anterior 及び Gyrus compositus anterior のみを刺戟すると、対側顔面のみ KK が起り、継続があるが、軀幹四肢には起らないことから、林<sup>4)</sup>は錐体外路系の顔面支配は軀幹四肢とは異なるものであるが、錐体外路系の皮質諸法則は完全に適用されると云っている。著者は半球内面皮質の刺戟実験に於いて、特に Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis からは顔面のみ KK が起ることを見出し、顔面領野との関係を追究した。即ち Gyrus genualis, ectogenualis を刺戟する場合に半球がとってある場合には、顔面のみ KK を起す場合と、顔面に先ず起り、これが四肢にも及ぶ場合と 2 つの場合が生ずる。第 4 表は其の比例を示したもので、半球剔除犬に於いては、内面顔面領野からの KK は四肢に波及することが弱いと考えてよい。

第 4 表  
内面顔面領野よりの四肢 KK 発現率 (電気刺戟による)

例	顔面 KK	四肢 KK
1	+	-
2	+	+
3	+	-
4	+	+
5	+	-
6	+	-
7	+	-
8	+	-
9	+	+
10	+	+

1) Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis を刺戟すると顔面のみ KK か、或いは対側顔面に始まり全肢に及ぶ KK が起る。

実験例	5.	犬 (No. 43)	♂	1954. 9. 29
14時10分	秒	右半球剔除		
53		G. genualis 刺戟	R. A.	60-2秒
53	2	対側口唇鼻翼及び眼瞼に KK		
53	12	全肢に KK		
54		四肢 KK 止む	顔面 KK のみ続く	
54	50	KK 止む		
15	5	G. ectogenualis 刺戟	R. A.	50-2秒
	5	2	対側鼻翼口唇に KK	KK 止む

2) 運動領を剔除した後, Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis を刺戟すると顔面のみの KK が起る.

実験例	6.	犬 (No. 42)	♂	1954. 9. 28
15時30分	秒	左半球剔除		
34		G. genualis 刺戟 R. A. 80-3秒		
34	30	対側顔面の KK 起る		
	40	四肢に KK 起る		
35	10	四肢顔面 KK 共に止む		
38		外面 G. Sigmoideus 剔除		
48		内面 G. Sigmoideus 刺戟 R. A. 30-5秒 四肢顔面共 KK (-)		
16	10	G. genualis 刺戟 R. A. 50-3秒		
10	2	対側口唇鼻翼のみに KK 起る		
11	40	顔面 KK 止む		
22		G. ectogenualis 刺戟 R. A. 50-3秒		
22	3	対側鼻翼眼瞼のみの KK 起る		
22	35	顔面 KK 止む		

運動領を剔除した後, Gyrus genualis および Gyrus ectogenualis を電氣的に刺戟すると, 外面皮質に於ける顔面領野と同様に, 対側顔面にのみ KK が起り四肢及び軀幹には見られない.

内面皮質より起る KK は, 同側の運動領を剔除しておくとして決定して起らないことは, 既に著者が証明した. 従って此の両者を, 一応内面皮質顔面領野と呼ぶことにする.

3) 内面皮質顔面領野を剔除しても, 内面皮質から四肢及び顔面の KK が起り得る.

実験例	7.	犬 (No. 33)	♂	1954. 6. 18
15時30分	秒	右半球剔除		
16	20	G. genualis 及び G. ectogenualis を剔除		
23		内面運動領刺戟 R. A. 90-5秒		
23	4	TK→全肢 KK 起る		
23	14	顔面 KK 起る		
25	4	四肢顔面 KK 共に止む		
35	10	G. Cinguli 刺戟 R. A. 90-5秒		
35	16	全肢 KK 起る		
	19	顔面 KK 起る		
36		四肢顔面 KK 共に止む		
50		外面顔面領野 (G. Coronarius) 刺戟 R. A. 100-5秒		
50	6	顔面 KK 起る		
50	40	顔面 KK 止む		

即ち Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis を剔除しても, 他の内面皮質刺戟により四肢軀幹の KK と共に顔面の KK が起って来る. 従ってこれらの KK は, すべて外面運動領野→外面顔面領野の系によるもので, Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis (即ち内面皮質顔面領野) を経て顔面に起るのではない.

4) 外面の顔面領野を剔除すると, 内面皮質の如何なる部位からも顔面の KK はおこらない.

実験例	8.	犬 (No. 40)	♂	1954. 6. 25
15時	分	秒 右半球剔除		
25		外面顔面領野を広く剔除		
30		内面運動領刺戟 R. A. 50-2秒		
30	2	TK→全肢 KK 起るが顔面には波及しない		
	20	KK 止む		
40		G. Cinguli 刺戟 R. A. 50-5秒		
	7	四肢に KK 起る 顔面 KK なし		
	21	KK 止む		
50		G. genualis 刺戟 R. A. 30-10秒 KK (-)		
55		G. ectogenualis 刺戟 R. A. 30-10秒 KK (-)		
16	1	G. Splenialis 刺戟 R. A. 50-5秒		
	1	6 四肢に弱い KK 起るのみ		
	1	11 KK 止む		

大脳半球外面の皮質に於いては, 皮質性顔面領野以外の或る範囲にわたる大脳皮質の, 何れの部分からも対側顔面に KK が起るが, 半球内面の皮質に於いても同様である. これらはすべて, 外面顔面領野を顔面 KK の最終共通領野とすることは, 上記実験により明らかになった. 即ち内面皮質刺戟により起る顔面の KK の伝導経路は, 必ず外面皮質顔面領野を経て下位脳へ投射するもので, 内面皮質各部から直接下位へ至る系はない.

5) 外面顔面領野との間を切截すると, 後者を刺戟しても顔面四肢の KK は起らない.

実験例	9.	犬 (No. 46)	♂	1954. 10. 7
13時30分	秒	右半球剔除		
40		内面運動領刺戟 R. A. 100-2秒		

40分	2秒	TK→全肢 KK となる
40	4	顔面にも KK 起る
42		KK 止む
51		G. genualis 刺戟 R. A. 100-2秒
51	2	顔面 KK 起る
51	5	四肢 KK も起る
51	50	KK 止む
58		G. ectogenualis 刺戟 R. A. 100-2秒
58	2	顔面のみの KK 起る
58	40	KK 止む
14	0	内外顔面領間切戟
	3	内面運動領刺戟 R. A. 50-2秒
	3	2 TK→四肢 KK 起る
	4	顔面 KK 起る
	4	10 KK 同時に止む
	10	G. genualis 刺戟 R. A. 30-5秒 顔面四肢共に KK なし
	15	G. ectogenualis 刺戟 R. A. 30-5秒 顔面四肢共に KK なし

上記実験から Gyrus genualis および Gyrus ectogenualis は、外面顔面領野との間に KK 運動性線維による結合がある。即ち運動領野は KK に対しても直接の運動中枢をなし、その前後にわたる KK 領野は此の意味では運動外中枢であったが、顔面 KK に就いても同様で、外面顔面領野が運動中枢で、内面顔面領野が運動外中枢である。

### Ⅲ. 総括的考察

#### a) 大脳半球内面皮質に於ける皮質 KK 領野の決定

皮質 KK 領野に就いては、既に尾崎<sup>9)</sup>が犬及び猿の大脳半球外面の皮質に就いて精密に決定し、運動中枢以外の領域（運動外領野）からも KK の起り得ることを報告している。著者は半球内面の皮質に就いて、感応電流強縮刺戟及び 2Mol glutamin 酸 Na による化学刺戟を併用して、同じ様に一定領域から KK を生じ、運動領野の外に広い皮質部位にわたる事を確認し、其の領域を第 2 図に示した。2, 3 の点に就いて外面の場合と比較すると、1) 各回転の後部からは KK の起らぬ事は、外面半球と同様で同一個体の同一回転でも、一般に後部移るに従って前部及び中央部に比して起り難くなる。2) 各皮質部位からの KK の発生は個体差がある。運動外領野の皮質からは、全く KK の起り得ない例は著者の実験では 50 例中 1 例即ち 2% あった。外面半球に於ける尾崎の成績では 1.5% であっ

たが、富田等<sup>13)</sup>は年令の多い犬程、KK 出現率が高いと云っている。3) 電氣的刺戟によって強縮性痙攣が先行するのは Gyrus Sigmoideus の内面のみで、他はこれを欠くことは外面の場合と同様である。すなわち内面皮質でも Gyrus Sigmoideus は TK と KK の両節細胞を有する。4) 外面半球皮質刺戟による KK は錐体外路系の運動現象として知られているが、内面皮質よりの KK も亦錐体外路系による。錐体切断犬に於ける成績は、無処置犬と比較しても KK の出現領域、様相に変化はない。

#### b) 内面皮質刺戟により起る KK と最終共通領野の法則

著者は大脳半球内面の広い範囲から起る皮質性 KK も外面に於けると同じく同側運動領野を通ることを実験的に証明した。その結果を総括すると次のようになる。

1) 内面皮質を刺戟して起る四肢の KK は、外面の Gyrus Sigmoideus を最終共通領野とする。即ち内面皮質の Gyrus Sigmoideus から起る KK も亦外面の同名皮質を経て起る。

外面運動領を剔除すると、内面皮質からは四肢軀幹の KK は起らない。即ちこれら領域から KK を起す経路は、生じた興奮が直接下位脳に投射されるのではなく、外面の Gyrus Sigmoideus に在る特定の錐体外路系細胞に対して横の綜合線維を送っているのである。これらはすべて内面の Gyrus Sigmoideus を経て外面 Sigmoideus に至るのである。

2) 内面皮質を刺戟して起る顔面の KK は、外面顔面領野を最終共通領野とする。外面顔面領野の剔除により、内面皮質からは顔面の KK は一切起らなくなるが、内面皮質各部位より外面顔面領野へと連絡する経路は 2 つ有る。1 つは内面の Gyrus Sigmoideus → 外面の Gyrus Sigmoideus (運動領野) → 外面顔面領野で、これは四肢 KK より顔面 KK の生ずる道である。2 は Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis から直接に外面顔面領野に至るものである。此の事実は Gyrus genualis 及び Gyrus ectogenualis を除く内面皮質領域に、同側運動領を剔除した

後、刺戟を与えても四肢顔面共にKKを生じないが、Gyrus genualis及びGyrus ectogenualisからは対側顔面のKKのみが生ずること。またGyrus genualis及びGyrus ectogenualisを剔除しておいても、内面皮質のそれ以外の部位の刺戟で、四肢軀幹と共に顔面にもKKが生ずることにより証明し得る。

3) Gyrus genualis及びGyrus ectogenualisは外面顔面領野に対してextra motor centreである。Gyrus genualis及びGyrus ectogenualisからは電氣的、化学的刺戟により顔面のみか、或は顔面に始まり四肢軀幹に及ぶKKを認めるが、外面顔面領野を剔除すれば起らなくなる。逆にGyrus genualisおよびGyrus ectogenualisを剔除しても、他の皮質から顔面のKKは起るが、此の両者は他の内面皮質とは連絡が無く、直接外面顔面領野のみと結合しているので、自らは下位脳への投射線維を持たぬに拘らず、外面顔面領野さえあれば、此の部位の刺戟により対側顔面に始まるKKが起るのである。内面のGyrus Sigmoideusについても同様で、刺戟によりTKを伴うKKを生ずるが、外面のGyrus Sigmoideusとの間の連絡を断つと、此の部は勿論他の如何なる内面皮質部位を刺戟しても四肢軀幹のKKを起し得ない事実から、内面皮質に対する共通路とはなり得るが、直接下位への投射系が無いのである。

#### IV. 結 論

1) 皮質性間代性痙攣を標示として、犬の脳内面の皮質に電氣的或は化学的刺戟を与えて、これを生ずる部位と、然らざる部位とを区分することが出来る。これを図示すると第2図の如くである。

2) 上記領野は錐体切断犬に於いても同じである。

3) Gyrus genualis及びGyrus ectogenualisからは或る条件の下で電氣的並に化学的刺戟によって、対側顔面のみの間代性痙攣を起し得るが、同側顔面領野を剔除しておけば起らない。

4) 一側運動領野を剔除すると、内面の如何

なる皮質部位を刺戟しても、四肢軀幹の間代性痙攣は起らない。即ち運動領野は内面皮質の刺戟によって起る皮質性間代性痙攣に対しても、最終共通路としての機能を有する。

5) 同側顔面領野を剔除しておく、内面の如何なる皮質部位を刺戟しても、対側顔面の間代性痙攣は起らない。四肢には勿論起る。

6) Gyrus Sigmoideus外面部と内面部の間に切込を加えると、内面のGyrus Sigmoideusを刺戟しても間代性痙攣は起らない。即ち皮質性間代性痙攣に関する錐体外路投射系は外面のGyrus Sigmoideusにある。

擲筆に当り、加藤元一教授の御鞭撻と林謙教授の御指導御校閲に対して、心からなる謝意を表します。又神戸医大須田勇教授の御支援を深謝致します。

#### 文 献

- 1) Fritsch. u. Hitzig (1870) Ueber die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns. Arch. Anat. physiol. Wiss. Mediz. 37, 300-332
- 2) 平山雅康 (1943) 皮質性咀嚼運動に関する実験生理学的研究 条件反射 6, 53-69
- 3) 平山雅康 (1943) 犬に於ける運動性顔面領野について 条件反射 6, 70-87
- 4) Hayashi-Takashi (1953) The efferent pathway of epileptic seizures for the face following cortical stimulation differs from that for limbs. Jap. J. Physiol. 3, 306-321
- 5) 石塚 保 (1943) 咀嚼運動領野としての海馬回転 条件反射 6, 47-52
- 6) 石塚 保 (1942) 大脳灰白質微小刺戟法による Corpus Callosum の生理学的研究 条件反射 4, 159-177
- 7) 加藤鋼蔵・伊藤文雄；犬の大脳皮質運動領内の運動分野について (未発表)
- 8) 中邑 勇 (1943) 皮質性癲癇痙攣に関する錐体外路系について 条件反射 6, 11-31
- 9) 尾崎格治 (1942) 皮質性癲癇痙攣と大脳皮質領野の区分 条件反射 4, 62-69
- 10) 尾崎格治 (1942) 皮質性癲癇痙攣の最終共通路としての Gyrus Sigmoideus 条件反射 3, 100-110
- 11) 須田 勇 (1942) 皮質性癲癇痙攣の皮質下連鎖 条件反射 4, 100-115
- 12) 斎藤脩二・須田 勇 (1942) 犬の大脳皮質運動領の刺戟によって起る癲癇痙攣に対する刺戟部位剔除の実験 条件反射 3, 22-29
- 13) 富田勝郎・戸塚善之助 (1939) 大脳皮質各部位の刺戟と後痙攣及び耳下腺後分泌との関係 条件反射 1, 52-57

### Summary

1. The area which produced the clonic convulsion following the electrical and chemical stimulation of dog's cortex extended in its inner surface of hemisphere as described in Figure 2.

2. The convulsion from the above area did not changed after the pyramis medullaris of the dog was severed.

3) Gyrus genualis and gyrus ectogenualis was the clonic convulsion area of the contralateral face, but the removing of homolateral face area of outer surface of hemisphere abolished its function.

4) Removing the motor area, clonic convulsion could not be produced from cortical area of the outer as well as the inner surface of homolateral hemisphere, in another words it was the final common area for cortical clonic convulsion.

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

## 睡眠中の音刺激による大脳皮質誘発電位について 612.822.3:612.858.7

Evoked Cortical Potentials of Animal to Auditory Stimuli during Sleep

朝比奈一男・藤本辰一 (ASAHINA-KAZUO・FUJIMOTO-SHINICHI)\*

### I. 緒 言

「睡眠の深さ」を測定しようという試みは古くから種々見られるが、「睡眠の深さ」ということが甚だ不明確な概念であるためか、適確な測定法は未だ知られていない。

脳波の形が睡眠時に変形し、然もそれが各睡眠時期によって或程度特徴的であることから、多数の研究者によって脳波を睡眠や麻酔の深さの示標にすることが試みられている。しかしこれがそのままそれらの深さを表わしているものか否か、殊に睡眠については多くの問題が残っている。

外来刺激に対する大脳皮質の反応性の大小が、換言すれば意識水準がそのまま睡眠や麻酔の深さを示すという立場からすれば、刺激による大脳皮質の反応、即ち刺激によって起る固有脳波の変化及び皮質誘発電位によって睡眠や麻酔の深さを知る事が出来る訳である。固有脳波への刺激の影響については既に Berger, Adrian 以来数多くの報告がある。また誘発電位については、Dempsey, Morison, Forbes, Magoun, Jasper, Koella, Gellhorn 等の数多の報告がある。これらの実験は、誘発電位の性質や発現機序を知り、中枢での興奮伝導経路、殊に視床皮質間の連絡を追及し、更に脳波の発現機序を究めようとするものであるが、同時に睡眠や麻酔の各段階での誘発電位が取扱われているので、これらを総合すると、睡眠や麻酔の各段階での特徴が略々明らかになるのである。

刺激として音<sup>1)2)3)4)5)</sup>、光<sup>7)9)24)</sup>、触<sup>14)</sup>、末梢神経電気刺激<sup>6)8)21)13)</sup>などが用いられているし、大脳皮質<sup>15)</sup>や視床各部<sup>10)11)16)17)18)19)20)23)</sup>の電気刺激による皮質反応が見られている。

末梢刺激による皮質反応は各報告者も認めて

\* 東邦大学医学部生理学教室

いるように本質的には同じものと思われる。

Davis 等<sup>1)2)</sup>は人の覚醒及び睡眠時の音刺激による皮質電位について実験し、次のような結果を報告している。

時 期	反 応
Alertness	$\alpha$ -中断. On-, Off-効果, 又は無反応
$\alpha$ -Optimum state	On-効果著明
Drowsiness	On-効果高電位
Sleep	速波再現, On-効果, K-Komplex

睡眠のある段階に出現する K-Komplex に速因子 (F) と遅因子 (S) とを認め、その関係を次のように述べている

睡眠脳波 (Bloke等の分類)	発現因子
A ( $\alpha$ ) 期	F
B ( $\alpha+\delta$ ) 期	S (やや速く小)
C ( $\delta$ ) 期	S + F
D (Null) 期	S
E ( $\alpha$ ) 期	F

以上の結論はほかの実験者の報告でも多少の違いと表現上の差があっても、略々一致している。しかしこれだけでは皮質誘発電位を睡眠の深さの示標とすることは難しい。この程度の特徴ならばむしろ脳波をそのまま示標とした方が有利であろう。

我々は音による誘発電位が果して睡眠の深さにどの程度の結び付きを持っているものかを知る目的でこの実験を行った。その結果は従来の報告以上のものは得られず、従って誘発電位によって、より精確な睡眠深度の測定の可能性は今のところ考えられない。

### II. 実 験 方 法

家兎・猫・蛙・がまを用いた (何れも本質的には同じ誘発電位を記録出来る)。麻酔は Urethan

Barbiturate, Ether などによったが、蛙の場合自然冬眠のものも対象にした。

多くの例で頭蓋を部分的に除き、Parietalの部分(音刺激ではこの部に最も良く反応が出易い)を露出、脳膜上にAg-AgCl電極を置いて誘導した。大多数は単極誘導を行ったが一部は双極誘導を行った。記録はペン書き脳波計及び波形の観察記録には陰極線Oscillographを併用した。

## Ⅲ. 実験結果

### A. 音による固有脳波の変化

Berger, Adrian, Rheinberger<sup>23)</sup>などによる実験以来、光や音によって人や動物の安静時脳波( $\alpha$ -rhythm)が中断されて速波に置換えられる事は良く知られている。我々の実験でも $\alpha$ の出ている時期には連続音によって低電位速波( $\beta$ 波)が出て $\alpha$ 波を中断し、再び $\alpha$ 波が出る迄には刺激が中止されてからも或る時間を必要とする。やや深い睡眠で $\delta$ 波の出ている時期には音によってそれが中断されて $\alpha$ 波が現われるが、音の中止で比較的速やかに $\delta$ が再現するのである。更に深い段階(麻酔の場合)では音によって固有脳波は影響されない。この関係は条件によっては単発音でも起り得る。

また予めCoffeinなどを与えておいた場合には音によって睡眠脳波は比較的容易に $\alpha$ を発現させ、しかも元に戻る事が難しくなる傾向がある。この場合脳波の上では一般の睡眠脳波と差はないのであるが、極めて容易に速波が出る(覚醒反応)ばかりでなく、長時間に亘ってこの状態を示す点で、単純に浅い段階の睡眠ということは出来ないであろう。

### B. 誘発電位について

#### 1. 睡眠(麻酔)の深さととの関係

##### a. 覚醒(安静)時の現われ方

単発音刺激に対する反応は一般に小型で、場合によると可視的反応としては起らない。殊に興奮に傾いている場合(Coffein又は他の刺激によって)には無反応の事が多い。かりに現われても繰返された音刺激に対して(3~4"以

下の間隔で)は最初の1回だけに反応するか、又4"以上の間隔で与えられた音に対しても急激にその大きさを低下する傾向がある。刺激の度に同大の反応を起すためには刺激間隔を5"以上にしなければならない。これもやや睡眠に傾いた状態でないと起り難いのである。時には後発現象も見られるが、その波の振動数はその時期に固有の $\alpha$ -波に一致し約10cps程度のものである。しかしより浅い段階では20cps程度の波の後発が出ることもある。

従って覚醒(安静)時期の反応は最初1回だけの反応かまたは急速に起る漸減現象によって特徴付けられるのである。

##### b. 浅い乃至中等度睡眠(麻酔)時の現われ方

漸減現象がそれほど急速ではないが著明に現われ易く、刺激間隔3"以下でも起り得る。間隔が長くなると漸減を起す代りに常に同大の反応をつづけるいわば不変現象を現わすようになる。場合によると刺激の度に出る反応が漸増漸減をくり返し、全体として紡錘状に増減することがあり、或いは夫々の反応の大きさが全く不規則に出て不定現象を示すこともある。

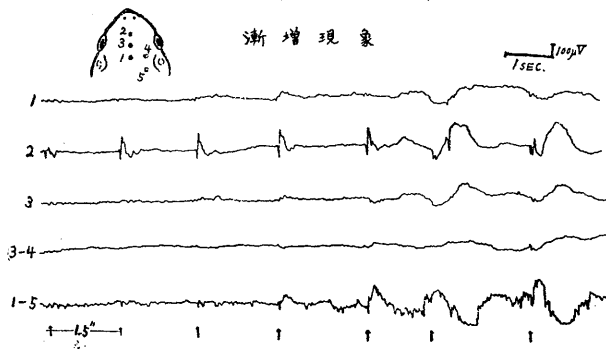
この時期には刺激に対して全く反応しないということは殆んどない。

従ってこの段階での反応は、形の比較的大きな漸減現象と、比較的短い刺激間隔でも各刺激に応じ得ることを特徴としている。

### C. やや深い中等度の睡眠麻酔時の現われ方

この時期には反応は大きく漸減傾向に代って漸増傾向が強く表面に現われる。これは3"以下の刺激間隔のときに著しい。やや深いときには漸増現象は終局的には屢々DavisのいうK-Komplexの形を起すのであるが、K-Komplexが完全な形で現われるのは主としてこの時期である(第1図)。

後発も見られるが、その波の振動数は5cps程度のものが多い。これもこの時期の固有脳波の振動数に一致するものであろう。又交替現象の見られるのも主としてこの時期である。この時期は睡眠深度の水準範囲が広い為、現われ



第1図

る反応も複雑である。一般に反応型は大きく、漸増も漸減も出るが比較的浅い時には漸減、深い時には漸増が出易いと言えるであろう。

d. 深い睡眠(麻醉)時の現われ方

極めて深い麻醉状態では何等の反応も起らないが、それまでの一時期には比較的短い刺激間隔でも完全型の反応が出易い。場合によると1"以下の刺激間隔でもよく1つ1つの刺激に応じ得るのであって、この時期には漸増漸減の現象は殆んど起らない。起れば漸増である。

従ってこの時期のはじめには誘発電位は完全型で大きく、繰返される刺激に夫々応ずるが、麻醉がさらに深くなるに従って反応は次第に小さくなり、極めて深い場合には全く無反応になる。その前には小型の反応を示すけれども、これは浅い睡眠時の小型反応と異なり、短い間隔の刺激にもよく応じる。これはS因子を主徴とし、反応が皮質各部位に全般的に現われるものである。また非常に深い麻醉の場合突発性に大きな二相波を出す事があるが、この波と同じものが音刺激によって発現することも見られる。

e. 蛙冬眠時の現われ方

間隔4"以下の刺激に対して漸増及び漸減の現象を起し易く、交替現象も見られる。不定現象も屢々起る。

即ち兎や猫での浅い乃至中等度睡眠の段階に相当する反応を示すのであるが、これらの現象は刺激間隔には余り関係なく1"以下の間隔でも同様に見られるのが、特徴的な傾向といえるであろう。

2. 誘発電位の波型について

一般に覚醒(安静)時及び浅い睡眠時に出る誘発電位は低電位であり、漸減時の最初の反応、漸増時の最大反応でも100µVを越えることは少い。中等度の深さ乃至やや深い睡眠(麻醉)に出る不変現象や、漸増反応中の最大のものあるいはK-Komplexといわれるものの振幅は非常に大きく300µV以上に及ぶこともある。波形では原則として速因子と遅因子とが認められる

が、繰返し刺激に対する連続反応では速因子が圧倒的で遅因子は目立たない。

覚醒時の誘発電位は局所的で殆んどParietalにのみ出るSpike様のものが目立つ。極めて深い麻醉でも殆んど非常に低電位の速因子のみで遅因子は目立たなくなる。しかしその中間の各段階では、速遅両因子が同時に又は単独に発現するばかりでなく、その形も複雑であって、睡眠深度との間に一定の関係が見られない。同じ時期での同じ条件の刺激でも決して同じ形のを発現させるとは限らない。我々の実験では略々第1表のような結果を得た。

即ち潜時は速・遅因子(Spike及びSlow wave)共に睡眠乃至麻醉の深くなるに従って延長するが、反応の大きさ及び持続は中間の時期で甚だ大となり、さらに深くなると再び小さくなる。この関係も従来の報告に一致するものである。なお波形と発現分布の関係については考案の項で述べる。

IV. 考 案

視床皮質間の連絡についてDempsey<sup>16)</sup>等が視床の電気刺激によって起る皮質反応に増強現象(Recruiting)を認め、さらに後発も注目され、増強電位後発自発電位及び末梢刺激による

第1表

時 期	潜時 (msec) Spike	遅 波	持続 (msec)
猫 { 覚 醒 時	14~18	30~35	90~120
猫 { 浅-中等	18~20	35	200~210
兎 { 深 麻 醉	20~30	50~60	40~120
蛙 冬 眠 時	1~2	3~5	30

誘発電位相互の関係が論じられた<sup>5)20)</sup>。

Forbes<sup>11)</sup>, Bartley<sup>7)8)</sup> 其他による末梢神経刺激の実験でも同様の現象が問題とされ、更にこれに続く諸報告<sup>18)19)20)</sup>では抑制、漸増漸減、初回刺激のみの反応、交替現象なども問題になっている。これらの実験は視床皮質間の機能的連絡を究める目的のものであるが、此の方面では当然脳幹網様系に関する Magoun, Jasper などの研究に連るものである。これら多数の報告に於いては皮質誘発電位が分析され、各因子の発生及び伝わる経路が追及されているばかりでなく、それら各因子と睡眠や麻酔の深さとの関係が論じられているのである。

Gellhorn<sup>23)</sup>はこれらの報告を纏め、Dempsey, Magoun, Jasper, Koella 等の報告について次のように述べている。即ち一般に汎性投射系と言われるものの内、視床下部後部一汎性視床投射系核の系統を覚醒作用の、また視床下部前部一視床 Hypogenic area (Hess) の系統を睡眠作用のある部位とし、両者の平衡の上に睡眠覚醒の交替が営まれるというのである。また汎性投射系は麻酔薬に対して特殊投射系よりも過敏に犯されるので、麻酔や睡眠の深さによる皮質反応もそれぞれ差異を示すという。その差異については、視床刺激による増強漸減後発波形が問題になるのであるが、これらの視床刺激に伴う諸現象は、末梢感覚刺激によっても起るのであって、音を刺激とした Davis<sup>1)2)</sup>の実験でも我々の実験でも、刺激間隔に差はあるが同様の諸現象が見られるのである。

このような現象の発現と睡眠の深さとの関係については、上述の各報告にもある通り、視床と皮質間に存在する或る機構の仮定の上に、加重、疲労（閾値上昇）という説明がある。我々はこの点について、誘発電位の因子分析従って各波形因子を出す機構の差などに無関係な、次の仮定を置くことによって説明を試みる。

- 1) 連続的に変化する睡眠深度水準の存在。
- 2) 各水準に固有の反応性の存在（大きさ、形、因子を含めて）。
- 3) 刺激による水準の上昇（覚醒側に向う）

及びこの水準の元の水準への逆行過程の存在。

4) 逆行過程は浅い水準では遅く、深い水準では速やかに進行する。

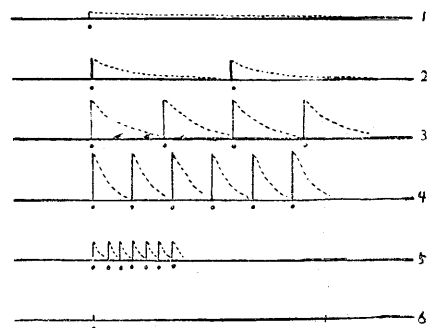
以上の仮定は当然生体内に起るべきものであるが、3) の過程は Wölsch<sup>22)</sup>が睡眠の蓄電池説において、睡眠中の刺激による覚醒側に向う反応（覚醒反応といわれる程の可視的のものでなくてもよい）及び再び元に戻る過程を電気回路の模型によって示しているものに相当するであろう。この過程は生体内では恐らく速やかに起る化学過程であると思われる。

#### A. 各刺激に対して完全型で応じ得るための条件

浅い水準 1, 2 では刺激を受けた場合反応を起してその水準はさらに上昇し覚醒興奮の水準に達するが、これが直ちに元の水準に戻る過程に移る。しかしこの逆行過程は速度がおそいので、次の刺激が初めの刺激と同じ反応を出すためには比較的長い時間の後に与えられなければならない。我々の実験では 4~5" 以上である。しかもこの水準での固有反応は小さい。

中等度の深さの水準 3, 4 では上記の逆行過程が比較的速やかに進むので、比較的短い間隔の繰返し刺激にも夫々完全型で反応を起すし、またこの水準での固有反応は大きいので、記録の上では、大きな反応が比較的短い間隔の刺激に対してよく発現することになる（第 2 図）。

深い水準 5, 6 では上記逆行過程は更に早いので、一層短い間隔の繰返し刺激（実験では 1" 以内）にもよく応じ得るのであるが、この水準が深いほど固有の反応は小さいので、夫々の刺



第 2 図

有効刺激間隔（不変反応発現のための）と睡眠深度

戦に対して同大ではあるが小型のものが現われることになる。

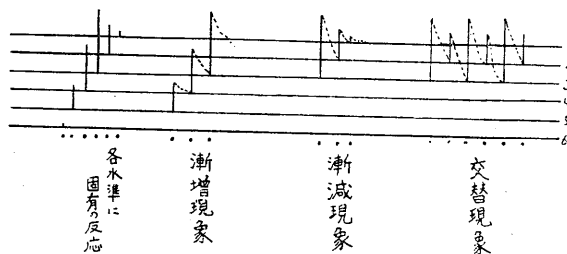
以上の考え方には可成り大きな仮定部分があるわけであるが、中等度の水準で起る大きな反応は例えば脊髄上部を切断して末梢からの求心路を中断した場合、音刺激が起す格段に大きな反応に似ている。

また浅い水準での小さな反応と、極めて深い水準での小さな反応とは本質的に異なるものであって、前者は刺激間隔が長くなければ完全型では現われず、Spike 状因子が優勢であるのに対し、後者は短い刺激間隔によく応じ、Slow wave 状の因子が優勢なものである。

### B. 漸増・漸減の起る条件

視床刺激による皮質反応で起る増強現象や漸減の現象について、前者は促進過程、後者は疲労、不応期によるという説明が多く見られる。音刺激に対する漸増漸減に対しても同様のことが考えられているらしい。しかし我々が上に述べた仮定の上に立てば、漸増も漸減も共に同じ過程の異った表現であると説明することが出来るのである(第3図)。

漸増は比較的深い麻酔水準に起るのであるが、この水準で刺激を受けるとその水準に固有の小さな反応を以て応ずるが、この反応と共に水準は上昇して直ちに逆行過程に移る。逆行過程の途中で第2の刺激を受けるとその水準でのやや大きな固有反応を以て応ずるので、反応は第1のものより大きくなる。刺激が適当な間隔で繰返えされた場合には当然反応は次第に大きくなって来る。但し中等度深さの水準の固有反応が最大であるから、漸増現象もこれより浅い水準では起らない。



第3図 漸増漸減現象の起る条件

漸減は比較的睡眠が浅いか又は中等度の深さの場合に起るのであるが、中等度水準での固有反応は大きいから、刺激によって大型の反応も示し、それに伴って水準が上昇し直ちに逆行過程に移る。その途中で第2の刺激が与えられると、その水準でのやや小さい固有反応を以て応えることになる。こうして繰返し刺激に対する反応は次第に小さくなり、漸減現象として現われるのである。従って漸増と漸減とは出発点の睡眠(麻酔)深度の水準によって何れかに決るものであって、本質的には全く同じ過程による現象として理解出来るのである。Forbes<sup>11)</sup>は漸減又は初回のみ反応は求心路と皮質細胞間にある機構(Pace making mechanism)によるもので、麻酔ではこの閾値が上昇すると疲労によって起るのであるという。

### C. 交替現象の起る条件

交替現象は中等度の睡眠段階で起る。然も比較的長い間隔の刺激の繰返して起り易い。この現象も上記の仮定の上で次の様に説明出来る。

第1刺激によってその水準での大きな固有反応が起るが、第2刺激がその逆行過程の途中で与えられると、浅い途中の水準の小さな固有反応が起る。ところがそこから逆行過程が進んで初めのやや深い水準に戻った時に第3刺激が与えられると再び大きな固有反応が現われることになる。交替反応はこのような現象の繰返しによって起るものと考えられる。

従って漸増(増強)漸減及び交替初回のみ1回反応などすべて同じ過程の異なる表現であって、睡眠の水準及び刺激条件(殊に間隔)によっていずれかの現象が現われると考えることが出来る。

### D. 波形と発現分布について

興奮に近い覚醒時と極めて深い麻酔の水準では波形は比較的単純で両者ともSpike 様のものが出る。しかしその中間の段階での波形は複雑である。各報告にあるように速因子(F)と遅因子(S)とが認められるし、両者が互いに独立の態度をとることも認められる。Grossman<sup>9)</sup>

第2表

脳波 有効刺 変形 戟間隔	反 応 発 現 状 態							反 応 の 波 形			
	漸増	漸減	1回のみ の反応	交替	不変	不定	後発	優勢因子	潜時	持続	電位
興 奮			卅	卅							甚小(-)
覚醒(安静)	a-中断 大		卅	卅				20C.P.S. F	小	小	小
浅	速波出現 ↓	+	卅	+		+	+	10C.P.S. } F+S	↓	大	大
中	δ-中断		卅	+		+	卅	5C.P.S. } F+S	↓	大	大
深	a-再現 小	卅				+	卅	単波 F·S	大	小	小
甚 深											甚小(-)
冬 眠		+	+			+	+		小	大	大

は幼若動物の音による誘発電位を見、後発のFとSとについて、Sは未分化の段階で、Fは分化の進んだ発達段階で出ること、麻酔によって高分化に出るFが犯されるのでSが優勢になることを述べている。Forbes等は深麻酔で視床刺戟による誘発電位ではSlow waveが消えてPrimary spikeだけが残ることを見ている。我々の実験では覚醒段階では鋭いSpikeが優勢であるが、睡眠や麻酔が進むとSとFが明瞭に現われて来る。更に深い場合にSだけが残ることもあり、Fだけが出ることもある。ただ極めて深いときは小さなFだけでSは消失する。発現部位については、我々の場合大脳皮質の全般について記録したのではなく、Frontal, Parietal, Temporal, Occipitalの数カ所を同時記録したに過ぎないので明確には分らない。麻酔剤に対して特殊系が汎投射系に較べて抵抗が強いのので、麻酔が進むと反応は全般的に出なくなって局所性に出るようになるといわれているが、しかし我々の実験では必ずしもそのようではなく、これも一定の傾向は見られないのである。覚醒系のものと同睡眠系のものとは、皮質に投射する部位的関係が同じく汎投射系とはいえ可成りの差を見せるといわれるのであるから、誘導する部位によって記録上の結果が異なるのであらうとも思われる。

V. 結 論

音刺戟によって大脳皮質に誘起される電位変動は、兎・猫・蛙・がまで何れも本質的には同じものと思われる。この反応を示標として睡眠(麻酔)の深さを測れるか否かを知る目的でこの

実験を行った。結果を第2表に一括する。

結果的に従来の諸報告以上のものは得られなかったもので、この実験の目的は今のところ達せられていない。ただ反応の大きさ、有効刺戟間隔の変化、漸増漸減の現象、交替現象などが、ある仮定の上で説明可能であるし、その仮定が許されるならば睡眠や麻酔の深さの水準を決めることも或る程度可能になるのではないかと思われる。

- 1) 連続的に変化する睡眠深度水準の存在。
- 2) 各水準に固有の反応性の存在。
- 3) 刺戟による水準の上昇(覚醒側に向う)及びこの水準の元の水準への逆行過程の存在。
- 4) 逆行過程は浅い水準では遅く、深い水準では早く進行する。

文 献

- 1) Davis, P. A. (1939) Effects of acoustic stimuli on the waking human brain. J. Neurophysiol. II, 6, 494-499
- 2) Davis, H., P. A. Davis, A. L. Loomis, E. N. Harvey, G. Hobert (1939) Electrical relations of the human brain to auditory stimulation during sleep.
- 3) Loomis, A. L., E. N. Harvey, G. Hobert. (1936) Brainpotentials during hypnosis. Science 83, 239-241
- 4) Chaskiel Grossmann (1955) Electroontogenesis of cerebral activity. A. M. A. Arch. Neurol. Psychiatr. 73, 186
- 5) Watson, W. Denny Brown D. (1955) Studies of the mechanism of stimuli, sensitive myoclonus in man. EEG. Clin. Neurophysiol. 7, 341-356
- 6) Loomis, A. L. (1938) Disturbance pattern in sleep. J. Neurophysiol. 123, 140-141
- 7) Bartley, S. H., J. O'Leary, G. H. Bishop (1937) Differentiation by strychnine of the visual from the integrating mechanism of optic cortex in the rabbit. Am. J. Physiol. 120, 604-618

- 8) Bartley, S. H. (1938) Response of the sensorimotor cortex to stimulation of a peripheral nerve. *Am. J. Physiol.* 121, 21-31
- 9) Berger, (1929) Ueber das EEG des Menschen. *Arch. Psychiat. Nerven* 87, 527-570
- 10) Derbyshire, A., B. Rempel, A. Forbes, E. F. Lampert (1936) The effect of anaesthetics on action potentials in the cerebral cortex of the cat. *Am. J. Physiol.* 116, 577-596
- 11) Forbes, A., B. R. Morison (1939) The cortical response to sensory stimulation under deep barbiturate narcosis. *J. Neurophysiol.* 2, 112-128
- 12) Spiegel, E. A., E. G. Szekely (1955) Supersensitivity of the sensory cortex following partial deafferentiation. *EEG. Clin. Neurophysiol.* 7, 375-381
- 13) Chatfield, P. O., J. T. Lord (1955) Effect of atropine prostigmine and Ach. on evoked cortical potentials. *EEG. Clin. Neurophysiol.* 7, 553-556
- 14) Marshall, W. H., C. N. Woolsey, P. Bard (1937) Cortical representation of tactile sensibility indicated by cortical potentials. *Science* 85, 388
- 15) Rosenblueth, A., W. B. Cannon (1942) Cortical responses to electrical stimulation. *Am. J. Physiol.* 135, 690-762
- 16) Dempsey, E. W., R. S. Morison (1942) The production of rhythmically recurrent cortical potentials after localized thalamic stimulation. *Am. J. Physiol.* 135, 293-300
- 17) 竹内 茂 (1954) 視床大脳皮質結合に関する実験的研究 *精神誌* 55, 826-850
- 18) 昇塚清民 (1954) 視床単一電気刺激による家兎大脳皮質誘起電位について *精神誌* 55, 808-825
- 19) 根岸晃六 (1956) 皮質及び皮質下増強反応 (Recruiting response) の研究 *精神誌* 58, 1
- 20) 安原基弘 (1953) 体制神経の求心刺激伝導路に対する麻酔薬、催眠薬、鎮痛薬の作用点に関する研究 *日薬誌* 49, 22-30
- 21) Mueller, R. L. (1947) Ueber den Schlaf.
- 22) Gellhorn, E. (1952) Physiological foundations of neurology and psychiatry,
- 23) Rheinberger, M. B., H. H. Jasper (1937) Electrical activity of the cerebral cortex in the unanaesthetized cat. *Am. J. Physiol.* 119, 186-196
- 24) Mitarai, G. (1954) Cortical response to photic stimulation. *Tohoku J. Exper. Med.* 62, 261-270

### Summary

The evoked cortical potentials due to the auditory stimuli during sleep were surveyed. Evoked potentials were observed on awake, sleep, and narcotized animals.

The experiment has brought to light nothing besides what are stated in various reports already submitted. However, the response to any difference in stimulus interval, waxing and waning, the response that appears only once at the first stimulus, afterdischarge, alternation and other related phenomena could be explained on certain hypothesis concerning the depth of sleep.

Therefore, if this experiment develops satisfactorily, it may become possible, to detect the depth of sleep by referring to the evoked potentials in view.

The assumptions are as follows.

- 1) The existence of levels which change continuously and indicating the depths of sleep.
- 2) The existence of response peculiar to each level.
- 3) The existence of decrease in depth of sleep due to stimuli and the retrograde process from the lighter level of sleep to the original one.
- 4) The retrogression goes on slowly where the depth of sleep is small, and goes on quickly where the depth of sleep is larger.

*(Physiological Department, School of Medicine, Toho University)*

## 超極大刺激による棘間距離について 612.816.1:612.014.424

The Spikes caused of Sciatic Nerve when it was Stimulated  
by Electric supramaximal Stimulation.

刑 部 宏 (OSAKABE-Hiroshi) \*

### I. 緒 論

蟻の坐骨神経腓腹筋標本で間接刺激により刺激強度の増加に伴い、極大攣縮、超極大攣縮を起す事は、以前より知られている事実である。この場合極大刺激で全数の運動神経線維が発火し、所謂極大攣縮を起しているのに、超極大刺激になると更にその攣縮高を増す事は、強刺激で初めて発火し筋収縮に関与する特種な運動神経線維が存在すると云う見方と、与えられた刺激が単一感応電流刺激でも、その強度が増大すると、運動神経線維には、強縮刺激として作用するので攣縮高が増加すると言う見方と2つある。前者の疑問に対しては、田崎<sup>1)</sup>により発見された遅運動神経の関与が考えられこれは、吉岡<sup>2)3)</sup>により研究された。その結果によれば遅運動神経線維は、単一電気刺激には、反応せず数回の反復刺激で初めて最小の筋収縮をきたすが、超極大刺激でその攣縮高の増加をその線維群の発火とは考えられない。とすると、どうしても若干の運動神経線維が2回の興奮を起したことになる。果して然るか。然りとせば電氣的に明らかな単一刺激であるのに、何故、超極大強度になると運動神経線維が反復興奮を起すのであろうか。

単一開放感応電流であっても捲軸距離が近ければ、その電流経過は少しずつ変化する。勿論その強度についてほぼ2乗に比例して増加するが、その経過時間は順次のびて行くことは、既に諸家が論じているが単一経過の電流に対して2回興奮を起すならば、最初の興奮が残した絶対不応期を経過するや否や、つぎの興奮を起すにちがいがなく、比較的の不応期のどの時点かで起す程感応電流の経過が長いものとは考えられな

い。そこで著者は、

1) はたして、単一感応電流によって超極大刺激と称せらる強度に於いて、神経は1つ以上の興奮を起しているのかどうか。

2) もし、起しているものとするならば、その時間間隔は少なくとも比較的の不応期の初期に於いて起ったものと計算されてよい。そしていかなる間隔をなしているのかどうかを電気生理学的に批判検討し、この考えが否定せられるべきであるならば他の如何なる考えが真理に近いかを研究せんとした。

### II. 実験方法

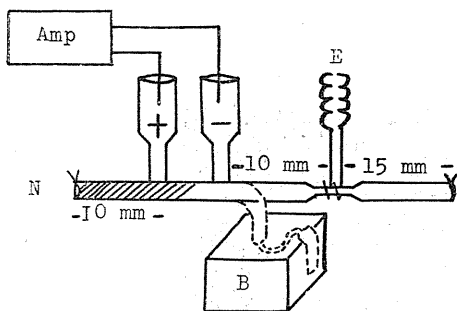
実験材料は雌雄蟻より得た坐骨神経腓腹筋標本である。室温は10~16°Cで必要に応じ神経外膜を剝離する場合は、坐骨神経筋標本を双眼顕微鏡下で大腿二頭筋枝の位置から単一運動神経線維分離法(清水<sup>4)</sup>、Kato<sup>5)</sup>、Tasaki<sup>6)</sup>)に準じ約10mm中樞端を剝離した。

刺激電極は極間2mmの双極白金電極で、単一矩形波(0.2~1.0msec)、又は開放感応コイル刺激を神経外膜剝離部位から与えた。刺激装置は日本光電製で刺激の影響がその誘導電圧の波形に何ら変化を与えぬものである。単一矩形波の中と電圧は自由に調節出来る。感応コイルによる単一刺激の強度は、その捲軸距離で定めた。第2次コイル1万回の高橋製の立型感応コイルで、1次コイルに鉄芯を入れ、1次回路に2V蓄電池1個挿入す。開放刺激を用いその波形は第1表右上に示される如きものである。

誘導電極は不分極電導子(亜鉛-硫酸亜鉛)を用い抵抗容量結合増巾器(CR)および直流増巾器(DC)からBraun管に導きその偽作電圧を記載した。

又、等張性槓桿によって筋攣縮曲線を緩やか

\* 慶応義塾大学医学部生理学教室



第1図 実験装置

E: 刺戟電極. 刺戟部位を剝離した場合. N: 坐骨神経. 斜線は挫滅部位. B: 作用物質溶液槽.

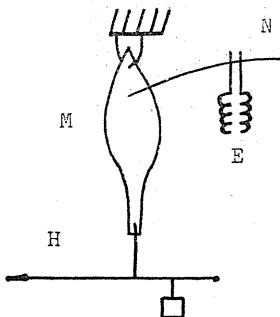
に廻転するキモグラフィオンの煤煙紙上に描記した. 各実験例に於ける刺戟間隔は 30~60" と定め, 実験中は湿度を一定にする様に務めた. 実験装置を図示すれば第1図の如くである.

Ⅲ. 実験成績 (その1)

A. 正常時の超極大攣縮について

1) 間接超極大刺戟時収縮曲線と刺戟電撃強度

実験装置を図示すれば第2図の如くである.



第2図 筋短縮曲線描記法

N: 神経. E: 刺戟部位. M: 筋肉. H: 槓桿.

即ち, 神経Nに開放感応コイル刺戟及び矩形波刺戟を与え, 筋Mの運動を槓桿Hにより等張性にキモグラフィオン上に描記する. 刺戟頻度は30秒に1回間隔で漸次強度を高めた. その結果を記載すると第1表の如くなる.

それによれば感応コイル刺戟, 矩形波刺戟共に刺戟強度の増加に伴い, 閾値, 極大攣縮, 初超極大攣縮, 超極大攣縮と筋収縮高は飛躍的に増大されて行く. この時期になると所謂 Ficke 氏間隙や, 収縮残遺発生の傾向があらわれる.

矩形波は刺戟電撃の中を 1.0msec, 0.5msec, 0.3msec, 0.2msec と減少するに従い極大, 超極大の閾値電圧は増加し, 0.2msec では 30V でも超極大攣縮を起さぬものも1例あった. 又, 刺戟部位を前記に示された方法で神経外膜を剝離すると閾値は著しく減少し, 超極大攣縮も起しやすくなる. この実験に用いた開放感応コイル刺戟は, 第1表右側上に示されるもので, その中は 0.3msec 以下のもので矩形波とともに単一刺戟として完全なものである. 第1表右下は, 0.3msec 矩形波である.

2) 間接超極大刺戟時の偽作電圧について

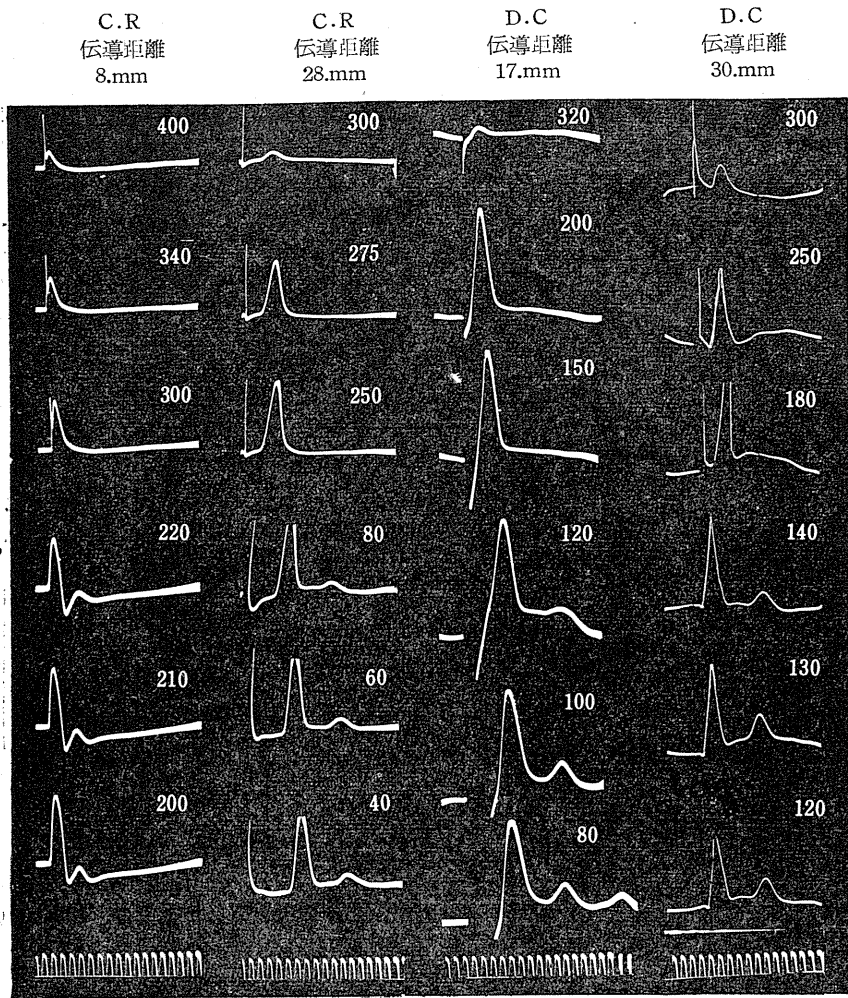
a. 感応コイル刺戟

開放感応コイル刺戟 (第1表右上) を神経標本に与え, その偽作電圧を誘導した (第1図参照). その結果は第3図に示される. 左列は C. R 増中器で誘導された伝導距離 8mm のものである. 捲軸距離 400mm の閾値の例で, 刺戟強度が 220mm になると, 第2興奮波が著明に第1波から分離し, 刺戟から 4.0msec で頂点に達す

第1表 キモグラフィオンによる閾値

刺戟種類	刺戟の中	神経外膜	例数	閾 値	極 大	超 極 大
矩 形 波	0.2msec	有	4	420~310mm	300~230mm	200~130mm
	1.0msec	有	11	80~150mV	180~340mV	1.0~7.0V
		有	2	150~180mV	200~340mV	1.5~6.0V
	0.3msec	有	4	150~230mV	500~1.0mV	2.0~20.0V
		有	3	300~500mV	700~1.5V	15.0~30.0V
	0.2msec	無	3	90~140mV	300~600V	2.0~10.0V





第3図 感応コイル刺激

図中右肩の数字は捲軸距離 (単位 mm) を示す。刺激強度の増加に伴い、第 2, 第 3 興奮波の出現が見られ、D.C. Amp 誘導時には陰性持続の出現後、第 2 興奮波があらわれる。時標は、すべて 1 msec.

