

日本

生理学

雑誌

JOURNAL OF THE PHYSIOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

37巻 7号 1975

原 著

- 佐藤 吏：ラット後肢筋の電氣的ならびに機械的活動におよぼす血流阻止の効果……………117
福田博之：フナの呼吸筋活動におよぼす延髄の切断および電気凝固の影響……………125

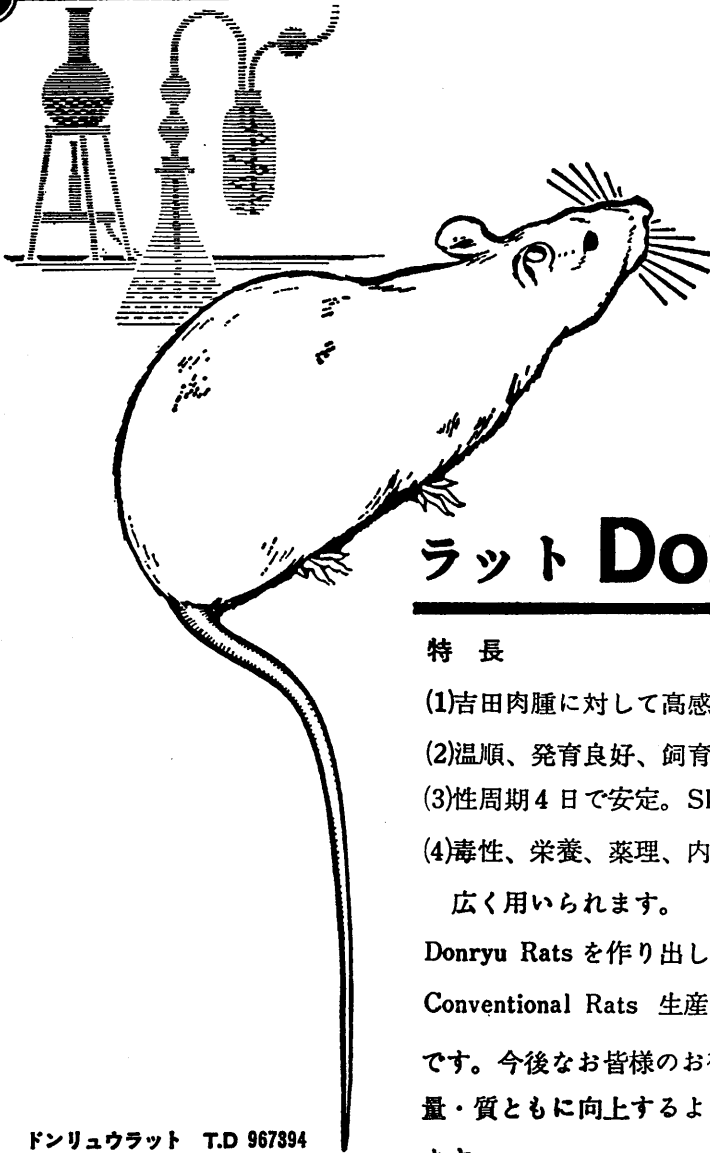
短 報

- 林 治秀：電子計算機で制御される生理学実験用周波数合成器……………137
第51回近畿生理学談話会……………139
J. J. P. 第24巻第6号掲載論文の和文表題……………146
会 報 事務局よりのお願ひ……………148

附：日本生理学雑誌第36巻総目次

日本生理誌
J. Physiol. Soc. Japan

日本生理学会



ラット Donryu

特長

- (1)吉田肉腫に対して高感受性を有す。
- (2)温順、発育良好、飼育容易。
- (3)性周期4日で安定。Skin Graft 高率。
- (4)毒性、栄養、薬理、内分泌その他、
広く用いられます。

Donryu Rats を作り出した日本最大の
Conventional Rats 生産専門メーカー
です。今後なお皆様のお役にたつため
量・質ともに向上するよう努力いたし
ます。

ドンリュウラット T.D 967394
Donryu-rat T.D 995227

飼育系統——〈Donryu〉〈Wistar〉〈Buffalo〉



日本ラット(株)

埼玉県浦和市根岸608-3
TEL(0488)61-6850・6401

ラット後肢筋の電氣的ならびに機械的活動におよぼす
血流阻止の効果 612. 741 : 612. 743 : 616. 152

佐 藤 吏 (山口大学教育学部体育研究室)

The effect of asphyxia on the electrical and mechanical activities of the rat hindlimb muscles Osamu SATO (*Department of Physical Education, School of Education, Yamaguchi University, Yamaguchi*)

After asphyxia by clamping external iliac artery, the changes of electrical and mechanical activities of *M. extensor digitorum longus* and soleus were followed up. Although the action potential amplitude was decreased monotonously, a transient increase in twitch tension appeared, one or two minutes after start of asphyxia, which was seen more frequently and more remarkable in extensor than soleus.