る第 2 興奮波が誘導される。その大きさも、第 1 波の 1/2 から 2/5 程度のものである。この実験では、神経束を刺激している為、A 波  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , B 波, C 波の分離と超極大攣縮時の興奮波と混同する恐れも考え、その分離が不可能な範囲の伝導距離、即ち、10mm 以内で実験したのでこの第 2 興奮波が、その様なものでないことは当然であり又、その増幅高から云っても別な第 2 の興奮波である事が予測される。そしてこの第 2 興奮波の発現と前後して超極大攣縮を起す事から、この両者の関連性を検討したもので

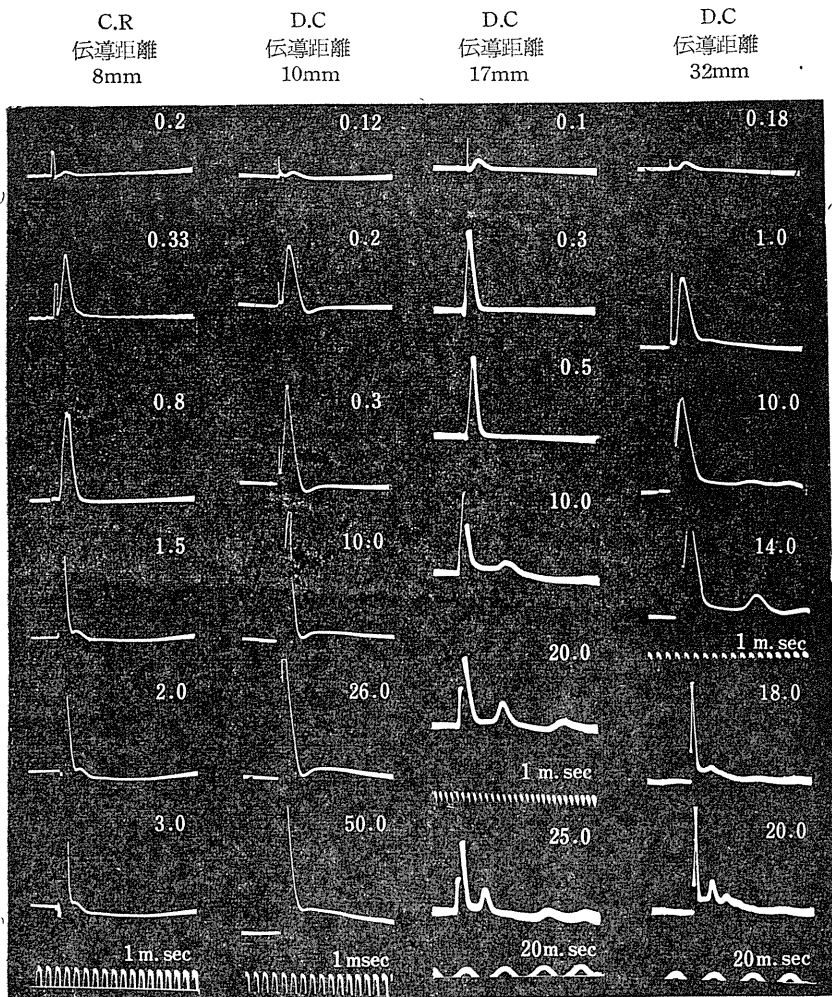
ある。強刺激にして 80mm になると、第 3 興奮波があらわれてくる。又、伝導距離 30mm の例では、陰性持続は 250mm で現われ 140mm で第 2 興奮波を分離している。

b. 矩形波刺激

感応コイル刺激より更に単一刺激として、完全といえる矩形波 (0.3msec) を用いた場合の結果は、第 4 図に示される。実験方法は、感応コイル刺激時と同様である (第 1 図参照)。これによると CR の誘導で伝導距離 8mm の例では、第 2 興奮波は 2.5~3.0msec で現れている。又

ある。

第 3 図は、各伝導距離に於ける感応コイル刺激時の反復興奮波の出現の状態を CR 増巾器と DC 増巾器で誘導し、その差異の有無及び、伝導距離とその棘間時間の変化を追求したものである。伝導距離と棘間時間との関係は後述し、ここでは CR では認めない様な一相性の陰性持続が DC で著明に誘導されている事である。伝導距離 1.7mm の例では、捲軸距離 200mm で陰性持続が出現し始め 120mm でその上に著明な第 2 興奮波を認めた。更に、



第4図 矩形波刺激

図中右肩の数字は刺激電圧(単位V)を示す。矩形波の巾は、0.3msecである。時標はそれぞれの列の下に示される。

DC増巾器で陰性持続を検討してみると、伝導距離10mmでは10Vから始まり50Vに至る迄著明に出現し、この例では、その上に第2興奮波の分離は見られなかった。又第6図左列では、3Vで軽度の陰性持続を認め5Vで著明になり10Vで、その上に第2興奮波が見られた例である。更に、神経外膜を剝離した例では、第6図右側に見られる如く、既に、1Vで著明な陰性持続を認め3Vで第2興奮波が、その上から分離されている。又、第8図の作用物質使用前のRinger(左側)の例では、800mVで陰性持続を認め1Vで、第2興奮波が誘導されており、第

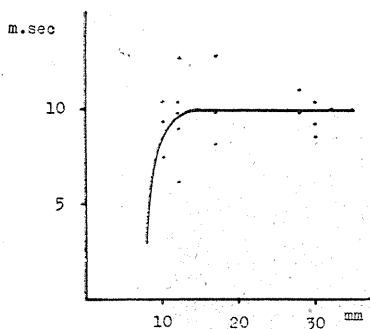
10図(左側)では900mVで認め5Vで第2興奮波が顕著であり、第12図(左列)では、800mVで陰性持続、5Vで第2興奮波が著明であった。これ等の例は神経外膜が剝離されていてRingerにつけてあったもので、陰性持続の発現は800mVから1V以内で前記の神経外膜が剝離されていない例の3Vから10Vに比し出現しやすくなっている。また第4図の伝導距離17mmの例では3Vで、32mmの伝導距離では、1Vでその傾向を示している。

この様に矩形波においても、感応コイル刺激と同様

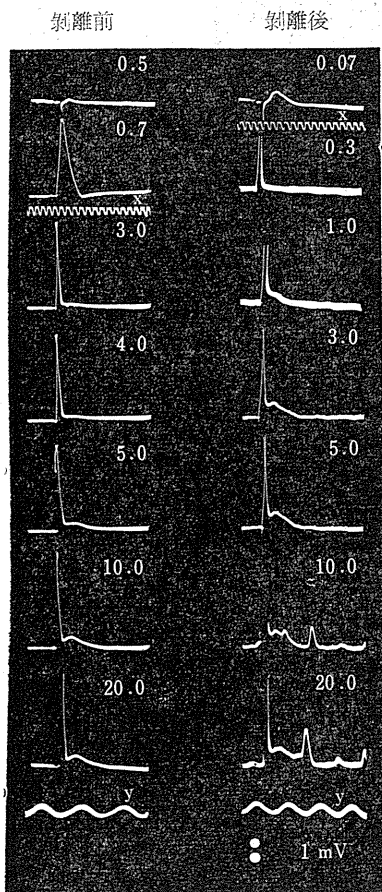
各例で一相性の陰性持続の出現後に第2、第3、第4波の興奮波が分離され、特に神経外膜を剝離する事により著明に誘導されやすくなる。

### 3) 伝導距離と反復動作電圧棘間時間との関係

第3図、第4図、第6図に現れている如く伝導距離が長くなる事により、第2興奮波の現れる棘間時間(第1波頂点より第2波頂点迄)が長くなる傾向にある。そこで各々の伝導距離における第2興奮波の値を表にしたものが、第5図である。これによると伝導距離が17mm以上になると、棘間時間に大差を認めないが、10mm前



第5図 伝導距離と棘間時間  
縦軸：棘間時間. 横軸：伝導距離. 室温12~16°C



第6図 刺戟部位の神経外膜有無の影響  
図中右肩の数字は刺戟電圧 (単位V) を示す。  
時標は各列の下に示される。  
x : 1msec, y : 20msec, 神経外膜剝離により閾値, 超極大強度の低下が見られる。

後では, かなりの開きのある事がわかる. この値の取り方であるが, 各実験例でも同様であるが, 刺戟が強まれば棘間距離は減少するので, それぞれの刺戟電圧時の棘間時間の平均値を求めて比較すべきだが, 実験操作上神経を各電極に装置する際に, 神経の伸縮度もかなりあり正確に操作出来ない. 著者は, その傾向を知ると云う意味で各伝導距離のそれぞれの作用電圧時の棘間時間の最小と最大とを示したのである.

4) 神経Perineurium有無の影響

単一運動神経線維分離法に準じ, 双眼顕微鏡下で神経外膜を約 10mm 剝離し, その部位を電氣的に刺戟した場合の閾値及び, 陰性持続, 第2, 第3興奮波の出現がどの様に変化するのか追求してみた. その結果を第6図に示す. 刺戟は 0.25msec の矩形波である. この例では剝離することにより閾値は 1/7 に減少し, 第2興奮波も剝離前は 10V でやっと著明になったのに, 剝離すると 1V でその傾向を認め, 3V で顕著である. 又, 第3, 第4, 第5波が続出し

第2表 神経外膜有無と棘間時間 (伝導距離12.0mm)

作用電圧	外膜有		外膜無			
	1→2	作用電圧	1→2	2→3	3→4	4→5
		1.0V	9.3msec			
4.0V	8.7msec	3.0V	9.3msec			
5.0V	8.7msec	5.0V	7.7msec			
10.0V	8.0msec	10.0V	7.7msec	14.0msec		
20.0V	8.0msec	20.0V	7.7msec	9.3msec	20.3msec	25.0msec
平均値	8.4msec	平均値	8.5msec	11.7msec	20.3msec	25.0msec

第3表 神経外膜有無と棘間時間 (平均値)

外膜有	外膜無
8.4msec	8.5msec
7.4msec	7.4msec
8.4msec	4.6msec
9.0msec	9.3msec
平均値 8.3msec	7.5msec

第4表 偽作電圧による第2興奮波出現強度

刺戟種類	神経外膜	室温	例数	閾値	第2波出現強度	率
感応コイル 矩形波	有	17°C	2	340~400mm	210~220mm	2/2
	有	20°C	6	130~300mV	1.0~2.0V	4/6
	有	12°C	6	300~600mV	10.0V	2/2
	無	16°C	8	70~120mV	1.0V	3/4

ている。この例の棘間時間を、各作用電圧別に測定し表にしたものが第2表である。これによると、剝離する事により5V, 10V, 20V, と刺激が増加すると、剝離前のものにくらべて減少する傾向を見せているが、その最小、最大が各例異らぬので全部の平均値をとってみると差が認められなくなる。この事は他の例でも云えることであった。試みに他の平均値を表にしたものが第3表であり、1例を除き差を認めなかった。反復興奮波の増幅度及び数は、他の例でも著明に増加している。第4表は偽作電圧よりみた閾値と第2興奮波出現閾値をあらわしたものである(第1表参照)。この反復興奮波は取り出した標本が時間のたつに従い出にくくなる。

以上のことから間接刺激によって惹起した所謂超極大攣縮に前後して、その神経線維より3~10msecの間隔で第2興奮波があらわれる事を知った。例えば、典型的な例として神経外膜剝離標本では、初超極大刺激になってからの最初の強度(伝導距離12mmの誘導例)で、第2波は平均8.5msecであらわれている(第2表参照)。但し10~12mm隔る所にあらわれた時間であるからそのまま原点に於いて同時間に第2興奮を起したものと考えられぬが、正常興奮はこの距離を0.3msecから0.6msecで通過してしまう筈である。絶対不応期はほぼ室温15°Cで1.5~2.0msecであり、比較的の不応期の最も初期に起きた興奮が正常興奮の伝導速度に比較して、50%減少しているものとし、10msec以下ではおくれに従って早くならぬものと計算しても1.2msecである。そこで平均値8.5msecから絶対不応期として2.0msec、第2興奮波がおくれたものとして1.2msecで合計3.2msecを差引くと5.3msecとなる。即ち、超極大刺激のうち最も弱いもの及び、その附近で2つの興奮を起し、しかも、その棘間距離は5.3msecであったと考えねばならぬ。しかも、第3、第4の興奮を起すと言う事は電流経過がそれほど長く、いかなる形に於いても存在するとは思えない。即ち、このことは、与えられた刺激が単一電気刺激(第1表写真参照)であり、0.3msecで電流

経過は一際消失してしまうにもかかわらず神経は、第2、第3の興奮波をこの様な間隔で送る事は、電氣的には何ら説明がつかない。

#### IV. 考 察 (その1)

超極大刺激が電流経過の長くなることによって単一の興奮を起した後、不応期がすむ迄続きそして超極大攣縮、即ち2つ以上の興奮波を生ずると言う考え方は全く廃棄せざるを得ない事が上記の研究によりわかった。然らば超極大攣縮になると言う現象は如何なる機制によって生ずるのであろうか。

このことは次の様な仮説が神経に対してもあてはまると考えて見る必要がある。その仮説は1940年頃より林の提供した仮説で、仮に、塩縮仮説と名付けられるものである<sup>7)8)9)10)11)12)13)</sup>。塩縮とは摘出骨骼筋を等圧食塩水中に入れると自発的に収縮を起し、長く続くと言う現象の研究から、筋肉の興奮機制は筋肉内にあるカルノシン( $\beta$ -alanylhistidine)が遊離することによって生ずると言うことが証明せられた。しかも、カルノシンは常の状態ではカルニチン( $\gamma$ -amino- $\beta$ -oxybutylobetaine)と1種の結合をなしている為に収縮は起らぬがナトリウム、リチウム等のイオンが急激に1定量加わるとこの両者は遊離し、従ってカルノシンにより興奮が起ると言うのである。この結合物に電流が与えられても遊離が起り、陰極にカルノシンが引出され、陽極にカルニチンが析出する。この事は筋肉に電気刺激が与えられるや、陰極に興奮の起る事を説明し、従来全く予想されなかった電気刺激の効果が化学物質の移動によって、説明せられる端緒を得たことになる。

その後、林等は筋肉より抽出したカルノシンを神経外膜を剝離した神経に対しても興奮を惹起せしめること、カルニチンがこれを止めることを証明しているので、神経線維の中にもこの両物質が存在し、興奮機制に重大な役割を演じていると予言している。しかし、神経線維の中からこの両物質を抽出する研究はどこでもまだ達成されていない。だが今、電気刺激によりそ

の陰極にカルノシンが遊離し、これが電流の強さに比例するものと考えて超極大攣縮の問題を検討することは無駄でないと思われる。

以下実験に使用したカルノシンは日大歯科生理学教室の抽出にかかるものであり、カルニチンも同教室で合成されたものをそれぞれ分与を受けて試みた。

V. 実験成績 (その2)

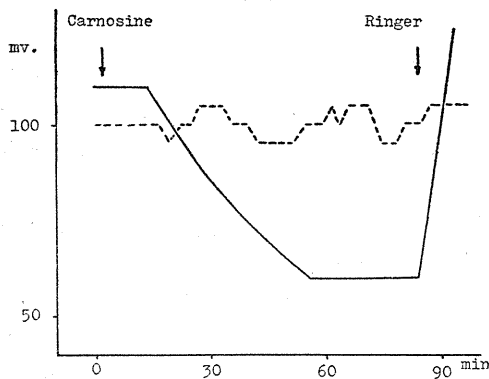
B. カルノシン、カルニチン作用時の超極大攣縮について

1. カルノシンの神経線維に対する作用

a. 閾値の変化

閾値の測定には0.004~0.04molのカルノシン-Ringer溶液を使用した。実験方法は第1図に示される如く前記と同様であり、薬物を作用させる部位は神経外膜を剥離してある。図中B槽にカルノシン-Ringer溶液を入れ、剥離部位を浸し刺戟時には溶液槽より取り出し刺戟電極にのせる。刺戟電撃としては0.25msecの短形波を用い、刺戟から誘導迄は10mmである。以後の実験は全てこの条件である。

第7図の実線は0.02molカルノシン-Ringer溶液を作用させ閾値の変化を測定した値をグラフで表したものである。即ち0.02molの



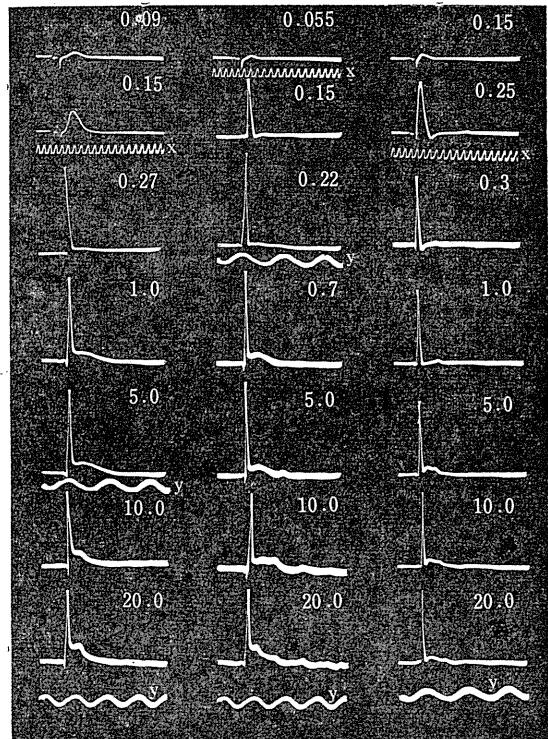
第7図 カルノシン (0.02mol) による閾値の変化  
縦軸：閾値電圧。横軸：カルノシン作用時間。  
○—○ カルノシンによる閾値の変化。  
○---○ Ringer 溶液による閾値のゆれ。  
カルノシン作用により閾値は、55分後に45%減少し、Ringerで洗い流すと正常閾値にもどっている。

第5表 カルノシン-Ringer溶液による閾値の変化

濃度 mol	作用時間 min	閾 値		減少度 %
		作用前mV	作用後mV	
0.004	30	漸次減少		
0.013	20	90	→ 50	44
0.02	55	110	→ 60	45
0.02	47	90	→ 50	44
0.02	45	90	→ 55	39
0.04	4	80	→ 50	38
0.04	11	80	→ 40	50
0.04	22	80	→ 50	38

カルノシン-Ringer溶液を作用してより11分後に閾値は次第に低下し、55分後には60mVになった。これはカルノシン作用前の閾値110mVに比較し約45%の減少である。この例では23分間60mV持続する事を確めてより、冷血用Ringerで約9分間流してよく洗うと閾値は130mVに

Ringer → カルノシン → Ringer



第8図 カルノシン (0.02mol) 作用時の偽作電圧  
図中右肩数字は刺戟電圧 (単位V) を示す。  
時標は各列の下に示される。x: 1msec. y: 20msec.  
カルノシン作用により閾値、超極大強度の低下が見られ、Ringerで洗い流す事により正常にもどる事が明らかである。

戻った。他の例でもそれぞれの濃度、剝離の条件で低下する度合には差があるが、第5表に示されるように38%から50%の低下が各実験で見られた。第7図に見られる点線はこの方法で溶液槽の中に、カルノシン-Ringerの代りにRinger溶液を入れた場合の閾値を、3分間隔で測定した場合のゆれをあらわしたものである。この方法での閾値のゆれは約10%であり、カルノシンの場合は40~50%の減少であるから誤差範囲を越えた著明な閾値の低下と言えるのである。

b. 超極大刺戟による偽作電圧について

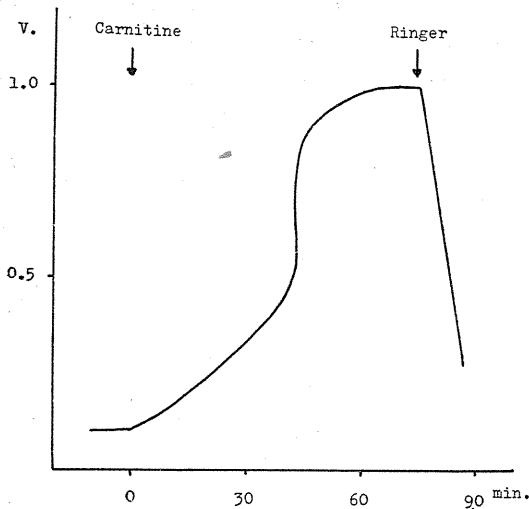
前記と同様の方法で閾値が最低に減少した時に刺戟強度を次第に増加し、極大、超極大時の偽作電圧を誘導した。第8図は0.02molカルノシンを神経外膜剝離部位に約45分作用させ、閾値が39%減少した時に測定された超極大攣縮時の偽作電圧である。左側Ringerは作用前に同刺戟部位にRingerを浸した時に測定されたものである。それによると、270mVで極大に達し1.0Vで第2興奮波の出現が見られる。中央の列は同一標本に0.02molカルノシンを作用させた時の偽作電圧の変化で220mVで極大となり、700mVで第2興奮波が誘導され、更に刺戟が強まると第3、第4興奮波が現われてくる。これをRingerでよく洗い流すと、右側のRingerの列で閾値は150mVと増加し、第2興奮波の出現及び増中高も減少し、カルノシン作用前のRingerの状態にもどっている。ただ刺戟強度が増加すると第3興奮波が見られ水洗が未だ不充分であった為と思われる。第6表はこの例の棘間時間を現わしたものである。

上記の実験で、骨格筋より抽出したカルノシンをRingerの中に溶し、これを神経線維に与

第6表 カルノシン作用時の棘間時間

作用電圧 V	Ringer → カルノシン Ringer → Ringer					Ringer	
	1→2 msec	1→2 msec	2→3 msec	3→4 msec	4→5 msec	1→2 msec	2→3 msec
1.0	8.8	9.0				10.0	
5.0	8.8	9.0	22.5			5.0	8.0
10.0	7.5	7.5	16.5	33.0	49.5	5.0	10.0
20.0	8.1	6.0	17.0	29.0	35.0	5.0	11.3

えると閾値が低下する。言いかえれば、弱い電流で有効となる現象は先ず間違いない。一体に神経刺戟に関して閾値を測定する場合にこれが増加すること、即ち興奮性が低まる様に働く因子はすこぶる多い。低温にしたり、麻酔薬等を与えるか、その他の諸種侵害物質を与えた時に見られる<sup>14)</sup>。然るに閾値が低下する事、即ち興奮性の高まる現象はすこぶるその条件が少ないのが末梢神経刺戟実験の時に見られる。温度の増加した時とか、侵害物質の極めて初期に反復興奮を生ずる傾向になる場合<sup>14)</sup>だけであって、従来閾値の低下する様に働く物質はなかった。然るにカルノシンは筋肉でも、神経でも1定の濃さ以上に与えると興奮を生ぜしめるのみならず上記実験に示す様に、甚だしく閾値の低下を生ぜしめると言わなければならぬ。特にここで超極大刺戟の強さの変化を調べる場合には、カルノシンの作用によってすこぶる閾値が低下するのみならず、超極大刺戟となる初めの強さがやはり非常に低下する事が上記の実験で示されている。ここに於いて閾値の低下だけでは不十分であるが、2つ以上の興奮を起す強さの低下と言う事になると、カルノシンが外より与えられてある方が、興奮が起りやすい様になっていると解釈する事が不合理ではない。既に林は電氣的刺戟が筋肉、神経に対して有効なのはその電流によって先ずカルノシンが遊離し、このものが興奮を起すと推論しているが、仮にその事が真であるとするならば、強い電流刺戟によっては多量にカルノシンを遊離し、第1の興奮波を生ぜしめるにはその一部でたり、残ったカルノシンが不応期を越えて回復した神経に対して再び有効であると考えられる。而もその物質がカルノシンである証拠にはあらかじめカルノシンの一定量をあたえることにより、超極大刺戟の強さが低下すると考えればこの考えの中には矛盾が入っていない。ただ神経に於いても興奮を起す物質がカルノシンであるか、カルノシン類似の物質であるかの点だけに不完全な道程が入っているにすぎない。



第9図 カルニチン (0.03mol) による閾値の変化  
縦軸：閾値電圧。横軸：カルニチン作用時間。カルニチンの作用により閾値は63分後に正常閾値の 8.3 倍に増加し、Ringer で洗い流すと正常閾値にもどる。

2. カルニチンの神経線維に対する作用

a. 閾値の変化

0.03mol と 0.06mol のカルニチンを使用した。実験方法はカルノシンと同様である。第9図は、0.03mol カルニチン Ringer 溶液 (pH 7.0) による閾値の変化をしめしたものである。これによると剝離時の閾値 120mV は 0.03mol カルニチンの作用により、次第に増加し 63分後には 1V 迄達した。これを Ringer でよく洗うと閾値は著明に減少し 280mV になった。他の例でも同様であるのでその値を表にしたのが第7表である。それによると 0.03mol カルニチンでは50分以上経過すれば 8 倍から 9 倍に閾値は増加し、0.06mol カルニチンでは 16分をすぎれば 5 倍から 9 倍となることがわかった。そして Ringer で水洗すれば作用前の閾値の 2~3 倍の所まで著明に減少する事から明らかにカルニチンは神経の興奮性を可逆的に減少させ、カルノシンとは逆の作用を来たすものである。

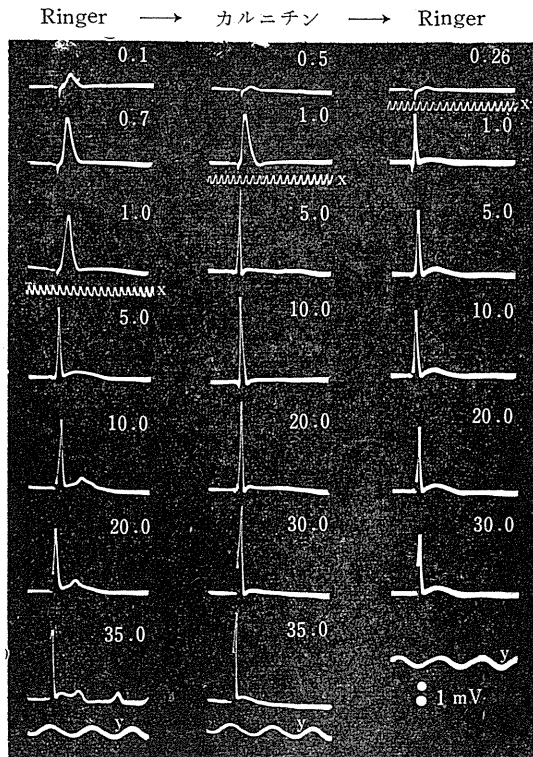
b. 超極大刺激による偽作電圧について

カルノシンの時と同様の方法で行った。その結果を第10図に示す。この例では 0.03mol カルニチンを42分作用させて閾値が作用前

第7表  
カルニチン-Ringer 溶液による閾値の変化

濃度 mol	作用時間 min	閾 値		増加度 倍
		作用前mV	作用後mV	
0.03	62	120	1000	8.3
0.03	50	70	650	9.3
0.03	42	100	500	5.0
0.06	16	200	1200	6.0
0.06	20	100	900	9.0

100mV が 500mV と 5 倍の増加が認められた時に誘導されたものである。正常時 (左側) には 1.0V で極大に達し、5V で第2興奮波が出現する。即ち超極大刺激となる。これに 0.03mol カルニチンを作用させると 30V にしても超極大刺激とならず、35V でややその傾向を認める程度である。これを Ringer で洗って測定したものが右側で、正常にもどっている事がわかる。カルニチン作用時には陰性持



第10図 カルニチン (0.03mol) 作用時の偽作電圧  
図中右肩の数字は刺激電圧 (単位V) を示す。時標は各列の下で x: 1msec, y: 20msec である。カルニチン作用により閾値、超極大強度の増加が見られ、Ringer で洗い流す事により正常にもどっている。

第8表 カルニチン作用時の棘間時間

作用電圧 V	Ringer		カルニチン → Ringer	
	1→2msec	2→3msec	1→2msec	1→2msec
1.0	10.4			10.4
5.0	10.4			10.4
10.0	12.8	17.4		10.4
20.0	12.8			10.4
35.0	4.6	12.8	4.6	10.4

続も認められない。0.03mol カルニチンによる第2興奮波及び陰性持続の抑制は、他の2例の実験とともに作用後40分以上をすぎれば著明になってくる。30分前後では神経外膜の剝離条件によりやや差はあるが第2興奮波の出現する傾向が多い。陰性持続はどの例にも認められなかった。第8表は上記実験の棘間距離を各作用電圧別に表にしたもので35Vで計ると同じであった。又第2興奮波の大きさも出現したとしても小さなもので、作用時間を延ばせば減少消失してしまう。

以上、要約すればカルニチンはカルノシンに対し全く反対の作用があり、第1に閾値を増加せしめ、第2に超極大刺戟となる為甚しくその強さを増す様に働く。

さて塩縮現象では、カルノシンとカルニチンとを或る割合で混ざれば互にその作用を打消すので次に両物質をともに与えて検討してみた。

3. カルノシンとカルニチン混合作用について

a. 閾値の変化

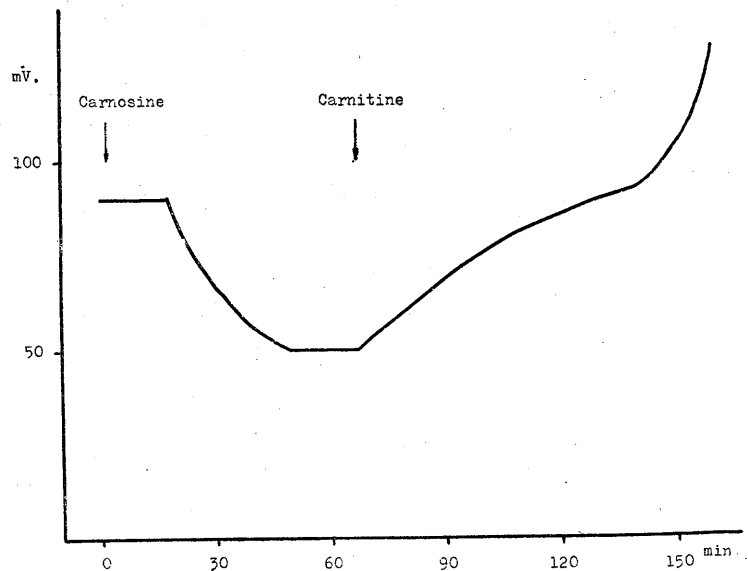
第11図は0.02mol カルノシンを作用させて正常閾値が46分後に44%減少した後に0.03mol カルニチンを作用させ90分後に2.6倍の閾値増加を見た例である。

b. 超極大刺戟による紡作電圧について

第12図左列は正常時、Ringerを作用させたとき

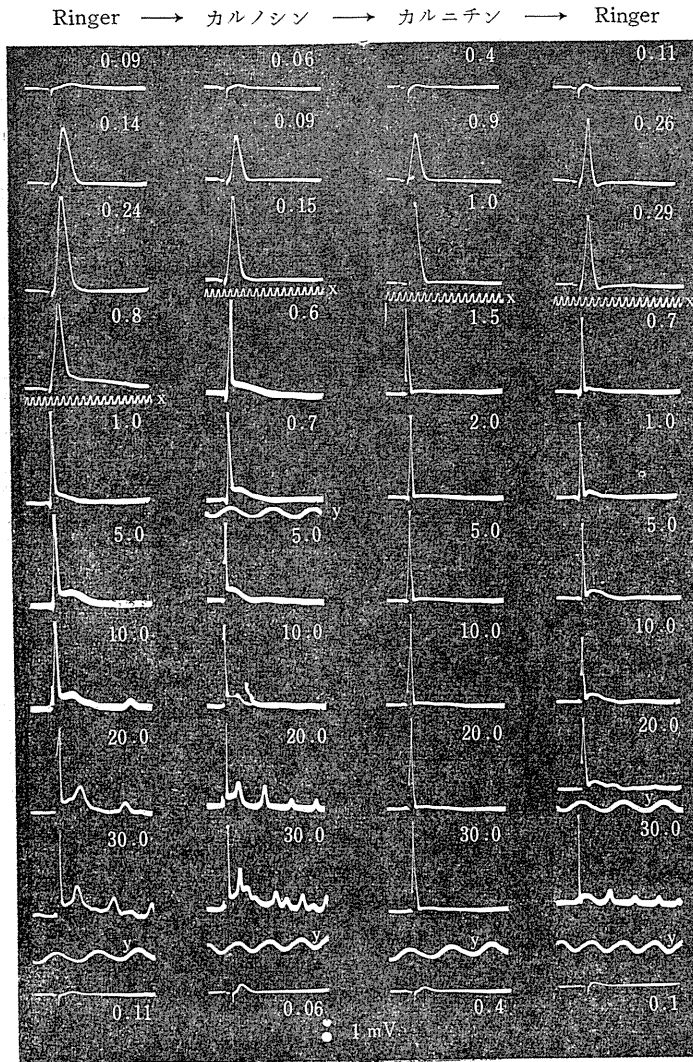
の誘導電圧の変化で、閾値、90mV、極大240mV、陰性持続800mV、5Vで第2興奮波が著明になった。この標本に0.02mol カルノシンを作用させると(左から2列目)、閾値は60mVと正常閾値の33%減少し、極大は150mV、陰性持続は600mV、第2興奮波は700mVで出現し、作用前にくらべ弱刺戟で反応を示し、更に10Vでは第3興奮波を認めた。同一標本に更にカルノシン溶液をすて水洗する事なく0.03mol カルニチンを作用させると(左から3列目)、閾値は400mV、極大50Vと増加し1際の陰性持続も第2興奮波も認められなかった。これを冷血用Ringerでよく洗うと右列の如くになり閾値、極大、第2興奮波の出現状態は左列と同様に正常にもどっている。この実験例の棘間時間を測定したものが、第9表である。カルノシンの影響で棘間時間の短縮と反復興奮波の増加が見られている。

第10表はカルノシン、又はカルニチンの作用で棘間時間の短縮延長があるや否やを確かめるため、表で現したものである。これによるとカル



第11図 カルノシン、カルニチン作用時の閾値の変化

縦軸：閾値電圧、横軸：薬物作用時間。0.02mol カルノシンを作用させると16分後より次第に閾値は減少し、50mVに達す。その状態が20分続くのを確かめてより、次に0.03mol カルニチンを作用させると閾値は正常にもどり、そのまま長く作用させると更に閾値は増加する。



第12図 カルノシン，カルニチン，混合作用時の偽作電圧  
 図中右肩の数字は刺戟電圧（単位V）を示す。  
 時標は各列の下で x : 1m.sec, y : 20m.sec である。カルノシンの作用で低下した閾値及び超極大強度は，次にカルニチンを作用させる事により両者とも増加し，Ringerの洗滌により正常にもどっている。

ノシン作用時には，初超極大電圧で9.0msecが高刺戟電圧20Vになると6.0msecと棘間時間の短縮が見られるが，カルニチンでは短縮の傾向は見られない。

### VI. 考察 (その2)

間接刺戟による超極大刺戟の場合，果して偽作電圧は正常時より大となるかと言う問題は実験的に上記の如く否定された。言いかえれば偽作電圧が大となる為に超極大攣縮を生ずるのでなく，この場合にも神経線維，並びに筋線維は悉無律に従い，異常に大きな偽作電圧を起す事はない。超極大攣縮の原因はその内の若干の数の神経線維が2回，若しくは2回以上反復して興奮を起すためである。この反復興奮を起すのは如何なる理由によるのかが本研究の主なる問題であったが，第2の偽作電流が生ずる時間間隔を調べて見ると，1例をあげれば8.5msecとなり伝導速度，及び伝導時間を考慮しても刺戟点においておよそ5msecを経て起っている事がわかる。この事は電流が5msec以上の持続を持って神経内を通過

第9表 カルノシン，カルニチン混合作用時の棘間時間

作用電圧 V	Ringer			カルノシン			カルニチン			Ringer		
	1→2 msec	2→3 msec	3→4 msec	1→2 msec	2→3 msec	3→4 msec	1→2 msec	1→2 msec	2→3 msec	3→4 msec		
1.0				8.1				6.0				
5.0	9.3			6.2				6.0				
10.0	10.4	18.6	27.0	7.8	17.1			6.0				
20.0	10.4	32.6	48.8	7.8	20.3	35.7		7.0	15.1			
30.0	9.3	25.5	32.3	7.8	9.3	17.1		6.3	20.3	35.6		

第10表  
カルノシン、カルニチン作用時の棘間時間

作用物質	初超極大電圧 V	高刺戟電圧 V	棘間時間 msec
Ringer 溶液	0.1	20.0	8.8
カルノシン・Ringer	0.7	20.0	9.0
			6.0
Ringer 溶液	1.0	35.0	10.4
			4.6
カルニチン・Ringer	35.0	35.0	4.6
			4.6

し、その間に不応期が回復し同じ電流を再び受け取って興奮を起したものは考えられない。従って超極大攣縮の起るのは、刺戟電流が神経線維を流れている間にいかに変化したとしてもその1つの電流経過が第2の興奮を起さしめたのではない。いわんや上記研究にもあらわれる通り超極大攣縮の場合の興奮数は、かならずしも2個とかぎらず1つの電撃刺戟により数個の反復興奮を起す場合もあるに於いては、刺戟電流の作用によって生ずる現象とはうなずきかねる。刺戟電流によるという考えは必然的に不応期が回復した後、閾値が極端に低下し、1つあたえた刺戟電流の一部でも残留しているならばそれに応ずる様になると言う考えが入るか、そうでなければ、神経線維は興奮性が高まる事、即ち閾値の低下することによって自然に興奮を発生すると言う仮説が入ってくる。

これ等の考えは、上記の実験から否定するのやむなきに至った。然らば、筋肉の興奮機制に関して発見せられた様に、電流によって化学物質が遊離し、それが破壊せられるか、血液によって運び去られるか、そうでなければ遊離以前の状態にもどるか、いずれにしても存在し不応期の回復後迄、十分興奮を起す量が尚存在すると言う考えよりこの現象を解く単純な仮説はない。今筋肉における興奮物質が神経におけるそれと同じものとするならば、筋肉より抽出した興奮物質、即ちカルノシンを用いることによって、この考え方の確実、不確実が決定する事が出来ると考え、カルノシン-Ringer 溶液作用時の神経線維の態度を研究したところが次の様な

結果になった。

1. 適当濃度のカルノシン-Ringer を神経線維に作用させると、電氣的に閾値が変動する。

2. 初超極大刺戟、即ち超極大となる電流臨界強度がすこぶる低下する。

と言う点である。即ち8図はこの事実を物語るもので Ringer 溶液の場合は初超極大刺戟が1Vであったのが、少量のカルノシン-Ringer 溶液で初超極大刺戟の強度も遙かに低下している。いずれにしても第2興奮波は第1波に比してすこぶる小であるが、この場合同じ超極大刺戟の内の1強度(10表20V)を選んで実験を試みて見ると、カルノシン-Ringer の場合の方が第1と第2興奮波の棘間距離が短縮し、明らかにカルノシンの存在に於いて第2の興奮は回復曲線の早期の時点に於いて起るものと考えられる。カルニチンを用いた実験では全くそれと反対に初超極大刺戟強度は増強し、超極大攣縮を生ぜしめることは殆んど稀れである。そして測り得たものであっても棘間距離は Ringer の場合にくらべ同じか、または延長している傾向である。

そこで超極大攣縮の生ずる機制は、明らかに単一刺戟電流により遊離した化学物質がそこに存在して第2の興奮を起さしめるものと考えなければならぬ。この事から見ると神経の中に存在し興奮機制に関与する化学物質は、筋線維と同じくカルノシンか、そうでなければこの物質にすこぶる類似の物質がその機能の中に介在している証拠にもなる。これは要するに電気刺戟による超極大攣縮が、そこに興奮機制に深い意味を持つ化学物質の存在を認めなければならぬ事である。

## VII. 結 論

間接超極大刺戟時の神経線維の偽作電圧を誘導し、次の如き結論を得た。

1. 神経を刺戟する場合に超極大攣縮を起すのは神経から反復興奮の生ずる為である。

2. その攣縮時の第2興奮波は、第1興奮波より約5.0msecの後に刺戟部位に生じたもので

ある。

3. この事は与えられた電流によって第2興奮波が生じたとは考えられず、電氣的刺戟によって化学物質が遊離し、これが長く残存すると仮説の根拠となる。

4. 筋の興奮機制についての化学説によれば、電流によって陰極に遊離するのはカルノシンであるから、試みにカルノシンを用いて実験をするとカルノシン作用により閾値は低下し超極大強度も低下する。又、カルニチンはその逆の作用を有する。

5. 第2興奮の出現はカルノシン作用時の方が短縮し、電流による神経の興奮機制にも化学物質が重要な役割を演じていること、超極大刺戟と言うものは電流によって遊離した化学物質に原因のあることが推論する事が出来る。

欄筆に臨み加藤教授の御鞭撻と、終始御懇篤な御指導並びに御校閲を賜りました林教授に深謝し、富田教授の御指導に厚く感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) 田崎一二 (1942) 特に遅い筋運動を司どる運動性神経線維に就いて 条件反射 第5輯 89-95
- 2) 吉岡 薫 (1943) 超極大刺戟による筋収縮残遺に就いて 東京女医会誌 13, 149-250
- 3) 吉岡 薫 (1942) 二種の運動単位の比較研究 東京女医会誌 12, 359-379
- 4) 清水忠夫 (1931) 単一神経線維単一筋線維標本の作製及び刺戟実験 慶応医学 11, 2219-2228
- 5) Kato, Genichi (1934) The microphysiology of nerve. Tokyo. Maruzen.
- 6) Tasaki, Ichiji (1939) The strength-duration relation of the normal, polarized and Narcotized nerve fiber. Am. J. Physiol. 125, 367-379
- 7) 林 譚 (1955) 塩縮機制作業仮説 生命現象の化学 (芦田・江上・吉川編) p. 487-529 朝倉書店
- 8) Hodgkin, A. L. (1952) The ionic basis of electrical activity in nerve and muscle. Biol. Revs. 26, 339-409
- 9) 林 譚・須田 勇・宮木高明・足立千鶴子・鬼頭高子 (1951) 骨格筋より抽出した筋収縮催起物質と抑制物質について 日本生理誌 13, 434-437
- 10) 川口国臣 (1952) 塩縮外液に筋より塩縮抑制物質の出る機制に関する研究 日本生理誌 14, 35-40
- 11) 須田 勇・鬼頭高子・宮木高明・佐竹一夫 (1951) 骨格筋より抽出した筋収縮催起物質の化学的同定 日本生理誌 13, 510-512
- 12) 須田 勇・足立千鶴子・鬼頭高子・牛山順司 (1952) 骨格筋より抽出した筋収縮催起物質 (抽出カルノシン) の作用部位について 日本生理誌 14, 386-387
- 13) 富田雅次 (1951) Untersuchung in Embryochemie und Vergleichender Biochemie über oxyaminosäuren und Ketten-Ring-isomerie der Aminosäuren und Verschiedenes. Masaji Tomita-Gesammelte Werke II. Herausgegeben Von Junji-Karashima. Kobe. Japan.
- 14) Kato, Genichi (1924) The theory of Decrementless Conduction in Narcotised Region of Nerve. Tokyo. Nankodō.

#### Summary

Action potential was recorded when the sciatic nerve of a toad was stimulated by strong current which produced supramaximal twitch in the attached muscle.

1. The nerve action potential showed that the supramaximal twitch was resulted by repetitious impulses produced in the nerve.

2. The second impulse at the site of 10mm from the stimulated point, had the interval of about 5msec. from the first one.

3. The second impulse could not be considered that it owed to the current, but the imagined chemical substance which remained at the site after the release by the current.

4. When a small amount of Carnosine ( $\beta$ -alanyl histidine) was applied, the interval of spikes was short and sometimes less than a half.

When Carnitine ( $\gamma$ -amino- $\beta$ -oxybutylobetaine) was applied, the current must be made fortyfold to be reached the supramaximal strength.

5. The excitation of nerve should have some intimate relation to Carnosine at the same time the inhibition of nerve to Carnitine.

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

# 中 脳 と 呼 吸 運 動 612.826.3:612.21

## Midbrain and Respiratory Movements

成 田 稔 (NARITA-Minoru)\*

### I. 緒 言

延髄呼吸中枢よりも上位の脳と呼吸との関係について、クエン酸 Na 微小刺戟法により検索された一連の研究は、教室の堀<sup>17)</sup>、正木<sup>28)</sup>等の業績に詳細に報告されている。しかし大脳皮質及び間脳、就中視床下部自律系については多数の研究があるにもかかわらず、上位自律中枢と延髄一次中枢とを連ねる中脳自律系に関する業績は実に寥々として、僅かに Kabat<sup>25)</sup>、Kabat-Magoun-Ranson<sup>26)</sup>、Seybold-Moore<sup>19)</sup>、Hodes-Magoun<sup>16)</sup>、Thompson-Bach<sup>54)</sup>、黒津<sup>33)</sup>、草間<sup>34)</sup>、Baxter-Olszewski<sup>1)</sup> 等の研究を散見するに過ぎない。更に呼吸については Kabat<sup>25)</sup>、Thompson-Bach<sup>54)</sup>、Baxter-Olszewski<sup>1)</sup> 等の 2、3 のものを知るのみである。

本研究においては中脳自律系、特に呼吸運動を中心に検索し、若干の知見を得たので報告したい。

### II. 予 備 実 験

所謂微小刺戟法は慶大林教授の指導によるもので、石塚<sup>22)</sup>、石橋および早川<sup>21)</sup>、伊藤<sup>23)</sup>その他の業績が相續いて発表せられているうちにあって、クエン酸 Na 微小刺戟についても須田<sup>52)</sup>、工藤<sup>29)</sup>、佐藤<sup>47)</sup>、伊藤(秀)<sup>24)</sup>等の若干の研究がある。しかしながら微小刺戟法それ自体、或いは化学物質としてクエン酸 Na を用いた場合には種々の考慮すべき点があるので、次のような予備実験を行った。

#### 1) 注射針による機械的刺戟効果の有無

さきに谷<sup>53)</sup>は犬について、その中枢神経系に 1/4 乃至 1/2 注射針を刺入して機械的刺戟効果の有無を検索し、中脳では上丘、下丘、中心灰白層、黒核の何処においても反応なきことを認

めた。追試として本実験に用いた 1/5 注射針を以て中脳穿刺を行い同様の結果を得た。即ち中脳においては、微小刺戟を行うにあたって唯単なる注射針の刺入のみには特に考慮を払う必要はない。

#### 2) クエン酸 Na を動静脈、脳室或いは軟膜槽内に注入した場合の呼吸変化

既に著者<sup>13)</sup>によって高濃度クエン酸 Na の少量を内頸動脈或いは側脳室内に注入した場合に、呼吸は顕著に変化することが知られている。そこで先ず中脳水道に 1.5mol クエン酸 Na 0.03cc を注入してみたところ、呼吸の変化は概ね定型的であって、注入と殆んど同時に呼吸は速やかとなり、急激に振幅を増して最大に達し、その後頻度は殆んど変わらないが、振幅はかなり急速に減じて呼吸停止に至り(直ちに呼吸の停止する事も時にみられる)、1分前後にして微細呼吸を開始し、不規則小呼吸を経て漸次旧態に復する。その間我々の所謂 Cheyne-Stokes 様の呼吸を示すこともある (Fig. 1)。呼吸停止と共に全身に持続的な間代性痙攣(以下 KK と略す)があり、今まで止血していた手術創からの著明な出血は血圧の昇騰を思わせ、屢々唾液、鼻汁等の分泌現象があり、ときに立毛も見られる。以上は側脳室内クエン酸 Na 注入実験における反応と異ならないが、分泌現象等の自律系症状の発現頻度は少々低いように思われる。又後交連より上丘交連後端に至るまで縦切して中

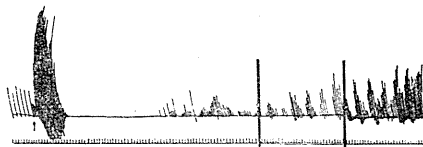


Fig. 1.

Injection of 2.0mol sodium citrate into the aqueductus mesencephali.

Time record : 3second. "↑" indicate injection

\* 東京歯科大学野口外科学教室 (野口好之教授)

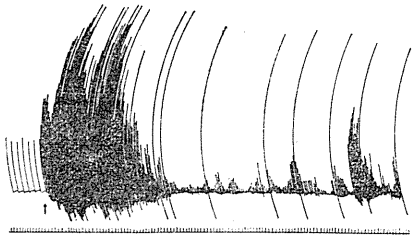


Fig. 2.

Dropping of 2.0mol sodium citrate on the basis of aqueductus mesencephali.  
(After longitudinal incision of intercollicular region.)

脳水道を露出し、第Ⅲ脳室及び第Ⅳ脳室移行部で、夫々流動 paraffin を浸した小綿球を以て遮断した後、中脳水道底に 1.5mol クエン酸 Na を滴下した場合は反応の趣を異にし、多くは直ちに振幅と頻度を著明に増し、数十秒にして漸次振幅を減じ、30秒前後の小呼吸期を経て振幅は大小不規則となり、全体に波状を呈しつつその後次第に一定する。KK は顔面等局所的で全身には現われず、分泌現象等の自律系症状は通常観察されない (Fig. 2)。軟膜槽のうち本実験で問題となるのは脚間 (軟膜) 槽であるが、ここにはクエン酸 Na を注入しても呼吸には変化を認めず、また他に特別な変化をみない。高濃度クエン酸 Na 内頸動脈注射の実験は著者<sup>43)</sup>によって詳細に検討されたところであるが、一般に 1.5mol クエン酸 Na 0.03cc の急速な注入によって、一過性 (10秒前後) の過剰呼吸の後に短時間 (6乃至15秒) の呼吸抑制がみられ、時に注入側の顔面 KK 或いは眼裂開大があり、稀に唾液分泌をみることもある (Fig. 3)。但し頸静脈内注射によっては変化を認めない。以上の成績

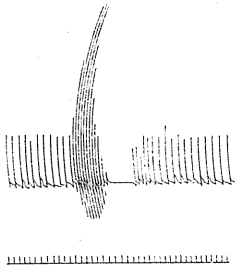


Fig. 3.

Injection of 1.5mol sodium citrate 0.03cc into the internal carotid artery.

から中脳水道を貫ぬくか、又は中脳水道壁を通して行った刺戟実験は成績不適確であり、一過性の呼吸変化がみられた場合には再検討の必要があるものと思われる。

### 3) 化学物質について

例えばクエン酸 Na の溶液濃度或いは温度の問題であるが、濃度については著者<sup>43)</sup>によってクエン酸 Na 刺戟効果閾値の検討がなされており、又著者等 (視索上核領野における各種化学物質微小刺戟が呼吸運動に及ぼす影響、第12回日本脳神経外科学会、正木光児、成田稔、岩本清美、原著未発表) は 0°C から 60°C に及ぶ各段階の温度を示すクエン酸 Na 溶液を用いて刺戟した結果では、高温の方が反応の強い傾向はあっても、10°C から 40°C までの間では特に差異を認めないから、1.5mol 溶液を室温において用いた場合には特に考慮すべき点はない。

### 4) 刺戟部位の組織学的考察

微小刺戟によって惹起される刺戟局所の病理組織学的変化は、注射針の刺入経路と注入された溶液とによる両者の脳実質損傷が、さらに物理化学的条件 (注射の方向、速度、量等と、溶液の粘度、拡散、滲透圧等) 並びに組織学的条件 (組織の構密度、線維方向等) によって修飾されるが、さらに実験者の手の震えや血管損傷等が変化の程度を強くしてくる。故に刺戟部位の局在を論ずるにあたっては慎重であらねばならないし、変化の程度によっては中脳から何等かの現象を開発する原因となるかどうかも十分に検討されねばならない。そこで空気を注射したり、蒸溜水或いは生理的食塩水を単独に、または蒸溜水に墨汁を混ざる等して中脳刺戟を行いその影響をみた。注入量は 0.03~0.05cc で、注射によって何等かの運動変化を認めたのは Monakow 東附近或いは後縦束附近で、極く一過性 (3乃至4秒) の呼吸運動の停止や、側頭筋の軽い攣縮をみることがあるが、それに続く変化はない。この場合に注入範囲が  $0.5 \times 1.5 \times 3.0\text{mm}$  (何れも最大径) より  $3.5 \times 5.5 \times 4.0\text{mm}$  にも及んでいたが、ともかくこのような一過性の呼吸変化や運動現象等には一応注意せねばな

らない。又この損傷範囲の平均値は略々  $3.0 \times 3.0 \times 3.0 \text{mm}$  であったが、これより損傷の大きな場合は Data として不適確と考える。なおこのような損傷による影響は注射後20分までの観察では特別な変化を認めることが出来なかったから、微小刺戟による5乃至10分位後の変化を脱落症状としてみる必要はないであろう。

#### 5) 実験動物の刺戟前状態

麻酔としては Cyclopan Na 静脈麻酔を用いたが、最も重要なことは麻酔の深度であって、それを適確に表現することは困難なので、大要次の如き標示に従った。即ち脳筒を以って大脳を挙上したり、硬膜に触れたりして殆んど呼吸に変化を来さない程度に麻酔する。また同一の実験動物を頻回に刺戟すると一種の麻痺とも云える無反応状態に陥いることもあると思われるから、1頭の動物での刺戟は数回に止めるべきであろう。また更に体制運動に随伴して呼吸運動が同時に変化する場合の有無を考えて、筋肉弛緩剤、例えば Myanesin 或いは Amerisol 等を注射した犬に微小刺戟を行ってその影響をみたが、一過性の呼吸変化は屢々抑制される傾向を示すから、こうした見地からも一定時間継続する変化のみ重要と考える。

### Ⅲ. 実験方法

#### 1) 開頭まで

実験動物は6乃至14kgの成犬。開頭までの操作は堀<sup>17)</sup>、正木<sup>38)</sup>等の論文に詳しいからその概要を記すに止める。犬は腹臥位固定、口に嚙ませた Bar と頸部とを固定して、頭蓋底は略々水平に保持せしめる。次に Cyclopan Na 静脈麻酔のもとに気管切開を行って Y 字型硝子管（分岐部に近く更に直角に硝子管が分岐する）の主管を気管内に挿入、Y 字型分岐の側管の一方を酸素吸入装置に、他方を Marey の Tambour に接続し、直角の分岐管はそのまま開放する。開頭の嗅脳の一部を除いて大脳凸面の全域に互って行い、両硬膜を開いて大脳表面を露出する。

#### 2) 中脳露出

中脳背側部の露出は、脳梁（脳梁露出法は

堀<sup>17)</sup>論文参照のこと）の後半部を縦切して溢出する髄液を清拭し、脈絡叢動静脈を外側方に圧排すれば、腹方に網、松果交連、上丘、下丘前端部を直視し得る。中脳外側部は、大脳後頭部と小脳天幕との間に筒を挿入して大脳を前方に圧排し、海馬回と中脳外側部との間の線維性癒着部を小綿球で剝離すれば、内側膝状体に至るまで露出し得る。中脳腹側部は脳底に筒を差入れて海馬回を背方に、且つ稍々前方に挙上すれば、両側乳頭体、脚間槽及び橋腹側前部を見ることが出来るが、この場合動眼神経を切断すれば一層容易である。

#### 3) 刺戟操作

刺戟に用いた化学物質は1.5乃至2.0mol クエン酸 Na 溶液で、之に墨を混じて後の組織学的検索を便ならしめた。注射器は特殊 Tuberculin 用注射器（0.01cc 毎に目盛を刻んである）、注射針は 1/5 Tuberculin 用皮内針、腹側部の刺戟には針を適当な長さで種々の角度に曲げて用いた。刺戟方法は予備実験に基づき、中脳の背側、外側または腹側の任意の部位から任意の方向、深さに中脳水道を避けて刺針し、注射量は 0.01~0.02cc 稍々急速に注射する。唯このような刺戟方法では、刺入経路に当る部分を化学物質が逆流することによって刺戟効果の発現する可能性もあり、又同時に注入局所の刺戟効果と共に、其の積として顕現する可能性もあることを注意する必要がある。もっとも一定の刺戟方向において或る深さまで効果がないが、その深さを越えると或る効果を認めたとすれば、その刺戟効果はその深さの領野に由来すると考えて差支えない。しかし異った刺戟効果を示すと思われる領野が層的配列をとる時に問題がある。この問題の結論は複雑なため未だ推測の域を出ないが、刺戟効果は刺入先端部の領野に由来するものと考えている。更に注入した化学物質の周囲組織への浸淫による効果の発現も考慮すべきであろうが、この点についてもなお詳細は不明である。故にこのような推測のもとに機能の局在を論ずるには、刺戟当初の効果を適確に捉え、多数の方向から行われた多くの Data

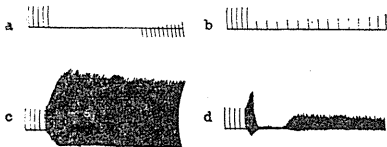
に対する総合的観察によらねばならない。

4) 組織学的検索

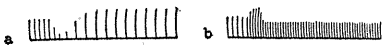
実験終了後 Cyclopan Na は過量静注による麻酔死、又は Formalin 水の心臓内注入による中毒死を起さしめ、速やかに脳を取り出し直ちに 10% Formalin 水固定、その後は型の如く Celloidin 切片を作製、主として Haematoxylin-Eosin 重染色を行って検鏡した。

呼吸曲線 (気流曲線) について

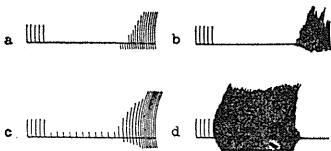
中脳の微小刺戟によって得られた呼吸曲線は甚だ複雑な形をとることがあって、呼吸型式を単一な規準に基づいて分類を試みることはかなり困難なことであるが、仮令それは不正確であっても 1 つの規準を設けることが必要である。何故ならば呼吸の状態を示そうと思う時に、規準を明示せずに促進と抑制の両者を区別すると誤解を招く結果も少なくないと考えからである。従って著者は一応次のように仮定することとした。



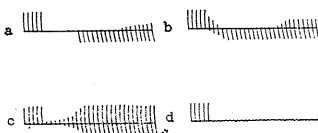
a ; arrest. b ; inhibition. c ; acceleration  
d ; "Paradoxe Atmungseffekt" (HESS)



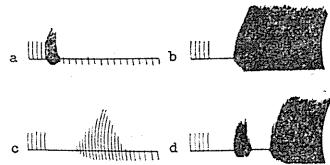
Group 2.  
a ; inhibition. b ; acceleration



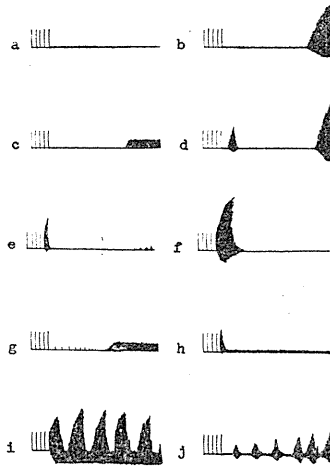
Group 3.  
a & b ; arrest. c ; inhibition. d ; acceleration



Group 4. a, b, c & d ; all inhibition



Group 5.  
a & c ; inhibition. b & d ; acceleration



Group 6. ("Paradoxe Atmungseffekt")  
a, b, d & f ; arrest. c, e, h, i & j ; inhibition  
g ; acceleration  
inspiration downwards expiration upwards

Fig. 4.

Typical respiratory responses to the injection of a minimal dose into various parts of the midbrain. Group 1.

1) 気流曲線を制止 (Group 1 ……以下 Gr. 1 と略す…… a), 抑制 (Gr. 1b), 促進 (Gr. 1c) 及び Hess<sup>14)</sup> の所謂 Paradoxe Atmungseffekt (以下 P. A. と略す, Gr. 1d) の 4 定型に分つ。

2) 上述の各型を更に一過性と継続性の両変化に分つ。前者は刺戟後 1 分内外にして殆んど刺戟前の状態に復するものをいい、後者は変化が数分若しくはそれ以上持続するか、或いは再び旧に復さざるものをいう (通常刺戟後の呼吸変化が 1 分近く持続すると、2, 3 分で旧に復するようなことは極めて例外的であるので、上述のような分類は決して無理ではない)。

3) 振幅、頻度の何れか一方の増減がないか或いは僅かで、他方が顕著な場合は、顕著な変化即ち後著を以て型を決する (Gr. 2a は抑制、

(bは促進である).

4) 刺戟後に同一の呼吸変化が1分若しくはそれ以上持続した場合には、型の決定にあたってその範囲内の変化で決定し、その後の呼吸の状態の如何は一応無視することにした (Gr. 3 a, bは制止, cは抑制, dは促進である).

5) 吸気の振幅と頻度が明らかに抑制されている時は、如何に強い吸気を伴うとも総て抑制とした (Gr. 4 a, b). 但し呼気が不変か、或いは促進している時は附随する吸気の強さの如何に関せず促進とみなした (Gr. 4 c).

6) 腹式呼吸は一般に著しく振幅を減ずるが、この際は総て抑制とした (Gr. 4 d).

7) P.A.とは振幅を甚しく減ずるのに反し、頻度は著しく増加する型で、原則的には促進と考えるが、

a) 振幅があまりにも小で、殆んど曲線上に出現しない場合は制止と同義とみなし (Gr. 6 a, b),

b) 振幅が刺戟前の略々1/3以下になった時は抑制と同義とし (Gr. 6 c, e), それ以上は促進とした (Gr. 6 g).

c) 所謂 Cheyne-Stokes 様の呼吸は抑制とみなした (Gr. 6 i, j).

8) 同一の経過中に、抑制と促進の相異なる呼吸相が交代して出現することがある。この場合は刺戟後数分間の経過の中で、時間的に変化のより強い方を以て型を決する。但し前述の Cheyne-Stokes 様の呼吸は例外である (Gr. 3 a, b, c, dは既に説明した。同様なことは Gr. 5 a, bについても云える。ここで問題となるのは Gr. 5 c, dのような場合で cは抑制 dは促進とみなした。Gr. 6でもこれに従い、例えば d, fは制止または抑制, hは抑制とした).

なお一過性呼吸変化もこれに準じて良いのであるが、不適確な Data の混じるおそれがあるのでここには触れない。

#### IV. 実験成績

##### 1) 上丘領野刺戟 (Fig. 5, 6)

No.	Time	Weight	Sex	Temp	Notes
No. 285	1954. 5. 14.	11.8kg	♂	20°C	
16時50分00秒					左上丘内側半を露出, 松果交連より 2.0mm 尾側, 上丘交連正中より 0.5mm 外側の部より 30度傾斜して腹外方に 3.0mm 刺入して注射.
50	04				呼吸は殆んど一瞬にして振幅, 頻度共に最大となる. 同時に尾を挙げて振る.
50	28				呼吸毎に急激に振幅を減じ, 少し遅れて頻度を減じて来る. 放尿.
50	55				微細呼吸と不規則小呼吸とを交えた呼吸. 上口唇に微かな振顫.
51	52				所謂 Cheyne-Stokes 様呼吸. しかし定型的ではなく振幅は不定. 左後肢のみ伸展位で他は屈曲位, 脊柱は右凸彎曲.
54	09				振幅は略々最大となるも不規則, 頻度も稍々不定.

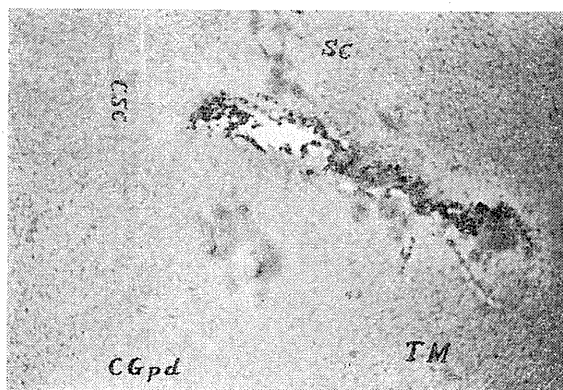


Fig. 5.

Coronal section of the midbrain at the level of the oculomotor nucleus, showing the location of injection into the deeper layer of superior colliculus. S.C.; superior colliculus. C.G.p.d.; pars dorsalis of central gray matter. C.S.C.; commissura colliculi rostralis. T.M.; nucleus of mesencephalic root of V.

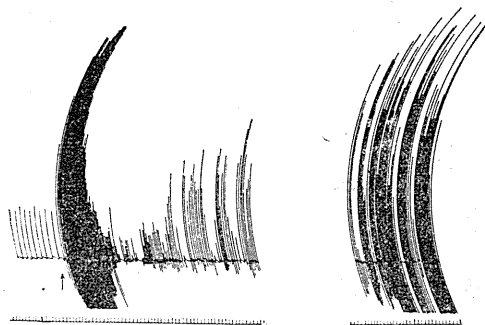


Fig. 6.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the deeper layer of superior colliculus. (Injection of 1.5mol sodium citrate 0.02cc).

2) 中心灰白層刺戟 (Fig. 7. 8. 9. 10)

No. 278	1954. 5. 4.	8.3kg	♂	20°C
17時46分00秒	左上丘で上丘交連より 3.0mm 外側松果交連より 5.0mm 後方の点より 5.0mm 刺入して注射.			
49 01	一寸体をすくめるようにしてから, 呼吸は突然頻度を増し, 振幅も1呼吸毎に増加して来る.			
49 15	呼吸は最大となる.			
49 30	呼吸は1呼吸毎にかなり急速に振幅を減じ, 同時に頻度も僅かながら減ずる.			
50 00	振幅は甚だ小さい. 頻度は一定.			
50 51	振幅は殆んど全く描記されない. 所謂腹式呼吸の形で, 腹壁自体の運動はかなり強い. 頻度は一定. 四肢に抵抗は殆んどない.			
53 42	極めて徐々に振幅を増し, 不規則小呼吸に移行して吸気と呼気の振幅は相半ばする. 吸気の際の鼻翼の一過性攣縮をみる.			
58	不規則小呼吸で刺戟前より速く小さい.			

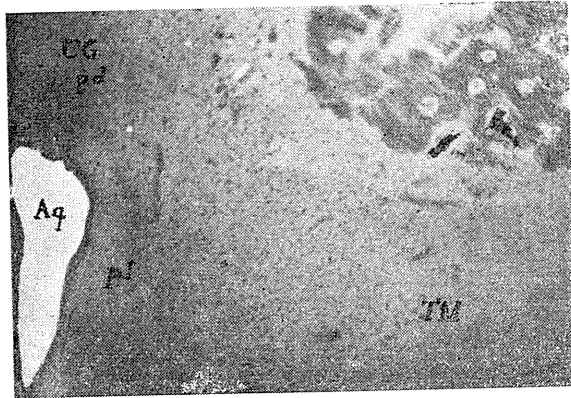


Fig. 7.

Coronal section of the midbrain at the level of the medial part of interpeduncular nucleus, showing the location of injection into the marginal zone (dorso-lateral part) of central gray matter.

Aq.; aqueductus mesencephali, C.G.p.d.; dorsal part of central gray matter, C.G.p.l.; lateral part of central gray matter, T.M.; nucleus of mesencephalic root of V.

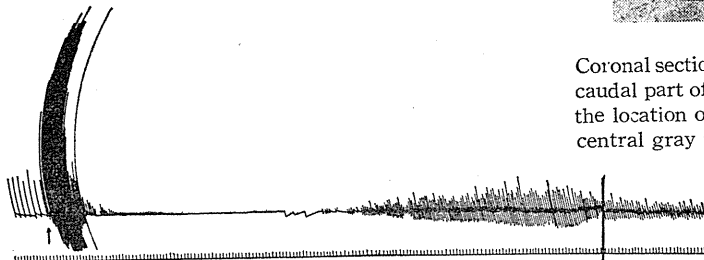


Fig. 8. Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the marginal zone of central gray matter.

No. 280	1954. 5. 7.	8.1kg	♂	19°C
17時16分00秒	右側動眼神経根を中脳外側部よりみて, その後端において中脳側溝の上方より少しく斜背方に 6.0mm 刺入して注射.			
16 01	突然振幅を減じ, 頻度も不定且つ減少, 側頭筋群の一過性攣縮があり, 項部をすくめるようにする.			
16 21	呼吸停止. 全身に K. K. 殊に頸項部は粗大且つ著明.			
17 07	微細呼吸, 時折不規則小呼吸が出没舌全体に波打つような K. K. と唾液分泌. 瞳孔は中等大で少し縮小.			
19 22	同様の呼吸持続. 手術前よりの出血著明. 且つ増強.			
20 20	舌退縮. 瞳孔は右散大, 左中等大で不変. 唾液分泌止む.			
23	主として微細呼吸, 時折小呼吸を交え, 右側胸廓運動は著しく弱い.			
24 30	少し速い稍々大きい呼吸が出現. 首を徐々に左傾し, 左眼裂開大.			
27	呼吸は速く大きくなる. 胸廓運動左右略々同じ. 瞳孔左右同大散大. 四肢屈曲位. 僅かな抵抗を認める.			
33	振幅は刺戟前の状態に復したが速い. しかし全体には略々一定.			

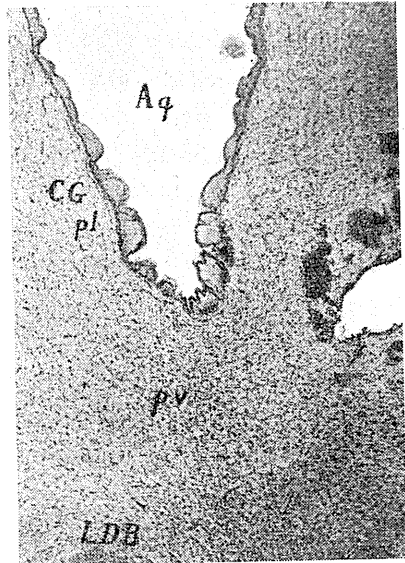


Fig. 9.

Coronal section of the midbrain at the level of the caudal part of interpeduncular nucleus, showing the location of injection into the middle zone of central gray matter.

Aq.; aqueductus mesencephali, C.G.p.l.; lateral part of central gray matter, C.G.p.v.; ventral part of central gray matter, L.D.B.; longitudinal dorsal bundle.



Fig. 10 Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the middle zone of central gray matter.

3) 著者の所謂傍赤核動眼神経根灰白質領野刺戟 (Fig. 11. 12)

No. 283 1954. 5. 12. 12.0kg ♂ 24°C

15時30分00秒 右側動眼神経根にて、右後大脳動脈内側縁に接して脳底と約100度の角度を保ち、斜背内方に6.0mm 刺入して注射。直後に首を右屈曲。  
 30 12 呼吸は頻度を増し、一瞬振幅を増すが、直ちに浅表となる。背部立毛。  
 30 18 呼吸停止。開口し下口唇内反。舌尖挙上、且つ右偏倚。舌縁、頸項部及び軀幹にK.K. 四肢経度屈曲位。  
 33 54 突然大呼吸が規則的に一過性に出現、間もなく振幅を減ずる。首を徐々に右傾し左方廻旋。  
 35 呼吸は再び停止に近い。脈膊著減し不整。唾液分泌僅か。  
 36 再び急速に振幅を増す緩やかな大呼吸出現、頻度は不整。脈膊は略々平常に復す。  
 37 30 振幅は又も減じ頻度不整。  
 39 僅かに振幅を増す傾向を示す。同時に頻度も増加。  
 40 呼吸は略々一定。首は左屈曲。

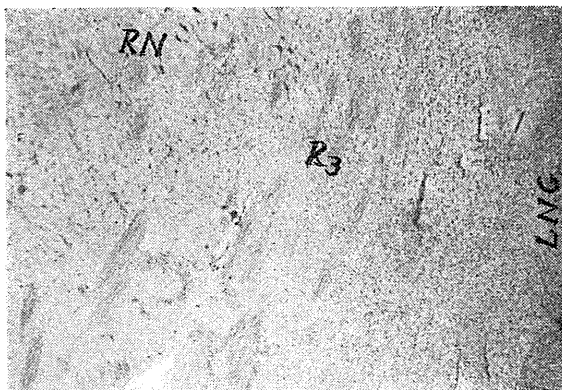


Fig. 11. Coronal section of the midbrain at the level of the root of 3rd nerve, showing the location of injection into the so-called raphé along the root of 3rd nerve near the red nucleus.

R.N. ; red nucleus, R.3. ; root of 3rd nerve, L.N.G. ; linear nuclear gray.

4) 脚間核領野刺戟 (Fig. 13. 14)

No. 286 1954. 5. 18 7.5kg ♀ 23°C

17時38分00秒 動眼神経根の後方で中脳腹側の略々正中と思われ

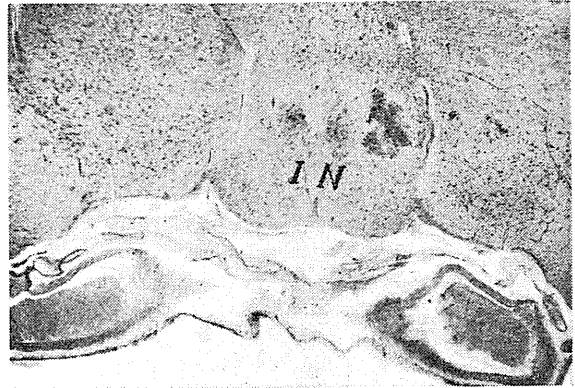


Fig. 13. Coronal section of the midbrain at the level of the medial part of interpeduncular nucleus, showing the location of the injection into the interpeduncular nucleus. I. N. ; interpeduncular nucleus.

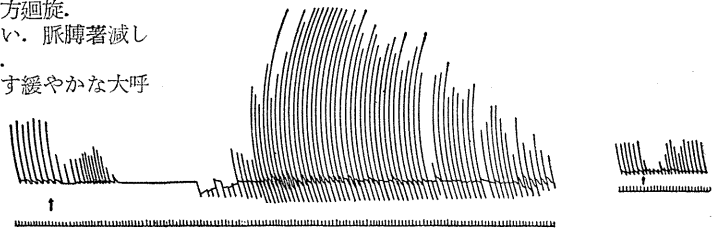


Fig. 14.

Left kymogram, respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the medial part of interpeduncular nucleus. Right kymogram, injection into the rostral part of interpeduncular nucleus (Nucleus intercruralis anterior, KOIKEGAMI).

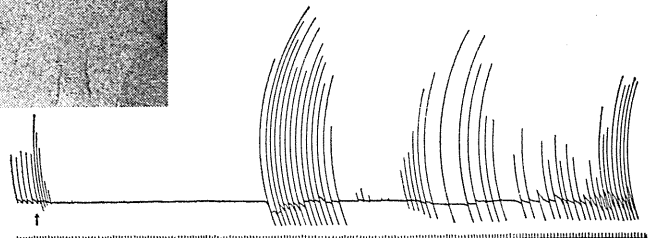


Fig. 12. Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the so-called raphé along the root of 3rd nerve near the red nucleus.

- る部分を左から脚間槽を通して2.0 mm 刺入し注射。直後より呼吸は僅かに速く、振幅は刺戟前の半ば以下となり、そのまま経過。
- 38分52秒 突然振幅を減じ次で呼吸停止。同時に首を右傾し左方廻旋。脊柱右凸側彎，口を閉ぢ舌退縮。全身にK.K.四肢屈曲位。
- 40 10 頻度の略々一定した強い吸気が出現手術創より出血著明。不整脈。
- 40 46 呼気出現，次第に増強，頻度も増加
- 42 呼気吸気共に強く一定，頻度も又一一定。不整脈益々著明。上下口唇K.K.は一層顕著，殊に左半に強い。
- 44 振幅漸減，頻度も遅れて減少。
- 47 全体に波状を呈しつつ呼吸はかなり小。首は右屈曲。口唇部に弱いK.K.残存。舌は次第に提出し齒齦部に達す。舌K.K.増強。脈膊不整緩徐(45~50)，緊張良好。
- 50 呼気のみ振幅更に減少。
- 56 殆んど吸気のみ。
- 58 僅かながら徐々に呼気出現，同時に吸気は弱まる。脈膊は略々平常に復す。

## V. 考 察

先ず86例について行った中脳微小刺戟により生ずる普遍的現象を述べる。一般に刺戟によって体をすくめるような一過性強縮，首の回向運動(多くは刺戟同側性)とそれに附随する呼吸運動の一過性制止又は抑制(稀に促進)，顔面殊に上下口唇の振顫或いはK.K.(多くは刺戟側に強い)，屢々刺戟側側頭筋の攣縮等がみられ，何れかの四肢に軽度の屈曲強縮がある。自律系症状は通常かかる状態には随伴しない。本考察は主として普遍的現象とは別に特異的現象を殆んど毎常示した3, 4の領野について試みる。

四丘体上丘(視蓋前域を除く)刺戟では，呼吸は多くの場合その直後から急激に振幅と頻度を増して来るが，中等度の変化に止まり劇烈な所謂過剰呼吸は稀である。しかし時に刺戟直後から呼吸は著しく促進して忽ち最大に達し，後幾許もなくして稍々急に振幅を減じてその増減は波状を呈しつつ経過するものもある。一過性変化の際には振幅のみ増すことが多い。一般に上丘の刺戟部位と呼吸変化との相関は，上丘の

前後の間には認められないが，深淺ではかなりはっきりとしたものがある。即ち浅層では殆んど反応しないが，中層は多くは一過性促進を示し，中層深部より深層では前掲の如き継時性経過を辿る。概して中心灰白層背側部に近づく程促進の度は強まるが，その経過は短縮して来るのが普通で，刺戟直後急激な且つ強烈な過剰呼吸を短時間経過しその後不定な呼吸(多くはそれでも促進的であるが，抑制的なこともある)へと移行することが多い。体制運動としては普遍的現象の他に，2, 3の例に刺戟側眼裂の開大，嚙下様運動，尾の挙上又は左右への振れをみ，稀に四肢伸筋強縮，歩行様運動(以下L.K.と略す)があったが，立毛と瞳孔異常(多くは刺戟側瞳孔散大による左右不対象)を除いて自律系症状は認められなかった。

上丘の組織構築に関しては平沢およびその門下<sup>15)</sup>に詳しい。氏等はここを7層に大別し，更に多数の亜層を分ち，前後には流れる如く漸進的で分野構成は著明でないと延べ，更に植物神経上丘遠心路としてFibrae tectocentralisとあげている。上丘より中心灰白層に入る線維については，古くCajal<sup>6)</sup>，Schütz<sup>48)</sup>等によって指摘され，栗田<sup>30)</sup>も之を認め，又三島<sup>39)</sup>，Huber<sup>48)</sup>等も上丘深層と中心灰白層背側部は一連のものと考えている。生理学的には稍々高等な動物以上では対光反応調節能の重要な中枢であることが知られているが，黒木<sup>32)</sup>はnicotizationによりK.K.又はL.K.発現の奉行核の1つと見做し，浜田<sup>12)</sup>はKCN死前痙攣に本域の関与することを示唆し，片桐<sup>27)</sup>は電気刺戟によって同側に少しく偏倚した前方突進と，表層刺戟により同側眼球上方回転，散瞳或いは首の同側回転をみた。Thompson<sup>51)</sup>等はここを刺戟して呼吸の促進をみているが，本実験における成績はそれと一致する。また平沢等<sup>15)</sup>のいう組織構築をよく裏づけていると共に，上丘深層と中心灰白層背側部は一連のものであるとする説に対して，後述するように中心灰白層背側辺縁部を刺戟した際の呼吸変化と，上丘深層のそれとが甚だ近似することは1つの根拠を与えたものと信

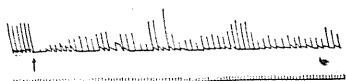


Fig. 15.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the pretectal region.

ずる。体制運動については片桐<sup>27)</sup>の業績に近い。

視蓋前域は Ranson<sup>46)</sup>等によって瞳孔運動と密接な関係を持つと言われるが、著者の実験成績によれば表層では主として振幅の増大を伴う一過性促進を、中層より深層にかけては継時性ではあるが弱い抑制を示すことが多く (Fig 15), 稀に顕著な促進をみたことがあった。体制現象は上丘刺戟のそれと殆んど異ならないが、立毛はみられなかった。

中心灰白層刺戟効果の部位的特異性は甚だ複雑である。一般に中心灰白層の中脳水道周囲を限局して刺戟すると、呼吸は多くは促進する (Fig 16)。しかしその経過は多岐にわたり、刺戟直後に頻度振幅の増加を来すが、暫時にして2乃至3秒の呼吸制止又は抑制を伴うことが屢々で、逆に刺戟直後に一過性呼吸制止をみることもある。その後の経過は振幅が不規則で、全体として波状を呈するようになる。時に所謂喘ぎ呼吸を交え、また吸気の強く発現す

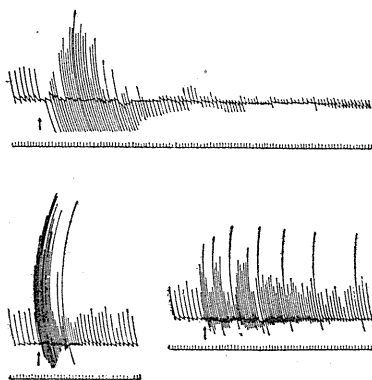


Fig. 16.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the perependymal zone of central gray matter.

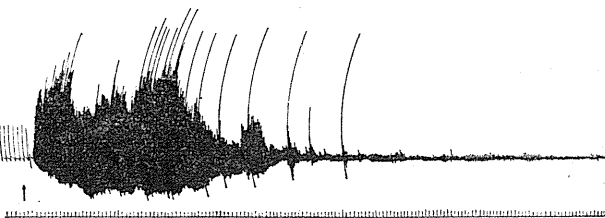
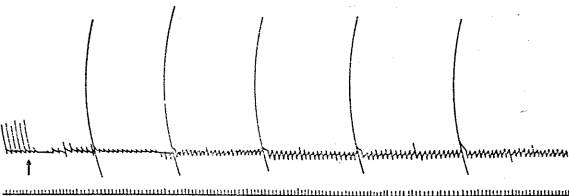


Fig. 17, 18.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the internal zone of central gray matter.

ることもある。刺戟が中心灰白層中層部に限局するか、或いはより内層に行われた時には、呼吸は抑制されることが多い (Fig. 17, 18)。しかし抑制は常に純粹ではなくて P. A. の型が屢々で、寧ろ促進と思われるものもあり、経過の途中に往々 Cheyne-Stokes 様の呼吸、或いは腹式呼吸を交え、喘ぎ呼吸も少なくない。

これに反して中心灰白層辺縁部殊に背側部においては寧ろ促進する傾向が強い。

概して中心灰白層刺戟では所謂 P. A. の型の出現が多く、その点他の領野と比較してかなり特異的である。体制現象としては普遍的なもの他に、舌の退縮、散瞳、屢々刺戟側眼裂の開大と頸項部の K. K. を伴い、またときに全身的な K. K. が強く現われる。嚥下運動は多数の例に観察されるが、下顎の上下運動は稀である。特異なのは刺戟と同時に開口し、舌を口腔外に長く提出して舌尖を丸め、鼻先をなめるようにする運動があるが、これは中心灰白層の後部腹側正中中部においてみられ、ここではまた屢々 Cheyne-Stokes 様の呼吸を伴う (Fig. 19)。尾の運動や後半身の刺戟側屈曲は中脳水道周囲の刺

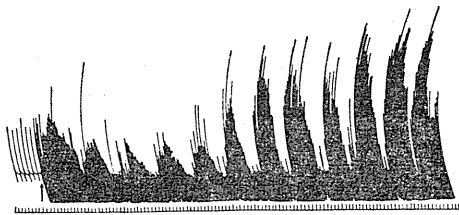


Fig. 19.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the postero-ventral part of central gray matter.

戟に際して往々観察される。自律系症状として手術創よりの激しい出血（これは一旦止血していた手術創が、刺戟によって再び出血し始める場合で、血圧曲線によると刺戟と同時に一旦僅かに下降するが、呼吸停止と共に急激に昇騰する、それと共に強い出血がみられるのである）、不整脈、唾液または鼻汁等の分泌亢進は中心灰白層中層部に、腹鳴、脱糞或いは放尿等は中脳水道周囲若しくは辺縁部中心灰白層に多くみられた。しかし後交連腹側に位置する中心灰白層では部位の特異性はないようで、呼吸は殆んど例が抑制せられ、しかも P. A. の型をとるものが大部分である。

中心灰白層の組織学的分類は、線維構築学的にもまた細胞構築学的にも数多くの業績があるが、Schütz<sup>48)</sup>、Huber<sup>48)</sup>、栗田<sup>30)</sup>等の何れも相似た試みのうちにあつて Bechterew<sup>4)</sup> はここを層的に分類している。中心灰白層の持つ意義の第一は自律神経系との関係であつて、Schütz<sup>48)</sup>、Kölliker<sup>35)</sup>、Cajal<sup>6)</sup>、Marburg<sup>37)</sup>、Ranson<sup>46)</sup>、Beattie<sup>3)</sup>、清水<sup>51)</sup>、栗田<sup>30)</sup>、黒岩<sup>31)</sup>等多数の人々が注目している。生理学的には就中 Ranson 一派の業績に詳しいが、黒津<sup>33)</sup> はここを交感神経性と唱へ、Kabat<sup>25)</sup> は呼吸については抑制することも促進することもあるが血圧は上昇することを認めた。片桐<sup>27)</sup> は電気刺戟で特別な変化をみないという。本実験の成績からは中心灰白層に或る程度の層形成のあることが窺われ、Bechterew<sup>4)</sup> の層状細胞構築の所見と思ひ合せて興味深い、黒津<sup>33)</sup> のような交感神経性という単一の領野とする説には賛同し得ない。又ここを無反応域とは勿論考えないが、被蓋反

応の責任者と目す説にも与し難い。呼吸のみについてみれば Kabat<sup>25)</sup> の成績と大同小異な結果でしかなかったが、呼吸以外の諸成績も含めてより精細であつたと信ずる。

脚間核領野の刺戟効果は概して単純で、刺戟と同時に、あるいは微細呼吸を経て呼吸停止をみ、1乃至2分でかなりの振幅を持つ呼吸が出現するが、概ね緩徐である。しかし停止後の経過は区々で不規則小呼吸、吸気のみ出現、Cheyne-Stokes 様の呼吸等もみられる。体制現象は中心灰白層と略々同様で、ときに尾の左右への振り、軀幹の屈曲がみられた。自律系症状も中心灰白層と比べて特に変わつてはいないが、不整脈、唾液或いは鼻汁等の分泌亢進が毎常著明であるのに反して、手術創からの顕著な出血（血圧昇騰）を伴うことは稀であつた。

脚間核は Gudden<sup>11)</sup> によつて Ganglion interpedunculare として詳細な研究がなされてより注目されたが、細胞構築学的には Calderon<sup>7)</sup>、Kölliker<sup>35)</sup>、Edinger<sup>9)</sup> 等就中 Koikegami (小池上)<sup>28)</sup> に詳しく、渡辺<sup>57)</sup> は更に線維構築との両面から調べている。本核は古くより嗅覚と関係あるものと言われているが、他に全く不明である点より著者の実験成績は注目すべきものがあると思われる。然し著者が脚間核領野と見做したものは Huber<sup>48)</sup> のいう linear nuclear gray との移行部も含めてはいるが、この領野のうちにあつての刺戟効果は略々相等しいから、組織学的には脚間核は独立して区分されてはいても、実際には所謂 Raphengrau のうちで脚間核及びその周辺灰白質は1つの機能的集團をなすものと思われる。然し前端部は刺戟によつて呼吸は単に一過性変化（多くは抑制）に止まる事が多く、自律系現象もみられないから機能的には異なるものであるらしい (Fig. 14). 之は Koikegami<sup>28)</sup> が前端部を Nucl. intercruralis anterior と呼んで区別したのと考え合せて興味深い。Baxter 等<sup>1)</sup> は電気刺戟で、脚間核とは異なるが脚間核尾端の背側部中脳網様体では呼吸の抑制をみているが、本実験の成績でも脚間核尾端外背側部刺戟によつて呼吸は抑制の方が強く現われるこ

とが多かった。しかし脚間核中央部外背側部刺戟では屢々呼吸は強く促進し、且つ体制現象が著明であった。

著者の所謂傍赤核動眼神経根灰白質領野を刺戟すると、多くはその直後に呼吸停止を来し、1分30秒前後にして忽然とかなり大きな呼吸が現われる。経過の途次に喘ぎ呼吸、吸気の強盛、不整呼吸等が出現するが、Cheyne-Stokes様の呼吸は稀である。体制、自律系現象共、脚間核のそれと殆んど異なる。

Hatschek<sup>13)</sup>によって赤核が大、小の2細胞群に分けられ、Monakow<sup>41)</sup>、山岸<sup>55)</sup>はさらに多数の亜核を分ち、安田<sup>56)</sup>もこれを支持した。しかしDavenport等<sup>8)</sup>は小細胞群の分類に否定的な態度をとり、Fuse(布施)<sup>10)</sup>は分類の無用を強調し、Ogawa(小川)<sup>14)</sup>、三友<sup>10)</sup>等もこれに従った。赤核の生物学的意義に関しては、古くから所謂被蓋反応、去脳硬直の担当者として注目され、Brown<sup>5)</sup>、Sherrington<sup>50)</sup>、Magnus<sup>36)</sup>、Rademaker<sup>45)</sup>等がそれを唱えたが、Mussen<sup>42)</sup>、Ingram et al.<sup>19)</sup>、Bazett-Penfield<sup>2)</sup>等はこれに反対した。片桐<sup>27)</sup>はHess感伝刺戟により、首の同側回向、前進又は同側に偏して前進すると言ひ、工藤等<sup>29)</sup>は微小刺戟によって所謂Athetosis肢位をみ、伊藤<sup>24)</sup>は強縮性痙攣(T. K.)およびK. K.をみたという。

本実験で組織学的検索によって明らかに大細胞性赤核を刺戟していた例についてみると、中脳微小刺戟の普遍的現象のほかに稀に開口、後半身の反対側屈曲はあっても、自律系症状は認められず、呼吸に関しても2、3の例外を除いては一過性的の変化に止まった。しかるに所謂傍赤核動眼神経根灰白質領野刺戟による反応の全く異なることは既述の通りで、本域は山岸<sup>55)</sup>の赤核第二乃至四域、殊に第三域頭方より第四域尾方に至る間でNucleus mediocellularis eに相当すると思われる。勿論Huber<sup>18)</sup>のrostral linear nucleusの一部も含

めて考えているが、ともかくもここに明確に機能を異にする灰白質のあることは注目すべきであろう。

一般に中脳前域の腹側刺戟に際して副損傷(血管損傷に基づく脳実質内出血、この場合注射されたクエン酸Naは出血巢内に広く浸潤するであろうから、かなりの範囲が刺戟される可能性がある)が間質核或いはその附近にまで及ぶ時は、四肢殊に後肢を強く伸展し、後半身の反対側への屈曲等の所謂強迫肢位が現われる。しかし間質核、Darkschwitch核領野の単独刺戟では中脳の普遍的現象の域を出ないから、先に述べたような理由で所謂Raphengrau、赤核、網様体等の広範囲から起る一種の相乗効果ではないかとも思われる。

中脳後部縫線背核領野刺戟による呼吸変化は多くは一過性抑制を主とするが、縫線正中では抑制は屢々継時性で、毎常手術創からの強い出血を伴うことは興味がある(Fig. 20)。縫線背方或いは後縦束核領野の刺戟においては、強い腹式呼吸とそれに附随する呼吸性不整脈をみることもあるが、これは中心灰白層とも関係があることと思われる(Fig. 21)。

同様に強い呼吸の抑制、手術創よりの出血、或いは呼吸性不整脈等が、Perlia核、Huber<sup>18)</sup>のrostral linear nucleus、縫線腹核等の領野の刺戟に際してもみられた(Fig. 22)。

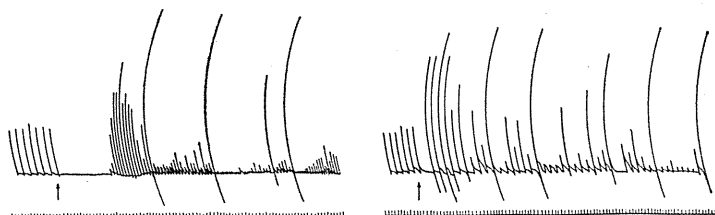


Fig. 20.  
Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the postero-dorsal part of raphé at the level of posterior part of midbrain.



Fig. 21.  
Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the nucleus dorsalis raphes.

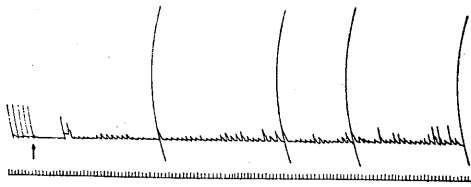


Fig. 22.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose of the nucleus ventralis raphes.

動眼神経核、黒核、中脳被蓋及び網様体の刺戟効果は、多くは普遍的現象の発現に止まり、呼吸は主として抑制されるが、時として促進することもある。しかしその大部分は一過性変化に過ぎない。

以上を要約すると、中脳における一定の灰白質域は呼吸と密接な関係があり、同時にそこは自律系症状の発現とも関係深いということが知られる。即ち視蓋前域深層と上丘深層並びに中心灰白層、更にその腹側の所謂 Raphengrau と称せられる区域がそれである。

このように中脳自律系はかなり限局した区域に存在することが知られるが、該域において交感神経若しくは副交感神経性の両域を区分することは困難であって、総合された機能的集団としての中脳自律系と理解されるべきであろう。

終りに中脳と上位脳との関係について少し触れたい。中脳の呼吸制止領野（中心灰白層、所謂傍赤核動眼神経根灰白質、脚間核の諸領野）は、これを除脳後に刺戟すると極めて弱いながらも反応し得る。この反応程度の減弱は除脳そのものによる影響か、或いは上位脳の特定期との関連性の阻害による結果かは未だ詳細でなく、今後の研究を必要とする。又既に報告されて来た<sup>17)88)</sup>上位脳の呼吸制止

領野からの下行路が中脳において如何なる走行を示すかも同様に検索が充分ではない。しかしクエン酸 Na 脳室内注入効果<sup>43)</sup>の下行路が中脳においては極めて広範な走行を示すこと（中脳部分切截がクエン酸 Na 脳室内注入による呼吸運動変化に及ぼす影響、神野一、廖順元、成田稔、第5回日本精神々経学会関東部会口演、原著未発表）と、他に2、3の呼吸制止領野（例



Fig. 23.

Mapping of points reactive for respiratory movements in the midbrain and anterior part of the pons. Circles indicates respiratory arrest, triangles inhibition, square acceleration. Solid symbols indicates so-called "Paradoxaer Atmungseffekt" (HESS), and "⊥" indicates points stimulated from which no response or temporarily change elicited.



Fig. 24.

Mapping of points reactive for autonomic effects. Circles indicates secretion (salivation, rhinorrhea etc.), triangles haemorrhage (increase in blood pressure) or arrhythmia, square piloerector effect, and diamond indicates defecation or urination.

えば堀<sup>17)</sup>の脳梁上或いは脳梁前、又正木<sup>38)</sup>の視索上核等の諸領野)の刺戟効果は、中脳呼吸制止領野の夫々の単独別除では阻止し得ないこと等から、広範囲を放散しつつ下行するものと考えられる。

**VI. 中脳呼吸運動促進  
又は制止諸領野刺  
戟直後の破壊実験**

本実験は中心灰白層、脚間核及び所謂傍赤核動眼神経根灰白質の呼吸制止諸領野と、上丘深層の呼吸促進領野とに就て行った。予備実験として無刺戟犬について上丘単独、中脳背側或いは中脳腹側と広範囲な焼灼凝固を行い、その呼吸曲線をみたが、極く僅かな抑制をみる程度で殆んど変化を認めなかった

(Fig. 25, 26)。よって次の如き実験を行った。

— 中心灰白層 (Fig. 25) —

No.	Date	Weight	Sex	Temp
No. 336	1954. 9. 7.	9.6kg	♂	27°C
16時25分00秒	右上丘内側半を露出、松果交連より 3.0mm 尾側、上丘交連正中より 1.5mm 外側の部より僅かな傾斜を以て腹外方に 4.0mm 刺入して注射一瞬にして振幅、頻度も最大となる。			
25 03	振幅は稍々急激に減じ、頻度も少し遅れて減じて来る。四肢軟。両鼻翼に弛縮。			
25 15	頻度は刺戟前と略々等しく、振幅は著しく小。1回の深呼吸の後遂には呼吸は停止に近い。			
26 42	刺戟部を含めて広範囲に焼灼凝固。			
27 01	焼灼終了。呼吸の状態に変化なし。			
27 43	再び1回の深呼吸の後、僅かに振幅出現。頻度は規則的。			
28 40	振幅は稍々不定だが一定した小呼吸が続く。			

— 脚間核領野 (Fig. 25) —

No.	Date	Weight	Sex	Temp
No. 338	1954. 9. 10	8.4kg	♀	28°C
13時50分00秒	動眼神経根の少し後方で、中脳腹側の正中を左側から脚間槽を通して 2.0mm 刺入して注射。			

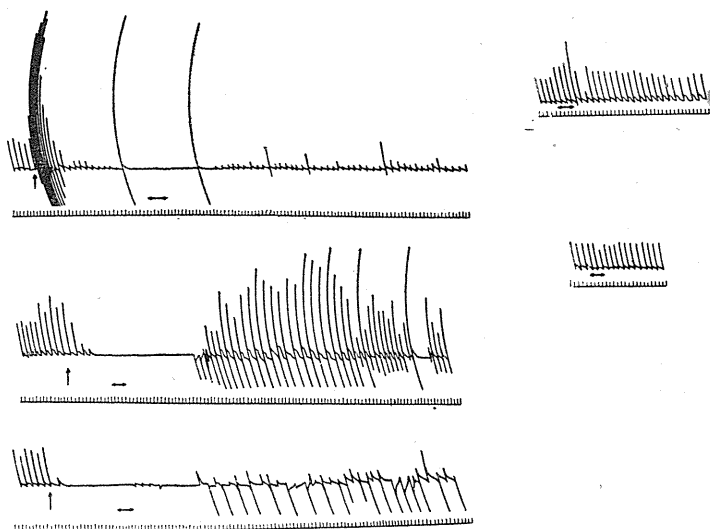


Fig. 25.

Upper kymogram, central gray matter; next, interpeduncular nucleus; lowest, so-called raphé along the root of 3rd nerve near the red nucleus. Destruction of these injected areas, however, does not produce any appreciable change in the arrested respiration. Right kymogram, effect of destruction (non-injected area). Upper, dorsal part of midbrain; lower, ventral part of midbrain. “—” indicate destruction, “↑” indicate injection.

50分07秒 振幅を減ずる。

50 24 突然呼吸停止。同時に堅く口を閉ぢ首を左傾し右廻旋。脊柱右凸側彎。全身に K. K. 不整脈。

50 38 刺戟部を含めて焼灼凝固を開始。

50 54 焼灼終了。依然呼吸停止。

51 48 急に強い吸気が出現。脈膊緩徐、但し整。

52 呼気出現。漸次振幅を増す。頻度略々一定。上下口唇に K. K. 僅かに残る。

— 所謂傍赤核動眼神経根灰白質領野 (Fig. 25) —

No.	Date	Weight	Sex	Temp
No. 339	1954. 9. 11.	11.5kg	♀	26°C
15時26分00秒	右動眼神経根部において、右後大脳動脈内側縁に接し、脳底と約 100 度に保ちつつ斜背内方に 5.0mm 刺入して注射。			
26 15	突然振幅を減じ、次で呼吸停止。開口して舌尖を挙げ、全身に K. K. 不整脈。			
26 56	刺戟部を含めて焼灼凝固開始。			
27 09	焼灼終了。			
27 11	僅かな吸気出現。K. K., 不整脈の状態に変化なし。			
27 30	依然呼吸停止続く、時折僅かな吸気を交える程度、首を右傾左廻旋。			
28	弱い呼気と強い吸気が交代に出現。脈膊整、稍々微弱。顔は正面を向く。			

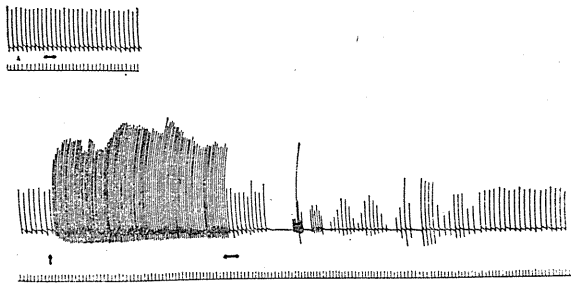


Fig. 26.

The respiratory movements enhanced by the injection of the deeper layer of superior colliculus return normal by the destruction of the said area. Upper kymogram, effect of destruction of superior colliculus (non-injected). “←” indicate destruction, “↑” indicate injection.

— 上丘深層 (Fig. 26) —

No. 343	1954. 9. 18.	10.5kg	♂	24°C
14時50分00秒	左上丘内側半を露出, 松果交連より3.0mm 尾側, 上丘交連より4.0mm 外側の部より約30度傾斜, 腹内方に3.0mm 刺入して注射.			
50 05	振幅頻度とも増加, 少し喘ぐような感じ.			
51 00	呼吸は変化なし. 上口唇振顫.			
52 15	上丘を広範に焼灼凝固.			
52 28	焼灼終了. その間既に焼灼半ばにして呼吸は刺戟前の状態に戻る.			
53 01	呼吸停止. K. K. なし. 脈膊正常.			
54	Cheyne-Stokes 様呼吸の様相を呈す			
56	略々刺戟前の状態に復し, 規則的. K. K. なく, 他に著変なし.			

本実験の結果次のような事が知られる. 中心灰白層, 脚間核及び所謂傍赤核動眼神経根灰白質の呼吸制止諸領野では, そこを刺戟した後, 刺戟部を含めて広範に焼灼凝固しても刺戟効果は中断されることなく続く, 即ち発動作用のみあって継続作用のないことを示している. しかるに上丘深層の呼吸促進領野では刺戟後その部を焼灼凝固することにより促進効果は突如として中断され, 多くは一定の抑制呼吸を経て刺戟前の呼吸へと恢復する. 即ち本領野には継続作用のある事実が認められる. これは甚だ興味あることで, さきに述べたように浜田<sup>12)</sup>は青酸塩類による交代性痙攣が上丘と関係のあることを示唆したが, 犬に青酸塩類を注射すると先ず過剰呼吸を起す事実があり, 更に上丘が継続作用

を有する呼吸促進領野であることを考え合せると, その間に著者は何等かの相関性を認めたい.

## VII. 結 論

1~2mol クエン酸 Na 微小刺戟法を用いて中脳自律系殊に呼吸について検索し次の結果を得た.

- 1) 上丘深層, 中脳水道周囲に呼吸促進部位がある.
- 2) 脚間核領野, 著者の所謂傍赤核動眼神経根灰白質及び中心灰白層中層部に呼吸制止部位がある.
- 3) 上丘中層, 中心灰白層周辺移行部は呼吸促進の傾向を示す.
- 4) 視蓋前域深層, 所謂 Raphengrau は呼吸抑制の傾向を示す.
- 5) 自律系症状は上記3呼吸制止領野に最も顕著に出現し, 所謂 Raphengrau でもかなり屢々みることが出来る. これに上丘殊にその深層を加えて中脳自律系と称した. しかし本域は交感, 副交感の両系に区別することは出来ない.
- 6) 上記3呼吸制止領野には制止現象の刺戟の発動作用のみあって継続作用はない. これに反して上丘深層は促進現象の刺戟の継続作用を有する.

(本論文の要旨は第13回日本脳神経外科学会において発表した)

稿を終るに臨み, 終始御懇篤なる御指導, 御校閲を賜った, 慶大生理学教室林藤教授に深甚なる謝意を表すと共に, 常に直接御指導御鞭撻御校閲を賜った当教室野口好之教授に満腔の謝意を捧げます.

## 文 献

- 1) Baxter, D. W. & J. Olszewski (1955) Respiratory responses evoked by electrical stimulation of pons and mesencephalon. *J. Neurophysiol.* 3, 276-287
- 2) Bazett, H. C. & W. G. Penfield (1922) A study of the Sherrington decerebrate animal in the chronic as well as the acute condition. *Brain* 45, 185-265
- 3) Beattie J., G. R. Brow, & C. N. H. Long (1930) The hypothalamus and the sympathetic nervous system. *Physiological and anatomical evidence for the exi-*

- stence of nerve tracts connecting the hypothalamus with spinal sympathetic centres. Proc. roy. Soc. 106 B, 253-275
- 4) Bechterew, W. (1899) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig. (秋元波岡夫 (1933) 所謂 Zentrales Höhlengrau に就いて 北海道医誌 11, 1933-1955 より引用)
- 5) Brown, T. (1915) On the effect of artificial stimulation of the red nucleus in the anthropoid ape. J. Physiol. 49, 184-194
- 6) Cajal, R. S. (1911) Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Paris., Maloine. (cited from Marburg, O.; 37)
- 7) Calderon, L. (1927-28) Sur la structure du ganglion interpedunculaire. Travaux du Laboratoire de Recherches Biol. d'Univ. de Madrid 25, 297-305
- 8) Davenport, H. A. & S. W. Ranson (1930) The red nucleus and adjacent cell groups. Arch. Neurol. & Psychiat. 24, 257-266
- 9) Edinger, L. (1911) Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere. 8. Aufl. Bd. I, Leipzig F. C. W. Vogel
- 10) Fuse, G. (1919) Experimenteller Beitrag zur Anatomie des roten Kerns bei einem Hunde (Gudde'sche Methode) und bei drei Kaninchen (Nissl'sche Methode). Arb. a. d. Anat. Inst. d. Keisarlich-Japanischen Univ. zu Sendai 2, 49-86
- 11) Gudden, B. (1880) Mitteilungen über das Ganglion Interpedunculare. Arch. f. Psychiat. 11, 424 (cited from Watanabe, M.; 57)
- 12) 浜田 昇 (1952) KCN による交代性痙攣について 脳と神経 4, 151-154
- 13) Hatschek, R. (1937) Zur vergleichenden Anatomie des Nucleus ruber tegmenti. Arb. a. d. Neur. Inst. a. d. Wien Univ. H. 15, 89-136
- 14) Hess, W. R. (1938) Das Zwischenhirn und die Regulation von Kreislauf und Atmung. Leipzig, Georg Thieme.
- 15) 平沢 興 i) 皮質運動系 (錐体路系および錐体外路系) 創元社 京都 (1951)  
ii) 錐体路系と錐体外路系について (3) 脳神経領域 7, 12-34 (1954)
- 16) Hodes, R. & H. W. Magoun (1942) Autonomic responses to electrical stimulation of the forebrain and midbrain with special reference to the pupil. J. Comp. Neurol. 76, 169-190
- 17) 堀佐喜子; i) 犬の大脳皮質帯回における呼吸抑制並びに促進領域について ii) 犬の大脳海馬回皮質の呼吸抑制並びに促進領域について 日本生理誌 18, 948, 958
- 18) Huber, et al. (Brown, J. O.) (1942) The nuclear pattern of the non-tectal portions of the midbrain and isthmus in the dog and cat. J. Comp. Neurol. 78, 365-405
- 19) Ingram, W. R. & S. W. Ranson (1932) The place of the red nucleus in the postural complex. Am. J. Physiol. 102, 466-475
- 20) Ingram, W. R., S. W. Ranson & R. W. Barris (1934) The red nucleus. Its relation to postural tonus and righting reactions. Arch. Neurol. & Psychiat. 3, 768-786
- 21) 石橋正俊・早川領三 (1943) 大黒鼠に対する脳髄性痙攣物質に就いて 条件反射 6, 208-211
- 22) 石塚 保 (1942) i) 皮質性痙攣物質に就いて 条件反射 3, 442-454  
ii) 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, 455-471
- 23) 伊藤国男 (1942) 大脳皮質運動領外局在刺激としての picrotoxinization 及び strichninization 条件反射 3, 307-313
- 24) 伊藤秀三郎 (1952) 中枢神経系に対する諸種化学物質の作用に就いて 日本生理誌 14, 120-125
- 25) Kabat, H. (1936) Electrical stimulation of points in the forebrain and midbrain, the resultant alteration in respiration. J. Comp. Neurol. 64, 187-208
- 26) Kabat, H., H. W. Magoun & S. W. Ranson (1935) Electrical stimulation of points in the forebrain and midbrain, the resultant alterations in blood pressure. Arch. Neurol. & Psychiat. 34, 931-955
- 27) 片桐嘉助 (1953) 家兎中脳運動の実験的研究 新潟医誌 67, 1090-1110
- 28) Koikegami, H., S. Kamio u. M. Iso (1940) Zur zytoarchtoectonik des Ganglion intercruralis bei Säugtieren. Okajimas Folia Anat. Jap. Bd. 19, 459-481
- 29) 工藤達之・佐藤佐与 (1951) 赤核の化学的刺戟によって起る運動現象とその神経経路 日本生理誌 13, 542-546
- 30) 栗田正文 (1950) 中脳の中心灰白層における神経線維群に就いて 脳と神経 2, 214-218
- 31) 黒岩義五郎 (1952) 視床下部と末梢自律神経系との連絡経路に関する研究 精神々経誌 53, 418-433
- 32) 黒木昌夫 (1943) 中脳における交代性痙攣中枢と間代性痙攣中枢 条件反射 9, 10, 351-364
- 33) 黒津敏行 (1937) 温穿刺と冷穿刺 日本学術協会報告 13, 492-495
- 34) 草間敏夫・大谷克己 (1954) 中脳・橋と自律神経系 最新医学 9, 572-582
- 35) Kölliker, A. (1896) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 2 W. Engelmann Leipzig (cited from Marburg, O.; 37)
- 36) Magnus, R. (1924) Körperstellung. Berlin J. Springer
- 37) Marburg, O. (1931) Das dorsale Längsbündel von Schütz. Fasciculus periependymalis und seine Beziehungen zu den Kernen des zentralen Höhlengraues. Arb. neur. Inst. Wien Bd. 33, 135-164
- 38) 正木光児 (1955) i) 視床下部の呼吸運動に及ぼす影響 日本生理誌 17, 649-663  
ii) 視床及び中隔部の呼吸運動に及ぼす影響 日本生理誌 17, 691-699
- 39) 三島; 栗田正文論文 30) より引用

- 40) 三友正之助 (1944) 食肉類の赤核に関する比較解剖学的研究 解剖学誌 19, 212-239
- 41) v. Monakow, C. (1909-10) Der rote Kern, die Haube und die Regio subthalamica bei einigen Säugetieren und beim Menschen. Arb. a. d. Hirnanat. Inst. in Zürich 3 u. 4
- 42) Mussen, A. T. (1927) Experimental investigations on the cerebellum. Brain 50, 313-349
- 43) 成田 稔; 中枢神経系内クエン酸 Na 微小刺戟による呼吸運動変化に関する基礎的研究 (日本生理誌に掲載の予定)
- 44) Ogawa, T. (1939) Experimentelle Untersuchungen über die mediale und zentrale Haubenbahn bei der Katze. Ein Beitrag zur Kenntnis des extrapyramidalen Systems im Hirnstamm, nebst einigen Bemerkungen über den Entstehungsmechanismus der Enthirnungsstarre. Arch. f. Psychiat. u. Nervenkrankh. 110, 365-444
- 45) Rademaker, G. G. J. (1926) Die Bedeutung der roten Kerne und des übrigen Mittelhirns für Muskeltonus, Körperstellung und Labyrinthreflexe. Berlin, J. Springer
- 46) Ranson, S. W. & H. W. Magoun; i) The central path of the pupillo-constrictor reflex in response to light. Arch. Neurol. & Psychiat. 30, 1193-1204 (1933), ii) The hypothalamus. Ergebn. d. Physiol. 41, 56-163 (1939)
- 47) 佐藤佐与・工藤達之 (1952) 陽性硬直核に対する諸種化学物質の作用について 慶応医学 3, 151-154
- 48) Schütz, H. (1891) Anatomische Untersuchungen über den Faser Verlauf im zentralen Höhlengrau und den Nervenfaserschwund in demselben bei progressive Paralyse der Irren. Arch. f. Psychiat. 22, 436-441
- 49) Seybold, W. & M. Moor (1940) Oculomotor nerve and reflex dilatation of the pupil. J. Neurophysiol. 3, 436-441
- 50) Sherrington, C. S. (1898) Decerebrate rigidity and reflex coordination of movements. J. Physiol. 22, 319-332
- 51) 清水信夫 (1948) 自律中枢の線維連絡 脳研究 2, 38-47
- 52) 須田 勇・阿部歌子・内山美恵子・水野節子 (1944) 小脳に関する実験 (第1報) 小脳の化学刺戟による腫孔, 血圧, 呼吸の変化 条件反射 11, 12, 49-57
- 53) 谷 道也 (1942) 中枢神経系に対する機械的刺戟について 条件反射 13, 9-16
- 54) Thompson, W. C. & L. M. N. Bach (1950) Some functional connections between hypothalamus and medulla. J. Neurophysiol. 13, 455-464
- 55) 山岸弥太郎 (1943) 犬赤核の細胞的構造に就いて 北越医誌 49, 699-737
- 56) 安田款一 (1952) 赤核, オリーブ核, 齒状核の比較解剖学知見補遺 (第1篇) 所謂大細胞性赤核に就いて 新潟医誌 66, 96-109
- 57) 渡辺宗治 (1953) 哺乳動物における脚間核とその線維結合について 解剖学誌 28, 80-92

### Summary

The authors examined the respiratory changes produced by the injection of a minimal dose (0.01 to 0.02cc) of 1.0 to 2.0 *mol* sodium citrate into the midbrain of a dog. The findings obtained are as follows:

1) Injections into the deeper layer of superior colliculus and into the periependymal zone of aqueductus mesencephali have respiration accelerative effects.

2) Injections into the interpeduncular nucleus, so-called "raphé" along the root of 3rd nerve near the red nucleus, and into the middle zone of central gray matter arrest respiration.

Destruction of these injected areas, however, does not produce any appreciable change in the arrested respiration.

Whereas, respiratory movements enhanced by the injection of the deeper layer of superior colliculus return normal by the destruction of the said area.

3) Injections into the middle layer of superior colliculus and the marginal zone of central gray matter have a tendency to accelerate respiration, while those into the deeper layer of pretectal region and "Raphengrau" have a tendency to inhibit it.

4) Injections into the midbrain, from which the respiratory arrest is induced, produce the most prominent and frequent autonomic effects, and also those into "Raphengrau" produce considerable autonomic effects.

(Surgical Clinic of Tokyo Dental College (Prof. Y. Noguchi))

## 中枢神経系内クエン酸 Na 微小刺戟による呼吸運動変化

に関する基礎的研究 612. 825/8: 612. 014. 469: 612. 21

### 呼吸制止領野, 脳室及び血管内注射の呼吸抑制閾値について

Basic Experimental studies on the Respiratory changes induced by the Injection of a Minimal dose of Sodium citrate into the Central nervous system: Difference in the Threshold of Respiratory arrest elicited by the Injection of Sodium citrate into the Area from which the Respiratory arrest occurs, Ventricle and into the Blood vessel.

成 田 稔 (NARITA-Minoru)\*

#### I. 緒 言

中枢神経系の機能を研究する方法は極めて多様であって、しかもその何れもが必要であり決して一方法のみで全てを知り得ない。故に個々の方法は常に協同的であらねばならないと同時に他を疎外にすべきではない。しかしながら方法の理論的説明には多くの仮定が含まれているから、この仮定に何等の検討も加えられずに研究が進められると、結果に独断と誤謬を持つ恐れが少なくないと思われる。わが教室においては夙に 2.0mol クエン酸 Na を用いて所謂微小刺戟法を行い、犬における中枢神経系と呼吸運動との関係について検索して来た<sup>7)18)20)</sup>。ここではその細部に触れないが、大脳皮質、間脳並びに中脳における呼吸運動制止領野では高濃度クエン酸 Na 微小刺戟それ自体によって、形式に若干の相違はあるが、何れも呼吸停止を来す (Fig 1, 2)。これ等の呼吸運動制止領野は大部分が脳室と近接した部位にあり、又視床下部或いは中脳の所謂 Raphengrau のような血管構築密度の高い部分にも限局して存在する。

このようにクエン酸 Na 微小刺戟によって確められた呼吸運動制止領野は、脳室系或いは血管稠密部等の特定域と密接な関係を持つように思われる。この場合に該領野の刺戟にあたって、誤って試薬

が脳室或いは血管内に注射されるようなことは全くないとは断言出来ないし、結局微小刺戟の実験成績が一概に正しいものとは言えなくなってくる。ここにクエン酸 Na 微小刺戟法そのものを再検討する余地があるうと思ひ本実験を企てた。

#### II. 実験にあたって

実験は次のような想定の下にこれを分けて行

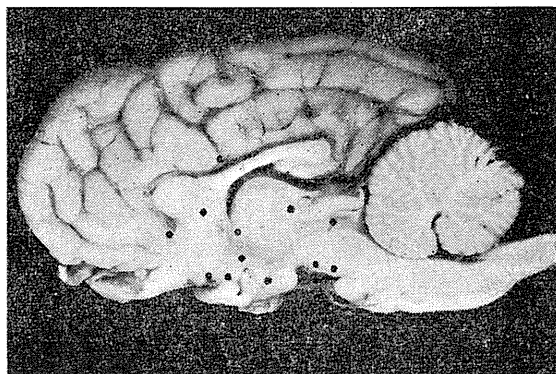


Fig. 1.

Medial aspect of the dog's brain in sagittal section, showing the respiratory arrest areas induced by the injection of a minimal dose (0.01 to 0.02cc) of 1.0 to 2.0mol sodium citrate. Cerebral Cortex:

Supracallosar and Infracallosar part of rostral cingulate gyli, Rostral medial and Postero-medial part of hippocampal gyli.

Thalamus:

Nucleus anterior thalami, Postero-medial part of thalamus. Septal nucleus.

Hypothalamus:

Supraoptic nucleus, Nucleus paraventricularis, Nucleus of H<sub>1</sub> field. Preoptic area.

Midbrain:

Central gray matter, Nucleus interpeduncularis, Raphé along the root of 3rd nerve near the red nucleus.

\* 東京歯科大学野口外科学教室 (野口好之教授)

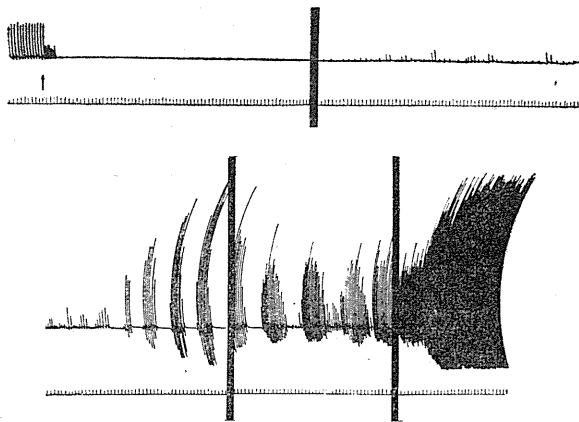


Fig. 2.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose into the supraoptic nucleus. Time record : 3 seconds. "↑" indicate injection.

った。

1) 我々の教室で用いたクエン酸 Na は 1.5~2.0mol という極めて高濃度のものであるが、他の 2, 3 の報告<sup>11)12)</sup>によると 10%内外の比較的低濃度のもを用いて微小刺戟を行っており、この彼我両者の成績は常に必ずしも同一ではない。そこでクエン酸 Na の刺戟効果閾値はどの位であるのか、また濃度の高低による刺戟効果の相違はどのような現われ方をするのか検討してみた。

2) 脳室系に極めて近接する呼吸運動制止領野の刺戟にあたり、誤って試薬を脳室内に注射する恐れが多分にあることは先に述べた。よってクエン酸 Na を直接脳室内に注射してその影響を調べてみた。

3) 同様に血管構築密度の高い領域では、試薬が血管内に注射される可能性がある。そこで 2, 3 の動脈を選んでクエン酸 Na 注射を行いその影響を検索した。

なお実験には 5.0~11.5kg の犬を用いた。麻酔は Cyclopan Na または Ravonal 静脈麻酔、犬の固定、呼吸曲線(気流曲線)描記法、開頭手技等は当教室より出ている論文<sup>7)18)20)</sup>に毎々記載されており、本実験と関係のある脳露出法は堀論文<sup>7)</sup>に、視床下部刺戟法は正木論文<sup>18)</sup>に、中脳刺戟法は著者の論文<sup>20)</sup>の中に夫々詳細

に述べてあるから、ここでは重複を避けて特に触れない。

### Ⅲ. 実験成績

#### A. 呼吸運動制止領野に対するクエン酸 Na 刺戟効果閾値について

これには専ら視床下部の視索上核領野(正木<sup>18)</sup>)によると Nucleus supraopticus diffusus に相当するという。著者の検索では Nucleus ovoideus もこれに加わるが、呼吸運動制止領野としては特に脳室に密接した灰白質が重要であると、中脳の所謂傍赤核動眼神経根灰白質領野(著者<sup>20)</sup>)を選んで実験した。前者は極めて血管に富み且つ脳室に近く、後者はそれより血管には乏しく且つ脳室からは遠い。予備実験として両領野に機械的刺戟(注射針穿刺)と、微量の空気、蒸溜水等の注入を行ったが何等の現象も発現しなかった。実験終了後は刺戟部を含めて組織標本を作製し、目的とした領野以外を刺戟してあった場合や、刺戟部の脳実質損傷の高度であった例は総て除外した。

No.	Date	Weight	Sex	Temp
No. 701	1955. 9. 10.	9.2kg	♂	24°C
16時20分00秒	左視索上核領野に 0.3mol クエン酸 Na 0.02cc 注射.			
20	15	顔面左方廻旋. 呼吸は振幅のみ減ずる.		
20	21	振幅のみ刺戟前の半ば以下となる.		
20	33	振幅増加し始む. 間代性痙攣(以下 K. K. と略す)なく、唾液等の分泌現象なし.		
21		呼吸は略々刺戟前に復する. (Fig. 3)		
No. 708	1955. 9. 14.	5.5kg	♀	27°C
17時23分00秒	左視索上核領野に 0.5mol クエン酸 Na 0.02cc 注射.			
23	04	突然呼吸停止. 同時に口を閉じ、舌を口腔内で前方に提出、舌尖を丸める.		
23	09	下顎及び頸項部に K. K. 瞳孔は左右とも著明に散大.		
24	57	突如呼吸出現、しかし数回の後浅表となる. 口を堅く閉じる. 右前肢伸展、右後肢屈曲何れも抵抗強し. 左前後肢には殆んど抵抗なし.		
27		無呼吸と 2, 3 回の呼吸が比較的規則正しく出る. 吸気時軀幹に K. K. があり努力呼吸の感じ. 舌左側縁挙上、K. K. あり. 上下口唇部にも K. K. 依然同様な呼吸を持続. (Fig. 3)		
29				

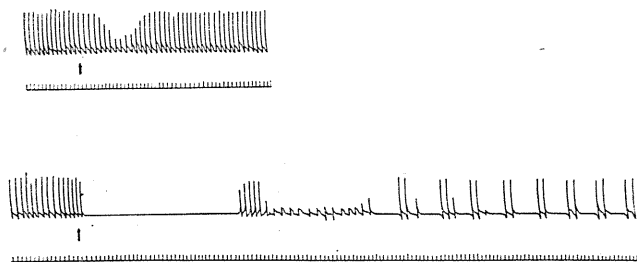


Fig. 3.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose into the supraoptic nucleus. Upper kymogram, injection of 0.3mol sodium citrate 0.02cc. Lower kymogram, injection of 0.5mol sodium citrate 0.02cc.

No.	Time	Subject	Weight	Sex	Temp	Notes
No. 724	1955. 10. 1.	8.3kg	♀	23°C		
15時03分00秒		左傍赤核動眼神経根灰白質領野に0.3mol クエン酸 Na 0.02cc 注射.				
03 03		呼吸停止. 頸項部及び側頭部等に攣縮様の K.K..				
03 10		呼吸は出現すると共に不規則波状を示して速い. 右眼裂開大, 両側腫孔は極度に散大. 唾液分泌盛, 舌は僅かに退縮. 右上口唇 K.K..				
05		徐々に振幅, 頻度を減ずる傾向, 時折喘ぎ呼吸を交える.				
06 30		吸気の強い一定した呼吸となる.				(Fig. 4)

No.	Time	Subject	Weight	Sex	Temp	Notes
No. 730	1955. 10. 5.	6.5kg	♂	27°C		
16時10分00秒		左傍赤核動眼神経根灰白質領野に0.5mol クエン酸 Na 0.02cc 注射.				
10 03		呼吸停止. 同時に口を閉じ, 顔面左方廻旋, 頸部に K.K.. 暫時にして両側眼裂開大し, 舌退縮 K.K..				
11 41		喘ぐ様な呼吸が不規則に出現. 側頭部殊に右に K.K.. 顔面更に強く左方廻旋.				
15		喘ぎ呼吸のみ出現. 唾液分泌盛. 涙, 鼻汁分泌が同時に左側にある.				
17		頻度甚だ不定な吸気のみ出現. 前肢伸展位強縮. 眼裂左側著明開大.				(Fig. 4)

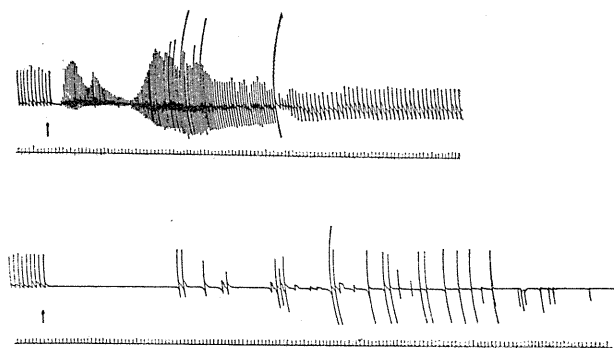


Fig. 4.

Respiratory response resulting from the injection of a minimal dose into the raphé along the root of 3rd nerve near the red nucleus. Upper kymogram, injection of 0.3mol sodium citrate 0.02cc. Lower kymogram, injection of 0.5mol sodium citrate 0.02cc.

以上の4例からも知られる様に, 0.3mol 溶液を用いた場合と, 0.5mol 溶液を用いた場合との反応にはかなり強弱の差がある. ここでは呼吸運動制止の効果閾値を求めるのが目的であるのでさきに著者<sup>20)</sup>が分類した継時性の呼吸制止 (呼吸の継時性変化とは刺戟後呼吸変化が5分以上持続するか或いは再び旧に復さないもので, 呼吸制止の場合は1分前後制

止が続き, その後抑制又は促進と不規則な呼吸が出没する)を示標とし, それ以外の現象は仮令現われても閾値として扱わなかった. その結果両領野共に 0.4~0.5mol 以上の濃度を必要とすることが知られた. 概して視索上核領野よりも傍赤核動眼神経根灰白質領野の方がより低い濃度で反応する傾向を示し, 0.4mol では後者が殆んど毎常継時性の呼吸制止効果を示すのに反して, 前者は30%内外にしかその効果が認められない. この傾向は他の自律系症状においても同様に認められる. 興味あることは, 0.1mol 以下では両領野ともに殆んど反応を示さないが, 0.2mol 以上では多かれ少なかれ反応し, この際視索上核領野は常に抑制的 (但し殆んど一過性) であるのに反して傍赤核動眼神経根灰白質領野では 0.2~0.3mol の濃度では促進的な傾向を示す例の多いことである. 但し他の自律系症状は両領野共に濃度の低下と比例して発現頻度の弱まるのが普通である.

以上の実験成績を呼吸運動制止領野のすべてにあてはめて類推することは或いは不都合かもしれないが, 0.4~0.5mol という刺戟効果閾値は全体についても言えることと思われる.

#### B. クエン酸 Na 脳室内注入の影響について

実験は側脳室を選んで行った. クエン酸 Na 注射は, 穿刺, 切開或いはクエン酸 Na 微小刺戟等に対して

何等反応を示さない脳梁を通して行った。予備実験として蒸溜水、生理的食塩水等の微量を注入したが何等の現象も出現しないことを確めた。

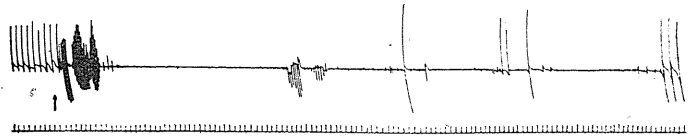


Fig. 6.  
Injection of 0.2mol sodium citrate 0.02cc into the lateral ventricle.  
(The same dog No. 701, Fig. 3. upper kymograph.)

No. 726 1955. 10. 2. 7.4kg ♀ 22°C

13時14分00秒	0.5mol クエン酸 Na 0.02cc 側脳室内注入.
14 00	突如呼吸停止. 同時に一旦開口, 下顎の粗大な K. K. 出現と共に徐々に口を閉じる. 瞳孔散大, やがて止血していた手術創からの著明な出血. 側頭部及び軀幹の粗大な K. K..
16 21	突然大きな喘ぎ呼吸が出現.
16 50	再び呼吸停止. 口を強く閉じ, 口唇部 K. K..
17 20	小さな速い呼吸が出現, 次でかなり急速に振幅を増す. 前肢腕関節以下伸展位.
18 20	振幅減少.
19	呼吸は全体に波状を呈する. 唾液分泌.
20	呼吸は略々一定. (Fig. 5)

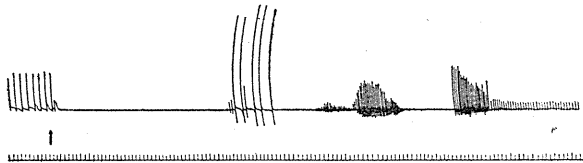


Fig. 5.  
Injection of 0.5mol sodium citrate 0.02cc into the lateral ventricle.

この様に呼吸運動制止領野における刺戟効果閾値に相当する濃度で著明な変化を起すが、閾値下濃度でも同様なことが観察される (Fig. 6). 即ち反応は呼吸運動制止領野におけるよりも強烈であって、確実に側脳室内に注入された場合には 0.1mol でも著明である。しかし細部にわたってはなお検討の余地がある。例えば時に呼吸制止がみられず却って促進するような場合で、これは不詳な点も少なくないが、0.1mol 以下の濃度のクエン酸 Na が極く微量 (0.005~0.01cc) 注入された際、或いは脳室穿刺が不確実で一旦脳実質に注射された試薬が逆流又は漏出によって脳室内に入ったと思われるような例 (但しその脳実質の部分はクエン酸 Na 微小刺戟に対し

て何等反応しないことが確かめられてのことであるが)、側脳室内出血の高度な例、又は側脳室が完全に開放されている場合等がある。勿論例外もあるがともかくも試薬の濃度、量、或いは脳室内圧の変換等がクエン酸 Na 脳室内注入効果を変えることは事実のようである。

しかし的確に側脳室内にクエン酸 Na が注入されていれば 0.1mol 以上の濃度、0.02~0.03cc 以上の量で殆んど例外なく呼吸制止をみる。定型的な例では極く一過性の呼吸促進を経て呼吸は突如停止し、1分前後の後微細呼吸を開始、次で Cheyne-Stokes 様の呼吸を示し、その後多くは過剰呼吸に移行する。体制現象としては呼吸停止と共に極度の開口、舌を口腔内で前方に提出して舌尖を丸め、同時に軀幹、頸項部に K. K. をみ、眼裂は開大し、次で下顎の粗大な K. K. 出現と共に口を強く閉ざすに至る。四肢は概ね屈曲強縮を起し、時に前肢伸展強縮、後肢屈曲強縮の強迫肢位をとる。顔面廻旋、軀幹屈曲はみられず、歩行様運動 (L. K.) は通常出現しない。自律系症状としては呼吸運動の他に血圧上昇、瞳孔散大、唾液分泌は殆んど毎常観察され、殊に唾液分泌は始め耳下腺分泌、次で舌、顎下腺分泌と続くのが普通である。又時に排便放尿立毛もみられるが、鼻汁、涙分泌は殆んどみられない。

C. クエン酸 Na 血管内注射について

内頸動脈、椎骨動脈を選んで実験を行った。何れも前頸部縦切開によって両動脈を露出し、内頸動脈内注射に当っては外頸動脈を結紮し、大動脈球の影響を考慮して分岐部より可及的末梢に離れて注射した。予備実験として行った蒸溜水、生理的食塩水の 0.02~0.1cc の注射は何の現象も現わさなかった。

No. 739	1955. 10. 10.	8.0kg	♀	19°C
19時32分00秒	2.0mol クエン酸 Na 0.03cc 右椎骨動脈内注射. 注入速度 1.0~2.0 秒.			
32 04	呼吸は急激に 1 回毎に振幅, 頻度を増し最大となる. 頸項部 K. K..			
32 13	次で呼吸毎に振幅を減じ, 頻度も少し遅れて緩徐に減少. 頸項部の K. K. 消失.			
33 20	一旦浅い呼吸を経て旧に復し, 略々一定する. (Fig. 7)			

No. 742	1955. 10. 12.	7.4kg	♀	22°C
18時14分00秒	2.0mol クエン酸 Na 0.03cc 右内頸動脈内注射. 注入速度 1.0~2.0 秒.			
14 03	急速に呼吸は 1 回毎に頻度, 振幅を増し最大となる. 頸項部に K. K..			
14 28	呼吸毎に振幅減少, 呼吸停止.			
14 40	呼吸出現.			
15	略々呼吸は旧に復す. (Fig. 7)			

一般に高濃度クエン酸 Na の内頸動脈又は椎骨動脈内注射による呼吸変化は甚だ不定であるが, 概して椎骨動脈の方が変化の程度は強い. しかし何れにせよはっきりとした変化が出るためには 2.0mol クエン酸 Na 0.03cc 以上の注射が必要で, 注射量が 0.05~0.1~0.2cc と増加すれば呼吸の変化も継時性の傾向を帯び, 頸項部の K. K. は強まり, 屢々唾液分泌, 瞳孔縮小, 四肢 (多くは注射側前肢) 屈曲強縮等を伴う. 手術創から著明な出血を来すことは 0.1cc 前後ではないが, 血圧は不定に動揺する. ともあれ 2.0mol クエン酸 Na 0.03cc 前後の注射による定型的变化は一過性促進, 次で一過性抑制という経過を辿るのが普通である.

次に 0.05cc という注射量を一定にし, 濃度を変化させて注射した結果, 僅かでも呼吸に変化を起し得るといふ濃度は, 内頸, 椎骨両動脈共 1.0mol で, 0.8mol 以下では殆んど反応しない. また閾値以上の 1.5mol クエン酸 Na を用いて動注速度の緩急が呼吸の変化に及ぼす影響を検索した.

No. 749	1955. 10. 20.	6.9kg	♂	19°C
19時24分00秒	1.5mol クエン酸 Na を右内頸動脈内に極めて徐々に注射.			
24 40	0.1cc に及ぶ. 呼吸に変化なし. 頸項部に弱い K. K..			

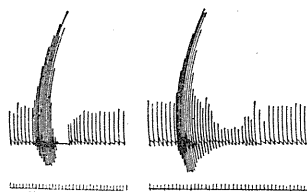
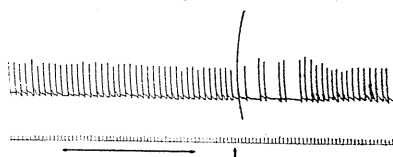


Fig. 7.

Respiratory response resulting from the injection of 2.0mol sodium citrate 0.03cc into the artery. Left kymogram, internal artery. Right kymogram, vertebral artery.



The influence of different velocity by injection. “→” indicate slow injection, 1.5mol sodium citrate 0.3cc. “↑” indicate quick injection, 1.5mol sodium citrate 0.05cc.

- 24分46秒 K. K. 消失.
- 25 54 0.3cc 注入終了. 呼吸に変化なし.
- 26 30 0.05cc を迅速に注入. 1 回の大呼吸の後, 注射前と同じ呼吸を経て呼吸停止. 同時に頸部に弱い K. K..
- 27 30 無呼吸, 次で 2 回呼吸, これを 2, 3 回繰返して呼吸は旧に復す.

(Fig. 7)

このように極めて徐々に注射した場合は仮令量が多くとも呼吸に影響はない. また閾値以下の 0.5mol クエン酸 Na を 0.05~0.1cc 宛反復注射しても呼吸は変化しない. 或いは閾値以下の 0.3, 0.5, 0.8 及び閾値以上の 1.0, 1.5, 2.0mol クエン酸 Na を夫々 0.05cc 宛 20 秒前後の間隔で連続注射しても呼吸は一般に変化しない. 同様に 2.0mol クエン酸 Na を 0.005cc から始めて 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.1, 0.2cc と 10~20 秒の間隔で連続注射した場合にも呼吸には変化を認めない. こうした現象は内頸動脈でも椎骨動脈でも同様のことが観察される. 以上から少なくともクエン酸 Na 注射によって呼吸変化を招来するためには, 或る一定時間内の脳内血行が或る一定程度以上のクエン酸 Na 濃度を保有する必要があり, しかも注射を反復すると, その化学刺戟受容器は一種の“慣れ”の状態になり得るものと結論出来る.

#### IV. 考 察

クエン酸 Na 微小刺戟法については、須田<sup>24)</sup> 工藤<sup>12)</sup>、伊藤<sup>11)</sup>、引場<sup>6)</sup>等の業績がある。工藤等<sup>12)</sup>は本研究において著者が特に対象として選んだ傍赤核動眼神経根灰白質領野に近い大細胞性赤核に10%クエン酸 Na 微小刺戟を行って、所謂 Athetosis 肢位を得たと報告しているが、10%は0.35mol 位に相当し、これは我々の呼吸運動制止領野において略々効果閾値にあたる濃度である。引場等<sup>6)</sup>は帯回を刺戟して0.5molも2.0molもクエン酸 Na はその効果において変わらないという。視索上核領野と傍赤核動眼神経根灰白質領野とでは、2.0molクエン酸 Na 微小刺戟によっても効果に或る程度相違があるが、0.3mol 以下の濃度では前者が常に抑制的であるのかかわらず、後者は屢々促進的、時に所謂 Paradoxe Atmungseffekt を示す。勿論その原因は分らないが、両領野の構成神経細胞を精査すると興味があるのではないだろうか。脳室内に薬物を注入した実験はCushingに始まると言われるが、Light<sup>15),16),17)</sup>、篠崎<sup>22)</sup>、Henderson<sup>5)</sup>、Feldberg<sup>3)</sup>等多数の学者がこれに続いている。その報告されている薬物も、又その観察と結果も極めて多岐にわたるが、要するに生体内に薬物を注入する他の如何なる方法に比しても最も迅速且つ強烈な効果を示すと考えられているのが一般のようである。クエン酸 Na を注入した実験は未だ無いようであるが、実験成績にも示した通り0.1mol位の低い濃度で極めて顕著に反応する。0.3mol以上では概ね定型的で、濃度の上昇につれて現われる反応も誇張はされるが、根本的には何等異なるものでない。然し0.1mol以下の低濃度で時に例外の認められることは既に述べた。又脳室内注入は再度の反復にもよく反応するが、無呼吸期に追加注入しても常に無呼吸期の延長を来すものではなく、過剰呼吸期に注入すると呼吸停止を起さずに抑制呼吸に終始したり、所謂 Cheyne-Stokes 様の呼吸が始めから出現したりする。しかし呼吸が旧に復した状態になってから更めて注入するならば再び

よく反応する。

要するにクエン酸 Na 脳室内注入効果と、呼吸運動制止領野の刺戟効果とは屢々良く似るが、前者は極めて低濃度でも出現すること、反復注入効果のあること（呼吸運動制止領野ではこの反復注入効果は殆んど認められない）等で後者と相違する。

薬物の動脈注射によって呼吸促進の起ることは Moore 等によって注意されたが、高木<sup>25)</sup>、中山<sup>19)</sup>等はクエン酸 Na 動注で呼吸促進の起ることを報告している。中山<sup>19)</sup>によると動注によって刺戟された末梢受衝器からの求心性衝撃が下丘の直尾側断位附近にある所謂過呼吸中枢に達し、ここから二次的に正常呼吸中枢に対して過呼吸を起すと説明している。しかしこれは大腿動脈について行われたものであるから、本実験の内頸或いは椎骨動脈内注射の際の呼吸変化は別に検索する必要があり、今ここでは実験成績の中に述べた以上の結論を出し得ない。

以上実験成績の概略を列記した。個々の点については不明な点、興味ある事項等少なくないが、ただ微小刺戟法の実施にあたってはこれ等の各系統、即ち脳実質、脳室系及び血管系の化学試薬に対して示す変化を先ず認識すべきであることを知らねばならない。

#### V. 結 論

種々の濃度または量のクエン酸 Na を脳室系（側脳室）、呼吸運動制止領野（視索上核領野及び所謂傍赤核動眼神経根灰白質領野）及び血管系（内頸動脈及び椎骨動脈）に用いて次のような結論を得た。

1) クエン酸 Na 効果は脳室系において最も強く出現し、次で呼吸運動制止領野、血管系の順に現われる。

2) クエン酸 Na 効果閾値は三者共相違し、且つその効果そのものにも特有点がある。

3) 故に脳実質のクエン酸 Na 微小刺戟によって呼吸運動変化をみた場合には、クエン酸 Na の濃度と量を考慮し、それに組織学的検索を加えれば、その効果が何れに由来するか推定

し得る。

稿を終るに臨み、終始御懇篤な御指導を賜った慶大生理林教授に深甚な謝意を表すると共に、直接御指導御校閲を賜った、当教室野口教授に満腔の感謝を捧げます。

### 文 献

- 1) Feldberg, W. et al. (1953) A permanent cannula for intraventricular injections in cats. *J. Physiol.* 120, 3-5
- 2) Feldberg, W. et al. (1953) Intraventricular injections of acetylcholine and of 5-hydroxytryptamine (serotonin) into the conscious cat. *J. Physiol.* 120, 12
- 3) Feldberg, W. et al. (1954) Injections of drugs into the lateral ventricle of the cat. *J. Physiol.* 123, 148-167
- 4) 長谷川 弘・他 (1954) 運動時の呼吸促進について (第5篇) 骨格筋に於ける化学的受容器 *日本生理誌* 16, 210-215
- 5) Henderson, W. R. et al. (1937) Intraventricular injection of acetylcholine and eserine in man. *Quart. J. Exper. Physiol.* 26, 83-95
- 6) 引場昭男・他 (1955) 化学刺戟に対する Gyrus cinguli の反応について *東京医大誌* 13, 81-83
- 7) 堀 佐喜子 i) (1956) 犬の大脳皮質帯回における呼吸抑制並びに促進領野について *日本生理誌* 18, 948  
ii) (1956) 犬の大脳海馬回皮質の呼吸抑制並びに促進領野について *日本生理誌* 18, 958
- 8) 稲田宣男・他 (1939) 間脳と心律動の変調 *日本内科誌* 27, 301-304
- 9) 稲田宣男・他 (1940) 再び間脳と心律動障碍に就いて *日本内科誌* 28, 235-237
- 10) 稲田宣男 (1940) 間脳と期外収縮に関する軌近の新知見 *日新治療* 263, 5-11
- 11) 伊藤秀三郎 (1952) 中枢神経系に対する諸種化学物質の作用に就いて *日本生理誌* 14, 120-125
- 12) 工藤達之・他 (1951) 赤核の化学的刺戟によって起る運動現象とその神経々路 *日本生理誌* 13, 542-546
- 13) Leusen, I. R. (1954) Chemosensitivity of the respiratory center: Influence of CO<sub>2</sub> in the cerebral ventricle on respiration. *Am. J. Physiol.* 176, 39-44
- 14) Leusen, I. R. (1954) Chemosensitivity of the respiratory center: Influence of changes in the H ion and total buffer concentrations in the cerebral ventricle on respiration. *Am. J. Physiol.* 176, 45-51
- 15) Light, R. U. et al. (1933) The administration of drugs into the cerebral ventricles of monkeys: pituitrine, certain pituitary fractions, pitressin, pitocin, histamine, acetylcholine and pilocarpine. *J. Pharmacol. & Exper. Therap.* 47, 17-36
- 16) Light, R. U. et al. (1933) The response of the rabbits to pilocarpine administered into the cerebrospinal fluid. *J. Pharmacol. & Exper. Therap.* 47, 37-45
- 17) 前田 弘 (1942) 側脳室内に応用された薬物の心臓作用、特にストロファンテンによる中枢性不整脈に就いて *医学研究* 16, 45-67
- 18) 正木光児 (1955) i) 視床下部の呼吸運動に及ぼす影響 *日本生理誌* 17, 649-663  
ii) 視床及び中隔核の呼吸運動に及ぼす影響 *日本生理誌* 17, 691-699
- 19) 中山 沃 (1954) 薬物動脈注射による過呼吸の発生機序について *日本生理誌* 16, 388-391
- 20) 成田 稔 (1956) 中脳と呼吸運動 *日本生理誌* 16, 919
- 21) 小田中 貞 (1953) 知覚神経呼吸反射 (第1報) 脊髄後根刺戟時に発現する呼吸異常について *日本生理誌* 15, 143-149
- 22) 篠崎哲四郎 (1941) i) 脳幹の生理及び病理 *実験治療* 21, 341-344 (1941) *実験治療* 21, 389-395  
ii) 脳出血の予後 (1933) *朝鮮医誌* 23, 1529-1530
- 23) 篠崎哲四郎・他 (1936) 所謂睡眠中枢に関する実験的研究 *日本内科誌* 24, 387-392
- 24) 須田 勇・他 (1944) 小脳に関する実験 (第1報) 小脳の化学刺戟による瞳孔, 血圧, 呼吸の変化 条件反射 11-12, 49-57
- 25) 高木健太郎・他 (1950) i) 運動時の呼吸促進について (第3篇) 筋よりの反射性呼吸促進について *日本生理誌* 12, 243-251  
ii) (1951) 運動時の呼吸促進について (第4篇) 人体におけるクエン酸ソーダの動脈注射による呼吸促進 *日本生理誌* 13, 381-384
- 26) Wislocki, G. B. et al. (1921) Adsorption from the ventricles in experimentally produced internal hydrocephalus. *Am. J. Anat.* 20, 313-319.

### Summary

Various amounts of sodium citrate in different concentrations were injected into the areas, the stimulation of which had been reported in the authors' previous paper as produced respiratory arrest, employing dog as test animals (especially, the supraoptic nucleus of hypothalamus and so-called "raphé" along the root of 3rd. nerve near the red nucleus of midbrain (Narita)). The injections were also made into the lateral ventricles, and

into the blood vessels (especially, internal carotid artery and vertebral artery). The results obtained are as follows:

1) Respiratory arrest with autonomic effects is most prominent when sodium citrate is injected into the lateral ventricle, considerable when injected into the areas of respiratory arrest, and weak when injected into the blood vessels.

2) Threshold of the reactions responded to the sodium citrate injection is different depending on the dosage employed and the site injected each having its own characteristic responses.

3) For the investigation of respiratory arrest induced by the intracerebral injection of sodium citrate, therefore, it is indispensable to pay a careful consideration on the concentration and the dose used for the determination of from which system the respiratory changes are induced.

*(Surgical Clinic of Tokyo Dental College (Prof. Y. Noguchi))*

## 小腸逆蠕動の発現条件について 612.337

Conditions for the occurrence of Antiperistalsis in the small intestine

柳谷岩雄 (YANAGIYA-Iwao)\* ・ 大久保義夫 (OHKUBO-Yoshio)\*\*

### I. 序

腹窓下に於ける正常小腸運動に於いて、逆蠕動は稀に認められるが、福原<sup>1)</sup>は長時間の飢餓、或いは採食直後にこれを認め、著者等はエーテル麻酔の末期<sup>2)</sup> 或いは腸管内にガス泡の多く見られる如き腸管<sup>3)</sup> に於いてこれを認めた。

逆蠕動は目睹観察によれば、尾側から口側へ向う蠕動のように見える。そこで蠕動の発現及び伝達の機序を検討する場合にこの逆蠕動はしばしば問題にされる。このような点から逆蠕動の発現する条件、或いはその伝達方法などの逆蠕動の性質を検討することは興味あることと思われる。

著者等<sup>4)</sup> は前に腸管屈曲部が内容を貯出し易く、蠕動が発現し易いと述べたが、福原<sup>1)</sup>によると小腸の一部を刺戟すると蠕動と逆蠕動とが発現すると云う。このような知見をもとにして著者等は腸管屈曲と逆蠕動の発現との関係について実験を進めた。

### II. 実験方法及び成績

#### A. 腸管に屈曲部の存在する場合

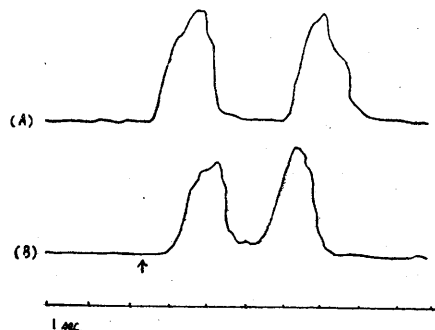
海猿剔出小腸片で十二指腸部及び廻腸末端部約 10cm を除いた約 30~40cm の腸片の口側をカニューレに接続し、尾側は開放したままにする。この腸片は 38°C に保温した Tyrode 液内におき、その 2 箇所を記録用のヘーベルと連絡し、口側にはカニューレを通じてバロンを挿入する。このバロンは注射筒により空気を送入されて膨張する。

腸管に附した 2 箇のヘーベルを口側より順に A 及び B と呼ぶことにする。バロンよりヘー

ベル A までは約 5cm, A 及び B の間隔は約 8cm でヘーベル B の尾側約 6~8cm 附近に屈曲部があるようにする。屈曲部はガラス棒を以て自製せる特殊な枠に腸片をからませて 45~180 度の角度を有する屈曲部を人為的に作製する。

バロンより屈曲までの腸管は約 20cm でその中に予め適度の量の Tyrode 液を略々平等に分布するように入れておき、次で注射筒のピストンを押してバロンに適量の空気を送って蠕動を発起させる。バロンの空気が充分であり且つ予め腸管内に存在する内容 (Tyrode 液) の量が適量であればバロンの部から発現する蠕動は腸管内容を運搬しつつ伝達して行く。蠕動は腸管に附したヘーベル A 及び B を順次に動かして尾側の腸管屈曲部まで達するが、もしそこで逆蠕動が発現し口側に向って伝達すれば、ヘーベル B 次に A と正蠕動の場合と逆の順序に動かして第 1 図に示すような成績が得られる。

このような方法で腸管の尾側に各種の角度の屈曲を附与して、バロンにより口側より蠕動を生起せしめて実験を行い、ヘーベルによる記録及び目睹法による観察を行った結果第 1 表に示すような成績が得られた。



第 1 図 腸管屈曲による逆蠕動の発現  
註 ↑: バロンによる局所伸展刺戟  
バロン膨張量 (空気送分量): 1.0ml  
屈曲: 180度+ネジリ. 腸内容量: 1.5ml

\* 大阪府立大学農学部獣医学科

\*\* 東京大学農学部獣医学科

第1表 屈曲の角度と逆蠕動出現率

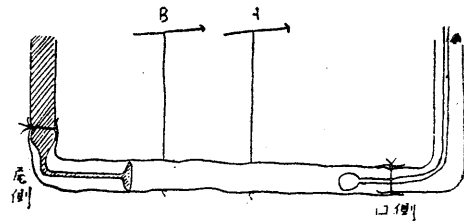
屈曲の角度	腸内容量 ml	バロンの膨張量 (空気の送入力) ml	逆蠕動出 現率 %
45~180度	1.5	1.0及び1.5	0 (0/19)
180度+ネジリ	1.5	1.0及び1.5	44 (4/9)

本実験の成績によれば、腸管屈曲部は単純な屈曲のみでは内容を推進する蠕動が到達しても逆蠕動を生起させないが、その180度の強い屈曲にネジリが加わった時には9例中4例に蠕動に対応する逆蠕動の発現がみられた。なおこの際に逆蠕動の生起しなかった例に於いては、全例ともに蠕動は内容を伴ってその屈曲部を通過し、逆蠕動の発生した4例に於いては、みな蠕動により推進されて来た内容は屈曲部の口側に於いてその進行を停止した。

### B. 腸管屈曲部の口側に空気を入れた場合

前実験に於いて単純なネジリのない腸管の屈曲部が存在してもそれのみでは口側より進行して来る蠕動によると思われる逆蠕動はその部分で生起しなかった。そこでその屈曲の口側にガス泡が存在した場合にはどのような状態になるかを検討するために次の実験を行った。

前実験と同様な方法で腸管に45度の単純な屈曲を附与し、その口側に空気泡約0.5mlを入れる。その空気泡の位置を一定にするために腸管を腸より十分に太い45度に曲げたガラス管内に入れて、ガラス管を立てて屈曲部が上方になるように位置せしめた。この硝子管も保温したTyrode液中に浸す。その他の実験方法は前実験と同じである。先ず対照実験として、この装置で空気泡のない場合の実験を行って見た。約20cmの腸管内に1.5ml又は3.0mlのTyrode液を略々平均に分布させてからバロン内に1.0ml又は1.5mlの空気を送入して膨張させ、内容を推進する蠕動を起させて前実験同様に逆蠕動発現の有無を観察したところ、全例(8例)共に逆蠕動は発現せず、蠕動は内容を伴って屈曲部を通過した。次にこの屈曲部の口側に予め空気泡約0.5mlを入れてから同じ実験を行うと、10例中7例(逆蠕動出現率70%)に於いて逆蠕動の発現が認められた。逆蠕動の生起しなかった3例に於いては蠕動は内容と共に空気泡をも推



第2図

進して屈曲部を越え、腸管尾側の開放端より排出した。

### C. 逆蠕動生起条件の吟味

前述A及びBの実験に於いて逆蠕動の出現せる例では全例に於いて、蠕動は屈曲部に於いて内容の進行を阻止されて停滞し、逆蠕動の出現しなかった例では総て、蠕動は推進して来た内容を伴ってその屈曲部を通過している。このことから、蠕動の推進する内容の進行を完全に阻止すれば、逆蠕動の出現を容易にするのではないかと思われたので次のような実験を行った。

第2図のように腸管を長くとり、その尾側より5cm位奥までガラス棒を入れた。そのガラス棒の先端は第2図に示すように、腸管内径に等しいか或いは少々大きい位の円盤状とし、腸内容の通過を阻止し得るようにした。腸管の口側端には前実験同様のカニューレを接続し、Tyrode液を流入させて蠕動を生起させるか、またはバロンを挿入して蠕動を生起させるようにする。本実験に於いてガラス棒の先端円盤を5cm位尾側端より奥まで入れた理由は、出来るだけ切断或いは結紮の影響を避けようとしたためである。尚、このガラス棒先端の円盤はその大きさによって腸管が膨張し、腸壁筋層が伸長されて蠕動が生起することがないように考慮した。しかし、その大きさでは腸内容の進行を完全に阻止することは困難であったが、1回の逆蠕動につき平均0.1ml位がこの円盤を通過しただけで大部分(1.0~2.0mlの約90%)は進行を阻止されていることが判った。

この方法で、先ず腸内容を空虚にして1回に1.0mlのTyrode液を腸内に流入させると該液を推進するに足る十分に強大な蠕動が生起する。この蠕動が進行してガラス円盤に衝突した場合

第2表 腸内容量と逆蠕動の発現率

実験例数	腸内容量 ml	バロンへの空気送入手量 ml	逆蠕動出現例数	逆蠕動出現率 %
9	0	0.5~2.0	0	0
5	0.5	0.5~2.0	0	0
9	1.0	0.5~2.0	7	67
4	1.5	0.5~2.0	4	100
7	2.0	0.5~2.0	7	100

に逆蠕動は全実験例 (10例) に於いて発現するのがみられる。次にバロンを用いて予めガラス円盤より口側に約 1.0ml の Tyrode 液を平均に分布させて後、0.5~2.0ml の空気をバロン内に送入して蠕動を起した場合には 9 例中 7 例に於いて逆蠕動の発現がみられた。ここで腸内容量或いはバロンに送入する空気のと逆蠕動発現との関係について検討してみた。予め平等に腸管内に分布させた Tyrode 液の量と逆蠕動の発現率との関係を第 2 表に示した。

本表での成績によれば、バロンに送入する空気の量が一定の場合、腸内容量の多い程逆蠕動は発現し易いことが判る。次に予め腸内に一定量の Tyrode 液を入れて平均に分布した後にバロンに送入する空気の量を増減させた場合 (第 2 表の腸内容 1.0ml の場合) について詳細な成績を第 3 表に示す。

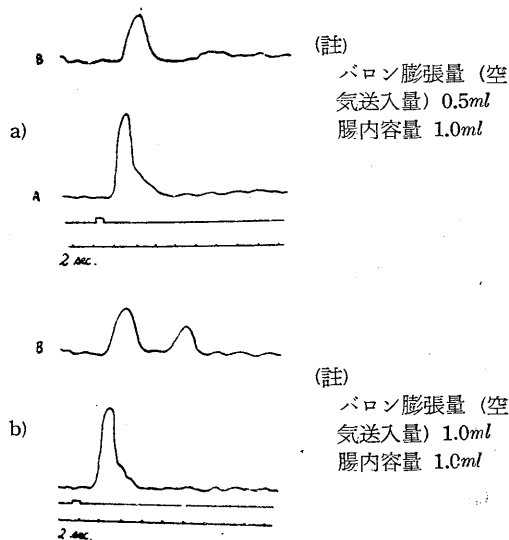
第 2 表での腸内容 1.0ml 以外の場合にはバロンへの空気の送入手量 0.5~2.0ml の範囲に於いて逆蠕動は全く現われなないか、或いは 100% 出現する (第 2 表) のでバロンへの空気送入手量の影響を検討するに不適当である。

第 3 表に示すように、バロンへの空気の送入手量の多い程逆蠕動は出現し易く、且つ伝達距離も長くなることが判る。

次に、ヘーベルで記録される曲線により検討すると、逆蠕動が充分大きく現われた場合には

第3表  
バロンへの空気送入手量と逆蠕動の発現率及び伝達距離

バロンへの空気送入手量 ml	腸内容量 ml	逆蠕動の発現率 (例数)	逆蠕動伝達距離 (Aヘーベルまで達した例)
0.5	1.0	0%(0/2)	0/2
1.0	1.0	100%(4/4)	0/4
2.0	1.0	100%(3/3)	3/3



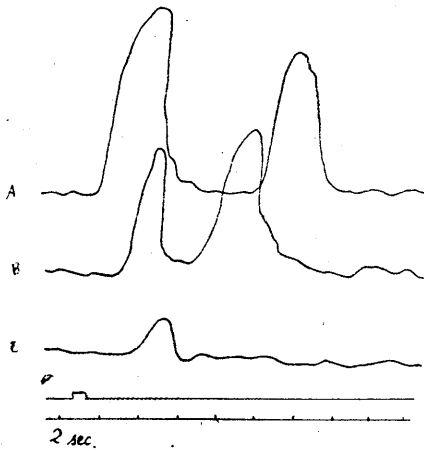
第3図

第 1 図に示すような曲線となり、逆蠕動の発現しない場合には第 3 図 (a) のように蠕動の通過のみが記録される。第 3 表の腸内容 1.0ml、バロンへの空気送入手量 1.0ml の場合には第 3 図 (b) のような曲線が得られるが、この逆蠕動は第 1 図に見られる逆蠕動に比べて弱く、且つ伝達距離も短かくて Aヘーベルまで到達しない。即ちこのことから腸内容量の等しい場合にはバロンへの空気の送入手量の多い程逆蠕動は現われ易くなることが判る。

以上要するに、ガラス棒を以て蠕動の推進する腸内容の進行を阻止した場合にも逆蠕動は現われ得るものであって、その際にこの逆蠕動は腸管内に予め存在する内容量の多い程生起し易く、又内容量の等しい場合にはバロンへの空気の送入手量の多い程発現し易いことが判る。

D. 推進する内容の進行を阻止された蠕動について

以上の実験によると、蠕動の推進する内容がその進行を阻止された場合に逆蠕動の発現がみられたが、その際に進行して来た蠕動はどのようなかについて次のような実験を行った。比較的長い腸管を用いて、前実験 C に於けると同じ装置に接続するが、ただ A 及び B 2 個のヘーベルの他に、ガラス棒先端の内容物阻止円盤の更に尾側に第三のヘーベル C を設けた。腸管に



第4図

(註) バロン膨張量(空気送分量) 1.0ml  
腸内容量 2.0ml  
内容阻止円盤とヘーベルCとの間隔約3cm

Tyrode 液 1~2ml を予め入れておき、均等に分布させてからバロンに 1.0~2.0ml の空気を送入して口側より蠕動を生起させてヘーベルで記録するようにした。第4図に示すように、円盤とヘーベルCとの間隔が3cmの時には全例(実験例10例、但し微弱な場合も含む)ヘーベルCに収縮波が到達した。然るに円盤とヘーベルCとの間隔が5cmの場合には10例中7例が到達したに過ぎない。

即ち、内容を伴って進行する蠕動がその内容の進行を阻止されると、その内容において蠕動波のみ進行するように思われるがその伝達距離は短い。尚その残留した内容の稍々口側寄と思われる部分から逆蠕動の最初のくびれが発現するのがみられ、それは初め稍々緊張性収縮輪のような強いくびれであり、次いで徐々に進行をはじめて口側に向い進行を開始する。

## Ⅱ. 考察と結語

小腸の腹腔内に於ける屈曲は種々の形のものが存在する。著者等<sup>5)</sup>の家兎での調査成績によれば、その主なる屈曲形式は単純屈曲、単純なネジレ及びその両者の混合した型の3種がみられた。十二指腸部では凡3.5cmに1個、空腸部では凡3cmに1個、廻腸部では凡7cmに1個の割合に存在するのが認められ、屈曲の形式で

は単純屈曲が大部分である。実験Aによれば、単純屈曲のみでは逆蠕動の発現は見られないで、ネジレの加わった然も強い屈曲に於いてのみ僅かに逆蠕動が認められた。又福原<sup>7)</sup>によれば逆蠕動は蠕動と衝突して消失し易いと云う。このようなことが恐らく生体内(腹窓下)で観察される正常小腸運動では稀にしか逆蠕動をみることの出来ない理由ではないかと思われる。

空気泡が屈曲部に存在することは、逆蠕動の生起を促がすように思われる(実験B)。小腸内でのガス泡は正常小腸管ではそれ程多くは認められないが、稀に多量のガス泡の存在するのが見られる。著者等<sup>8)</sup>の家兎腹窓の所見では小さい泡状の場合が多かったが、腸管内容の性状或いはガス泡の性状等と逆蠕動との関係については尙今後の実験にまたねばなるまい。

実験Cによれば、逆蠕動はバロンへの空気の送分量の多い程現われ易いことが判ったが、バロンへの空気の送分量を大きくすることは腸壁筋層の伸長をより大きくすることと思われる。腸壁筋層の伸長は蠕動生起の原因となる<sup>6)</sup>ので、大きな伸長は強い蠕動を生起させると考えても良からう。このように考えると、強い蠕動がその推進する内容の進行を阻止された時の方が弱い蠕動の場合よりも逆蠕動を生起し易いと思われる。然し、実験A、Bでしばしばみられたことは余りに強い蠕動は屈曲部を突破して内容を推進し、逆蠕動を生起させなかったこともある。逆蠕動の生起する瞬間に於ける目睹観察によれば、屈曲部口側で進行を阻止された内容で充満した膨張部の中央より稍々口側寄の部分に最初の緊張性収縮輪のようなくびれを生じ易い。このくびれは徐々に口側へ向って進行を始め、速度も増して逆蠕動となるのがみられる。このことは逆蠕動の発現機序について興味ある示唆を与えるものと考えている。

逆蠕動の発現条件としては腸管内容の進行の阻止や進行する蠕動の強弱のみでなく、腸内容量の多寡も関係することを知った。

実験Dによれば、内容を伴って進行した蠕動は内容の進行を阻止されると、蠕動波のみ進行

するが、この蠕動波は弱く且つ伝達距離も短かい。このことは、福原<sup>7)</sup>が綿塊を用いて行った実験事実と相符合するように思われる。

Douglas<sup>8)</sup>は十二指腸運動の研究で Ileus のような場合に逆蠕動がみられるが、この逆蠕動は強力な障害へ向う内容推進運動(蠕動)が逆方向へ反転したと考えるのは猶疑問であると述べて居る。金井<sup>9)</sup>は正常な十二指腸運動の中に逆蠕動を認めて、蠕動が逆蠕動になる可能性を想像している。本実験Dの成績から、蠕動が逆蠕動になって反転したと考えるよりは Douglas の見解に近いものを思わせる。

以上要するに、逆蠕動は蠕動の推進する内容が進行を阻止された時にその部分から発現するが、それには蠕動の強弱或いは腸内容量の多寡が関係する。生体内で蠕動の推進する内容を阻止する条件となるものの1つとしては恐らく腸管の屈曲部、或いはそれにガス泡等の関与が考えられよう。

このような逆蠕動の生起する機序に関しては今後の実験にまたねばならないが、恐らく蠕動の発現並に伝達の機序と共に説明されねばなるまい。

#### 文 献

- 1) 福原 武 (1953) 消化管運動の生理 67頁 医学書院 東京
- 2) 大久保義夫・柳谷岩雄 (1949) 吸入麻醉剤 Ether 及び Chloroform の小腸運動に及ぼす影響 日薬理誌 44, 26
- 3) 大久保義夫・柳谷岩雄 (未発表)
- 4) 大久保義夫・柳谷岩雄 (1950) 腸管運動に関する基礎的研究(第9報) 腸管屈曲部の生理的意義について 日獣医誌 12, 160
- 5) 大久保義夫・柳谷岩雄 (未発表)
- 6) 柳谷岩雄・大久保義夫 (1955) 蠕動の成因としての内圧の意義 日本生理誌 17, 77
- 7) 福原 武 (1953) 消化管運動の生理 58頁 医学書院 東京
- 8) Douglas, D.M. (1948) The activity of the duodenum. J. Physiol. 107, 472
- 9) 金井秀雄 (1943) 家兎十二指腸運動の観察 日本生理誌 8, 552

#### Summary

In the movements of the small intestine antiperistalsis is rarely observed. Our previous study (Ohkubo and Yanagiya, 1951) suggested the relationship between the "Bending" of the intestine and the occurrence of antiperistalsis.

In the present experiment, using an excised part of the guineapig's small intestine as a test object, we confirmed some characteristic conditions to be necessary for the occurrence of antiperistalsis.

A long piece (approximately 40cm.) of the excised intestine, in Tyrode-fluid, was made to bend at a certain position near the aboral end. Then, by way of the canula, a balloon was introduced into the intestinal cavity. When the balloon was inflated, peristalses were observed to occur to push the intestinal contents toward the bent section. And, on this occasion, the passage of the intestinal contents was naturally prevented at the oral part of the bent section. At that time it was observed that the antiperistalsis occurred approximately 1 cm., orally, from the bent section. It was also found, that gas (air) bubbles in the intestinal cavity accelerated the same reaction. When the gas bubbles were let in through the oral end to the oral side of the bent section, antiperistalses were apt to occur even in such a weak bending that would be insufficient to cause them without gas bubbles. We also obtained the same result when a glass disk was inserted into the intestine from the oral end to close its lumen at the bent section in order to stop the passing of the intestinal contents.

In any of the cases above-mentioned, however, if the intestinal contents were removed, antiperistalses did not occur. Along with the antiperistalsis, according to our observation, weak and short peristalses seemed to occur and travel to the aboral side over the glass disk.

It is assumed by us, therefore, that the antiperistalsis is provoked when the passage of the contents is prevented by such phenomena as the bent section of the small intestine and that, on the other hand, peristalsis, weak and short, when it occurs, travels towards the aboral end, through the bent section.

(\* Department of Veterinary Science, Faculty of Agriculture, Osaka Prefectural University)

(\*\* Department of Veterinary Science, Faculty of Agriculture, University of Tokyo)

## 犬の大脳皮質帯回に於ける呼吸抑制並びに

促進領野について 612.825:612.819.912

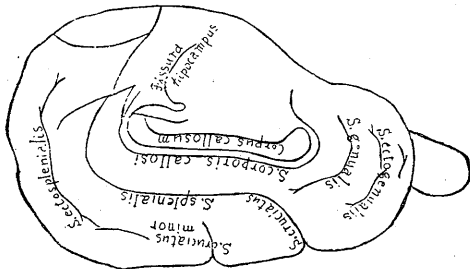
### The Inhibitory and the Acceleratory Areas of Respiratory Movments in the Cingulate Cortex of Dogs

堀 佐喜子 (HORI-Sakiko)\*

#### I. 緒 言

犬の帯回 (Gyrus cinguli) は大脳半球内側面に於いて脳梁 (Corpus callosum) を弓状に取り囲み、脳梁溝 (Sulcus corporis callosi) および脳梁が下界をなす。一方 Sulcus cruciatus が半球内側を後下方に延びて略々その中央に達すると方向を転じて脳梁に沿い後方に走る Sulcus splenialis となるが、これが帯回の上界をなし、さらに脳梁膨大 (Splenium corporis callosi) に沿うて下に回って後界をなし、前方は Sulcus genualis を以って、前頭葉と不完全に境されている<sup>6)</sup> (第1図)。

帯回は、従来所謂脳弓回 (Gyrus fornicatus, gland lobe [Broca]) の一部をなし、嗅覚を掌るものと考えられ、巨嗅動物 (Makrosmatische Tiere) では發育が良好であると言われていた。然るに其の後霊長類では食肉動物より嗅覚が著しく退化しているのに帯回は大きいし、「いるか」の類では嗅神経、嗅球及び嗅索が全く欠如しているに拘らず帯回が良く発達していたり、帯回を破壊しても嗅覚が変らない等の反証が続々と挙げられ、帯回は嗅覚に全然関係がない



第1図

か、たとえ関係があってもそれとは別の機能を有すると推定されるに至った。

近来帯回頭部刺激によって種々の反応の起ることが多数報告されている。それを列挙すれば次の通りである。

1. 非定型的運動 (顔面、項部、肩甲部の振顫、口唇運動等)<sup>1)22)30)</sup>
2. 運動停止 (体運動制止、骨筋緊張弛緩等)<sup>19)21)22)30)</sup>
3. 呼吸運動抑制<sup>4)15)16)20)30)</sup>
4. 発声<sup>22)</sup>
5. 自律神経反応: 瞳孔散大<sup>11)22)30)</sup>, 心搏減少<sup>22)30)</sup>, 血圧変化<sup>15)16)22)23)30)</sup>, 立毛<sup>11)22)30)</sup>, 胃腸運動変化<sup>1)26)</sup>

以上いずれも帯回頭部に於ける反応のみで、帯回尾部の反応に至ってはその報告は実に寥々たるもので、僅かに Kremer<sup>16)</sup> の膀胱収縮、呼吸頻度促進及び血圧変化の業績を挙げるに過ぎない。

Ward<sup>30)</sup> は、帯回頭部を除去すると著明な行動変化が起り、術前に狂暴な猿も術後は容易に手なずけることが出来る様になるし、又前頭葉 lobotomy で狂暴な精神病患者が大人しくなるのは、帯回頭部乃至その投射繊維が切断される為ではないかと疑っている。Papez (1937) は帯回頭部が視床上部の上位に位する情緒感情の座であると述べ Smith<sup>22)</sup> もこれに賛意を表している。

私はそれ等の現象の中、専ら呼吸運動のみを取り上げ、灰白質微小刺激法を以って研究し、尙副次的に帯回刺激によって起る諸現象を観察した。

灰白質微小刺激法は、慶大生理学林教室の創

\* 東京歯科大学野口外科教室 (野口好之教授)

意になり、引続き幾多の業績が発表せられて  
いる<sup>7)8)9)12)13)14)17)18)21)23)24)25)26)</sup>。就中クエン酸  
Na に就ても既に若干の研究<sup>17)21)23)25)</sup>があるが  
何れもこれと呼吸との問題に言及していない。  
私は帯回にクエン酸 Na を使用し、呼吸運動に  
関し些か知見を得たのでここに報告する。

## II. 実験方法

実験動物は5~13kgの犬、頭数31頭。

先ず Cyclopan Na 静脈麻酔の下に片側を開  
頭し、硬膜を上矢状静脈洞附近で切開し、大脳  
外表面の諸静脈が上矢状静脈洞に注ぐ附近で硬  
膜内に没入するところで焼灼する。次に同側大  
脳半球を大脳鎌から離して、他側半球内側面の  
可視部に達し、綿球を用いて同側内側面を箆で  
静かに押さえつつ両半球内側面間を徐々に剥離  
する。左右の帯回は屢々強く癒着しているか  
ら、これを破壊しないように極めて慎重に根気  
よく剥離すると、底に黄色の脳梁が見えてく  
る。その際両帯回最下端、脳梁に沿い前後に走  
る前大脳動脈があるから損傷しない様に注意を  
要する。誤って損傷すると出血が多く著しく実  
験をさまたげる。こうして反対側帯回脳梁上部  
が露出出来る。脳梁が現われたら前方に剥離を  
進め脳梁膝に達し、脳梁膝前の半球面を大脳鎌  
から離して箆でこれを同側に静かに押さえつつ  
綿球を使用し徐々に剥離すると同側脳梁下部を  
露出し得る。

一方予め気管切開に依って特製Y字型ガラス  
チューブ（分岐部附近に更に直角に1本のガラ  
ス管が分岐している）の主管を気管に挿入、反  
対側の2本の側管の中1本を酸素ボンベに、  
他の1本を Marey の Tambour に接続して  
Kymogramm を描かせる。直角の分岐管は  
開放したままにする。

化学試薬として1~2mol クエン酸 Na を用  
い、約0.005~0.01cc を帯回皮質に注射して、  
その呼吸に及ぼす影響を検した。通常良質の  
墨を混じて実験終了後大脳を剔出、Formalin  
固定し墨の刺入部を確かめた。

注射部位は、脳梁上では通常反対側をねら

う。同側帯回は破損し易いが、丁寧に剥離した  
場合なら使用出来る。反対側は大脳鎌のため可  
視範囲が狭いが、本実験ではその範囲で大抵は  
出来るが、尙不十分の場合は脳梁膝附近の大脳  
鎌部小切離によって、展開が可能である。脳梁  
下部は原則として、同側に注射するが、大脳鎌  
小切離によって、反対側注射も出来る。

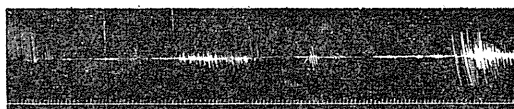
クエン酸 Na は初め 2mol を使用したが、そ  
の後 1mol でも同様の変化を起すことを知り、  
薬液製造の容易な関係から 1mol を使用した。

## III. 実験成績

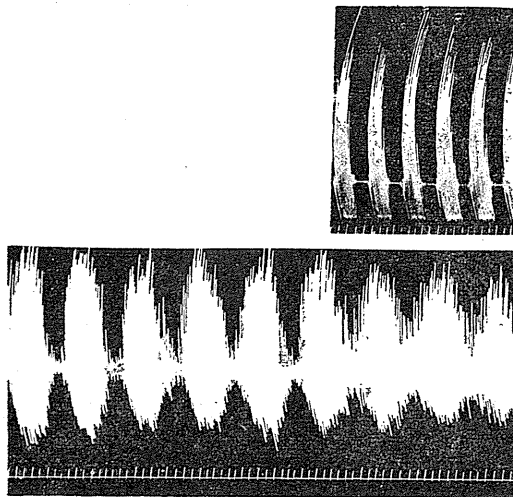
### A. 脳梁上部刺戟

1. 帯回頭部脳梁上部の脳梁に沿う部に呼吸  
抑制領野がある。

No. 5	27. 2. 2.	8.0kg	♀	17°C
16時15分0秒	右帯回頭部脳梁に沿う部位に 2mol クエン酸 Na 微小注射 (第2図参照)			
	直ちに呼吸は浅小となる。			
20	呼吸停止 (第2図参照)。			
17 10	微細呼吸開始。			
18 30	再び呼吸停止。			
21 20	吸気の強い不規則小呼吸開始			
23 10	無呼吸期と呼吸期とを反復する周期性呼吸出現。			
34 0	前記の呼吸が更に顕著となり、約10 秒間の無呼吸期と約8~15秒間の呼 吸期とを交互に反復する律動性呼吸 となる。呼吸期では呼吸は速く、呼 吸開始時では浅小であるが、一呼吸 毎に深大となつて極大となり、漸減 して無呼吸に移行する。この様な一 連の特異な呼吸型を Cheyne-Stokes 型呼吸と仮称する (第2図)。			
54 0	呼吸期間は次第に延長し、最大振幅			



第2図A



第2図B, C

- も増加するが、無呼吸期間は減少して行く。
- 05 0 連続する呼吸型になるが、振幅は一定の間隔で起伏して律動性を保ち、Cheyne-Stokes型呼吸の名残りを留めている。
  - 08 呼吸の振幅、頻度は最大になり、律動性の波状起伏は消失する(過剰呼吸)。
  - 20 0 同様の呼吸が持続する。

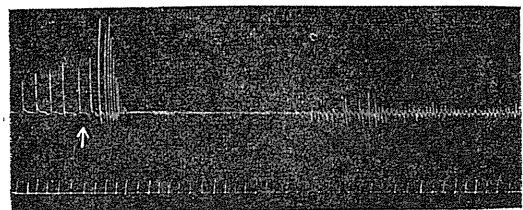
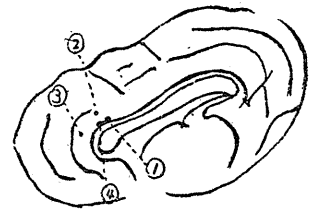
帯回頭部脳梁上部の脳梁に沿う部に微小刺戟法を行うと、直ちに呼吸は停止し、停止中微細呼吸が出没し、その後不規則小呼吸を経て、呼吸期の反復する所謂 Cheyne-Stokes 型呼吸になり、過剰呼吸に移っている。当時は自律系諸運動は観察しなかった。尚帯回尾部脳梁に沿う部位を検したが、呼吸の抑制現象は全く認められなかった。

2. 呼吸抑制領野は極めて小範囲に限局し、呼吸促進領野は呼吸抑制領野の附近にある。帯回頭部内でも脳梁から離れた部位は呼吸に影響を与えない。

No. 15 27. 2. 28 6.0kg ♀ 20°C

- 17時10分0秒 右帯回頭部脳梁上脳梁に接する部位に1molクエン酸Na微小注射(第3図, ①)。
- 05 呼吸は少し深くなり始めるが直ちに浅小となる。

- 10 呼吸停止、瞳孔散大、立毛、顔面諸筋振顫(Tremor)。
- 50 不規則微細呼吸出現、次第に呼吸は増大する。
- 20 30 呼吸は著しく速くなる。項部、肩甲部、背部立毛著明、流涎出現、両眼瞼振顫増強、やがて呼吸は一旦浅小となる。
- 23 0 振幅、頻度を増し過剰呼吸となる。
- 25 50 振幅は減少し初める。
- 33 30 不規則な波状を描く呼吸期を有するCheyne-Stokes型呼吸になる。立毛は大部分消失。
- 46 10 大呼吸と小呼吸が比較的規則正しく頻回に現われて呼吸は速い。振顫消失。
- 18 0 0 呼吸は注射前に戻る。瞳孔中等大。
- 15 0 右帯回頭部 Sulcus genualis に近い部位に1molクエン酸Na注射(第3図, ②)呼吸不変。
- 30 0 右帯回頭部前方、脳梁と Sulcus genualis との中間に微小注射(第3図, ③)呼吸不変。
- 45 0 右帯回頭部脳梁に沿う前方④の前に1molクエン酸Na注射(第3図, ④)。
- 05 呼吸は急激に振幅、頻度を増加、瞳孔散大。



第3図



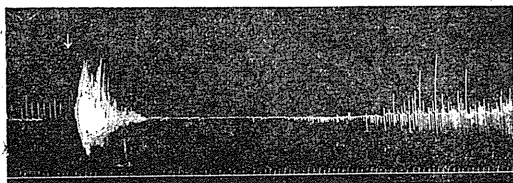
第4図1

- 10 過剰呼吸.
- 30 振幅は減じ初める.
- 48 0 振幅は注射前に戻るが頻度は多い.
- 50 同様の呼吸を持続.

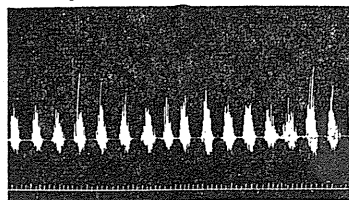
①は呼吸抑制領野でやはり帯回頭部脳梁に接して存在し、極めて小範囲に限局している。呼吸停止後不規則小呼吸が現われ、やがて過剰呼吸となり、不規則な形の呼吸期を有するCheyne-Stokes型呼吸を経て、次第に正常に復している。②③の如く脳梁を離れた部位では呼吸変化は全然見られない。④は呼吸促進領野で、抑制部位と同様脳梁に沿うた所にあり且つ抑制領野に接近している。更に実験例を重ねて促進領野は抑制領野の周囲に寄集していることを知った。

No. 16    27. 3. 1    5.5kg    ♂    20°C

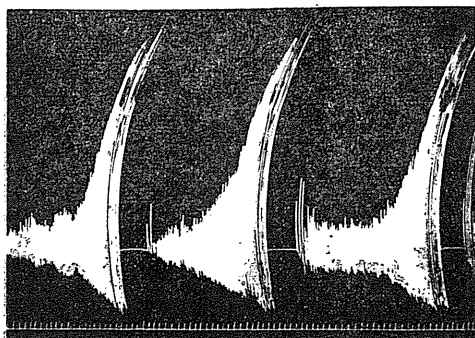
- 19時48分0秒 左帯回頭部脳梁上脳梁に沿う部に1molクエン酸Na注射。(第4図, ①).
- 08 振幅稍々増大, 瞳孔散大, 立毛.
  - 18 振幅は最大となり, 突然微細呼吸に移る.
  - 20 不規則小呼吸開始.
  - 30 一旦過剰呼吸になり, 振幅は減ずる.
  - 52 0 振幅は略々注射前に復すが速い. 流涎を認む.
  - 20 10 頻度は注射前に戻る. 流涎止まる.
  - 20 左帯回頭部脳梁に沿う部①の後方に1molクエン酸Na注射。(第4図, ②).
  - 02 呼吸は急激に早く大きくなり初める.
  - 10 一旦過剰呼吸状態となり, 漸次浅小となる.
  - 41 呼吸停止, 瞳孔散大, 項部, 肩甲部背部立毛.
  - 21 45 不規則微細呼吸出現.
  - 22 10 吸気の強い小呼吸となる, 顔面筋振顫, 約30秒後再び不規則微細呼吸.
  - 28 Cheyne-Stokes型呼吸(無呼吸期約5~6秒間)立毛, 左前肢振顫.



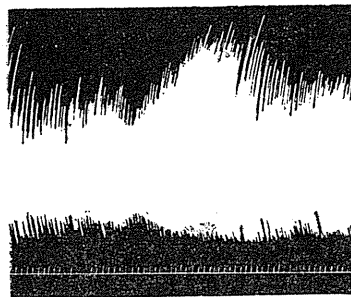
第4図2



第4図3



第4図4



第4図5

- 53 無呼吸と呼吸期とが交互に反復する奇怪な過期性呼吸が現われる。無呼吸期は約10秒, 呼吸期は10~44秒。前記呼吸の続く間は次の様な尾の運動を繰返す。即ち小呼吸が初まると尾を立て, 呼吸が増大すると左右に振り, 呼吸が深くなると振尾は激しくなり, 呼吸停止と共に尾の運動を停止して下げる.
- 21 10 過剰呼吸, 但し波状起伏は尙残つてゐる.

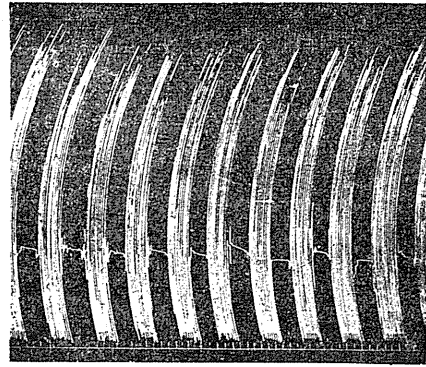
①は呼吸抑制顕著であるが、附近にある呼吸促進領野刺激による呼吸促進の影響がみられる。②は最初呼吸促進して後呼吸停止し、不規則小呼吸が介在して呼吸停止を繰返えし、奇怪な型の呼吸から過剰呼吸に移行している。

**B. 脳梁下部刺戟**

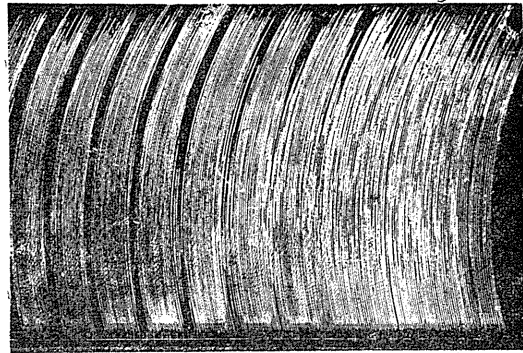
3. 帯回頭部脳梁下部の脳梁に沿う部に呼吸抑制領野がある。極めて小範囲に限局し、呼吸促進領野は呼吸抑制領野の附近にある。

No. 114    28. 3. 28    7.5kg    ♀    20°C

- 22時03分0秒 右帯回頭部脳梁下部の脳梁に接する部位に1molクエン酸Na注射。(第5図, ①).
- 12 呼吸は多少大きく速くなる.
  - 24 呼吸の振幅頻度は、急に増加し初める.
  - 33 最大になる.
  - 42 漸減し初める.
  - 04 12 注射前に戻る.
  - 22 07 0 右帯回脳梁下部の脳梁に接する部位①の後下方に1molクエン酸Na注射②.
  - 12 呼吸は浅くなり初める.
  - 08 呼吸停止。微細呼吸が介在する、瞳孔散大.
  - 09 12 不規則微細呼吸出現.
  - 10 0 比較的規則正しい小呼吸となる。上口髻 2, 3 本微動する。頸部、項部、軀幹振盪.
  - 13 呼吸は急に大きくなるが不規則である。舌を口外に出す.
  - 16 0 Cheyne-Stokes 型呼吸出現、頸部、項部、軀幹の振盪強度となる.
  - 30 過剰呼吸.
  - 40 依然として過剰呼吸を持続.



第5図3

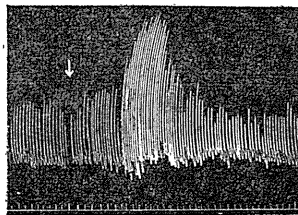
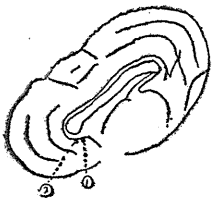


第5図4

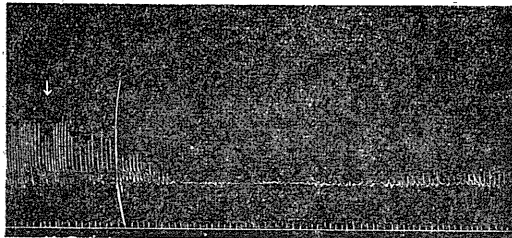
①は呼吸促進領野、②呼吸抑制領野で、後者では、呼吸停止後不規則微細呼吸、不規則小呼吸を経て、Cheyne-Stokes 型呼吸から過剰呼吸に移行しており、その呼吸相の推移は脳梁上呼吸抑制領野刺戟と軌を一つにしている。

**C. 脳梁上部および下部呼吸抑制領野の刺戟後剔除**

4. 脳梁上部及び下部呼吸抑制領野は刺戟の発動作用のみあって、継続作用はない。



第5図1

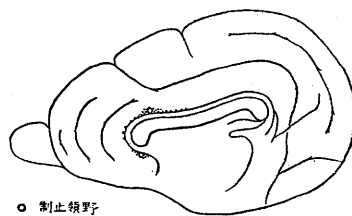


第5図2

No. 52    27. 11. 26    7.0kg    ♀    14°C

- 18時0分30秒 左帯回脳梁上部呼吸抑制領野に1molクエン酸Na注射、直ちに呼吸停止.
- 50 注射部位剔除、依然呼吸停止.
  - 1 10 左帯回の剔除範囲拡大、呼吸停止持続.
  - 30 不規則微細呼吸出現.
  - 10 0 Cheyne-Stokes 型呼吸に移行.
  - 16 0 過剰呼吸となる.

No. 115	28. 3. 29	7.0kg	♀	14°C
2時11分10秒 左帯回脳梁下部呼吸抑制部に 1mol クエン酸 Na 注射.				
30	呼吸停止.			
45	注射部位剔除, 依然呼吸停止.			
55	不規則微細呼吸出現.			
12 40	小呼吸に移行する.			
20 0	過剰呼吸状態となる.			



第6図

脳梁上部及び下部呼吸抑制領野を刺戟して呼吸停止を起させてから直ちにその部を剔除しても、呼吸停止を碍げないのみならず、その後の呼吸相の推移は恰も何等操作していない抑制領野を刺戟すると変りはない。即ち、上記呼吸抑制領野が刺戟の発動作用のみあって継続作用はない。

#### IV. 考 察

脳梁上検査22頭、脳梁下検査5頭、剔除実験4頭の実験成績によれば、帯回に於ける呼吸抑制領野は、帯回の頭部にあって尾部にはない。同じ帯回頭部に於いても、脳梁に沿った長く狭い带状領域にのみあって、それ以外の部にはない。呼吸制止領野は、左右対称に存在し、片側では2箇所ある。その1は脳梁膝に近い脳梁上部皮質であり、他は脳梁下部皮質にある。脳梁上部の呼吸制止領野の位置は動物によって多小異なるが、多くの場合 Gyrus Postcruciatius に相当する部より前方に在り、時には遙かに前方脳梁膝直前にあることもある。然し脳梁下部の呼吸制止領野は、脳梁が膝部で反転して後下方に向う部に近接して存在し、余り個体差がない様である。その2箇所の呼吸制止領野は、極めて小範囲に限局し、たかだか 2mm 直径 (体重 5~13kg の犬) 位のものと推定される。

帯回前部に 1mol クエン酸 Na 灰白質内微小注射をする際、直ちにそのまま呼吸停止をする場合と、一旦呼吸が促進してから呼吸制止をする場合がある。随って呼吸制止領野の附近に呼吸促進領野があるものと考えられる。事実呼吸停止部位を中心としそれから少し離れたところに注射すると、大抵呼吸促進のみが現われること

から呼吸促進部位は呼吸停止部位の周囲に密集しているものと思われる。然しその範囲は矢張り脳梁に沿った狭い带状域を出る事はないし、制止領野を中心とし狭い範囲に限局している。尙呼吸促進領野は、その带状域内で脳梁上部及び下部のみならず比較の後部にも点在している様である (第6図)。

注射後呼吸が停止した場合、多くは呼吸性の停止でその後微細不規則呼吸が現われる事が多いが、時には微細呼吸が現われたと思うと直ちに、或は 32秒~3 分後に再び呼吸停止を反復することもあり、稀に上記の状態を 3 回位繰返す事もある。不規則微細呼吸は多くの場合吸気が強く頻度は増加する。次いで不規則小呼吸になるが、屢々稍々大きい呼吸が混在して不規則性を増加し、一層錯雑した呼吸型式になる。やがて無呼吸と早い呼吸期とを交互に反復する一連の週期を有した律動的呼吸型式になる。私はこれを仮に Cheyne-Stokes 型呼吸と呼ぶ。

Cheyne-Stokes 型呼吸の現われる初めは、無呼吸期、呼吸期共に短く且つ不規則で振幅頻度も小さいが、次第に無呼吸期は延長し呼吸期の振幅頻度も増加して来る。その後無呼吸期は短縮し初め、呼吸期は延長して遂には無呼吸期は消失して呼吸は連続するが、初めは週期性の波状起伏を残している。波状起伏も次第に消失して振幅頻度は極大になって一定した過剰呼吸状態となる。過剰呼吸になると容易に正常呼吸に復さず、優に 1 時間を超えるものが少くない。多数例では漸次正常呼吸に戻るが、此の場合頻度は幾分速い様である。

上述の如く、1~2mol クエン酸 Na の微小注射法に依ると、呼吸がそのまま停止状態になる

場合と、一旦呼吸が促進して後停止する場合とがあるが、兎も角呼吸停止が起ると、その後、不規則微細呼吸不規則小呼吸、Cheyne-Stokes型呼吸、過剰呼吸を経て正常呼吸に返える一定の経過をとることは前述の通りであるが、必ずしもこの様な経過をとるものでもない。呼吸停止後直ちに元に戻るもの、短い過剰呼吸期を経て正常に返える例もあり、Cheyne-Stokes型を現わさないもの、Cheyne-Stokes型が不規則な波状を描くもの、甚しい場合は実験終了まで過剰呼吸或は Cheyne-Stokes 型呼吸を見ずに不規則小呼吸で終始する場合もある。

微細呼吸及び小呼吸の起る多くの場合に、顔面筋、頸筋、項筋、肩甲筋、頸幹筋等の不規則な振顫を伴うから、その為にも呼吸が不規則になるのであらうと思われる。又 Cheyne-Stokes 型呼吸は、多くは注射後5分位で起るのであるから、血液の化学成分及びその他の因子も考えられ、化学試薬による特有の反応型式とは一概に言い得ない。

呼吸促進領野に注射すると原則的に呼吸促進のみが現われる。注射後漸次振幅頻度を増大して極期に達しそれが暫時持続して後漸減して正常に戻って行くが、平静に復しても頻度は稍々早く、それが次第に緩くなって正常に返える場合が多い。然し急激に最大になり、たちまち減少して正常に戻る場合もある。

注射部位が停止領野に近づく程呼吸の抑制効果が強く、随って促進と制止との交錯した複雑な影響のため呼吸は不規則になり、急に促進した後、直ちに制止され再び急激に促進する様な呼吸型式になる。更に呼吸停止領野に接近すると、一旦呼吸促進後呼吸停止を見ることは既述の通りである。

以上の呼吸停止領野を刺戟後直ちにその部位を剔除するも、上記の呼吸の推移には何等の変化もない。即ちこれ等領野は、下位呼吸中枢に命令の発動作用のみを行い、継続作用はないものと考えられる。

帯回頭部刺戟によって起る呼吸以外の諸反応に就いては、非定型的運動、骨骼筋緊張弛緩乃

至体運動停止、発声、瞳孔散大、瞼裂開大、心搏動減少、血圧変化、立毛、胃腸運動等が挙げられている。私の実験では、呼吸運動停止と共に、顔面筋、舌筋、頸筋、項筋、肩甲筋、前肢の振顫等が大部分に於て見られ、時には軀幹や後肢にも見られた。同時に殆んど全例に四肢骨骼筋の緊張弛緩、瞳孔散大が現われ瞳孔は極度に散大するのを常とするが、瞼裂開大はなく、大部分は眠っている様に閉眼しており、眼を開いている場合でも、瞼裂が多少開いている程度に過ぎない。交代性痙攣 (Locomotiver Krampf LK) が3例に見られた。立毛も約2/3に認められ、場所は項部、肩甲部、腋窩部及び背部であり、一旦立毛が起ると全部毛が伏せるまでには相当の時間を要することは Smith<sup>22)</sup>の知見を裏書きする。血圧変化に関しては特に調査しなかったが、呼吸制止と共に急に血液の溢流することの多い点から、この場合血圧が上昇したものと考えられる。又呼吸停止の時或は過剰呼吸期に折々腹鳴、暖気及び脱糞を認めたが、矢張り胃腸運動にも関係のあることを示唆している。全例の1/3に Cheyne-Stokes 型呼吸期及び過剰呼吸期に流涎を認め、時に振尾、挙尾も見られた。私の実験では、気管カニューレ挿入の関係から発声の存否は確かめられなかった。

帯回は主として新皮質 (Neocortex) に属しているが、細胞構築学上帯回の前部と後部が互に異なることは、既に Betz (1881) に発見され、Hammerberg (1895), Cajal (1903) により確認された。Brodman (1907・1909) は先ず帯回の大部分を Regio cingularis, 脳梁膨大に接する部を Regio retrosplenialis (26, 29, 30領野), とし、更に Regio cingularis を前後に分け、頭部を Subregio praecingularis (24, 32, 33領野), 尾部を Subregio postcingularis (23, 31領野) とした。

何れも同式発生皮質 (Homogenetische Rinde) であり Subregio postcingularis は同型体 (Homotypische Formation), Subregio praecingularis 及び Regio retrosplenialis を異型体 (Heterotypische Formation) に属するものとした。

そして Subregio praecingularis に属して脳梁に沿う狭い帯状の部分を特に33領野と呼んでいる<sup>10)</sup>。

Vogt 夫妻は (1919) 髓構築学的に帯回頭部を下放線型等皮質 (Isocortex infraradiatus) であり、更にこれを脳梁に接する下半と上半とで構造を異にしていることを認め下半を極端部と定型部に分け、上半は正常放線型の移行型をなすものとして中放線型部 (Pars medioradiata) と呼んでいる<sup>10)</sup>。Economo u. Koskinas<sup>5)</sup> は帯回頭部を有顆粒皮質の (Granulare Rinde) 前頭型 (Frontaler Bautypus I 型)、帯回後部を有顆粒皮質の頭頂型 (Parietaler Bautypus II 型) 膨大後部を顆粒化皮質 (Granulare Rinde, Staurbrindel, Koniocortex V 型) にあたるとし、帯回頭側の構造は Brodmann 6 領野に類似し、嗅覚との関係とは別に運動に与える領野であることを暗示し、更に嗅覚と自律神経との密接な関係から、帯回頭部皮質に自律神経系の複現を想定しようとしている。

Bailey<sup>3)</sup> は anterior limbic lobe の皮質は無顆粒性であり乍ら Allocortex の特性を持ち、それ故に時に mesocortex と呼ばれると言う。帯回頭部が細胞構築学的に特殊であるのみならず、生理学的にも特有の機能を有することは Bailey et al.<sup>2)</sup>, Smith<sup>22)</sup> 等に実証され、Bailey et al. は此の領野を “Suppressor area” であると記している。

呼吸に関しては、Smith<sup>22)</sup> は macaca mulatta の帯回頭部に呼吸制止領野を認め、その領野は帯回頭部全体に彌蔓性に広がっていると言い、Kremer は帯回を前後 A, B, C, 3 領野に分け、前方 (A 領野) に呼吸運動抑制、後方 (C 領野) に呼吸頻度増加を報告している。然し Ward<sup>30)</sup> は帯回頭部の呼吸抑制領野が帯回最前端の深部に存在すると指摘している。加之 Kaada et Jasper<sup>15)</sup> によれば、呼吸運動抑制領野は、側頭葉極から島前部、眼窩面後部及び脳梁下部を経て帯回頭部に至る一連の連続する領域を構成しており、これ等の領域中最も強く反応する領野が 2 箇所ある。即ち 1 つは眼窩面後側から島前部

及び側頭葉極に及ぶ部分で、他の 1 つは脳梁膝の周囲であると、又脳梁下部の呼吸抑制の強く現われる領野は脳梁下部内でもずっと後方に在るとし、更に彼等は 8 例の人体実験の成績を基礎として、帯回前部 (但し遺憾乍ら脳梁上及び脳梁下部は手術到達困難なために調査していない) に於ては、呼吸制止領野が脳梁膝直前の狭い範囲にあって、この範囲から 0.5 乃至 1.0cm 隔たると何等の変化も認めないと主張し、又 Pool and Ransohoff<sup>20)</sup> は同じく人体実験では 12 例中 2 例に於て帯回前方脳梁に近接する領野に呼吸停止を確認している。

帯回頭部全体が解剖学的、生理学的に特殊な位置を占めるのみならず、帯回頭部そのものが、帯溝附近、脳梁溝附近及びその間の部分の皮質に於ても機能的に互に異なる態度をとることは Bailey et al.<sup>2)</sup> が唱えているところであるが、Economo u. Koskinas<sup>5)</sup>, Walker<sup>20)</sup>, Smith<sup>22)</sup> は細胞構築学的にも三者互に差異のあることを指摘し、就中 Brodmann は、帯溝より脳梁に近づくにつれ構造が簡単になると、述べている。この様に脳梁溝に沿う狭い帯状域は一層特異な層であり、Brodmann の 33 領野、Economo u. Koskinas の LA<sub>3</sub>, LB に当り、私の実験では正にこの領野附近に呼吸運動変化の出現を認めている。

Smith<sup>22)</sup> の猿に於ける帯回頭部電気刺激実験成績によれば、刺激時間中呼吸は停止する。時には刺激を止めても 1~2 秒間呼吸停止が持続する事がある。その後呼吸は開始するが初めは浅く、次第に深さを増し、数秒後には刺激前に復す。多くの場合呼吸停止後 1 回の深呼吸を経て急速に元に戻る呼吸を永久に停める事はなく、たとえ刺激が持続しても呼吸は必ず開始する。即ち動物の生命をおびやかすまで呼吸停止が持続する事の出来ないのが基本的法則であると。Ward<sup>30)</sup> も無呼吸は 25 秒以上続かないと言い、Kaada et al.<sup>15)</sup> は 25~30 秒であるとしている。

以上は何れも電氣的刺激実験であるが、私の化学試薬実験成績によれば、呼吸停止時間は脳梁上部で 5 秒~2 分 26 秒、平均 1 分 05 秒、脳梁下

部では13秒～1分23秒、平均32秒で電気刺戟の場合より一般に長い。加之呼吸停止後微細呼吸を経て、再び呼吸停止を繰返すものもあるから、電気刺戟の場合より遙かに長いということになる。又その場合電気刺戟では数秒後刺戟前に復すが、化学試薬の場合では種々の呼吸相を経て刺戟前の呼吸に戻るには実に長時間を要し、優に1時間を超えるものが少なくない。然し化学試薬による刺戟の場合にも呼吸停止を永続せしめて死に至らしめることは稀である。

Kaada and Jasper<sup>15)</sup>は機械的刺戟でも人間で呼吸停止を起すと述べているが、私の犬の成績では針尖刺入或は墨注入だけでは呼吸に著変は認められなかった。このことは既に石塚<sup>13,27)</sup>谷、黒木・藤井<sup>18)</sup>が機械的刺戟が大脳皮質に何等の運動現象を起さしめなかったという所論と一致するものである。

以上私の実験成績の示す様に1~2molクエン酸Na微小注射法によれば電気刺戟法に比し呼吸運動変化が遙かに顕著、且つ端的明快に現われることから、電気刺戟法に優る一研究法であると信ずる。

## V. 結 論

犬の帯回皮質に1~2molクエン酸Naを皮質内微小注射法に依って、次の結果を得た(実験頭数31頭)。

- 1) 犬の帯回皮質全域に亘って、注射針の刺入その他の機械的刺戟は、四肢の運動及び呼吸運動を起し、又抑える事はない。1molクエン酸Na(0.005~0.01cc)は皮質運動領に対して交代性痙攣の発動を起す刺戟となるが、帯回皮質では部位によって交代性痙攣を起すに過ぎない。
- 2) 帯回皮質に1molクエン酸Naの微小刺戟によって、呼吸促進を起す部位と正常の呼吸運動を制止する部位とがある。
- 3) 帯回頭部に呼吸制止領野が2箇所あり、左右対称的に存在する。1つは脳梁上部で、他は脳梁下部にあり、何れも脳梁に沿って長く狭い帯状の領域内のみあって、それ以外の部分にはない。呼吸制止領野は、極めて限局して

いる。

4) 呼吸制止領野は下位呼吸中枢に對し、刺戟の発動作用のみあって、継続作用はない。

5) 呼吸促進部位は呼吸停止部位の周囲に密集するが、その他の帯回頭部にも点在する(第6図)。

終りに臨み、慶大生理学教室林教授の御懇篤なる御指導、御校閲並びに当教室野口教授の御援助に對して厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) i) Babkin, B. P. and T. J. Speakman (1950) Cortical influence on gastric motility. *J. Neurophysiol.* 13, 55-63  
ii) Babkin, B. P. and W. C. Kite (1950) Central and reflex regulation of motility of pyloric autrum. *J. Neurophysiol.* 13, 321-334  
iii) Babkin, B. P. and W. C. Kite (1950) Gastric motor effects of acute removal of the cingulate gyrus and reaction of the brain stem. *J. Neurophysiol.* 12, 335-342
- 2) Bailey, R., G. V. Bonin, E. W. Davis, H. W. Garol, W. S. McCulloch, E. Roseman, and A. Silveira (1944) Functional organization of the medial aspect of the primate cortex. *J. Neurophysiol.* 7, 51-55
- 3) Failey, P. (1950) On the organization and functions of the cerebral cortex. *脳と神経*, 2, 115-128
- 4) Dunsmore, R. E. and M. A. Lennox (1950) Stimulation and Strychnization of Supracallosal anterior cingulate gyrus. *J. Neurophysiol.* 13, 207-214
- 5) Economo, C. V. and G. N. Koskinas (1925) Die Cytoarchitektonik der Hirnrinde des erwachsenen menschen. Berlin Wien, J. Springer.
- 6) Elleuburger, W. u. H. Baum (1921) *Handbuch der Vergleichenden Anatomie der Haustier.* Berlin Auyst Airschwald, 15 Auflage.
- 7) i) 藤井千枝子 (1948) glutamin酸-Naの皮質性痙攣物質化に就いて 条件反射 13, 31-44  
ii) 藤井千枝子・原田 一・早川領三; 大黒鼠に對する諸種有機酸及び諸種アミノ酸並びに其のナトリウム塩の脳髓性痙攣作用に就いて 条件反射 2, 249-252
- 8) 原田 一 (1944) 皮質性錐体外路系物質としての活性グルタミン酸に就いて 条件反射 8, 47-64
- 9) i) 林 譯 (1944) 大脳生理学 東京 三笠書房 初版  
ii) 林 譯・黒木昌夫・淵脇義臣・原田 一 (1943) 諸種有機酸及び諸種アミノ酸並びに其のナトリウム塩の皮質性痙攣作用に就いて 条件反射

- 7, 253-268  
 iii) Hayashi, K (1952) A physiological study of epileptic seizures of flowing cortical Stimulation in animals and its application to human clinico. Jap. J. Physiol, 3, 46-64
- 10) 平沢 興 (1951) 大脳の最高中枢, 東京, 日本医書出版社 II 版より引用
- 11) Hoff, E. C. and H. D. Green (1936) Cardiovascular reactions induced by electrical stimulation of the cerebral cortex. Am. J. Physiol. 117, 411-422
- 12) 石橋俊正・早川領三 (1943) 大黒鼠に対する脳髄性痙攣物質について 条件反射 6, 208-211
- 13) i) 石塚 保 (1942) 皮質性痙攣物質に就いて 条件反射 3, 442-454  
 ii) 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, 455-471
- 14) i) 伊藤国男・石塚 保・渡辺武之助 (1942) 大脳皮質運動領に対する picrotoxinization 並びに strychnization 条件反射 3, 290-306  
 ii) 伊藤国男 (1942) 大脳皮質運動領外局に刺激としての picrotoxinization 及び Strychnization 条件反射 3, 307-313
- 15) i) Kaada, B. R., K. H. Pribram, and J. A. Espstein (1949) Respiratory and vascular responses in monkeys from temporal pole, insula orbital surface and cingulate gyrus. J. Neurophysiol. 12, 347-356  
 ii) Kaada, B. R. and H. Jasper (1951) Respiratory responses to stimulating of temporal and hippocampal and Limbic gyri in man. Arch. Neurol. and Physiol. 63, 609-619
- 16) Kremer, W. F. (1947) Autonomic and somatic reactions induced by stimulation of the cingulate gyrus in dog. J. Neurophysiol. 10 371-379
- 17) i) 工藤達之・佐藤佐与 (1951) 赤核の化学的刺戟によって起る運動現象とその神経経路 日本生理誌 13, 542-546  
 ii) 工藤達之 (1952) 去脳直及ぶその諸現象の機制について 脳神経領域 5, 82-97
- 18) i) 黒木昌夫・藤井千枝子 (1948) 裏の中枢神経に対する機械的操作に依って生ずる運動現象について 条件反射 13, 133-139  
 ii) 黒木昌夫・瀧脇義臣・平山雅康・中邑 勇・岡本彰祐 (1943) 通電によるグルタミン酸塩の活性化と触媒との関係 条件反射 9-10, 129-134
- 19) Mc Culloch, W. S. (1944) The functional organization of the cerebral cortex, Physiol. Rev., 24, 390-407
- 20) i) Pool, J. L. and J. Rausohoff (1949) Autonomic effects on stimulating rostral portion of cingulate gyri in man. J. Neurophysiol. 12, 385-392
- 21) i) 佐藤佐与・工藤達之 (1952) 硬性硬直核に対する諸種化学物質の作用に就いて 慶応医学 3, 151-154  
 ii) 佐藤佐与 (1952) 皮質性歩行運動と実験的 Athetosis に就いて 脳神経領域 14, 271-280
- 22) Smith, W. K. (1941) i) Vocalization and other responses elicited by excitation of the regio cingularis in the monkey. Am. J. Physiol. 133, 451-452  
 ii) The functional significance of the rostral cingulate cortex as revealed by its responses to electrical excitation. J. Neurophysiol. 8, 241-255
- 23) 三枝正文 (1944) 皮質性痙攣に伴う散瞳の神経支配について 条件反射 11-12, 29-37
- 24) 須田 勇・岡本彰祐・松丸 忍・名和 精 (1944) 中枢神経系の化学的発動物質としての Glutamin 酸 Na について 条件反射 11-12, 43-48
- 25) i) 須田 勇・阿部歌子・内山恵美子・水野節子 (1944) 小脳に関する実験 (第 I 報) 小脳の化学刺戟による瞳孔, 血圧, 呼吸の変化 条件反射 11-12, 49-57  
 ii) 岡本歌子 (1952) 小脳性に関する実験 (第 II 報) 小脳性散瞳並びに散瞳反射に関する研究 脳神経領域 5, 358-367
- 26) i) Tanaka, K. and K. Yamase (1952) The cortical stimulation and the gastro-intestinal motility 脳と神経 4, 38-42  
 ii) 小野博秀 (1953) 大脳皮質刺戟による胃腸運動に関する実験的研究
- 27) 谷 道也 (1948) 中枢神経運動系に対する機械的刺戟に就いて 条件反射 13, 455-464
- 28) Wall, P. D., and G. D. Davis (1951) Three cerebral systems affecting autonomic function. J. Neurophysiol. 14, 508-517
- 29) Walker, A. E. (1940) A cytoarchitectural study of the prefrontal area of the macaque monkey. J. comp. Neurol. 73, 59-86
- 30) Ward, A. A. (1948) The cingulate gyrus : area 24. J. Neurophysiol. 11, 13-23

### Summary

By making a minimal injection (ca. 0.01cc) of 1~2mol sodium citrate to the cingulate cortex of a dog, the author confirmed the changes of respiratory movements as follows:

1) There are the inhibitory and the acceleratory areas in the cranial part of cingulate cortex.

2) There are two inhibitory areas; one is symmetrically situated in the supracallosal region, and the other in the infracallosal one; both of them are localized in the very small area on the long narrow zone along the corpus callosum. They have not any continuative function, but initiative function alone.

3) The acceleratory areas are concentrated around the inhibitory ones.

(Surgical Clinics of Tokyo Dental College (Prof. Noguchi)).

# 犬の犬脳皮質海馬回に於ける呼吸抑制並びに

促進領野について 612.825:612.819.912

On the Inhibitory and Acceleratory Areas of Respiratory Movements in the Hippocampal Cortex of Dogs.

堀 佐喜子 (HORI-Sakiko)\*

## I. 緒 言

海馬回 (Gyrus hippocampi) (第1図) は中古皮質 (Archicortex) に属し, 新皮質 (Neocortex) である帯回と共に鎌状葉 (Sicherllappen [Schwarbe, 1881]) 或は脳弓回 (Gyrus fo rnicatus) をなして嗅覚に関与し, 三次性嗅覚線維の終止部であると言われていたが, 帯回に於けると同様, 鯨及び「いるか」の様な無嗅動物及び類人猿や人等の如き小嗅動物でも良く発達して居り, 決して之等の部分が単に嗅覚作用だけに関係しているものでない事が解って来た。

近來海馬刺戟によって種々の反応の起ること

が逐次明らかになったが, それ等を挙げると次の通りである。但しその領野は主として海馬回鉤である。

1) 呼吸運動抑制<sup>7)8)9)13)</sup>

2) 自律神経系反応

血圧変化<sup>1)8)9)13)</sup>, 心搏動変化<sup>9)</sup>, 瞳孔散大<sup>8)9)</sup>

3) 食餌反応 (Feeding reaction)

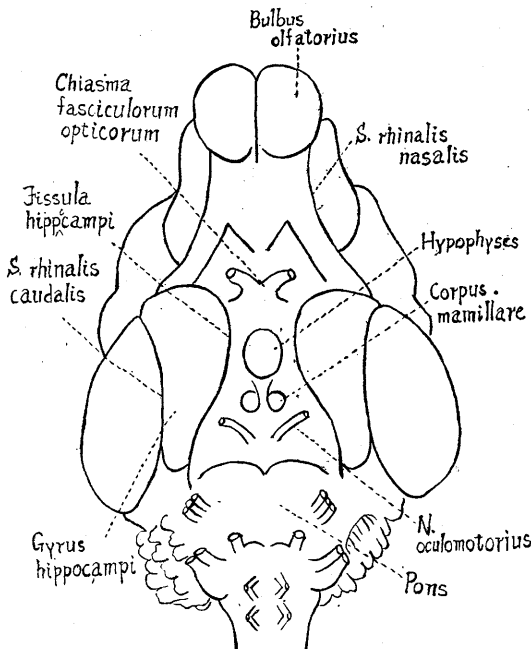
唾液分泌<sup>3)11)</sup>, 咀嚼運動<sup>8)5)7)</sup>

4) 発声<sup>12)</sup>

私はさきに 1~2mol クエン酸 Na 皮質内微小刺戟法を用い帯回頭部皮質に於ける呼吸運動の抑制領野と促進領野とを確認したが<sup>6)</sup> 今回は同様の方法を以て海馬回皮質の呼吸運動に及ぼす影響について検索した。

## II. 実験方法

実験動物は犬, 総数19頭, Cyclopan-Na 静脈麻酔の下で正中切開, 側頭筋を骨膜とともに広く剝離してこれを大部分除去し, 頬骨弓切除, 頭蓋骨を脳底に近く迄開いて硬膜を切開する。次いで箆を用いて半球を脳底より持ち上げると容易に海馬回の全貌を視ることが出来る。予め気管切開して, 主管を気管に挿入しておいた特製Y字形ガラスチューブ (交叉部附近にその面と直角にガラスチューブが1本分岐している) の他側の1管を Marey の Tambour に連接して呼吸曲線を描記, 他の1管を酸素ポンベにつなぎ, 残りの直角分岐管を解放せしめる。かくして, 海馬回皮質に 1mol クエン酸 Na を 0.005~0.01cc を注射して呼吸運動の変化を検査した。なおクエン酸 Na には良質の墨を混じ, 死後 Formalin 固定して墨の存在局所を確認した。



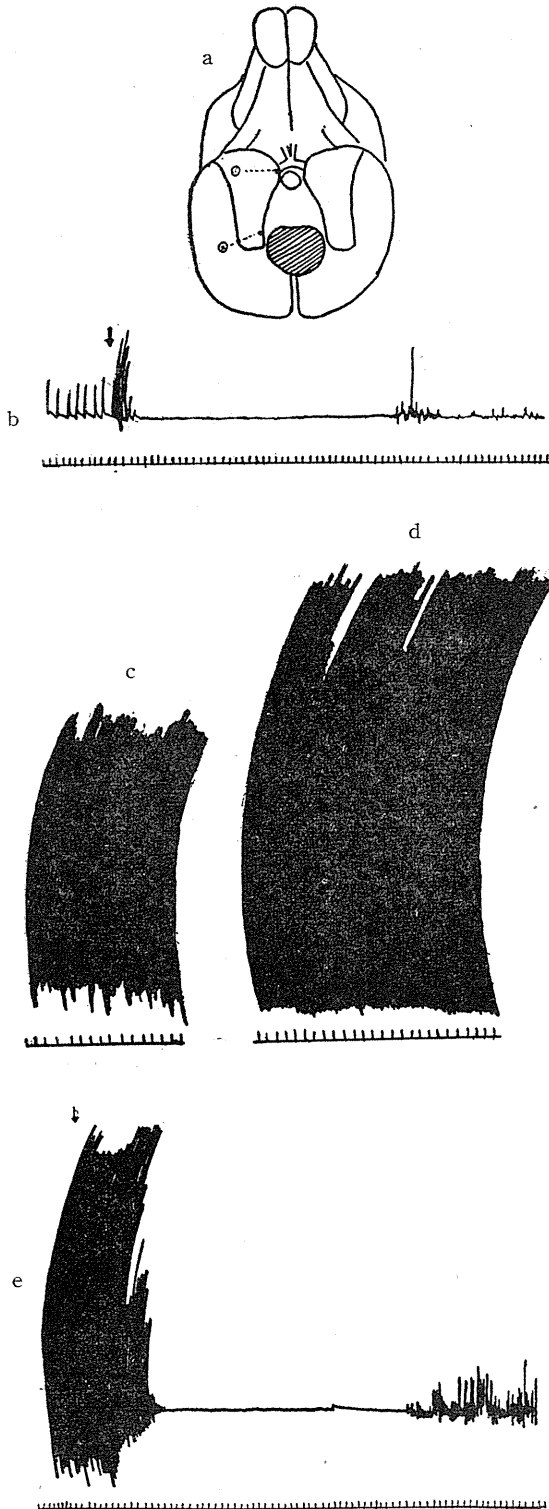
第1図

\* 東京歯科大学野口外科教室 (野口好之教授)

Ⅲ. 実験成績

A. 刺戟実験

1) 海馬回海馬溝に沿う鉤および後内側皮質に呼吸抑制領野が各々1箇宛左右対称的にある。



第2図

No.	Time	Weight	Sex	Temp	Observations
No. 40	27. 9. 30	10kg	♂	20°C	
	18時30分0秒				右海馬回鉤内端皮質内に 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第2図 a, ①).
	10				一旦呼吸は僅かに速く大きくなって後直ちに停止 (第2図, b). 頸部, 項部及び肩甲部振盪, 瞳孔極度散大振盪は呼吸出現前に消失す.
	32	10			不規則微細呼吸出現, その間1回稍々大きい呼吸を交う.
	31				再び呼吸停止.
	52				不規則微細呼吸現わる.
	34	0			呼吸は不規則であるが振幅は漸次増大し, 次いで一旦減少する.
	35	30			振幅, 頻度は増大し始める.
	44	0			呼吸は相当に大きく速くなる. 流涎盛んとなるがすぐ流下止む. 右腋窩及び右後肢振盪 (第2図, c).
	50	0			呼吸の振幅, 頻度は極大となって一定する (過剰呼吸) (第2図, d). 前記振盪は止む.
	19	31	0		依然過剰呼吸持續中. 右海馬回後内側に 1mol クエン酸 Na 微小注射.
	36				呼吸は劇的に停止 (第2図, e). 瞳孔極度散大, 両眼臉殊に左側は開大, 軀幹は右凸彎曲, 両下肢は掻く様な運動 (短時間後消失) 右前肢及び口辺振盪, 右前肢趾は開いて外施する.
	33	30			不規則微細呼吸出現.
	34	30			不規則小呼吸, 両下肢交代運動 (直ちに消失) 肩甲部及び両前肢振盪が起り次第に強くなる. 舌振盪, 流涎盛.
	53	08			呼吸は比較的規則正しくなるが振幅は著しく減ずる. 口辺の振盪は大部分消失, 流涎止む. 上肢及び舌の振盪微かになる.

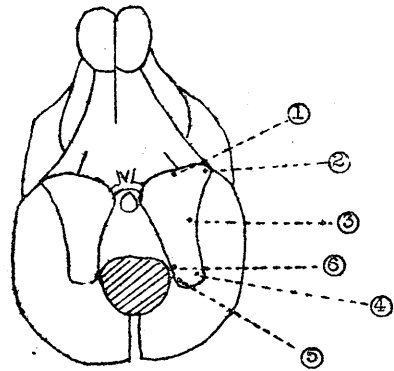
以上の如く海馬回海馬溝に沿う鉤及び後内側に呼吸運動抑制領野が各々1箇宛ある。

上掲の例では, 海馬回鉤に微小刺戟をすると, 呼吸は僅かに速く大きくなって直ちに停止し, 不規則微細呼吸が介在して再び呼吸停止, 不規則微細呼吸, 小呼吸を経て過剰呼吸

になった。次に海馬回後内側に微小刺戟を行うと、今まで過剰呼吸状態であったものが突如劇的に呼吸は停止し、次いで不規則微細呼吸、不規則小呼吸となり、過剰呼吸期を経ないで呼吸が細小となった。通常過剰呼吸になるものが多いが、この例では急激に過剰呼吸状態から呼吸停止に移行したので、動物に対する侵襲が過大であったためであろう。

此所に例証はしなかったが海馬回の呼吸抑制領野は鉤及び後内側に於て左右対称的にあることを確認した。

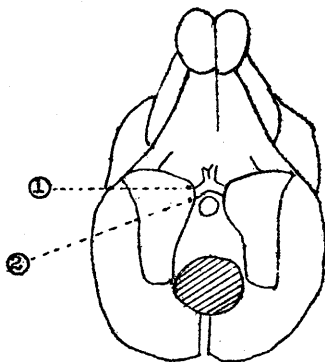
2) 海馬回の鉤及び後内側の呼吸抑制領野は極めて小範囲に限局し、呼吸運動促進領野はその附近に在る。海馬溝から離れた海馬回皮質は呼吸運動に関係はない。



第4図

呼吸毎に増強してゆく。  
 35 呼吸振幅、頻度は最大となる。  
 47 10 呼吸の振幅は減じ初める。  
 51 30 呼吸の振幅は注射前に復するがまだ速い。

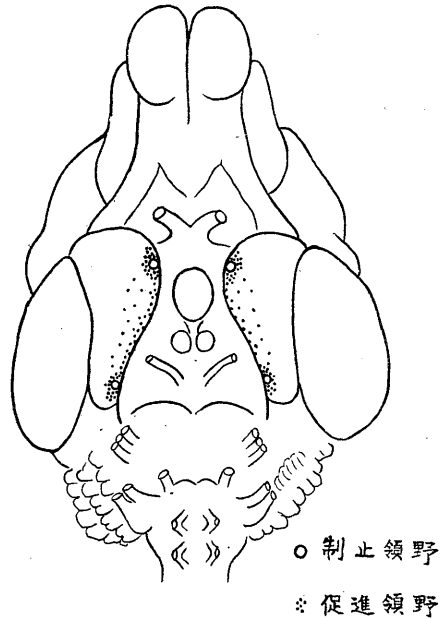
No.	Time	Weight	Sex	Temp	Notes
No. 28	27.6.16	9.5kg	♂	20°C	
	21時20分0秒				右海馬回鉤の前端に 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第3図, ①). 直ちに呼吸は早く大きくなり, 1呼吸毎に振幅を増す.
	15				呼吸の振幅, 頻度は最大となる.
	25				1呼吸毎に振幅を減ずる.
	45				呼吸は速いが振幅が注射前の約 4/5 に減ず.
	21 0				再び振幅, 頻度増強し, 振幅は注射前を凌駕し, 更に増強の傾向となる.
	22 0				過剰呼吸となる.
	40				振幅は注射前に復するが, まだ少し速い.
	21 46 0				右海馬回鉤後側に 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第3図, ②).
	15				呼吸の振幅, 頻度は増強し初め, 1



第3図

No.	Time	Weight	Sex	Temp	Notes
No. 35	27.7.15	75kg	♀	28°C	
	19 14 0				左海馬回前方中央の眼窩面に近くクエン酸 Na 微小注射 (第4図, ①). 呼吸不変.
	19 19				左海馬回側側 Sylvius 溝に近く 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第4図, ②). 呼吸不変.
	19 24				左海馬回外側中央後嗅溝に近く 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第4図, ③). 呼吸不変.
	19 30				左海馬回後側, 海馬回後外隅に近く 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第4図, ④). 呼吸不変.
	19 35				左海馬回後内側海馬回後内隅に近く 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第4図, ⑤).
	04				呼吸は速く大きくなり, 1呼吸毎に振幅, 頻度は大きくなる.
	10				呼吸は最大となる. 瞳孔散大, 腋窩, 頸部振顫.
	13				呼吸の振幅は小さくなり初め, 次第に減じてゆく.
	45				振幅は注射前に戻るが頻度は少し多い. 腋窩, 頸部の振顫は消失する.
	19 40 0				呼吸は規則正しいが, 少し速い. 左海馬回後内側⑤より約 2mm. 前方 1mol クエン酸 Na 微小注射 (第4図, ⑥).
					直ちに呼吸は小さくなる.
	07				呼吸停止, 瞳孔極度散大, 頸部及び項部振顫.
	41 22				不規則微細呼吸出現.

- 45 0 不規則小呼吸出現，右前後肢伸展強縮，右膝蓋腱反射亢進，口辺及び舌振顫，胸廓は最大吸氣時の如く拡大する。
- 58 0 無呼吸期と呼吸期が交互に現われる律動的呼吸となる。即ち無呼吸から微細呼吸が出現し，1呼吸毎に振幅は漸増して最大となり，また直ぐ1呼吸毎に漸減して，無呼吸に移行する。此の時の呼吸期の呼吸は速い。(此の特有な呼吸型をCheyne-Stokes型呼吸と仮称する)。無呼吸期は10~15秒，呼吸期は8~10秒である。無呼吸期は漸減すると共に呼吸期は漸増してゆく。項，頸部及び舌の振顫消失。
- 20 6 0 無呼吸期は消失して呼吸は連続してくるが Cheyne-Stokes 型の波状起伏を失わない。右前肢依然強縮。
- 12 0 過剰呼吸状態。右前肢強縮は消失したが左前肢には強縮が少し残っている。舌の振顫再び始まる。
- 21 0 0 呼吸の振幅は過剰呼吸期より半減したが頻度は速い。



第5図

第3図の如く海馬回鉤の呼吸運動抑制領野の附近に呼吸運動促進領野がある。又第4図に示す様に海馬回後内側呼吸運動抑制領野⑥の附近に呼吸運動促進領野がある。そして各呼吸運動抑制領野は極めて小範囲に局限し，他の実験例からも呼吸運動促進領野がその周囲に密集し且つそれ等が矢張り海馬溝に接した部にあることを確め得た。更に呼吸運動促進領野は海馬溝に接した海馬回内縁全体に亙って散在し，更に海馬回の中央まで点在している様であるが，海馬回外側には呼吸の変化に関係するところは何所にも見出し得なかった。

尙⑥は呼吸停止後不規則微細呼吸，次いで不規則小呼吸を経て Cheyne-Stokes 型呼吸となり，やがて過剰呼吸に移行しており，前著<sup>6)</sup>で帯回頭部皮質刺戟で屢々認めたと同様の経過を辿っている。

**B. 刺戟後剔除実験**

1) 海馬回鉤呼吸運動抑制領野は刺戟の発動作用のみあって継続作用はない。

No. 62	27. 11. 26	7.0kg	15°C
--------	------------	-------	------

- 18時59分0秒 左海馬回鉤皮質に 1mol クエン酸 Na 微小注射。
- 22 呼吸停止。
- 30 左海馬回鉤皮質剔除，依然呼吸停止。
- 19 0 30 不規則微細呼吸出現。
- 19 2 30 不規則小呼吸出現。
- 19 12 0 過剰呼吸。

2) 海馬回後内側呼吸運動抑制領野は刺戟の発動作用のみあって継続作用はない。

No.	Date	Weight	Temp
No. 113	28. 3. 25	8.0kg	14°C
19時20分0秒 左海馬回後内側皮質に 1mol クエン酸 Na 微小注射。			
12	呼吸停止，尾を激しく振る。瞳孔散大。		
21	左海馬回後内側皮質剔除，依然呼吸停止。		
30	不規則微細呼吸出現，尾は振り止む。		
24 0	不規則小呼吸，吸氣が強い。		
27 0	刺戟前より呼吸の振幅，頻度は稍々大で，吸氣は強い。両耳，頸部，項部微かに振顫。		

以上の如く海馬回の鉤及び後内側の呼吸運動抑制領野に微小刺戟を行い呼吸停止を起させて後，直ちに注射部位を剔除してもやはり呼吸停止は持続するのみならず，その後の呼吸運動の

推移には何等の影響を与えていない。

即ち両領野共に下印呼吸中枢に対し刺戟の発動作用のみあって継続作用を有しないものと思われる。

#### IV. 考 察

頭数19例の研究成績によれば、海馬回皮質に於ける呼吸運動抑制領野は2箇所あり、1箇所は海馬回鉤であり、他の箇所は海馬回後内側であり、それ以外の海馬回領域には無い。

それ等の領野は左右対称的に存在し、何れも海馬回溝に沿った部分にあって、極めて小範囲に限局し、約2mm直径位(5~13kgの犬)のものとして推定される。海馬回鉤の抑制領野の位置は余り個体差がなく略々一定している。

反之後内側抑制領野は、通常海馬回後端より3~5mm離れたところにあるが、時に相当な位置の前後のずれが認められることがある。然し海馬回後端より1cm以上前方にあることはないようである。

海馬回呼吸運動抑制領野に1molクエン酸Na皮質内微小注射を行って起る一連の呼吸運動の変化の態度は、帯回皮質呼吸抑制領野の注射の場合と大体に於て同様である。注射して後直ちに呼吸が停止する場合と、一旦呼吸が促進して後呼吸が停止する場合とがある。随って呼吸停止領野に近接して呼吸促進領野があるものと推定される。この事実は、呼吸抑制領野から少し隔った部位に注射すると呼吸促進のみ現れ、その中間の部位では抑制と促進との交錯した複雑の呼吸型が現れることから裏付けられる。そして呼吸運動促進領野が抑制領野を取り囲んでいるが、矢張り海馬溝に接する部位の小範囲に限局しているものようである。尚呼吸運動促進領野はその他海馬溝に沿った海馬回内縁全体に互って散在し、さらに、海馬回の中央まで点在している様であるが、海馬回外側には認められない。

呼吸停止後、不規則微細呼吸が現われ、次いで、呼吸は漸次大きくなって不規則小呼吸となり、過剰呼吸に移って次第に正常に戻る場合が

多い。ときに過剰呼吸の前に、無呼吸期と呼吸期とを交互に行う週期性の呼吸(私はこれをCheyne-Stokes型と仮称する)が認められることがある。又呼吸停止の後に不規則微細呼吸を介在して、再び呼吸停止を起して上述の型式を経るものがあり、更に呼吸停止を3回反復した例もあった。不規則微細呼吸の場合には吸気が強く頻度は増加する。又呼吸停止後不規則微細呼吸を経ず比較的規則正しい頻度の速い小呼吸型から過剰呼吸に移るもの、或いは過剰呼吸が現われずに正常に戻る例等もある。

以上の呼吸運動抑制領野は下位呼吸中枢に対して発動作用のみあって継続作用はない。

呼吸運動促進領野に注射すると、原則として呼吸促進のみが観察され、潜時は大体5秒以内であり、比較的短時間で平静に復し、呼吸運動抑制領野の最後に起る様な長時間に互る呼吸促進を見ることはない。

海馬回刺戟による呼吸運動の変化に関しては、最近漸く注目されるに至った。Kaada, Pribram and Epstein<sup>8)</sup>がMacacumulattaの海馬回前端を含む側頭葉極を電気刺戟して呼吸停止の起るのを認め、更に彼等は、呼吸運動抑制領野が側頭葉極から島前部、眼窠面後部及び脳梁下部を経て帯回前部に互る一連の広汎な部分を形成し、その領域中最も反応するところが2箇所あり、1箇所は眼窠面後部、島及び側頭葉極であり、他は脳梁膝周囲であると唱え、Wall and Davis<sup>13)</sup>はmacaca mulattaの海馬回鉤に相当広汎な呼吸抑制領野の存在を挙げ、人体ではChapman, Livingston and Poppen<sup>1)</sup>が1名の患者の前頭部より電極を側頭葉極に挿入して刺戟を与え、呼吸促進後に呼吸停止を起したのを認め、次いでKaada and Jasper<sup>9)</sup>が8名の人体を検し、側頭葉で呼吸の停止を起した部位は海馬回前部と側頭葉極とであり更に側頭葉極の部位は、腹面で嗅溝に接した嗅溝外側部及び極の内側で島に近接した部であって、刺戟を与えると直ちに呼吸は呼吸状態で停止し、刺戟時間中(6~30秒)継続すると言う。私の実験成績によれば、呼吸運動抑制領野は、諸家の唱える

如く、海馬回鉤より側頭極に至る広汎な領域に存在するのではなく、海馬回鉤の内側皮質に極めて小範囲に局限している。又従来の諸研究は何れも皆海馬回鉤乃至側頭葉極のみを対称とし、私が見出した海馬回皮質後内側の呼吸運動抑制領野に就ては具体的に指摘した文献には未だ接していない。更に又海馬回に於ける促進領野に関する研究も未だ見当らない所である。

最近小池上氏等<sup>10)</sup>は、海馬回に於ける呼吸運動抑制現象は海馬回皮質の作用ではなく、その附近に存在する扁桃核、殊に Volsch の内側核の作用であると言っている。これは注目すべき所説であるが、私は特に扁桃核との関係に就いて調査していないので不明である。

海馬回は解剖学上中古皮質 (Archicortex) に属し確実にその存在を証明し得るのは両棲類及びそれ以上の脊椎動物で、全脊椎動物を通じて大体同様の構造をなしている<sup>4)</sup>。細胞構築学的に Brodmann (1909) は異形発生皮質 (Heterogenetische Rinde) であり、私の実験成績より得た諸領野は主として有線皮質 (Cortex striatus) に属せしめている<sup>4)</sup>。

これに関し海馬回鉤皮質が無顆粒皮質 (Agranulare Rinde) であって運動作用に関与している事を示唆している。Economo and Koskinas<sup>2)</sup>の所説は特に注目すべきものと思われる。

上述の如く私は 1mol クエン酸 Na 微小刺激法を用いて、海馬回皮質の呼吸運動抑制領野と促進領野との存在を明らかにしたがこれを図示すれば第 5 図の通りである。

## V. 結 論

犬の海馬回皮質に 1mol クエン酸 Na 皮質内微小刺激法によって、次の結果を得た。

1) 海馬回皮質に正常の呼吸運動を抑制する領野と促進する領野とがある。

2) 海馬回皮質の鉤及び後内側に呼吸運動抑制領野が各々 1 箇宛あって左右対称的に存在する。何れも海馬溝に沿った部位にあって、それ以外の部位にはない。呼吸運動抑制領野は極めて小範囲に局限している。

3) 呼吸運動抑制領野は、下位呼吸中枢に対して、一刺激の発動作用はあるが、継続作用はない。

4) 呼吸運動促進領野は、呼吸運動抑制領野の周囲に密集して存在するが、その他の海馬溝に接する部位にも点在する。

終りに臨み慶大生理学教室林教授、当教室野口教授の御懇切なる御指導、御校閲を深謝致します。

本論文要旨は、第 9 回日本脳外科学会に於いて発表した。

## 文 献

- 1) Chapman, W. P., K. E. Livingston, and J. L. Poppen (1950) Effect upon blood pressure of electrical stimulation of tips of temporal lobes in man. *J. Neurophysiol.* 13, 65-71
- 2) Economo, C. V. u. G. N. Koskinas (1925) *Cytoarchitektomik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen.* Berlin, J. Springer.
- 3) 林 譚 (1944) 大脳生理学 東京 三笠書房 第 1 版 Hayashi, T. (1952) Cortical mastication and its efferent pathway in Dogs. *Keio J. Medic.*, 1, 175-187
- 4) 平沢 興 (1950) 大脳の最高中枢 東京・京都 日本医書出版
- 5) 平山雅康 (1943) 皮質性咀嚼運動に関する実験生理学的研究 条件反射 6 輯 169-185
- 6) 堀佐喜子 (1954) 犬の帯回大脳皮質に於ける呼吸抑制並びに促進領野に就いて 日本生理誌 18, 948
- 7) 石塚 保 (1943) 咀嚼運動領野としての海馬回鉤 6 輯 163-168
- 8) Kaada, B. R., K. H. Pribram, and J. A. Epstein (1949) L Respiratory and vascular responses in monkeys from temporal pol, insula, orbital surface and cingulate gyrus. *J. Neurophysiol.* 12, 347-356
- 9) Kaada, B. R. and H. H. Jasper (1952) Respiratory responses to stimulating of temporal pol, insula and hippocampel and limbic gyri in man., *Arch. Neurol, Psychiat.* 63, 609-619
- 10) Koikegami, H. and S. Fuse (1952) Studies on the functions and beber connections of the amygdaloid nuclei and periamygdaloid cortex. Experiment on the respiratory movements. (1) *Jolia Psychiat. et Neurol. Jap.* 5, 188-197
- 11) 三神 佑 (1936) 大脳皮質刺激による唾液分泌について 日本生理誌 1, 245-250
- 12) Smith, W. K. (1941) Voelization and other responses elicited by excitation of the Regio cingularis

in the monkeys. Am. J. Physiol. 133, 451-452  
13) Wall, P. D. and G. D. Davis (1951) Three cerebra

cortical systems affecting anatomic function. J.  
Neurophysiol. 12, 347-356

### Summary

By making the "minimal injection" of 1~2mol sodium citrate to the hippocampal cortex of a dog, the authore confirmed as follows:

1) There are both the inhibitory and the acceleratory areas of respiratory movements in the hippocampal cortex of dog.

2) There are two inhibitory areas of respiratory movements, one is in the uncus, the other in the posterior medial parts and are circumscribed symmetrically along the hippocampal sulci.

3) They have only the initiated function and not the continuative one.

4) The acceleratory areas are situated around the inhibitory areas.

*(Surgical Clinic of Tokyo Dental College, (Prof. Noguchi))*

## 直接刺激による人体骨格筋の軽度の不随意

疲労について 612.0.14.421:612.744.21:612.816.6

### 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第11報)

Light Involuntary Fatigue of skeletal Muscle by direct Stimulation in Man.

和合 卯太郎 (Wago-Utaro)\*

疲労とは、「身心の作業によって、内部に特殊な生理学的並びに生化学的変調が起り、その結果如何に努力しても作業量が減少するか、又は同一作業量に対して、一層の努力を必要とする状態である」。

一層の努力を必要とするとは、閾値の増大であり、軽度疲労は多くこの型であられる。以上の定義に基いて、著者は人体について軽度疲労の研究を進めて来た。

疲労の主体としての、筋神経系の疲労については、最近全く本質的に異った2種の疲労があることが明らかにされた。

運動神経線維中を impulse が通ると、その末端から Acetylcholine Ach, が遊離し、これが neuromuscular junction に依りて筋収縮を起す (Dale, Feldberg & Vogt 1936<sup>1)</sup>)。この際、遊離する Ach が欠乏すれば、その結果この部位で impulse は中断され、筋線維は収縮能力があるにも拘わらず、収縮することが出来なくなる。Rosenblueth & Morison 1937<sup>12)</sup> は之を伝達疲労 transmission fatigue と名づけた。

Del Pozo 1942<sup>3)</sup> は、猫の骨格筋の間接刺激で、頻度が毎秒30回以上のときは伝達疲労が起り、20回以下では筋自身の収縮能が減少した結果、疲労が起ることを報告し、これを収縮疲労 contraction fatigue と称んだ。20回と30回との中間の頻度では両者の混合したものが起る。

収縮疲労は伝達疲労のように容易には起らないが、1時間乃至2時間の持続刺激で始めてあられ、又回復にも長時間を要する。一方疲労の分類は、疲労の複雑性を示すように多種多様であるが、最も妥当と考えられるのは、回復過

程からみて次の3種類に分ける方法であらう。

- 1) 一時性疲労
- 2) 亜急性疲労
- 3) 蓄積疲労 (慢性疲労)

一時性とは軽度の疲労で、しばらく休息するだけで回復するもの、亜急性とは程度の進んだ疲労で、必要物質を補給し、一定期間休息して始めて回復するものである。蓄積疲労とは、疲労が回復しないまま蓄積されて、慢性化したものである。

この3種のものと、伝達、収縮両疲労との間には、密接な関連がある。

一時性疲労は明らかに伝達疲労であり、又亜急性は収縮疲労であって、何れも回復し得るが、慢性疲労は impairment の高度のもの又は組織の disorganisation というべきものであらう。

疲労については、枚挙の遑のない程多数の研究が行われて来たが、殆んど全部が高度の疲労についてであって、疲労の機序を明らかにするために必要な軽度疲労については、殆んどみるべき業績がない。軽度の疲労を量的に誤りなく測定し、速かな回復過程を充分に追跡し得るような正確、敏速な測定法が無かったのが、主な原因と考える。

著者は新しい興奮性の測定法 V/Vr 法を考案した。この方法は上述の目的にある程度応え得るものと信じる。

V/Vr 法の由来及理論的根拠は既に報告している (Wago & Wakabayashi 1931<sup>14)</sup>, 1936<sup>15)</sup>, 和合 1937<sup>16)</sup>, 1938<sup>17)</sup>, 1952<sup>18)</sup>。

この V/Vr 法によって、著者は1951年以来人体骨格筋等の軽度疲労について研究を進め、成績の一部は既に発表した (和合 1952<sup>18)</sup>、19<sup>20)</sup>、

\* 信州大学医学部生理学教室

1953<sup>21)22)</sup>, 1954<sup>23)24)25)</sup>).

V/Vr 法は蓄電板放電電流によって、被刺激性形体のある種の閾値、V/Vr 値を測定し、この値の大小に依って興奮性の量的表示としたものである。

軽度疲労は前述のように興奮性の低下として現われるものであるから、著者は V/Vr 値の増大によって、興奮性の減小即ち疲労を量的に測定し得ることを確め、(少なくとも軽度疲労に於いて)、本研究に着手し目下続行中である。

V/Vr 値の具体的測定方法は、 $20\mu\text{F}$  の蓄電板放電によって先ず閾値 Vr を定める。Vr は L. Lapigue の *voltage rhéobasique* に相当するものである。ついで  $1.0\mu\text{F}$  及び  $0.5\mu\text{F}$  ( $1.0 \cdot 0.5\mu\text{F}$  V/Vr 法), 又は  $0.75\mu\text{F}$  ( $0.75\mu\text{F}$  V/Vr 法) 等で閾値 V を測定する。このとき Vr は測定中絶えず変動するのが常であって、V 測定時の正確な Vr は知ることが出来ない。よって V 測定の前後に Vr を測り、内挿法によって V 決定時に correspond する Vr corresp. を求め、V/Vr corresp. (V/Vr と略記) を算出する。

Vr は変化しつつもなお一種の単位と看做されることから、橋田<sup>1932<sup>9)</sup></sup> はこれを生機学的単位と名づけた。

V/Vr 値は被刺激性形体の興奮性の変化と共に増減して、*chronaxie* と *analogous* な結果を示す(河本<sup>1944<sup>10)</sup></sup>)。しかし *chronaxie* の有効数字がおよそ一桁(Lapigue 1926<sup>11)</sup>, Frederique 1928<sup>4)</sup>, Davis & Forbes 1936<sup>2)</sup>) であるに対し、V/Vr 値は三桁の有効数字として、より精密にしかも興奮性の僅かの変化又は急速な動揺を、正しく把握することが出来る。

V/Vr 法で最も注意すべきことは、実験装置並びに方法について、電気刺激生理学的に充分の考慮を払わなくてはならないことである。詳しくは和合<sup>1938<sup>11)</sup></sup> を参照されたい。操作自身は簡単で、慣れれば 1 つの V/Vr 値を決めるのに 2~3 分で充分である。

## I. 従來の成績の概要

本論文以前の人体の軽度疲労についての著

者の研究を、V/Vr 法の実際的成果として略述する。

### A. 被験者

被験者は主として健康な青年男女を選んだ。人員は研究開始当時の合計 18 名で、その内 6 名が女性であった。年齢は 18~42j, 体重は 48~57kg であった。

V/Vr の正常値は 1 回の実験には 5~6 回測定したが、各被験者共  $\pm 1.5\%$  の最大偏差内で一定値が得られた。又夫々の被験者について、日を異にして 7~28 回の実験を行ったが、最大偏差は  $\pm 4\%$  以下であった。

### B. V/Vr の正常値

被験骨格筋としては、*m. rectus femoris* 及び *m. extensor pollicis longus* を選び、前者では筋を直接に又 *n. femoralis* を通じて間接に、後者では直接に V/Vr を測定した。他の報告では筋直接測定を“筋”，間接測定を“神経”と略記したこともある。

興奮示標としては、*m. rect. fem.* では下腿部の、又 *m. ext. poll. long* では拇指端節の、最小伸展運動を使用した。

1. *m. rect. fem.* における V/Vr の正常値は、同一条件では、直接測定でも、間接測定でも、何れも同じ数値を示し、また左右両測共同値である。即ち両側の直接間接測定についての 4 つの測定値は、同一人については全て同じ値となる。1 例をあげれば左右の筋直接測定では、 $1.0\mu\text{F}$  及び  $0.5\mu\text{F}$  に対し 1.06, 1.13 及び 1.07, 1.15 左右の間接測定に於いては、1.06, 1.15 及び 1.06, 1.14 である、これは被験者 M.N. の日を異にした 6~8 回測定の平均値である。

2. これに反し *m. ext. poll. long* では、左右の V/Vr 値が等しくない。これは利き手の問題で、利き手の方が、他方に較べて V/Vr は小さく、又 Vr も大体に於いて小さい。

左利きのものに、この差が比較的尠なかつたのは、右を使用しようとする習慣によるのであろうか。

右利きの被験者 M. Y. の左右の相異は  $1.0\mu\text{F}$  および  $0.5\mu\text{F}$  について、右筋 1.05, 1.11, 左筋

1.11, 1.21 であった。これは日を異にした6回測定の平均値である。

### C. 軽度疲労

軽度疲労を起こすために、次の3方法を使用した。

1. 安静にして寝台上に仰臥させた被験者の一方の下肢を外にのばし、足関節に5.02kgの重りを掛け、これを10~90秒支えさせた。之を「負荷」と略称する。

2. 同じく寝台上で、5.02kgの重りを掛けたMossoのergographを、前同様の短時間くりかえし引かせた。引く手が被験側であっても、非被験側であっても同一V/Vr値が得られた。これを「Mosso」とよぶ。

3. n. femoralを強縮性に刺激して、m. rect. fem.のみを、又はこれを主とした上腿伸筋群の強縮を起した。刺激持続時間は20~50secであった。

以上によって起る疲労の内1.及び2.は随意性、3.は不随意性疲労である。即ちvoluntary effortsによって起る疲労と、involuntaryに起るものとである。voluntary effortsの如何によって、得られた成績のうち以下述べる様に全く相反したものがある事は注目すべきである。

### D. 随意性疲労

随意性疲労のV/Vr値の増加、その時間的経過、回復時間及びAchの作用等を調べた。

1. 筋の疲労直後、測定筋のV/Vr値は急に上昇して最大値に達する。ときに第2回目測定が最大であることもあった。V/Vrの正常値と最大増加値との比を、増加率increasing ratio, i. r. とする。1.0・0.5 $\mu$ F V/Vr法では1.0 $\mu$ F及び0.5 $\mu$ Fに対する最大増加値の平均をとり、平均増加率mean increasing ratio, m. i. r. とよぶ。刺激強度一定のとき、持続時間と増加率とは必ずしも比例しない。筋のその時々状態による当然の結果と云えよう。然し増加率の増加分(i. r.-1.00)は正しく回復時間に比例した。

2. 増加率は時間と共に減少して、やがて正常値に戻る。疲労刺激直後から、この時までの時間を回復時間recovery time, r. t. と云う。

回復は同一程度の疲労にも拘わらず、直接測定は、間接測定よりも例外なくおくれる。その原因は明らかでないが、筋直接の測定と、神経を通じての測定との間に、異ったmechanismのあることが想像された。

3. V/Vrの最大増加値の増加分で、回復時間を割ったものは、刺激持続時間の長短、疲労の程度、並びにV/Vrの最大増加値の大小に拘わらず、同一条件下では同一人については恒に一定である。

即ち $\frac{\text{recovery time}}{(\text{i. r.}-1.00)\times 100}=K$ であり、このKは増加分0.01あたりの回復時間である。これを回復時間恒数recovery time constantと称ぶ。従ってV/Vr値の増加率の増加分はKを係数として回復時間に正比例する。

直接測定のときの恒数をKm、間接のときのをKnと区別すれば、例外なくKm>Knであった。

以上の事実から、軽度疲労では回復時間から見れば、V/Vr値の最大増加率の増加分は、疲労の程度と比例すると言ひ得る。この立場からV/Vr値は軽度疲労の量的表示と考えても差支えないようである。

4. 疲労した筋に直接、間接測定を問わず、必ずV/Vr値の増加があることはうなずけるが、手の疲労にも拘わらず、疲労していない筈の安静m. rect. fem.にも同一程度のV/Vr値の増大が表われた。即ち測定筋の疲労でも非測定筋の疲労でも、いずれも測定筋のV/Vr値が増加した。しかもその成績は疲労筋と全て同一であった。疲労の原因がhumoralのものであることが推定される。

5. 少量のAcetylcholine, Ach, がPhysostigmineと共に予め注射してあると、起るべき疲労も起らない。

「負荷」及び「Mosso」でexhaustの状態まで、疲労させても(5.02kgの「負荷」では最大12分間位で疲憊した)、Achの量を増せば、これを完全に抑制することが出来る。

軽度疲労は、その原因がAchの欠乏と看做し得る。しかも血行中のAch量の減少である

と言える。

6. Ach の疲労防止作用の有効期間 effective time, eff. t. は、直接測定の方が、間接のものよりも、全てに於いて長かった。同一強度の疲労刺激を加えて test した結果である。筋、神経の Ach に対する態度に、電気刺激生理学的に異った性状のあることを思わせる。

#### E. 不随意性疲労

n. femoral に強縮性刺激を加えると involuntary に m. rect. fem. のみ又は m. quadricepsus 等の強縮を起す。被験側神経を刺激しても、非被験側を刺激しても、何れも被験側に疲労があらわれること、及びその減衰経過が同一であること等、不随意性疲労の成績は、随意性のものと一致しているが、全く相反している結果もみられた。

その主なものは、

1. 随意性疲労のときは、回復時間恒数については、 $K_m > K_n$  であるが、不随意性の時は、 $K_m = K_n$  である。

2. Ach の有効期間は、随意性では、間接測定が直接測定より必ず短い、不随意性の時は逆に間接測定が直接測定よりも例外なく長い。

以上の二点は特に注目すべきである。随意性および不随意性収縮の間に存在する主要な相違は、随意努力 voluntary efforts の有無である。従ってこの両種の疲労については中枢性の機序が大きな役割をしているものと考えられる。

3. 被験者の云うところによれば、随意性では筋強縮のとき、僅か15秒の作業でもその局所に疲労感が必ず伴う。これに反し間接刺激による、不随意性疲労では、25分でも疲労感は全然起らないか、又は比較にならぬ程軽度である。或いは疲労感ではなく、単に筋に軽い「ヒキツル」ような感じのみが起ることがある。

随意性と不随意性とによって疲労感の生起にこのような著明な相違のあるのは注目すべきである。

#### F. 刺激頻度と疲労との関係

Porter 及び Du Bois-Reymond 型の inductorium によって、n. femoral に毎秒 180 回及び

20回の2種の刺激を加えて完全強縮を起した。完全強縮を起し得ない被験者については、同一程度の不完全強縮によって研究した。何れの時も直接及び間接測定共、180回では必ず  $V/V_r$  の増加即ち疲労が起るに反し、20回では15分又は25分間強縮を持続しても全然起らない。

人体骨格筋の自然刺激は、毎秒60~70回であるから、之より頻度の高い180回では、Achの補給が需用に追いつくことが出来ず、又20回ではAch遊離が充分間に合うからであろう。

#### G. 精神疲労

安静に臥床させた被験者に、15~25分間の暗算をさせると、疲労していない筈の m. rect. fem. に  $V/V_r$  値の増加が現われる。之も Ach によって抑制される。又  $K_m > K_n$  である。

この意味の精神疲労が、何故骨格筋疲労となって現われるか、又 Ach によって抑制出来るか明らかでないが、他の方法例えば、Göpfert 1952<sup>6)</sup>、1953<sup>8)</sup> の Restaktivität 等によって、この機序を明白にし得るものと思われる。

H. あらかじめ3分間の massage を施した後、「負荷」によって m. rect. fem. の疲労を起し、 $V/V_r$  値を測定すると、起る筈の疲労が現われない。massage の場所は、m. rect. fem. の上でも、又その他の部分でも差支えない（藤森 勲：丸茂周二 1955<sup>5)</sup>）。

高度のものとはにかく、軽度疲労が massage のため起らないのは、血液循環が促進されて、Ach 又はその素材の移動が盛んになるためか、又 massage によって、刺激された筋に新しく何かの物質（例えば Ach）発生又は遊離が促進された結果と考えたい。

I. 寝台上に安静に仰臥させた被験者に、50分間網膜への完全遮光を続ければ、その間非疲労骨格筋の  $V/V_r$  値は徐々に低下し、25分位の所で最低に達し、後平衡状態が続く。光を与えれば比較的早く正常値に戻る。この低下は Ach と関係がない（清水道男 1956<sup>12)</sup>）。

遮光前の明るさが大きいほど最低値に達する時間が延長される。

$V/V_r$  値の下降及び上昇は、暗順応及び明順

応と連関しているものと思われる。徐々の下降、及び急激な上昇は、過去の閾値測定法による、暗順応及び明順応の時間的経過と一致している。

以上の事実からみると、骨格筋は光刺激に依って正常時多少疲労して居るものと思われる。V/Vrの正常値とは、日常生活中、光のみならず他の内外刺激によって、この値がやや増加して居る状態であろう。

## II. 実験方法

### A. 刺激回路

測定回路を第1図に示す。東式 pendulum の両接触子  $K_1$ ,  $K_2$  をこの順に閉じ、直ちに同じ順序で開いて、人体に放電々流を通じた。最も大切なのは絶縁で、寝台、机、機械類等を二重三重に bakelite 小板で絶縁した。

接触子の抵抗は、いつも 0.01 ohm 以下であった。

電源としては 2volt 蓄電池から、potentiometric に約 0.1 volt をとって使用した。

### B. 被験者の姿勢

本報の研究では、被験筋としては m. rect. fem. のみを使用した。

下腿部の最小伸展運動を示標としているから、この目的にかなうように測定筋の位置、被験者の姿勢について特に留意する必要がある。

寝台の上に仰臥させ被験者の、被験側の下腿部

を寝台に沿って、楽に懸垂させれば、下腿部と上腿部との角は凡そ  $135^\circ$  となり中間肢位となる。被験者は、実験中被験下肢は勿論、身体各部に力を入らないような無理のない姿勢を保つことが出来る。直接、間接に同一姿勢で測定出来るから、m. rect. fem. は被験筋としては最も適切である。過去の m. rect. fem. の測定も全てこの方法と注意とに従った。

m. ext. poll. long のときの姿勢を参考までに記せば、被験者を椅子にかけさせ、上腕を体側に沿ったまま、肘関節をおよそ直角に曲げ、上肢を中間肢位とした。実験中被験上肢及び全身に力を入れないように注意した。

### C. 刺激点の選び方について

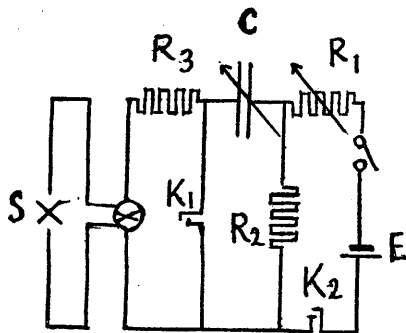
m. rect. fem. だけの収縮を起す為には、刺激電極の位置を慎重に選ばなければならない。電極が大きいから、一層この注意が必要である。

この目的に役立つ、新しい検査方法に気附いたことは、既に報告(和合 1938<sup>17)</sup>) している。

刺激点に電極を当てて交流を通じると、弱電流でもその部位から「ビリビリ」した感じが一直線となって、末梢に向って皮膚の表面を走る。

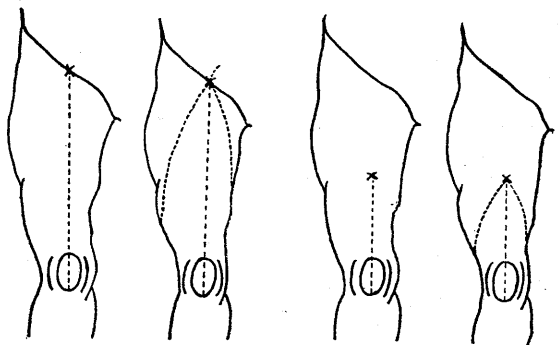
n. femoral の刺激点からは、4, 5本までのこれらの知覚線が生じたが(第2図B)、刺激電極附着場所を慎重にえらべば、前大腿部表面中央を膝関節の上までのびる1本の線だけが残る(第2図A)。

m. rect. fem. の刺激点でも同様に、多いとき3本の線が生じる(第3図B)。この時も刺激電極の位置によって、同じく1本のみが現われる



第1図 測定回路

S: human subject. C: condenser.  
 $R_1$ : variable resistance.  $R_2$ : 1,000 ohm.  
 $R_3$ : 10,000 ohm.  $K_1, K_2$ : contacts.  
 $\otimes$ : commutator.



第2図

第3図

(第3図A). いずれの場合も中央の1本のみが生じるところを目標とすれば、刺激電極の固定に有力な手がかりとなる。

刺激電極を最適な位置に固定出来れば、m. rect. fem.のみ従って、下腿部の伸展運動のみが起り横振れすることがない。

数本の知覚線があらわれても、電極部位中心には向わない。ただ1つの例外はn. femoralの刺激点の場合で、2cm位の距離上方に向う。これは他の知覚線と異り、細いゴム管の中を水が動くような感じで、しかも表面でなく皮下のようである。

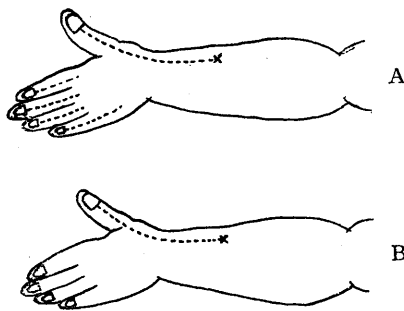
猶、m. ext. poll. long のときも、各指の手背面の皮膚上に、この線が出来る(第4図A)。その中、拇指表面の中央を、端節の上面まで走る1本だけを生じた刺激部位が、拇指端節だけの運動を起す(第4図B)。

以上の外の刺激点からは、夫々多くの場合数本の知覚線が現われる。

**D. 電極の固定について**

電極を通るfluxが、均等である事が重要である。通電時痛みが起るのは不均等の場合に多い。刺激電極から興奮が起り、即ち真の刺激電極であり、又不関電極が文字通り不関であるためにもこのことが大切である。

刺激電極は分極の起らない容量が充分大きい純銀の円形板で、厚さ1mm直径2cm及び4cmの2種である。皮膚との間に0.95% NaCl溶液に浸した濾紙2枚はさみ、絆創膏で密着固定した。この時皮膚と銀板との直接の接触を避けたのは云うまでもない。



第4図

不関電極は、6cm×10cm厚さ1mmの純銀板で、之を腹部背面の平坦な背柱部に、食塩水でぬらした gaze 3, 4枚をはさみ、紐でしっかりと固定した。

このようにすれば、刺激電極部位の皮膚には通電時全く知覚が起らない。ただ通電の有無を驗べるため、多少強電流を通したとき、針の先で軽く押すか、又は刺す様な感じが起るだけである。

不関電極部位では通電中全く無感覚である。

**E. 刺激電極の大きさ**

n. femoralを刺激して、m. rect. fem.のみを、又はこれを主したm. quadricepsus等の不随意性強縮を起し、それによる疲労については既に報告(和合1954<sup>23)</sup>)している。しかしm. rect. fem.を直接刺戟して強縮を起すのは、痛み等のため完全強縮不可能の被験者が多かった。しかし刺戟電極を大きくすれば(直径4cm)、不完全強縮であってもこの目的を達する事が出来た。従来の電極(直径2cm)を使用したときと較べても、全く同一結果を得た。この時のKm, Knを第1表及び第2表に示す。

**F. 神経及び筋の刺激点の閾値の相違について**

n. femoral及びm. rect. fem.の刺激点に刺激電極をあてて通電したとき、果して神経を通じて筋が収縮したか、又は筋が直接に刺激されたかの問題は重要である。

・従来の研究で恢復時間の相違、Achの有効時

第1表  
同一被験者の刺激電極の大小によるKn及びKm  
subj. Y. M.

刺激電極	被験側直接刺激		非被験側直接刺激	
	Kn	Km	刺激電極	Km
大	0.40±0.02	0.39±0.02	大	0.40±0.01
小	0.40±0.02		小	0.40±0.01

刺激電極	被験側間接刺激		非被験側間接刺激	
	Kn	Km	刺激電極	Km
大	0.40±0.01		大	0.43±0.01
小	*0.38±0.01	*0.35±0.02	小	*0.35±0.01 0.33±0.01

註 \* 1年前の成績

第2表  
各被験者の刺激電極の大小による Kn 及び Km

被験側	stim. electrode	直接刺激		間接刺激	
		Kn	Km	Kn	Km
H. I.	大	0.38min	0.38min		0.38min
	小	0.38		0.39min	
Y. Mu.	大			0.21	
	小			0.15*	0.16*

非被験側	stim. electrode	直接刺激		間接刺激	
		Kn	Km	Kn	Km
Y. Mu.	大	0.22min	0.22min		
	小	0.22			
	小	0.18*	0.18*		
K. A.	大小混用	0.31	0.27	0.26min	0.28min

註 \* 1年前の成績

間の長短等から、この点は既に明らかであると思われるが、更に Porter 型 inductorium で両刺激点を刺激して閾値を測定した結果も、同一人の同一測定時には、84例中4例のみが同一閾値であって、他は全て神経刺激の方が、閾値が低かった(第3表)。

この閾値の相違は、刺激を受け入れる被刺激性形体の相違を示しているものである。

G. Indicator

indicator の選び方は、それによって成績が左右されることから重要な問題である。

従来多く使用されて来た筋自身の最小収縮は、刺激電流の強さ又は時間的経過によって、

収縮にあずかる筋線維群が夫々相違する事は、しばしば観察されるところである。特に切り出した筋には著明に認められる。このようなとき測定された強さ-期間曲線は、数種の曲線の集合したものである。

本実験では既述のように下腿部の真直の最小伸展運動をえらんだ。この機械的運動をえらんだのは、収縮に参与する筋線維群の移動を考慮外におき、筋全体としての一定張力発生を目標としたためである。従って正しく言えば、一定重量あるものの、外部から認め得られる最小運動に必要な、張力発生を indicator としたものである。

既述の諸注意をまもれば、結果において筋全体が homogeneous なものと看做し得る成績が得られた。

III. 実験成績並びに考察

A. 疲労曲線及び回復時間

先に報告した随意性疲労並びに神経を通じての間接刺激による不随意性疲労と同じく、本実験の筋直接刺激による不随意疲労に於いても、毎秒180回刺激では疲労刺激直後 V/Vr 値は急に増加して、後徐々に正常値に戻る(第5図、第6図)。

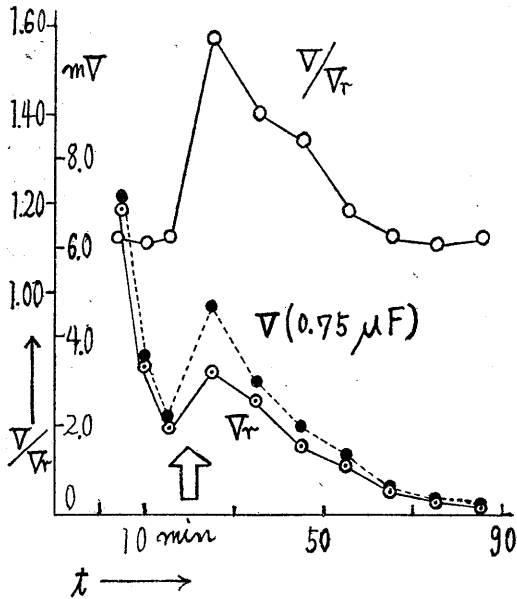
このとき V/Vr 値の増加、回復時間及び直接間接測定値等は、他の疲労と全く同一の成績を示した。

回復時間恒数 Km は Kn とよく一致する。そ

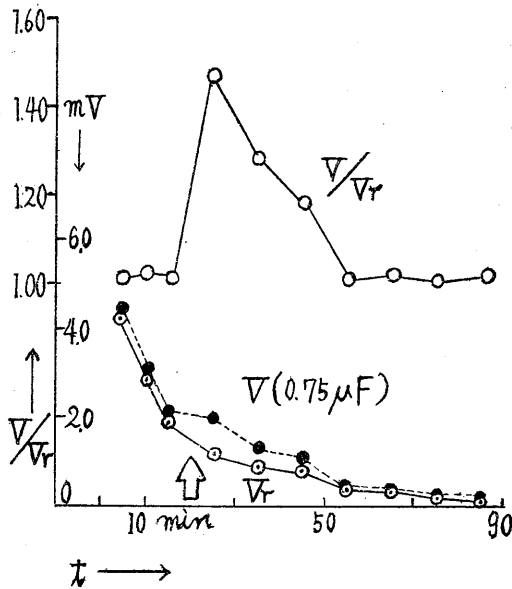
第3表 直接及び間接刺激による閾値の相違

subj. Y. M.				subj. H. I.				subj. Y. Mu.						
Ex.	E=4volt coil distance		M>N	Ex.	4volt coil distance		M>N	Ex.	2volt coil distance		M>N			
	M	N			M	N			M	N				
289 I	l	5.5cm	6.0cm	M>N	288 I	l	5.3cm	5.7cm	M>N	223 I	l	5.8cm	6.4cm	M>N
	r	5.5	6.0	M>N		r	5.4	5.7	M>N		r	5.8	6.4	M>N
	両側同時	4.7	5.1	M>N										
subj. K. A.				subj. M. F.				subj. K. O.						
Ex.	4volt coil distance		M>N	Ex.	2volt coil distance		M>N	Ex.	2volt coil distance		M>N			
	M	N			M	N			M	N				
285 I	l	6.2cm	6.6cm	M>N	334 I	l	5.4cm	6.3cm	M>N	371 I	l	5.7cm	6.0cm	M>N
	r	6.1	6.5	M>N		r	5.2	6.2	M>N		r	5.8	6.1	M>N

註 直接(M)及び間接(N)刺激のときの閾値。左(l)及び右(r)の m. rect. fem. 測定



第5図 筋間接刺激による疲労曲線  
Ex. 308Ⅱ 23/X 1955 subj. Y. M. rnf.  
△両 n. femoral. 毎秒180回刺激, 80sec



第6図 筋直接刺激による疲労曲線  
Ex. 241 29/X 1954 subj. Y. M. rnf.  
△両 m. rect. fem. 毎秒180回刺激, 60秒間

して  $V/V_r$  値の増加率の増加分 (i. r.-100) と回復時間とは,  $K_m$ ,  $K_n$  を係数として正しく比例する. 又被験側疲労と非被験側疲労との間に相違が認められなかったことは, 従来の成績と変りない (第4, 第5, 第6, 第7表).

第4表 同一被験者の筋直接刺激による不随意性疲労被験側筋刺激

間接測定				直接測定			
Ex.	i. r.	r. t.	Kn	Ex.	i. r.	r. t.	Km
193Ⅰ	1.47	23	0.49	190Ⅰ	1.33	15	0.46
		min	min			min	min
		50sec	rnf			50sec	rnf
195Ⅱ	1.27	10	0.37	190Ⅱ	1.26	11	0.42
		50sec	Inf			50sec	Imf
199Ⅰ	1.20	8	0.40	198Ⅰ	1.29	11	0.38
		50sec	rnf			50sec	Imf
215Ⅰ	1.43	16	0.37	198Ⅱ	1.23	9	0.39
		50sec	Inf			50sec	Imf
215Ⅱ	1.46	16	0.35	215Ⅲ	1.37	11	0.30
		50sec	Inf			50sec	Imf
mean	$K_n = 0.40 \pm 0.02$			mean	$K_m = 0.40 \pm 0.01$		
	$K_n \approx K_m$						

非被験側筋刺激

間接測定				直接測定			
Ex.	i. r.	r. t.	Kn	Ex.	i. r.	r. t.	Km
214Ⅰ	1.36	13	0.36	186Ⅰ	1.48	19	0.40
		min	min			min	min
		40sec	Inf			50sec	Imf
214Ⅱ	1.21	9	0.43	186Ⅱ	1.43	20	0.47
		50sec	rnf			50sec	rnf
217Ⅰ	1.31	11	0.37	187Ⅲ	1.33	13	0.40
		50sec	rnf			50sec	rnf
217Ⅱ	1.39	14	0.36	188Ⅰ	1.55	23	0.42
		50sec	Inf			50sec	rnf
219	1.59	21	0.41	189Ⅰ	1.30	14	0.47
		50sec	Inf			40sec	rnf
mean	$K_n = 0.39 \pm 0.01$			mean	$K_m = 0.43 \pm 0.01$		
	$K_n \approx K_m$						

註 Inf 左側間接測定. rnf 右側直接測定.  
i. r., r. t.,  $K_n$ ,  $K_m$  は本文参照.

第5表 各被験者の随意性疲労  
“Load” “Mosso”

subj.	“Load”			“Mosso”		
	$K_n$	$K_m$	$K_m - K_n$	$K_n$	$K_m$	$K_m - K_n$
Y. M.	0.62	1.02	0.40	0.42	0.81	0.39
M. N.	0.47	0.73	0.26	0.76	1.00	0.28
M. Y.	0.55	0.88	0.33	0.60	0.95	0.35
Y. Mu.	0.31	0.70	0.39	0.27	0.73	0.44
M. O.	0.62	0.98	0.36	0.62	1.10	0.39

註 “Load” 5.02kg の重りを足関節に負荷. 15秒乃至90秒間. “Mosso” Mosso の ergograph を使用. 15秒乃至90秒間.

第6表 各被験者の筋直接刺激による不随意性疲労被験側疲労 非被験側疲労

subj.	被験側疲労		非被験側疲労	
	$K_n$	$K_m$	$K_n$	$K_m$
Y. M.	0.38	0.35		
	0.40*		0.35	0.33
Y. Mu.	0.15	0.16		
	0.21*		0.18	0.18
K. A.	0.29	0.26	0.26	0.28
H. I.	0.39	0.38		
M. O.	0.37	0.34	0.38	0.40
M. F.			0.47	0.44
Y. M.	両側同時刺激 $K_n$ 0.37		$K_m$ 0.40	$K_m \approx K_n$

註 \*1年前の成績

第7表 各被験者の筋間接刺激による不随意性疲労

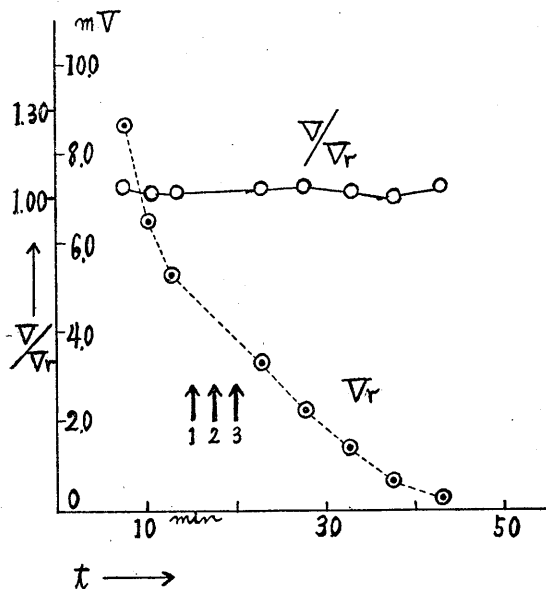
subj.	被験側疲労		非被験側疲労		
	Kn	Km	Kn	Km	
	min	min	min	min	
H. I.	0.38	0.38	Km⇌Kn		
K. A.	0.27	0.28	Km⇌Kn		
Y. Mu.			0.31	0.27	Km⇌Kn
Y. M.	0.40	0.39	Km⇌Kn		
K. O.	0.41	0.38	Km⇌Kn		
Y. M.	両側同時刺激 Kn 0.41		Km 0.38	Km⇌Kn	

猶本実験では直接測定及び間接測定の効果を一層明白にするため、両側を同時に刺激して疲労をおこした例もある。

**B. Acetylcholine の疲労抑制効果**

あらかじめ prostigmine (塩野義製薬 Vagostigmin 0.5cc) 及び5分後に Ach (第一製薬 Ovisot 0.003g) を注射すると、既報の疲労と同様、之によって軽度疲労ならば完全に抑制することが出来る (第7図)。両側の疲労を同時に起したときも Vagostigmin 0.75cc Ovisot 0.05g で充分これを防ぐことが出来た。

Ach の有効期間は、間接測定の方が直接測定より、例外なく大きかったことは間接刺激の場



第7図 Acetylcholine の疲労抑制

Ex. 416 24/IV 1956 subj. M. O. lmf.

↑ 1 0.75cc Vagostigmin    ↑ 2 0.05g Ovisot    ↑ 3 毎秒180回  
刺激。50秒間。被験側間接刺激。

合と一致している。又被験側疲労及び非被験側疲労共同一結果を示したことも同様である (第8, 第9表)。

**C. 刺激頻度**

毎秒180回刺激のとき、疲労が現われることは既に述べた。

20回刺激では被験側の直接刺激によるものを除き、被験側の間接刺激、非被験側の直接、間接刺激のいずれも、25分以内の持続刺激では疲労が全く現われなかった。これに反し被験側の

第8表 Acetylcholine の有効期間 (不随意性直接刺激による判定)

subj. H. I.			subj. K. A.		
測定側疲労			非測定側疲労		
Ex.	N	M	Ex.	N	M
230	24	16	294	17	17
232		16	248	21	16
252		17	249		18
262	25		277	25	18
265	25		296		13
266		11	309		13
269	1	14	310	27	16
270	1	22	318		12
271	1	22	321	24	16
273	1	16	322	25	16
ave-	23.6	14.8	ave-	24.4	14.6
rage			rage		

註 N 間接測定。M 直接測定。60sec 刺激。  
注射量 Vagostigmin 0.5cc. Ovisot 0.033g.

第9表 Acetylcholine の有効期間

**A 随意性疲労**

subj.	N	M	test stimulus
Y. M.	23	33	load 30sec
Y. M.	23	32	Mosso 30sec
M. N.	17	33	load 30sec
M. N.	24	30	Mosso 30sec
M. Y.	23	33	Mosso 30sec
M. Y.	10	30	load 30sec
M. O.	20	32	load 60sec
M. O.	18	29	Mosso 30sec

B 間接刺激による不随意疲労

subj.	N	M	test stimulus
Y. M.	min 32	min 23	30sec m. s.
Y. Mu.	33	24	20sec n. m. s.
K. A.	35	23	60sec m. s.
M. O.	33	25	60sec m. s.
M. F.	33	25	60sec n. m. s.
Y. M.	* 25	* 15	50sec b. s.

C 直接刺激による不随意性疲労

subj.	N	M	test stimulus
H. I.	min 24	min 15	60sec m. s.
K. A.	24	15	60sec n. m. s.
Y. M.	22	12	60sec m. s.
Y. M.	24	14	60sec n. m. s.
M. O.	23	14	60sec n. m. s.
Y. M.	* 23	* 17	50sec b. s.

註 注射量 Vag. 0.5cc, Ovi. 0.033g.

\* は Vag. 0.75cc, Ovi. 0.05g.

直接 (M) 及び間接 (N) 測定. 測定側 (m. s.).

非測定側 (n. m. s.). 両側刺激 (b. s.).

10分以上の直接刺激では、疲労がおこる。しかしこれは Ach によって抑制されない収縮疲労である。このことは直接刺激による骨格筋の特性を示すものであるが、詳細については次の論文「収縮疲労」にゆずる。

D. 生理的食塩水注射による影響

Ach 及び Prostigmine の注射の際、果してこの薬品自身の作用か、それとも水分の影響か疑問の点がある。何故ならば、皮膚の水分含有量に依って、電気透過性が変化するからである。

0.95% 生理的食塩水を Ach 等の注射と等量に、等間隔で注射し、又三倍量迄注射して各種の疲労実験を行った。

Vr は著しく低下したが、V/Vr 値は前記の諸実験と、同一の増加率を示した。

これによって、水分の注射は皮膚の permeability の増加を伴うが、V/Vr 値の変化は之と

関連なく、疲労の防止作用は Ach 等の固有の働きであることが明らかである。

E. 疲労刺激直後の Vr の低下について

毎秒 180 回の直接刺激による不随意性疲労は、伝達疲労である限り、各種の成績は、既報の間接刺激による疲労の諸 data と全く一致した。

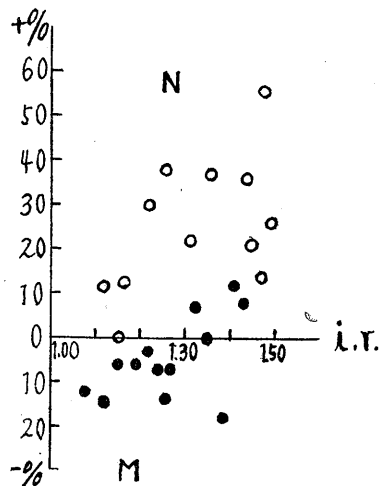
ただ 1 つの異った点は、ある季節内では、V/Vr の増加率の大きいときを除き、疲労直後も Vr が上昇せず、かえって低下することである (第 6 図)。これは被験側及び非被験側疲労のいずれでも同一程度にあらわれる。両側の同時疲労ではより明瞭に認められる。そして直接間接測定共に変りがない。

Vr は低下するが V/Vr 値は依然として増加して、他の疲労の成績と変りがない。

第 8 図、第 9 図に示すのは、被験者 H.I. 及び Y. M. の 1954 年 7 月から翌年 4 月迄の総成績である。この季節以外は Vr は上昇した。又この季節に近接した時期では両成績が混合してあらわれた。

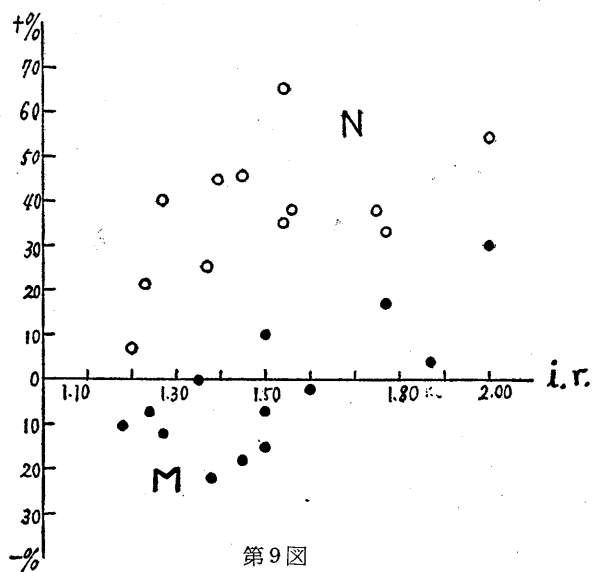
疲労刺激直前の Vr と直後の Vr との比をとり、直後の方が大きいものを (+) として、その percentage をとると、この値と i.r. とはおおよそ正比例する。

他の被験者 Y. Mu. K. O. も大体同一季節に



第 8 図

subj. H. I. 被験側及び非被験側  
直接 (M), 間接 (N) 疲労刺激. 本文参照.



第9図  
subj. Y. M.  
両側直接 (M) 並びに間接 (N) 疲労刺激。 本文参照。

同一の成績が得られた。

疲労時の  $V_r$  は主として、透過電流の大小と、筋の疲労による増加した閾値との代数和として表現されるものであるから、 $V_r$  の低下は絶対的のものでなく、また疲労の本質的変化でもない。増加率の大きいとき以外は、経皮電流が増して疲労による閾値増加を追いこすから、 $V/V_r$  の低下がおこるものと考えられる。

この意味に於いては  $V_r$  の低下は有意義のものとも見えないが、重要な点は同一条件下にあり乍ら、しかも被験側、非被験側を問わず、筋直接刺激による疲労と神経を通じての疲労との間に相違がみられることである。

筋と神経との刺激点を経由しての刺激の受け入れ方に、両者の間に本質的の相違があるものと思われる。

以上の成績から次の事実が再確認された。

1)  $V_r$  だけでは興奮性の量的表示とならない。

2) 直接、間接刺激に対して、その受け入れ方に相違があっても、また単なる  $V_r$  の変動があっても、 $V/V_r$  値はこれに影響されることなく、依然として正常値は不変であり、疲労値も正しく測定出来る。おそらく  $V$  と  $V_r$  との割り

算によって、他の影響は打ち消され、興奮性の変化のみが表示されるものと思われる。

#### F. 疲労感

筋直接刺激による不随意性疲労では、25分刺激でも疲労感が全然起らないか、おこっても収縮筋部位に極めて僅かである。又はその部に軽い「ヒキツル」ような感覚だけおこることもある。

この点不随意性の間接刺激の疲労と全く異なるところがない。

これに反し随意性の疲労では、僅か15秒間の作業から疲労感がおこることは既に述べた。

軽度疲労では、疲労感は随意努力に伴って起り、随意努力のないところには、おこらないかあっても僅少であることから随意努力と疲労感との間には密接な関連のあることが推測される。

#### IV. 総 括

1)  $0.75\mu\text{F}$   $V/V_r$  法によって、人体の *m. rectus femoris* に直接毎秒180回刺激を加えて、不随意性疲労をおこし、その  $V/V_r$  の増加、回復時間、Acetylcholine の効果等の研究をした。

2) 30秒乃至90秒の連続刺激を与えたが、そのときの  $V/V_r$  値の増加率は、強度同一ならば刺激持続時間と大体平行して増加した。

3) 回復時間は  $V/V_r$  値と共に増加し、回復時間恒数  $K_m$  及び  $K_n$  は等しく、増加率の増加分 ( $i.r.-100$ ) は、これ等を夫々係数として、回復時間と正比例した。

4) あらかじめ Ach の少量を注射しておく。と現われる筈の疲労はおこらない。従って本研究の軽度疲労は transmission fatigue である。そして Ach の有効期間は、直接測定は間接測定に較べて例外なく短く効果が少なかった。

5) この間疲労感が全然なかったか、又あっても比較にならないほど軽度 (収縮筋の部位) であった。

6) 以上の成績は、直接間接測定並びに測定

筋、非測定筋刺激等について全て同様であり、既報の筋間接刺激の疲労とは全く等しいものであるが、ただ特殊なことは、疲労刺激直後  $V_r$  がかえって低下したことであった。このときも  $V/V_r$  値は正しく疲労値を示した。

7) 随意努力による随意性疲労に、現われる  $K_m > K_n$  であり、Ach の有効期間が間接測定の方が、直接測定よりも長かったこと、疲労感が必ず伴うこと等の結果は、不随意性疲労と全く相反した成績となった。

8) 毎秒20回刺激を加えると、10分以上では直接刺激のみが疲労をおこす。之は筋直接刺激の大きな特徴であるが、収縮疲労であるから詳細は次回発表にゆずる。

附記 本研究は1954年4月から、1956年4月まで信州大学医学部生理学教室で行ったものである。

研究費用の大部分は、昭和29年度文部省科学研究各個研究費、一部は同試験研究費によった。

## 文 献

- 1) Dale, H. H., W. Feldberg, & M. Vogt (1936) Release of acetylcholine at voluntary motor nerve endings. *J. Physiol.* 86, 353
- 2) Davis, H. & A. Forbes (1936) Chronaxie. *Physiol. Review* 16, 407
- 3) Del Pozo, E. C. (1942) Transmission fatigue and contraction fatigue. *Am. J. Physiol.* 135, 763
- 4) Frederique, H. (1928) Chronaxie: testing excitability by means of a time factor. *Physiol. Review* 8, 50
- 5) 藤森 勲・丸茂周二 (1955) 人体骨格筋の軽度疲労に対するマッサージの効果について (第1報) 長野県立松本盲学校報告
- 6) Göpfert, H. & R. Stufler (1952) Die Vorstudien des Kältezitterns bei geringer abkühlung d. Menschen. *Pflüger's Arch.* 256, 2
- 7) Göpfert, H. (1952) Die Darstellung von Faseraktionen der ruhenden Muskulatur am Menschen. *Pflügers Arch.* 256, 2, 162
- 8) Göpfert, H., A. Bernsmeier, u. R. Stufler (1953) Über die Steigerungen des Energiestoffwechsels und der muskellinnervation bei geistiger Arbeit. *Pflüger's Arch.* 256, 4
- 9) 橋田邦彦 (1932) 電流の刺激作用 *科学* 2, 3, 104
- 10) 河本 衛 (1954) 灌流墓骨格筋の各種イオンに対する  $V/V_r$ -C 曲線 京城帝国大学医学部談話会報告
- 11) Lapique, L. (1926) L'excitabilité en fonction du temps: La chronaxie, sa signification et sa mesure.
- 12) Rosenblueth, A., & R. S. Morison (1937) Curarization, fatigue and Wedenski inhibition. *Am. J. Physiol.* 119, 236
- 13) 清水道男 (1956) 網膜遮光による安静骨格筋  $V/V_r$  値の変化 第109回生理学東京談話会
- 14) Wago, U. & T. Wakabayashi (1931) On the  $V/V_r$ -t-curve of a single muscle fibre. *Jap. J. Med. Sci., III Biophysics*, 2, 37
- 15) Wago, U. & T. Wakabayashi (1936) Über die Zeitspannungskurve einer einzelnen Skelettmuskelfaser. I Die konstante Spannung. *Jap. J. Med. Sci., III Biophysics* 6, 43
- 16) 和合卯太郎 (1937) 単一筋繊維の電圧容量曲線について *日本生理誌* 2, 91
- 17) 和合卯太郎 (1938) 健康成人の筋・神経に於ける電圧容量曲線について (第1報) *日本生理誌* 3, 225
- 18) 和合卯太郎 (1952) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第2報) 興奮性の量的測定の一新法 (1.0. 0.5  $\mu$ F  $V/V_r$  法) 及びその正確度について *信州大学紀要* 2, 17
- 19) 和合卯太郎 (1952) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第3報) 軽度の筋疲労について *信州大学紀要* 2, 17
- 20) 和合卯太郎 (1952) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第4報) 食事の影響について *信州大学紀要* 2, 17
- 21) 和合卯太郎 (1953) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第5報) 軽度の骨格筋疲労とその回復時間について *信州大学紀要* 3, 105
- 22) 和合卯太郎 (1953) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第6報) Acetylcholine の骨筋筋疲労に対する効果 *信州大学紀要* 3, 105
- 23) 和合卯太郎 (1954) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第8報) 随意性並びに不随意性骨格筋による軽度疲労の相違について *信州大学紀要* 4, 121
- 24) 和合卯太郎 (1954) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第9報) 軽度の精神疲労について *信州大学紀要* 4, 121
- 25) 和合卯太郎 (1954) 人体の筋・神経の興奮性の研究 (第10報) 刺激頻度と疲労とについて *信州大学紀要* 4, 121

## Summary

- 1) Causing involuntary fatigue through direct stimulation of 180 times per sec. to m. rectus femoris in man, the increasing ratio (i. r.) of  $V/V_r$ , the recovery time and effects

of acetylcholine (Ach), etc. were investigated by the  $0.75\mu\text{F V/Vr}$  method.

2) When the continual stimulation for from 30sec. to 90sec. was given to the muscle, the i. r. increased generally in proportion with the duration of stimulation, the intensity being constant.

3) As to recovery time constants, both  $K_m$  and  $K_n$  were equal to each other and the increase of the i. r., namely (i. r.-1.00) was exactly in direct proportion to the recovery time, employing  $K_m$  or  $K_n$  as the quotient.

4) When a small dose of Ach was previously injected, the expected fatigue did not occur. Therefore the slight fatigue of this investigation was "transmission fatigue". In the direct measurement ("muscle") the effective time (eff. t.) of Ach was shorter and the effect was smaller without exception than in the indirect measurement ("nerve").

5) There was almost no sensation of fatigue and if any, it was negligible.

6) The above-mentioned results denoted that all results of direct measurement and the stimulation to measured muscle or non-measured muscle were equivalent to the indirect muscle stimulation already reported. The only characteristic, however, was that the  $V_r$  value fell soon after the stimulation for a season. Even at this time  $V/V_r$  value showed exactly the degree of the fatigue.

7) As already reported, in voluntary fatigue i)  $K_m > K_n$ , ii) "muscle" showed a longer effective time of Ach than "nerve" and iii) the fatigue was accompanied with sensation of fatigue without exception.

These results were quite different from those found in connection with the involuntary fatigue.

8) If stimulation of 20 times per sec. was given for more than 10 minutes, only the direct stimulation to a measured muscle brought about fatigue. This is a remarkable characteristic of direct muscle stimulation. But it is "contraction fatigue" and therefore more about this problem will be published and discussed in detail later.

*(Department of Physiology, University of Shinshu Medical School)*

## 地方小学会報

## 第6回西日本生理学会(前号より続く)

時 昭和30年10月15~16日

所と当番 鹿児島大学医学部生理学教室 松本保久

## 6. 肝付兼頭(鹿児島大生理)

## クレアチンと組織呼吸

さきにクレアチンの組織呼吸に対する影響を検したが使用濃度(10mg%, 1mg%, 0.1mg%)では大した差は認められなかった。故に今回はコハク酸ソーダ(M/200)の存在下に於けるクレアチンの影響を検した。

腎, 肝, 筋の各組織を通じて, コハク酸ソーダにより呼吸が30~50%促進されるが, 之にクレアチン(10mg%, 1mg%)を加えると更に幾分の呼吸促進が見られた。

## 7. 山下一郎・荒木幹雄・秋本博文(長崎大第1生理)

## acetylcholineに依る副腎adrenaline分泌増加とD.F.P.

D.F.P.はeserineよりも更に強力な抗cholinesterase剤として報告されているので, acetylcholineによる副腎adrenaline分泌増加に対してどのような影響をもつか研究を行った。

evipan麻酔犬で実験を行い, 副腎静脈血は腰部切開法により採血し, adrenaline含有量は比色的にBloor & Bullenの砒モリブデン酸法により定量した。

acetylcholine 体重毎kg 1mg注射によりadrenaline分泌速度は増加し体重毎kg毎分0.22~0.40 $\mu$ gに達した。其の後D.F.P. 体重毎kg 0.3~1.0mg注射し更にacetylcholineを前回と同量静注を行った。

D.F.P. 体重毎kg 0.3~0.4mgの場合はadrenalineの分泌の速度は体重毎kg毎分0.53~0.70 $\mu$ gに達し更にD.F.P. 0.6mgの場合は0.70~1.47 $\mu$ g, 1mgの場合は0.69~1.44 $\mu$ gのadrenaline分泌速度を示した。

依ってadrenaline分泌神経終末部よりの興奮伝達物質であるacetylcholineの副腎髓質に対する作用はD.F.P.によって増強される事が明である。

## 8. 山下一郎・三田村孝朗・井上公明・秋本博文(長崎大第1生理)

## 副腎分泌機能に対するatropineの作用

最近大量のatropineが交感神経節に対し遮断劑

的効果があると報告されておるので, acetylcholineによる副腎adrenaline分泌増加に対し予め大量のatropineを与えておく事により如何に影響されるかを量的に研究した。

evipan麻酔犬を用い, 腰部切開法により副腎静脈血を集め, そのadrenaline量はBloor & Bullenの砒モリブデン酸法に依って化学的に定量した。

予めatropineを体重1kg当りに1mg及び10mgを与えておいて, acetylcholine 体重1kg当り2mgの注射による副腎adrenaline分泌増加が各々の場合如何に異なるかを調べ更にacetylcholine 1.5mg及び1.0mgの場合の実験も行った。

acetylcholine 体重1kg当り2mgによる副腎adrenaline分泌速度はatropine 1mgの場合体重毎kg毎分0.72~1.95 $\mu$ gの分泌を示し, atropine 10mgの場合は体重毎kg毎分0.65~0.76 $\mu$ gであった。さらにacetylcholine 体重1kg当り1.5mgを用いた例ではatropine 1mgの時0.40~1.44 $\mu$ gで10mgの時は0.46~1.75 $\mu$ gを示し, 猶acetylcholine 1mgを用いた時は夫々0.13~0.88 $\mu$ g及び0.11~0.86 $\mu$ gであった。

吾々の実験では予め10mgのatropineを与えておいた場合1mgを与えておいた時よりacetylcholineによる分泌増加はやや小である場合もあるが殆んど差異のない場合が多く, 所謂交感神経節遮断劑として知られているT.E.A.及びHexamethoniumと異なり髓質に対する抑制作用は著明でないものと考えられる。

## 9. 緒方勇士郎・緒方 肇(熊本大体育学部)

## ATPの新鮮骨筋短縮作用に関する実験的研究

臺の腓腹筋灌流標本を用いてATPの新鮮骨筋筋に対する作用を追試してみても, ATPは静止筋に対しても収縮を繰り返している筋に対しても長い潜伏期の後に痙縮様の持続性短縮作用を持っている事を知った。この作用はacetylcholine又はこれに類似の物質の作用であると考えている人もあるので, ATPの作用とacetylcholineの作用を比べてみるとATPの骨筋筋に対する持続性短縮作用

はいろいろな点で acetylcholine 作用に似ている。

しかし、ATPには収縮を繰り返している筋に対しては先ずその収縮高を高めるように作用し、acetylcholineによって痙縮を起している筋に対して弛緩的に作用する。

#### 10. 丸橋寿郎 (熊本大第2生理)

##### 数種カルボン酸処理下の有髄神経線維の性質について

無酸素状態又は脱酸素状態で末梢神経は興奮伝導を行ない、且正常時に於いて酸素消費が行なわれることは古くより知られているところである。筆者はこの神経に於ける酸素消費を必要とする物質代謝のうちで先づ糖代謝に関係を有する代謝の変化が神経線維の諸性質に如何なる影響を与えるかを検するためにこの実験を行った。

一般にカルボン酸を有髄神経線維(藁)に作用させると基電圧の上昇、最小傾きの減少と恢復過程の短縮及び超正常期の増大とが認められるが、低濃度 ( $10^{-12}$ ~ $10^{-7}$ M)のマロン酸Na作用と共に基電圧は徐々に下降し10~30分で定常化する。この現象は低濃度のKrebs環基質を作用させた場合に於ても認められる。猶之等の物質を作用させると最小傾きの減少と超正常期の増大が認められた為に平流通電によって反復興奮を生じやすくなった。

高濃度 ( $10^{-6}$ M以上)のマロン酸Naを作用させると基電圧は上昇し、仿作流は小となるが、伝導中断は認められなかった。一般に有髄線維の伝導中断に要する陽極通電の大きさは200mV前後であるが、高濃度マロン酸Na作用による基電圧の上昇した有髄線維に100mV前後の陽極通電を重ねると伝導中断を生ずるが、通電時間が数十秒乃至1,2分経過するとその時間経過中に基電圧は下降し、伝導中断の恢復が生ずる。この通電中の基電圧の下降は通電時間の長い程、又200mV程度までの強さでは与えた電圧の大きさの大である程著明であった。この現象はaccomodationのみによっては説明出来ず、又正常の有髄線維に於いても著明ではないが認められる。

#### 11. 和佐野 忠・後藤昌義 (九大第1生理)

##### 生物膜に対する界面活性剤の作用ならびにそれ に及ぼすpHの影響

生物の電気発生や膜の透過性と膜の膠質化学的

性質との関連をみるため、われわれは界面活性剤が筋の静電位、膜のインピーダンスおよび容量にどんな影響を及ぼすかを観察した。そしてイオン性活性剤には著明な作用があり、非イオン性なものには殆ど作用がないことから、活性剤の作用に関しては生物膜の蛋白あるいはリポイド成分と活性剤との interaction が第一義的なものであろうと考察した。Schulman & Hughes (1935)によれば、蛋白質単分子膜における脂肪酸の penetration 及び dispersion の強さは pH によって左右されるという。そこでわれわれは活性剤の作用のメカニズムを明らかにするため、活性剤による筋静電位の変化に及ぼす pH の影響を pH 2~11 の範囲に於いて観察した。その結果、anion 性のもものでは pH 5~6 に於いて、cation 性のもものでは pH 9~10 に於いて最大効果を示すことがわかった。ところで膜電位は pH 4~10 の範囲では変化しないから (Ling & Gerard, 1949)、活性剤の作用による筋の静電位の変化は、膜の蛋白成分のアミノ基およびカルボキシル基の解離、したがって膜の荷電状態の変化によって影響されるものと考えられる。

#### 12. 問田直幹・栗山 照 (九大第1生理)

##### ERG から見た視紅再生に及ぼす各種波長光線の影響について

各種波長の色光照射が網膜の視紅再生機能に及ぼす影響を見るため次の様な実験を行った。10分間暗やみ順応においた蛙の摘出眼盞をまず 40Lux の白色光で10分間照射し、以後3分毎に 40Lux の白色光で刺戟してERGを描写し、b波の高さの変化を観察した。刺戟と刺戟との間の3分間には弱い色光(生理的等エネルギー)を連続照射した。その結果によると長波長よりも短波長においてb波の回復度が大きかった。この事は短波長の光線を照射した場合に長波長の光線で照射した場合よりも視紅の再合成がより速かである事を物語る。

一般に視紅分解産物 Retinen は Trans 型であるが、これは Isomerase の作用によって 3-5 Dicis 型となり Opsin なる蛋白と合成され視紅に再生されると考えられている。又この Isomerase は網膜特有なものであり、これら酵素作用は短波長の色光照射の場合には長波長の場合よりも強いと言われておる。我々の結果はこれを電気生理学的に裏付けたものであると考える。

13. 問田直幹・栗山 熙 (九大第1生理)・塚本赴夫・古森徹哉 (九大薬学生薬)

網膜機能と化学構造 (そのI)

視紅再生促進物質については種々研究されており化学構造式中に Methyl 基を有しているものが促進作用が強いと言われている。これら促進物質中 Arecoline の視紅再生作用は生体内ではAChより強く、試験管内ではAChより弱いと言われているが、我々は Arecoline 類似化合物を約30種合成し、その活性基の視紅再生促進作用を、視紅吸光係数及びERGから観察し次の結果を得た。即ち pyridine, Arecaidine 及び piperidine を母核とするもののうち Arecaidine 環の作用が最も強く、その側鎖のうちで Carboxyl 基は抑制的に、その Alkylester は促進的に作用し、酸-Amideの作用ははっきりしなかった。Alkylester の Alkyl 基は炭素数4迄はその作用に著変がなかった。又母核の窒素に関しては第三 Amine より第四 Ammonium の方が作用が強く、かなりうすい濃度でも作用が現われた。以上の様に母核と側鎖との組合せによりその作用はいろいろに変化するが、その内 Nicotine 酸 Amide を除き Arecaidine 環の  $\beta$ -位の Carboxyl 基を alkylester としたものの作用が最も強かった。この結果は従来報告した ERG 及び視神経放電に及ぼす Alcohol 類, Amine 及び Alkaloid の作用について知られた事実と矛盾しない。これらの結果を総合し各種構造中の電子移動とその生体機能とについて比較考察した。

14. 緒方道彦 (九大第2生理)

生体膜に及ぼす表面活性剤の効果 単一筋線維に於ける検索

生体膜電位に及ぼす表面活性剤の効果に関する後藤・和佐野の研究に関連して、出来る限り直接且つ純粋に細胞膜での変化を見るため、単一筋線維 (藁の Sartorius) を用い、UMEや光楯桿により観察した。

その結果、ionic 活性剤は  $\mu\text{M}$  の order で有効であり、筋線維の短縮をおこし、刺戟閾値は増大し、次第に収縮能を失い、膜電位は短縮曲線と平行ではないが漸次減少する。横紋は消失し、筋原形質は流動ジェル状に変わり断裂を生じ、膜には皺壁を生ずる。此の間  $-10\text{mV}$  位の電位は長く残存するが正電位への逆転は認められなかった。尚活

性剤添加後直ちに初期変化と云う如き電位変動を経験した。

15. 末永一男・西彰五郎 (久留米大生理)

胃内在神経叢の電気生理学的研究

私共は微小な電極と高度の増巾に依って胃壁に内在している神経節細胞集団の自発的電気活動を捕足し、次の様な結果を得た。

1. 捕足した電気活動は通常9から18cycleを示す sine curve 状の振動波で数 $\mu\text{V}$ から約20 $\mu\text{V}$ の振巾を示し、胃壁より点状に証明され、幽門部に比較的多く認められた。

2. この電位は novocaine によって消失し、strychnine によって著明に同期する。更に又、筋の偽作電位とは明らかに区別された。

3. 胃小片の自発運動による機械的曲線とこの電位を同時描記したが、両者間には何等有意な関係を見出し得なかった。

4. 伸展は筋運動を充進せしめるが、内在神経節細胞群の電気活動には変化を生ぜしめなかった。

16. 尾形隆明・佐々木 正 (久留米大生理・松藤内科)

胃蠕動に関する研究

蛙胃について行われた実験で、それぞれことなつた頻度の自働能を有する胃各部輪状筋は、生体内の蠕動運動に当って、自働収縮頻度のたかい噴門部の周期に支配されることを証明した (実験方法は、さきに発表した尾形の方法によつた。久留米医誌, 17, 324頁, 昭和29年)。

即ち胃蠕動運動についても心臓におけるごとく最頻部位支配の法則が存在するように思われる。

17. 末永一男・梶原治雄 (久留米大生理)

サーミスター温度計の試作

直熱ビード型サーミスターを用いて簡単な温度計を試作したのでここに報告する。

使用したサーミスターは、サーミスター常数Bが3800、温度係数4%、抵抗値は40°Cに於いて約52k $\Omega$ 、35~45°Cに於ける温度抵抗特性は直線性を示す。

装置の回路は、ホイートストン・ブリッジの一辺にこのサーミスターを入れ、温度変化により生ずる不平衡電流を双三極管12AT7のグリッドG<sub>1</sub>、

G<sub>2</sub>に入れ、直流増幅してプレート P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 間に入れた電流計により温度を読むダブル・ブリッジである。30 $\mu$ A の精密級電流計を用い、35~41°C をフルスケールに読む様に調整すれば 0.05°C を読む事は容易である。静止温水中での測定に於いては 8sec 以下で一定の値を示し、又非常に安定であった。尚サーミスターに流す電流は自己加熱による誤差を考え、20 $\mu$ A 以下とした。

### 18. 三村瑋一 (長崎大第 2 生理)

#### 皮膚-皮膚反射について

1. カエルの皮膚の一部の触刺激による求心性衝撃は反射的に同一皮膚神経又は他の皮膚神経に遠心性衝撃を起す。

2. この反射的な遠心性衝撃は phasic であり、触刺激のみに応じ圧刺激には応じない。

3. 反射の生ずる 2 つの対応皮膚部位は大体脊椎髓の同じ高さで、かつ同側に起り易い。反側には見られないようである。

4. 上位中枢を切除して脊椎髓のみにしたカエルでもこの反射は生ずる。延髄より上を切除した場合、大きな衝撃をまじえることがあったが、脊椎髓のみにすると、それは消失した。延髄にはこの反射的な遠心性 discharge を促進し、それより上位ではこれを抑制するものがあると考えられる。

### 19. 尾崎俊行・山本喜昭・三村瑋一 (長崎大第 2 生理)

#### 呼吸反射に関する筋電図学的研究 (予報)

呼吸反射に関する筋電図学的研究の予備実験として、私達は犬の肋間筋の放電に就いて次の成績を得ることができた。

1) 犬の肋間筋の放電の様式は非常に多様であったが、呼吸に強く関与している部位ではその安静時の放電は比較的安定していた。

2) 吸息筋の放電は初め急激に、後比較的除々に多くなっていき、その後比較的急に放電が止むものが多かった。

呼息筋の放電は大体 2 つの型に分類することができた。すなわち第 1 の型では、その放電は初め比較的急激に多くなっていき、次いで除々に止むもの、第 2 の型では初め比較的急に多くなっていき、しばらくその放電頻度を持続し、急に止むものが多く観察された。

3) 腹腔内に空気を注入し横隔膜をおしあげると、吸息筋並びに呼息筋の放電は反射的に初め抑制、次いで促進する傾向を示した。かような反射効果は吸息筋の場合が呼息筋よりも比較的に大であった。

### 20. 山本喜昭 (長崎大第 2 生理)

#### 蛙の呼吸運動に対する大脳の影響について

カエルの口腔底の呼吸運動を指標にして、大脳の呼吸中枢に対する役割りを追究し次の諸結果を得た。尚呼吸運動は kymograph により描記した。

1) 大脳を除去すると換気呼吸は増加するが、口腔底呼吸は減少する (45例中39例)。

2) 大脳除去により口腔底呼吸の全く見られなくなる例もあつた (45例中11例)。しかし、これ等においてもしばらくすると次第に口腔底呼吸が現われてきた。

3) 除去前には換気呼吸並びに口腔底呼吸の振巾はかなりの不規則な動揺が見られたが大脳を除去すると殆んど一定の振巾で安定した規則正しい呼吸運動になる。

4) エーテルにより適度の吸入麻酔をすると、大脳除去時に見られた諸結果と同様な効果を得た。

### 21. 小玉作治 (熊大第 1 生理)

#### 2, 3 臓器の灌流実験方法

### 22. 友田 勳 (熊大第 1 生理)

#### 青酸中毒灌流臺心臓に対するビタミン B<sub>12</sub>A の影響

八木-Straub 氏法によって臺心臓を灌流しながら灌流液に KCN 溶液を附加後、ビタミン B<sub>12</sub>A を加えて搏動数、搏動量及び収縮の高さを観察測定し、次の結果を得た。

1) m/1000KCN 溶液附加して 5 分後に 0.5mg/dl の V. B<sub>12</sub>A 溶液を加えると青酸障害を完全に除くことができる。

2) m/500KCN 溶液附加後 3 分で V. B<sub>12</sub>A を加えると、ある程度青酸障害を防止できる。

3) 対照実験として m/1000 KCN 溶液で障害された心臓に 0.5mg/dl V. B<sub>12</sub> の溶液を加えて見たが障害を除くことができなかつた。

以上の実験によって V. B<sub>12</sub>A の Co 原子が CN<sup>-</sup> と

結合するために青酸障害を除くことができるものと考えた。

### 23. 古賀秀雄 (熊大第1生理)

#### 摘出家兎灌流肺臓の代謝研究

我が教室に於いては数年来、各種の臓器の組織呼吸に就いて研究をしているが、筆者は先に第31回日本生理学会に於いて発表した摘出家兎肺臓の人工灌流装置を用いて、今回は組織呼吸に対応して、摘出灌流肺臓の臓器呼吸（酸素消費及び炭酸ガス産生）並びに酸形成に就いて、各種混合瓦斯の影響を検索する目的で実験を推めたが、その基本実験として、空気血液で灌流同時に空気で換気した場合の実験を試みた。

実験に用いた摘出肺臓は家兎を予め前処置として頸静脈に於いて100mg/dl葡萄糖 Ringer 液で灌流し、血液を除去し可及的迅速に体外に摘出し本装置に取付け30分毎に灌流液及び換気気体の酸素及び炭酸ガスの瓦斯分析を行い又灌流液の葡萄糖及び乳酸の諸量を葡萄糖は Hagendorf-Jensen, 乳酸は Baker-Summersan 血流瓦斯は Van Slyke-Neill の装置、換気気体は労研式瓦斯分析器に依り定量した。

以下2時間の平均値 肺重量 1g当りの瓦斯消長 ml, 糖及び乳酸 mg の単位 即ち ml/g/2h, 及び mg/g/2h.

- 1) 換気気体の瓦斯変化  
炭酸ガス発生量 0.244  
酸素消費量 0.295
- 2) 血液瓦斯の変化  
炭酸ガス発生量 0.236  
酸素消費量 0.135
- 3) 葡萄糖, 糖消費量 2.222
- 4) 乳酸, 乳酸産生量 0.380

以上の様な結果を得たが、我が教室の池田氏の肺臓組織呼吸と上述の肺臓臓器灌流実験とを比較検討し考察する。

### 24. 矢野真琴 (国立都城病院)

#### 食品の栄養価を表わす指数

食品の価格は熱量と動物蛋白質とビタミンの量に相関がある。日本人の普通に用いる1日の食品を数種に区分して、これらの栄養価と価格を算出し、連立方程式に依って栄養価単独の値段を計算

して見た。但し此計算では煩雑をさけるためビタミン各種は1日の必要量を等価と仮定し食品を主食と動物性副食と植物性副食の三群に分ち、三元連立方程式を用いた。計算の結果は熱量100カロリー-1.82円、動物性蛋白質 1g 0.81円、ビタミンの1日必要量は各々3円となった。此単価を基準として各種食品の栄養学的総合価値を計算して見ると実際の価格とは幾分か違っている。即ち色々な理由に依って商品価値と栄養価値とは必ずしも一致しない。栄養の摂取を経済的に行うには商品価値に比較して栄養価値の高い食品を撰択する必要がある。

### 25. 馬場快彦 (三井産業医学研究所)

#### 血液結合水の変動の解析

塩類飽和溶液の蒸気圧を利用せるデシケーター法により血液結合水の測定を行なっているが、その量を規制する因子について考察を加えてみた。

塩類飽和溶液として食塩を使用した場合には、血液結合水量を決定づける一次的因子として、ヘモグロビン量、血清蛋白質量、血清食塩量が挙げられることを認めた。即ちこの方法による測定値は、血液中の蛋白質及び塩類によって占められる一定の活動度の水分子の量的関係を総合的に反映するものとみられ、就中、ヘモグロビンの結合水量がその主体をなしているものである。

従って、この方法によって種々の条件の下に測定された血液結合水の変動は、ヘモグロビン、血清蛋白質、更に血清食塩の各成分の変動を基礎として構成されていることを考えることができる。

### 26. 空閑秀邦・小坂 肇 (山口医大生理)

#### 末梢動脈に於ける圧～流速図型

末梢動脈に於ける血流とその駆動力である血圧との関係は甚だ興味ある問題ではあるがその複雑さの為に今尙殆んど明かにはされていない。我々は精密なる直流型電磁流速計と血圧計<sup>1)</sup>を用いてこれら血圧と血流との関連性に関して次のような結果を得た。

- 1) 犬の頸動脈及び股動脈に於いてそれぞれ大体一定した圧～流速図型を得た。
- 2) 頸動脈の図型と股動脈のそれは一部明瞭に差異がある。
- 3) ゴム管、硝子管等を用いて作った模型水路

に於ける圧～流速図型は股動脈のそれに似たものが得られる。

4) この模型水路で頸動脈の図型に似たものは得られなかった。併し末梢抵抗を可変し得るようにしておけば幾らか類似した図型を見ることが出来る。

5) これらのことから吾々の方法で得られる圧～流速図型の特有な形は流路を構成する管壁の弾性々状の如何によって最も大きく影響を受けるもののようである。

#### 文 献

- 1) Inouye, A. et al. (1955) Jap. J. Physiol 5, 236-249

#### 27. 川端五郎・永谷 忠・木附一人 (山口医大生理) 酸素不足と人体筋作業能

低酸素空気吸入の為空気に所要の割合で窒素瓦斯を混合し、被験者4名に付いて、自転車労作計により、低酸素吸入時の最大仕事量(W)その際の最大酸素摂取量(M)呼吸量(V)酸素債(D)を調べ、吸気酸素濃度(C)との関係を考察した。

若干例に於いては、低酸素吸気に炭酸瓦斯(3~4%)を加え、同様の実験を行って比較検討した。  
実験結果

1) 最大仕事量は、酸素14%までは正常大気中の場合より約5%位の下降を示すに過ぎないが、13%以下では急に低下の度が大きくなる。

2) 其の際の酸素摂取量も同様5%位の低下を限界と見ると、限界酸素濃度は16~17%と言える。

3) 吸気酸素濃度14~16%の間で酸素債の上昇が見られる。

4) 酸素16%以下のものに、3~4%の炭酸瓦斯を混合した吸気では、W, M, V, とともに上述のものより上回り、酸素濃度13%位迄はMを大気中とあまり大差ない状態に保つ。11%以下ではこの作用は無くなる。

5) 前作業 ( $O_2$  摂取  $1.1l/min$ ) 時肺胞空気  $PO_2$  と吸気酸素濃度の間に直線関係が成立するが、吸気に  $CO_2$  を加えると肺胞  $PO_2$  は高くなりこの直線からはずれず。  $O_2\% + CO_2\%$  を  $O_2\%$  の代りに用いると、15%位迄は各測定点はこの直線に一致し、  $CO_2 1\%$  が略々  $O_2 1\%$  と等価である。

この効果は漸次減少し、  $O_2$  濃度11%以下では殆んどなくなる。

#### 28. 井上 章・重松保彦 (山口医大生理)

##### 筋作業時の呼吸量調節に就いて

$CO_2$  混合空気吸入下に上肢筋のみで鋼製パネを水平に引き伸ばす定常的な局所的筋作業を3名の被験者に行わせた場合の肺胞空気  $pCO_2$  と分時呼吸量Vとの関係を調べ、V-log  $pCO_2$  diagram 上で  $pCO_2$  が正常安静時の値 (38~42mmHg) 以上の範囲に対しては安静時  $CO_2$  吸入実験の場合とほぼ同じ傾斜を持つ直線関係が得られるが、之以下ではその傾斜が緩となってLindhardやNielsenの意味での呼吸中枢の興奮性の低下が見られる事を述べた。この結果は先に報告した自転車労作計による動的筋作業の場合と同様である。そこで之に関連して筋作業時の肺換気量調節に就いて論じ、Vの大きさは筋作業自体に基くその強度と形式で定るW, 筋作業による metabolic acidosisに由るM,  $pCO_2$  で定るRの3因子の和として定ることを示した。

重松保彦：山口臨床医学, 3, 79~83, 83~87, 及び4 (印刷中), 1955.

#### 29. 渡辺 敏 (熊大体研生理衛生研)

##### 寒冷曝露時のふるいについての身体部位別観察

家兎を腹位或は背位に固定し氷で腹部或は背部を冷却することにより全身に振いを起さしめ、その時の筋緊張の様相を2筋同時に筋電図により観察し、身体各筋において振いに性格の相違があることを知った。振いの程度は概して軀幹筋が四肢筋に比して弱く、四肢筋では後肢筋より前肢筋が強い傾向があり、また同肢筋では伸側筋が屈側筋よりも強い。

#### 30. 城 信之・村上 恵 (熊大体研生理衛生研)

##### 高温環境下における手掌発汗抑制現象の個人差について

手掌、足底及び腋窩について温熱性並びに精神性動機を負荷する場合の発汗の消長を精神性発汗が強い者、中等度の者及び弱い者について検した。高暑環境中で精神動機を与えると、腋窩発汗はいずれもが亢進するがその他の二部ことに手掌においてはかえって発汗抑制現象が現われる。ただしこの抑制現象は精神性発汗の多い者程著しく、精神性発汗の少ない者では現われにくい。なお精神性発汗が強い者では精神作業を伴わない高気温環境中で多汗となることがこの特徴をなす。

## 31. 郡 延夫 (熊大体研生理衛生研)

## 鬱熱時並びに発熱時における視床下部脳波

チフスワクチン注射による発熱時における家兎の視床下部脳波の変化を観察し、これを温熱負荷による鬱熱時の脳波と比較したが、両者は同一直腸温の場合においてもその振動数並びに振幅変動の時間的経過を異にする。

## 32. 松口素彦・鶴木克己 (九大第2生理)

## 視標面の一方を分割又は拡大した場合の同時面

2つの視標面の一方を黒い細線で分割した場合及び一方を他方に対して拡大した場合に同時面に変化を生ずるか否かを問題とする。規準となる同時面は2視標が同形同大、何れも等しいルミノスのものにより決定されたものである。

実験は単眼視、視標の表示にはプルフリッヒ・ホトメーターを用いる。視標の形は正方形、接眼鏡で各辺が6mmの大きさに拡大される。明さは1.8ルクス、2視標を接着した場合と5mmの巨離に離した場合と夫々検討した。

実験結果を次のように要約する

1) 分割視標に対応する知覚の知覚時間は他方に比較して短縮するのが認められる。分割が2つに等分の場合と9個に等分割の場合とくらべると後の場合の方が知覚時間の短縮が大。

2) 視標の一方を他方に対して拡大すると、拡大した方の視標に対応する知覚の知覚時間が他方に比較して短縮する。

3) 視標の一方が分割又は拡大されても同時面の形や大きさには殆んど変化が認められない。

## 33. 瀬尾愛三郎 (九大第2生理)

## メタコントラストの簡単なテスト

ピエロンの方法を少し変えてメタコントラストを簡単に実証出来る事に就いて述べた。厚紙でコマをつくり、これに約30°角度に2個の小窓をあける。コマの心棒が廻転するとき心棒の先端の位置を変えぬようにする。外側に固定された光源を置くと小窓を通して厚紙の暗い影の中に窓の形が描かれる。心棒の廻転速度は指頭によって加減される。

## 34. 緒方維弘・佐々木 隆・竹島万亀・田代芳弘 (熊大体研生理衛生研)

## 形質転換が瓦斯代謝に及ぼす影響

身体の体液区分間の体液の移動と瓦斯代謝との関連につき検討したが、下痢により多量の体液を失う場合に瓦斯代謝が著しく下降することを知った。更に発汗により多量の体液が失われる場合の検討を終ったが、この時には上記のような代謝の著変は認められなかった。

## 35. 末永一男・内坂 寿・喜多村良三 (久留米大生理)

## 生体に於ける毛細血管透過性に関する研究

生体に於いても毛細血管の透過性を研究する目的で、家兎にスルフアチアゾールを種々の投与方法により与え、血液内のスルフアチアゾールの消長を比色定量法により追求した。

1) 血中濃度は静注、腹腔内注に於いては30分以内に、筋注では1時間後、皮下注では3時間後に最大となった。

2) 持続は皮下注が最も長く、次いで筋注、腹腔内注、静注の順である。

3) 血管系によってその透過性が異なることは衆知のことであるが、本実験からも同様のことが類推出来た。

4) 透過機転に就いては、本実験から何も結論づけざる事は出来なかった。

## 36. 緒方大象・棚橋陽吉・野代平治・中原 敏 (九州歯大生理)

## 昆蟲 (直翅目) 附節の機械的刺戟による電氣的变化

著者等は昆蟲直翅目の腿節を切断して摘出した知覚神経から、附節上加えた機械的刺戟によって生ずるインパルスについて研究した。

1) 附節上加えた機械的刺戟により約四種の異なる振幅リチユードをもつインパルスを得た。

2) 四種のインパルスの中、最小の振幅リチユードのものは主として附節上に存する受容器に由来し、他のものは、脛節上に存在する受容器から産生されると考えられる。

3) 機械的刺戟によって産生されたインパルスは刺戟の除去と同時に消失する。

4) 機械的刺戟によるインパルスは化学的刺戟や温度刺戟によって生ずるインパルスと容易に区別出来る。

## 地方小学会報

第7回日本生理学会中国四国部会

時 昭和30年11月13日

所と当番 鳥取大学医学部生理学教室

## 1. 宮本博司 (徳島大第1生理)

窒素氣中に於けるムラサキツユクサ雄蕊毛細胞の  
有絲核分裂経過停止と通気による恢復

2% 蔗糖寒天薄板法により気体封入用スライドガラス湿室を利用して純窒素氣中に於けるムラサキツユクサ雄蕊毛細胞の有絲核分裂経過停止の状況を生体観察し、更に30分間窒素氣中に放置した後空気を流通せしめてその後の恢復過程を連続観察した。

先ず停止実験では分裂各期の各段階で窒素を封入した。前期・中期・終期では窒素封入時の核分裂段階で直ちに分裂経過の停止を来すが、後期では分裂過程が若干進行した後に停止し、特に後期の後半部で窒素を封入した群では後期の隔板形成が認められた。

次に恢復実験は、前期では始端、中半部及び後半部、中期では始端及び牽引糸出現の直前と後期直前、終期では at random にその任意の段階で窒素を封入して分裂経過を停止させたものについて通気後の恢復過程を観察した。前期特にその始端で停止したものが著明な恢復遅延を示し、中期(本実験の特殊性)後期は殆んど又は全く遅れず、終期は撰択的に著明な遅延が見られた。

窒素氣中では細胞内に強度の酸素欠乏と、それに由来する酸化還元電位水準の低下が起る結果として有絲核分裂経過が阻害されると云える。従って前述の停止実験が前期・中期・終期で殆んど分裂経過を停止する事実と考え併せて、これらの時期には好気呼吸が分裂経過維持に対して不可欠であることが推察される。又通気による恢復は30分間高度の酸素欠乏の後に充分量の酸素供給を受けて好気呼吸を再開したためであるから、有絲核分裂の発現及び前期の初めの分裂経過の維持並びに分裂過程の終結(休止核への進入)が特に好気呼吸を必要とすると考えられる。

## 2. 坂東栄三 (徳島大第1生理)

## 有絲核分裂経過に於ける琥珀酸脱水素酵素系の

## 意義、特に酸素活性化系及び解糖系との連結

教室慣行のスライドガラス湿室法で、吉田肉腫細胞は35°Cに保温した恒温箱内に納めた位相差顕微鏡で、ムラサキツユクサ雄蕊毛細胞は普通の光学顕微鏡で、連続生体観察により有絲核分裂各期の経過時間を計測した。吉田肉腫細胞に対する作用物質はマロン酸とKCN、マロン酸とNaFを混合し、或はこれら分裂阻害物質を単独で0.2% 葡萄糖加 Ringer 液に溶かし、NaOH或はHClでpHを7.4に補整して作用させた。又ムラサキツユクサ雄蕊毛細胞の時には上記の各作用物質を2% 蔗糖水に溶かし、KOH或はHClでpHを7.4に補整して作用させた。

その結果、吉田肉腫細胞の有絲核分裂経過時間の延長はどの混合作用群 ( $2.5 \times 10^{-3} M$  マロン酸 +  $10^{-3} M$  NaF,  $10^{-3} M$  マロン酸 +  $3 \times 10^{-3} M$  NaF,  $3 \times 10^{-3} M$  マロン酸 +  $10^{-4} M$  KCN,  $1.5 \times 10^{-3} M$  マロン酸 +  $5 \times 10^{-4} M$  KCN) でも、その混合阻害物質の中で阻害度の大きい方の物質が単独で起す分裂経過の遅延と殆んど等しく、換言すれば阻害の加重は認められなかった。ムラサキツユクサ雄蕊毛細胞の場合でも阻害の加重は現われず、即ちこの細胞の有絲核分裂経過を阻害する  $10^{-2} M$  マロン酸に、これと同程度の阻害作用のある  $3 \times 10^{-3} M$  KCN 或は  $10^{-2} M$  マロン酸に  $2 \times 10^{-3} M$  NaF を混合した場合の各々の混合作用群の分裂経過阻害は、混合群中の夫々の分裂阻害物質が単独で示す阻害と殆んど等しかつた。

このことから少くとも吉田肉腫細胞やムラサキツユクサ雄蕊毛細胞に於いては解糖が TCA 回路を介して酸素活性化系に結びつき、この呼吸経路が有絲核分裂経過、特にその前半期の分裂過程維持に関与しているものと推定される。

## 3. 笹田徳三郎 (徳島大第1生理)

## 硫酸によるムラサキツユクサ雄蕊毛細胞の有絲核分裂経過阻害と燐酸添加による阻害の消去

2% 蔗糖寒天薄板湿室法によりムラサキツユク

サ雄蕨毛細胞の有絲核分裂経過に対する砒酸の阻害作用を調べてみた。その結果、砒酸は $10^{-3}M$ 、及び $10^{-2}M$ の濃度での核分裂経過終期を阻害する事、又その阻害は磷酸添加により完全に消去される事がわかった。

砒素は磷と同属であるため砒酸は化学的性質が磷酸と酷似し、諸種酵素反応に対する砒酸阻害が磷酸添加により消去される事から、砒酸は無機磷酸の摂取即ち Phosphorylation を競争的に阻害すると考えられている。而してムラサキツユクサ雄蕨毛細胞の核分裂経過に対する砒酸阻害は先に中山の報告したDNP阻害とよく一致する。

従ってムラサキツユクサ雄蕨毛細胞の有絲核分裂経過に於いて、終期の分裂経過には Phosphorylation が肝要な役割を演じているものと考えられる。

#### 4. 笹田徳三郎 (徳島大第1生理)

##### DNPによるムラサキツユクサ雄蕨毛細胞の有絲核分裂経過阻害のATP添加による消去

先に中山はムラサキツユクサ雄蕨毛細胞の有絲核分裂経過に対してDNPは $10^{-4}M$ では終期の分裂経過を阻害し、 $5 \times 10^{-4}M$ 濃度では終期の分裂経過の外に核分裂の発現を阻害すると報告した。今回教室慣用の方式により実験した結果次の知見を得た。

$5 \times 10^{-4}M$ DNPは前期と中期と終期、特に終期の分裂経過を著明に阻害した。又この場合分裂停止率は核分裂前半期(前期と中期)に於いてDNP作用群が対照群より遙かに高い。次に $5 \times 10^{-4}M$ DNPにATPを添加すると、DNP阻害は完全に消去された。又ATPを単独に作用させた場合分裂経過の促進も遅延も見られなかった。

DNPは酸化的磷酸化を特異的に阻害するといわれ低濃度で酸化に影響せずに酸化と共転する磷酸エステル化を阻害するといわれている。且つHexokinaseの作用を全然阻害しない点から、DNPはATPの生成即ち高エネルギー磷酸結合の生成を阻害すると考えられる。今回の実験結果によってDNP阻害が主として終期の分裂経過及びその終結に対して現われ、前期と中期の分裂進行も若干阻害される事から考えて、特に核分裂の終結には高エネルギー磷酸結合としてのATPの生成が絶対必要であり、前期と中期の分裂経過維持にも

或いは核分裂の発現にも矢張りATPの生成が必要であると考えられる。

#### 5. 野田理人 (徳島大第1生理)

##### 受精ウニ卵の有絲核分裂経過と呼吸の関係 (第1報)

バフンウニ卵の受精でおこる有絲核分裂経過を支えるエネルギー代謝機転解明の基礎実験として、有絲核分裂経過に対する温度及びpHの影響を調べた結果、受精率が良く、分裂速度が速く、分裂を完了する率の良い条件として $10 \sim 15^{\circ}C$ 、pH 8.2を知った。

この条件で塩分濃度24.31%の海水を用いて、KCN, DNP, マロン酸及びフロリジンの有絲核分裂経過に対する影響を調べた。KCNは0.2mg%で媒精から前期までの時間(受精期・前期・中期・終期共に著明に遅れたが、特に後期の遅延は著しい。2mg%でこの遅延は更に著明である。20mg%では前期には入るが2分割せぬ程遅れた。勿論受精期は2mg%の場合より更に遅れている。KCNは濃度差による遅延差が大である。 $10^{-5}M$ DNPでは受精期は遅れるが、前期・中期は大して遅れず、後期・終期は著明に遅れた。 $2 \times 10^{-5}M$ では受精期・前期・中期も著明に遅れ、後期以後にも著明な遅延があった。 $5 \times 10^{-5}M$ 、 $10^{-4}M$ では受精期は勿論遅れ、前期・中期に入るが2分割しなかった。 $10^{-3}M$ 、 $5 \times 10^{-3}M$ 、 $10^{-2}M$ マロン酸では受精期は遅れるが、前期・中期・後期は大して遅れず、後期の遅延は著明である。濃度差による遅延差は少ない。 $10^{-5}M$ 、 $10^{-4}M$ 、 $5 \times 10^{-4}M$ 、 $10^{-3}M$ フロリジンは夫々受精期・前期・中期・後期・終期に軽度の遅延が見られる。然し濃度差による遅延差は少ない。

KCN, DNP, マロン酸, フロリジンは夫々阻害点と阻害機転が異なるが、有絲核分裂の経過に対しては程度の差はあれ分裂経過のどの期にも遅延として現われている。特に受精期及び後期に対して著明である。而してこれらの阻害剤が作用した結果どの場合にも結局は高エネルギー磷酸結合の生成不良或いは不能がおこる。この高エネルギー磷酸結合が直接有絲核分裂経過を支えていると考えられる。因にBarnettはKCN, DNP, マロン酸で分割を阻止されたウニ卵がATPの添加により卵割を再開すると報告している。

## 6. 中山寿孝 (徳島大第1生理)

## ACTHの低酸素分圧耐性増強効果

夏から冬への移行期にACTHを長期連続投与することにより、ラットの低酸素分圧耐性(2分間で平圧より155mmHgに減圧、この低酸素分圧下で呼吸が停止する直前までの時間)を増強する事が出来た。尚ACTH投与中止後も約10日間耐性増強は持続し、その後急に耐性は対照の水準まで減弱した。然し冬から夏への移行期では同様ACTHの投与によって低酸素分圧耐性は増強出来なかった。その間の体重増加率の変動経過は耐性と逆相関関係であった。

以上より低酸素分圧耐性の本態を汎適応症候群との関連に於いて求める手掛りが得られ、又低酸素分圧耐性の季節的変動の支配者が脳下垂体前葉副腎皮質系であろうという1つの裏書を得た。

## 7. 中山寿孝 (徳島大第1生理)

## 予備低圧負荷による低酸素分圧耐性の増強

ラットを使用し、予備低圧負荷(260mmHgに30分間滞留)後低酸素分圧耐性を検定した処、負荷後2分以内では著しい耐性増強を認めたが、この予備低圧負荷の効果は長時間持続せず、負荷1時間後では予備低圧負荷を行わず直に初回耐性検定のみを行った場合の耐性検定平均値の水準に急激に低下、負荷2, 5, 10及び22時間後の耐性は更に順次僅かながら減少した。又検定後の直腸温降下率は耐性と相関性があった。

尚予備低圧負荷後初回耐性検定を行った此のラットを4群に分ち、検定を繰返さずに放置、初回耐性検定5, 10, 15, 20日後(第2回検定)では10日以後経過した群において耐性が増強し始め、更に夫々第2回検定10日後(第3回検定)では初回より第2回検定までの経過日数に比例して全群共著しい耐性増強効果を認めた。

以上の結果より予備低圧負荷の耐性増強効果はAkkommodationであり、耐性検定反復によるそれはHöhenakklimatisationと考えられ、両者の成因は恐らくその本質を異にするものであろうと思われる。

## 8. 鈴木幸夫・星博・板東定矩・白谷三郎 (徳島大第2生理)

日本人女子成人の基礎新陳代謝について(予報)  
演者等の教室では日本人の基礎新陳代謝の標準

値となるべきものを多数例に互って追求している。今回はその内で女子満25才のものについて報告する。更に例数を増加したいので予報としておいた。測定方法はDouglas Bag法である。又教室の村田豊の日本人女子の代表面積補正式をも使った。それらの数値は次の如くである。例数は25例である。

体表面積(T)	1.436±0.011	m <sup>2</sup>
体表面積(M)	1.392±0.012	m <sup>2</sup>
kcal/m <sup>2</sup> ·hour(T)	34.83±0.50	kcal
kcal/m <sup>2</sup> ·hour(M)	35.85±0.52	kcal
kcal/m <sup>2</sup> ·hour(M <sub>1</sub> )	35.76±0.52	kcal

註:(T)…高比良氏身長体重式(係数72.46)使用  
(M)…同上村田豊補正式(係数70.27)使用  
(M<sub>1</sub>)…季節補正を施せる値

## 9. 岡部義数(岡大第2生理)

## 胃噴門部の神経支配(第1報)迷走神経支配

無麻酔・除脳犬及び麻酔犬を用いて迷走神経刺戟の噴門部運動に及ぼす影響に就いて研究し、次の如き結果を得た。

1. 無麻酔・除脳犬に於いては迷走神経は噴門部に緊張性興奮を送っている。

2. 無麻酔・除脳犬に於いては迷走神経刺戟に際して噴門部は著明な初期抑制を伴った促進効果を来す。併し乍ら食道を噴門部上方にて横断するか、薬物を用いて予め食道を収縮せしめて置くと、促進効果のみを得て決して初期抑制を見ることはない。又胸腔内にて迷走神経を噴門直上部迄剥離し、その末梢端を刺戟すると同様に常に促進効果を得る。即ち何等かの方法で食道よりの伝搬収縮を防止すると迷走神経刺戟は常に噴門部の収縮を来す。

これより先に見られた初期抑制は、迷走神経中に含まれる抑制繊維に依るものではなく、食道よりの伝搬収縮に依るといふことが出来る。

3. 無麻酔・除脳犬に於いてはAcetylcholineは噴門部に常に純促進的に作用する。

4. 麻酔犬では迷走神経刺戟に際して、無麻酔・除脳犬では決して見られなかった抑制効果を見ることが出来る。

5. 無麻酔・除脳犬に於いて、予め大量(50mg以上)のAtropineをあたえて置くと、迷走神経刺戟に依り抑制を来し、同様の抑制は予めAtropineをあたえた犬にAcetylcholineを静注することに

依っても得られる。

上述の結果から迷走神経刺戟の噴門部運動に及ぼす影響については常に食道よりの伝搬収縮と麻酔の影響を考慮しなければならないこと、並びに Atropine 投与後の迷走神経刺戟に依る抑制は恐らく Acetylcholine-Atropine 奇異拮抗抑制によるものと思われ、噴門部に分布する迷走神経は本質的には促進神経であることを結論した。

#### 10. 宮川鉄男 (岡大第2生理)

##### 回盲括約部の神経支配

この研究は回盲括約部の神経支配が不一致である点を明らかにすることを目的としている。

電気麻酔にて除脳した動物を38°CのRinger液を満した浴槽の中に沈め、両側大、小内臓神経及び腰部交感神経索を切除し回盲括約部の運動をゴム球法により描記しつつ、迷走及び内臓神経を頻数感応電撃にて刺激した。この実験結果を総括すれば次の如くである。

1. 除脳・無麻酔動物の迷走神経刺激は隣接腸管より分離された括約部に対し純亢進的に作用する。しかるに麻酔動物の隣接腸管より分離されない括約部では抑制、亢進の二様の効果が入り混って現われる。この抑制効果をひき起す原因は次の如し。

a) 麻酔

b) anoxemia 頸部迷走神経の場合は血圧下降、したがってひき起される anoxemia による抑制効果が発現する。

c) 伝播興奮波は、麻酔、無麻酔に関せず、括約部の緊張が高いと括約部に抑制効果、低いと亢進効果を出現させる。

2. 内臓神経刺激効果は麻酔、無麻酔いずれにおいても括約部の運動状態如何により異なる。即ち運動の良好な場合は抑制、不良の場合は亢進効果を認める。除脳・無麻酔動物では前者が多く、麻酔動物では後者が多い。この運動不良の場合の亢進効果は未知のアドレナリン性線維の興奮によるものではないかと推測した。

以上より神経支配の不一致は、迷走神経刺激の際、抑制をひき起す因子を考慮しなかったこと、並びに内臓神経の刺激の際、括約部の運動状態が各研究者により異っていたことに帰因することが明白になった。

#### 11. 藺田芳澄 (岡山大第2生理)

##### 食道伸展による呼吸反射

食道伸展刺激が呼吸運動に如何なる影響を及ぼすかをイヌについて研究し、併せてその求心性経路を明らかにしようとした。その結果は次の如くである。

1. 軽度麻酔・非除脳イヌに於いては、食道伸展により、呼吸の頻数及び振幅は著明に増大する。しかし実験の終りに於いて強度伸展により抑制を認める例もあった。更に麻酔を深くすると、前者に比し、呼吸の亢進は出現し難くなる。

2. 軽度・麻酔除脳イヌに於いては、弱および中等度の食道伸展により、呼吸の頻数は僅かに増し、一般に振幅は小さくなる。(1)に述べたような頻数及び振幅の著明な増大は決して認められない。伸展が強度であれば頻数は前者に比し更に著しく減少する。またしばしば伸展前よりも減少する。即ち抑制効果が現れる。振幅は一般に著しく減弱する。更に麻酔を深くすると亢進現象は殆んど認められず、抑制効果が著明になる。

3. 無麻酔・除脳イヌに於いては、弱及び中等度の伸展により、軽度麻酔除脳イヌの弱及び中等度の伸展に比し、呼吸の頻数及び振幅は著しく増大し強度の伸展の場合に於いても一般に僅かの呼吸亢進が認められる事が多く、著明な呼吸抑制は認められなかった。しかし実験の終りに於ては、時に強度伸展により抑制を認めた。

4. 食道伸展呼吸反射の求心性神経は頸部に於いては、両側上喉頭神経、胸部に於いては、主に両側迷走神経、一部は星状神経節を経由する。

上述の実験結果から食道呼吸反射の機序は次の如く考えられる。まず食道からの求心性衝撃は、上述の経路を介して1つは直接に正常呼吸中枢に到り、他はそれより上位脳に到るものと考えられる。正常呼吸中枢に到達した衝撃は少ない場合には亢進的に、多い場合には抑制的に働く。上位脳(過呼吸中枢)に到達した衝撃は更に二次的に正常呼吸中枢に影響し著明な呼吸亢進を発現させる。

#### 12. 戸出一郎 (岡山大第2生理)

##### 呼吸運動に及ぼす間脳電気刺激効果

犬17匹、兎8匹、猫3匹を用い、間脳電気刺激の呼吸運動に及ぼす効果を研究した。刺激電極として套管針電極又は間隔0.5mmの双極電極が用い

られた。刺激は矩形波、棘状波及び感応電撃を使用した。刺激点は全部で30点である。呼吸運動の描記は横隔膜背矢の伸縮、気流曲線、Accordionによる胸廓の運動によった。その結果は次の如くである。

#### 1. 促進効果

A) 頻度, 振巾共に増加する型

B) 頻度増加, 振巾一定の型

#### 2. 抑制効果

#### 3. 促進後抑制の効果

1. A) 促進効果中, 頻度振巾共に増加する型は最も多く認められ, その刺激点は間脳全域に散在する。その際刺激を強くすると吸息性の呼吸停止に移行する。しかし或るものでは頻数振巾の増加がより一層著明となる。

B) 頻度が増し振巾一定の型の刺激点は間脳の前1/3に限局して存在するが、之は所謂Panting 中枢の存在する部分に一致するか又は極めて近い事を脳幹の切断実験によって証明した。

2. 抑制効果の刺激部位は Nuc. lateralis にあった。

3. 促進後抑制の効果は兎に於いて認められ, その刺激点は Nuc. ventralis posteromedialis, Nuc. ventralis lateralis, Nuc. medialis に存在した。この際刺激を段々強くすると; 呼吸は次第に吸息性の停止に傾き, 更に強めると呼息性の停止に逆転した。

刺激効果は電撃の頻数のみならず, 電圧, 持続時間によっても変化する。又麻酔の深さも効果に影響する。

### 13. 福原 武・岡田博匡 (岡山大第2生理)

#### 呼吸中枢スパイク放電に及ぼす嚔下の効果

除脳ネコにおいて微小電極により呼吸中枢部位から吸息性衝撃を誘導描記し, 咽頭腔内注水並びにそれによって起る嚔下の前述の衝撃発生経過に及ぼす影響を研究した。その結果を綜括すれば次のようになる。

1. 注水の際に嚔下が起らなくとも反射的に吸息性ノイロンの衝撃発生が抑制される。

2. 嚔下が起きる場合には嚔下運動と同時に短時間 (0.067~0.083sec) 吸息性ノイロンの衝撃発生が促進され衝撃頻数が大きくなる。この嚔下衝撃群の前後には1に述べた注水による抑制が認め

られる。しかし, 自発的に発生した嚔下の際には先行抑制は認められない。

### 14. 福原 武・岡田博匡 (岡山大第2生理)

#### 吸息性ノイロンの興奮と抑制について

除脳ネコにおいて呼吸中枢部位から吸息性ノイロンの衝撃を誘導描記しつつ, その衝撃がCO<sub>2</sub>過剰・O<sub>2</sub>欠乏・呼吸亢進剤及び抑制剤によってどのように変化するかを研究した。その結果を綜括すれば次の如くである。

1. CO<sub>2</sub>過剰・O<sub>2</sub>欠乏・Caffeineによって衝撃の頻数は著しく増大し, 衝撃群の持続時間は短縮し, そのリズムは増す。Vitacampher, Aminocordin, Lobeline の小量も Caffeine ほどではないが同様の効果を示す。

2. Morphine の小量は衝撃頻数の増大をひき起すが, これより量を少しく増せば衝撃頻数の減少, 衝撃群の持続時間の短縮及びそのリズムの減少をひき起す。

3. 人工呼吸を過剰に行い無呼吸がひき起こされると, 吸息性衝撃は消失する。人工呼吸を停止すると, 間もなく吸息性衝撃が低頻度で間断なく発生してくる。この衝撃は時間の経過とともに次第にその頻数を増し, 遂に Volley をなし, 正常の吸息性衝撃発生に恢復する。

4. 中枢細胞の亢進・抑制の状態を判断するに当り最も重要な示標はこの細胞の発生する衝撃の頻数の増大及び減少乃至その消失であることを述べた。

### 15. 森 香中 (鳥取大農生理)

#### モルモットに於ける交感神経切除の生殖作用に及ぼす影響, 頸部交感神経切除の効果

生殖内分泌腺と自律神経との機能的関係については近年視床-下垂体系の機能が急速に闡明されつつあり, この点からの解決が大いに期待されるが, Vogt(1937), Friedgoodら(1935)等は頸部交感神経下垂体, 卵巢機能の間の関係について報告しており, 否定的見解も多いが必ずしも断定できない。

このような観点から自律神経切除が生殖腺に与える影響をモルモットにつき, 生理学的並びに生化学的に検索して得られた成績の中, 頸部交感神経(上節及び幹)切除による結果を報告すると,

1. 雌動物では頸部交感神経切除は発情(性)

周期に殆んど影響を及ぼさない。

2. 硫酸銅静注により切除雌動物は対照動物と同様に排卵するのが認められた。

3. 妊娠中の如何なる時期に切除を行っても、妊娠期間、分娩、産褥経過等には影響が認められなかった。

4. 雌雄ともに頸部交感神経切除は繁殖成績には何らの傷害をも与えない。

5. 雌雄切除動物の生殖内分泌器官、副腎、甲状腺等の重量、肉眼的及び組織的観察等は対照動物と殆んど同様である。

6. 雌雄切除動物の下垂体粉末エキスは、下垂体別出幼若ラットの卵巣、子宮重量に対して、対照動物の夫れと同程度の増加作用をもつことが認められた。

#### 16. 浅野辰三 (岡山大教育学部)

##### 庭球試合における需要熱量の男女の比較

庭球試合の需要熱量を間接的推算法によって測定するために男女各3名の選手を被験者として、試合時に準じた各種の動きや打球動作についてガス代謝実験を行い、それぞれのエネルギー代謝の基本値を測定した。次いでこれらの値を用い、別に測定した試合時の Time Study の成績に基いて積算し、男子及び女子の庭球一試合の需要熱量を推算した。

1) 試合時に選手が行うさまざまな動作のうち、立位、構え及びチェンジコート歩き等の R. M. R. は男女間に大差はないが、試合中の歩きや走りの動作では、男子よりも女子の方がわずかに低い値を示した。

2) 1回の打球に必要なとする熱量は、サーブイスの場合には女子の値(約0.4kcal)は男子の値(約0.8kcal)の約1/2であったが、他の打法では一般に約0.3~0.5kcalを示し、いづれも男女同等かあるいは女子がわずかに少ない程度の値であった。

3) 庭球1試合の平均需要熱量は、男子の場合はダブルス(410)よりもシングルス(570)の方が多かったが、女子の場合は反対にシングルス(240kcal)よりもダブルス(330kcal)の方が約30%多くの熱量を要していた。しかし女子ダブルスの試合時間はシングルの約2倍であったので、R. M. R. にすると男子の場合と同様に防衛範囲の広いシングルスの方が大であった。即ち庭球一試

合の単位時間の運動強度(R.M.R.)は男子は女子よりも、さらにシングルスはダブルスよりも大であった。

4) R. M. R. や労作量値だけで異性間の運動強度を比較することは危険であるが、女子庭球試合の R. M. R. はシングルス8.6、ダブルス6.3で、いづれも男子の約80%に相当した。この値から推察すれば男子庭球シングルス(R.M.R.は10.9)はラグビーの試合に近く、女子ダブルス1試合の労作量値(380)は男子の蹴球試合に近い強激な運動であった。

#### 17. 浅野辰三 (岡山大教育学部)

##### 400m走におけるエネルギー代謝について

熟練した長距離選手を被験者として、競走時及び練習時におけるとほぼ同様ないろいろの速度(分速最低230m~最高386m)で400mを走らせた場合のガス代謝実験を15回行ない、それぞれの疾走中並びに回復時におけるエネルギー代謝の状況を調査したところ、次のような成績を得た。

疾走中における増加熱量は最低速度(400mを1分45秒)では約17kcal、最高速度(400mを1分2秒)では12kcalを示し、その他の中間の速度では速度の増大に伴って順次減少していた。

これに反して回復時における増加熱量は、最低速度の場合は約11kcal、最高速度の場合は約35kcalで、その他の中間の速度では速度の増大に伴って順次増加していた。従って疾走時及び回復時の増加熱量を合計した全需要熱量は、最低速度の約28kcalから順次増加して最高速度では約47kcalを示した。

これを毎分当りの需要熱量、R. M. R. 労作量値等に換算して見ると、最低速度ではそれぞれ約16kcal、15、26、となり、その他は速度の増大につれて増加し、最高速度ではそれぞれ約45kcal、42、44の値を示した。

このうち毎分当りの需要熱量と速度との関係を観察したところ、熱量は速度の二乗に比例するように思われたので、最小二乗法で両者の関係式を求めた結果、 $E = 0.0005S^2 - 0.13S + 17.87$  (Eは毎分需要熱量、Sは毎分速度m)の数式を得た。

なお酸素負債量について見ると、最低速度の分速230mの場合は2.1lで、順次速度の増すにつれて増加し、最高速度の分速386mの場合では7.4l

を示していた。この場合の酸素負債量と速度との関係を数式にして求めた結果、 $D = 0.000062S_2 - 0.0091S + 0.54$  ( $D$ は Oxygen Debt,  $S$ は分速 m) となった。

#### 18. 宮武孝明 (岡大第1生理)

##### P<sup>32</sup>の赤血球の出入性と高圧

赤血球の形質膜の透過性が高圧に依り如何に影響されるかを調べるために、2、3の実験を行い次の様な結果を得た。

血液に高圧を作用させ、その赤血球内の磷の出入を測定したが確かな成績を得るのに困難であった。そこで赤血球へ P<sup>32</sup> が入る量を測定しようとして、復圧後食塩水にて洗滌1時間後の赤血球 P<sup>32</sup> 量を計量したら圧の高さに応じて血球内 P<sup>32</sup> 量が少なかった。これは高圧を作用させた場合膜の透過性が増加すると云う岡田の説に反するので再び赤血球浮游液の電氣的抵抗を測定することに依り赤血球膜の圧に対する透過性を調べ、赤血球膜の電氣的抵抗は低下するが復圧と同時に1度抵抗は増し、直ぐその後約2時間位の間に徐々に抵抗は減少することをみた。即ち透過性が此の間加圧度に比例して増加することを想像した。これらの成績から外液の P<sup>32</sup> は高圧時対称に比し多分余計に血球内に入るが、この P<sup>32</sup> は洗滌する間に透過性の増した膜から失われるものと想像する。このことは葡萄糖液に浮べた赤血球内の Cl が加圧とともに外液に移行することが増加することから確認される。

#### 19. 長尾晁一 (岡山大第1生理)

##### 全筋平等刺激と興奮性

全筋平等刺激方法として、圧刺激の如く mechanical な作用として超音波を、chemical な作用として acetylcholin を筋肉に作用させた際の筋肉の興奮性の変動を追求して次の成績を得た。

即ち筋肉を15倍 KCl-Ringer 液、6% 酒精 Ringer 液、6% 蔗糖液、蒸留水、1.3% 尿素液等に浸すと、興奮伝播性は障碍されるが、此等の液に浸した筋に超音波を作用させた際の O<sub>2</sub>-消費量を測定してみると、対照 Ringer 液中の筋に超音波を作用させたものより何れも O<sub>2</sub>-消費増加率は充まって居る。即ち筋の反応充進の状態が認められる。

更に chemical な作用として acetylcholine を作

用させて検するに、上記非伝播性溶液に浸した筋は何れも acetylcholine に対し鋭敏に反応するのである。

以上圧刺激等のように全筋に平等に作用する型の刺激形式で検べた成績から推して、筋の興奮伝播性は瞥え失われて居ても、其の場に於ける興奮性は増加して居る場合があるのではないかと思われる。

#### 20. 川端五郎・木附一人・柴田二郎 (山口医大生理)

##### 高濃度 CO<sub>2</sub> 吸入時の心電図及び筋電図に就いて

5名の被験者に、安静椅座の状態で、高濃度の CO<sub>2</sub> 混合空気 (CO<sub>2</sub> 8~20%) を吸入せしめ、この際の心電図を主として第Ⅰ誘導により記録し、参考として M. extensor digitorum communis dextra より針電極による筋電図を観察した。

1) 吸入可能の時間を、自覚的には意識混濁の直前、他覚的には四肢に於ける痙攣を目標として記載すると、10%で約7分、15%で約1分、20%では約45秒であった。

2) 心電図に於ける著明な変化は、P波の増大、S-T間隔の異常、T波の抑圧等であり、必発ではないが、一般に弛緩期に於ける心臓機能の異常を思わしめる。

3) P-R 間隔、R-R 間隔の測定値及び各濃度に於ける Pattern より、現在の実験条件の下では、文献に云われているような、伝導障碍、心搏動の抑圧は見られなかった。

4) CO<sub>2</sub> 吸入を中止し、正常空気を吸入した場合に自覚症状の増悪と、心電図に於ける乱れが現われる場合が多い。この際筋電図に細動性の攣縮が観察された。

井上 章 (1954) 山口医大産研年報 2, 60  
Brown & Miller (1952) Am. J. Physiol. 169, 56  
及び (1952) 170, 550  
Mc Donald & Simmonson (1953) J. appl. Physiol. 6, 304

#### 21. 重松保彦 (山口医大生理)

##### CO<sub>2</sub> 吸入時の局所的作業能

CO<sub>2</sub> を吸入しながら右上肢に依る鋼製スプリングを 23.5cm 引き伸ばす作業を採用し 7.5分作業を坐位で行い、ついでその儘の姿で 2.5分休憩する10分間を1単位としこれを1分間60回速度で行った。

この実験の結果酸素摂取量、脈搏数の変化、分時呼吸量の変化、肺胞空気の炭酸瓦斯分圧の変遷を験したのであるが、CO<sub>2</sub> 2.5~3%ではCO<sub>2</sub>の負荷のない場合と近い状態で同じ作業量を略同じ能率で行い得る事を見出した。

## 22. 柴田二郎 (山口医大生理)

### 脊髄根電位に対するCO<sub>2</sub>の影響

炭酸瓦斯、特に高濃度炭酸瓦斯の脊髄根電位に及ぼす影響、及びそれに附随してストリキニン、pHの変化による影響を、藁の剔出脊髄を以て追求した。

1. 高濃度の炭酸瓦斯 (10~20%) を脊髄に与えることにより、根電位は徐々にその高さを減じ、遂には消失する。
2. この様にして、根電位の出現しなくなった脊髄に、ストリキニンを与えれば、再び根電位が出現する。この際の根電位は、前根電位、後根電位共に所謂 slow potential の形をとる。
3. 此の場合、炭酸瓦斯の濃度を下げることにより、放電に富み且つ after-positive potential を持つ前根電位が出現するが、後根電位は高さを増大するのみである。
4. pH が 7.1 から 5.5 迄の間に於いては、根電位の高さや形に著明な変化は見られず、閾値が僅かに上昇するのを認めた。

## 23. 小坂 肇・空閑秀邦 (山口医大生理)

### 簡単な連続撮影装置の試作と、それに依り記録した血流々速脈波型に就いて

Braun 管 Oscillograph の Spot を連続撮影することは血流測定の記事法としても、Kolin (1938), Richards & Williams (1953) 等が用いている。

吾々も此の種装置の必要を感じて来たが、その製品は高価である為手細工で安価に試作した。試作した装置は暗箱に、Film 駆動用として蓄音機の廻転装置を取りつけたもので、未だ多々改良を要する点はあるが、Film 移動速度 (最大 3.8cm/sec から最小 1.9cm/sec の間適宜加減出来る) は始動後約 2.5cm の部分を除き、以後約 4.5m の間常に定速度を保ち、機能的に一応目的を達し得る。

此の装置と交流型電磁流速計<sup>1)</sup>を組合せて、犬の股、頸動脈の Flow Pattern を撮り、これを示したが、これは従来吾々が交流法に依り得て来た

Pattern の形によく類似している。

McDonalod (1955) は電磁流速計は Back Flow を示さず、Peak Flow, Mean Flow は他の流速計で得るものより低く、Pattern 全体の形も異なると指摘した。併し吾々の得た股動脈の Flow Pattern は明らかに Back Flow を示し、その order も Shipley の得たものと略一致し、Peak Flow, Mean Flow も略一致し、また Pattern 全体の形も McDonalod のそれとよく類似している。

従って、吾々の場合にはその指摘は当らぬと考えて良いと思う。

1) The Japanese Journal Physiology 5, 236-249

## 24. 永谷 忠・木附一人 (山口医大生理)

### 低酸素環境下の人体筋作業能 II. 筋作業時の肺胞空気組成を中心として

被験者 2 名に、低酸素空気、及び炭酸瓦斯混合 (3~4%) 低酸素空気を吸入させながら自転車労作計を用いて定負荷 (3.0kg 及び 4.0kg, 120 R. P. M.) を荷し、呼吸量、分時酸素摂取量、脈搏数、肺胞空気炭酸瓦斯分圧、同酸素分圧作業持続時間等を測定した。

1) 一定負荷に対する作業持続時間は血流の酸素飽和曲線に類似の形態をもって、定濃度 (負荷 4kg で 15% のあたり) で急激に下降する。この下降は吸気に CO<sub>2</sub> (3~4%) を添加すると以上の曲線は少し低濃度の方へずれる。

2) 作業時肺胞空気酸素分圧と吸気酸素濃度の間には直線関係が成立するが、CO<sub>2</sub> (3~4%) 添加の場合には両者の関係は此の直線より上方に逸脱する。

3) 作業強度が大になると以上の逸脱の度合は小となり、吸気酸素濃度が 14~15% より低い場合にもその巾は小になる。即ち炭酸瓦斯の PO<sub>2</sub> を上昇させる働きは減少する。

## 25. 保田孝治 (広大生理)

### 腎臓 Bowman 氏囊透過性について 2, 3 薬物の水及び色素透過量に及ぼす影響

雄藁をエーテル麻醉し、両側腎臓を腎動脈圧 270mmH<sub>2</sub>O、腎門脈圧 70mmH<sub>2</sub>O で Ringer 氏液で灌流し、腎動脈側から薬物を適宜流し Bowman 氏囊からの Congored の透過度を夫々灌流量及び尿量 (水透過度) と比較した。1) アドレナリン

10<sup>3</sup>倍から10<sup>6</sup>倍の間では収縮的に灌流量の減少に略比例して水透過量及び色素透過量は減少した。

2) ピットリソリン10<sup>7</sup>倍から10<sup>8</sup>倍の間では漸次収縮的に作用した。3) アセチルヒヨリンに於いても10<sup>13</sup>倍から10<sup>6</sup>倍の間で殆んどすべて収縮的に作用し10<sup>13</sup>倍に於いて僅かに拡張的に作用し、且つ腎血管のトーンスの状態により差のある事を示した。4) カフェイン0.05%から0.5%の間では濃度の増加に伴って灌流量は増加し殆んど例に於いて灌流量の増加度より水、及び色素の透過度が大きくなった。5) ヒスタミン10<sup>9</sup>倍から10<sup>4</sup>倍の間で濃度の稀薄な10<sup>9</sup>倍に於いては拡張的に且つ色素の透過は特に増加し、10<sup>7</sup>倍、10<sup>5</sup>倍で収縮的に10<sup>4</sup>倍では僅かに灌流量増加し、その血管作用の不安定な様相を示した。

以上5種の薬物灌流実験に於いてアドレナリン、ピットリソリン、アセチルヒヨリンは収縮的に、ヒスタミンは高濃度に於いて収縮的に、低濃度に於いて拡張的に、カフェインは拡張的に作用し、概して灌流量に比例して水、色素透過量も増減した。拡張高度となると明かに色素透過度は著しく増加した。各々の薬物の特異作用については否定出来ないが此の実験では言及し難い。

26. 西田芳郎 (広大生理)

生体内の微細な動きについて(第1篇)細胞内に於ける活潑なる Braun 運動性の動きについて

細胞内の動きを観察するとその細胞の種類、機

能状態、環境の条件、発育の時期等の異なるに従ってその動きの状態も異ってくるが之等を大別して2, 3の主要な型に分つことが出来る。その1つとしてここには細胞内に存在する顆粒状物質が活潑なる所謂 Braun 運動様の動きを示す場合について述べる。之は組織に何ら処置を加えることもなく著明な可視的顆粒を含んで居る細胞内に於いて直接顕微鏡下に見ることが出来る。従来細胞内のミトコンドリアや Golgi 氏装置等に対してこうした動きはすでに見られており、又その由来も考えられているが、実際にこうした動きを分析して考察するにはその動きを記述する方法を持たなければならない。これに対してここに観察実験をもとにして、我々がその細胞内の粒子の動きが単なる不活性な物理化学系の場合よりも活潑であり且つ殆んど at random に Braun 運動の如く行動している場合を認めることによって、之が我々の認め得る最初の活潑なる細胞内運動と考え、そうした動きを Fokker-Planck の方程式に一定の条件を与えることによつて記述すると云う Braun 運動並みの扱いをすることによって、そうした動きの活潑性と云うことの記述が明確となり且つ具体的な物理化学的な意味をつかむことが出来、そうしたそれは更にこうした型の活潑な動きの持つ生理学的な意義の判断にも1つの手掛かりを与えることになり、特にここでは細胞内の物質の循環生理学的立場から考察を進めて見る。

(以下の演題は次号に掲載の予定)

正 誤 表 (第18巻第10号)

頁	行	誤	正
767	右5	安全	完全
770	左5	としては	として
773	左下6	閾値の	閾値の変化は、断流後一過性にその直前迄の経過と
773	右3	上昇してた	上昇した
774	下4	stimulation	stimulation





Rinnor

# 画期的な性能を誇る

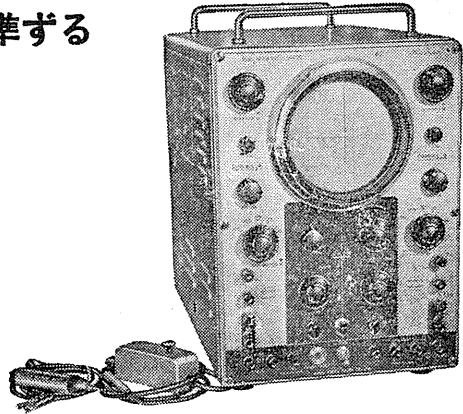
## 複合電子銃方式

# 二現象オシロスコープ

米国製 Dumont Type 322 に準ずる

画期的製品

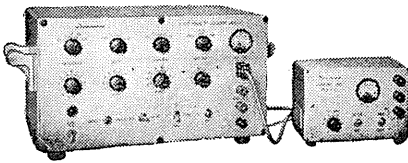
- 直流平衡増巾器自蔵（三段）
- X軸—200 kc 迄平坦  
Y軸—500 kc 迄平坦
- 掃引周期：0.2~30,000 CPS
- 偏向感度：Dc 1 mv/1 mm
- 輝度変調可能（Z軸）



## 電子管刺戟装置

出力絶縁方式

- (特長)
1. 出力納縁回路 (Isolating Unit) が本体と分離され被刺戟体への誘導が殆どない。
  2. 感度治療器としても優秀な矩形波による感電治療器として使用出来る。
  3. 矩形波の振巾を自由に変調する事が出来る。
  4. 各諸元が直読出来る。



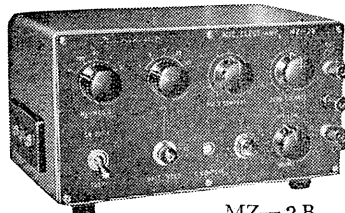
MSE-2

—説明書・カタログ送呈—

## 微細電極増幅器

特長及び性能

1. 入力格子電流が極めて少い ( $5 \times 10^{-12}A$ )
2. 入力インピーダンスが高い (100M $\Omega$ 以上)
3. 波形の歪が少い
4. 入力電極に単位信号を重畳出来る
5. 入力電極抵抗格子電流測定可能
6. 電圧感度：本装置は当社製VC-5直結三段と組合せて使用
7. 微少信号の測定が出来る



MZ-2B

(注意) 本器は当社製二現象オシロスコープ（直結三段増巾器付）と組合せて使用する様設計されて居ます。

# 日本光電工業株式会社

東京都新宿区西落合2丁目514番地 TEL. (95) 2709 6156

# 萬有製薬主要製品



**ブリスアイ  
 バイシリン  
 ペニシリンV  
 ザルコマイシン  
 コリスチン**

(基準名:テトラサイクリン)  
 (持続性二基ペニシリン)  
 (基準名:ペニシリンV)  
 (抗腫瘍性抗生物質)  
 (腸疾患治療抗生物質製剤)

(日本メルク萬有製 コーチゾン)  
 (ハイドロコーチゾン)  
 (ブレドニソン)  
 (ブレドニソロン)  
 (肝臓・皮膚疾患治療剤)

**コートン  
 ハイドロコートン  
 デルタコートン  
 ユーデルコートン  
 バンチオニン**

東京都中央区日本橋本町2-7

大阪・岡崎 萬有製薬株式会社 札幌・福岡

精神科領域  
 に広い応用  
 分野をもつ

## 脳幹性催眠剤

国民医薬品集アモバルピタール。他のバルピツール酸系剤とは侵襲部位を異にするため 特異な心的効果をもっている。また近時クロルプロマジンなどとの併用によつて その応用分野はさらに拡大されようとしている。

不眠症 憂鬱症 神経衰弱症 ヒステリー 持続睡眠療法 精神病者の意志疏通性喚起 精神分析 精神的苦痛・不安・緊張の除去に。

国民医薬品集  
 アモバルピタール

イソミタール注射液

**イソミタール**

未=5g, 25g, 100g, 500g。錠=(0.1g) 10錠, 50錠。

**イソミタールソーダ**

注=(0.25g) 5A。(0.5g) 5A(各注射用蒸溜水付)。



京都市中京区壬生 日本新薬株式会社 東京・大阪・京都・札幌・富山・福岡

GS14

昭和三十一年十二月二十日印刷

発行人

戸塚 武彦

印刷所

鶴岡印刷株式会社

会

日本生理学会

定価 式百円