This was attributed to the different metabolic process of components contained in the muscle and also to their different population in two kinds of muscle fibres. It was suggested from the previous results obtained by us that the decrease of action potential amplitude, at least in the early period of asphyxia, was not due to membrane depolarization but to conformational change of Na-channel by anoxia.

[*J. Physiol. Soc. Japan* (1975) 37, 117-124]

key words : anoxia, contraction, action potential.

I. 緒 言

骨格筋の酸素不足, または欠乏による電氣的, 機械的活動の変化についての報告は少ない. 電氣的活動としては, Ling et al.⁸⁾によると摘出カエル縫工筋は, 無酸素により脱分極を生ずるが, 溶液を流動さすことにより脱分極は減少する. ただし, モノヨード醋酸下では急速且つ著しい脱分極がみられる. ラット横隔膜においても低酸素は2~3時間後では脱分極を生ずる (Creese et al.)⁶⁾.

機械的活動に関しては, ラット横隔膜張力は無酸素になると一旦上昇し, ついで時間とともに漸減する (Paul)¹⁰⁾.

河合たち⁷⁾は, 同様の一時的張力の上昇をラット腓腹筋の阻血後に認めている.

本論文では, ラットの長指伸筋 (EDL), ヒラメ筋 (SOL) を用い, 電氣的活動としては, 細胞外, 内誘導法を併用し, 同時記録した張力曲線と比較検討したのでこれを報告する.

II. 実験方法

成熟ウイスター系雄ラットの代表的 fast twitch muscle である長指伸筋 (EDL) および slow twitch muscle であるヒラメ筋 (SOL) の両筋を実験材料として用いた.

活動電位の誘導法は直径 0.1 mm の銀針電極を用い, 刺激電流が活動電位に干渉するのを防ぐため, 関電極は刺激極から約 15 mm 程度離れた筋腹に刺入し, 不関電極は付着側の腱をアースしてこれに連結した.

ラットを第1図に示す如く固定し, 張力は付着側の腱をスチールワイヤーで mechano-electric transducer (共和電業製) に連結し, 活動電位と同時にブラウン管オシロスコープ (日本光電社製 VC-7) で写真記録した.

張力測定のための筋長は単収縮で最大振巾がえられるように調節し, 収縮曲線の最大上昇, 下降の速さを測定するため, 時定数 0.1 msec の微分回路を併用した.

刺激は直径 0.1 mm の銀針電極をマルチプルに筋に刺入し, 1) 単一直接刺激, 2) 反復直接刺激とし, 反復刺激の周波数は, 200 Hz

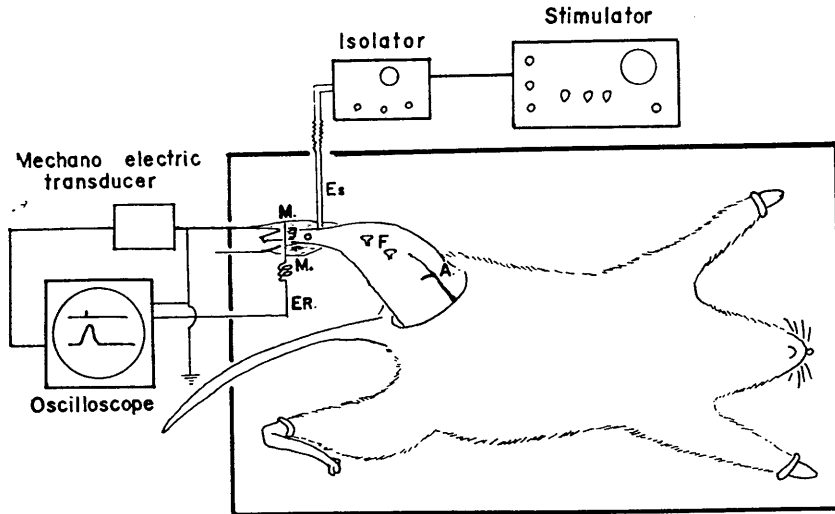


Fig. 1. Experimental arrangement. M: Extensor digitorum longus or soleus. E_s : Stimulating electrodes. E_R : Recording electrode. F: Rigid fixation of femur to table. A: A. iliaca externa.

(EDL), 150 Hz (SOL) を用い、刺激期間は 300~500 msec とした。

刺激のパラメーターは、1) 矩形波、巾 0.3 msec, 2) 強度は過最大 (閾値強度の約 3 倍) とした。

また、被験筋の阻血は、大腿部外腸骨動脈部を血管を損傷させぬよう注意し、鉗子ではさみ、さらに電場および筋温 (36.5~37°C) の恒常性を維持し且つ筋の乾燥防止のため、実験は恒温流動パラフィン中で行なった。

Ⅲ. 実験結果

A. 単一直接刺激による活動電位振巾の変化について

正常血流を維持している筋に、1 分間隔で刺激し変化を追求した結果、約 10 分間は EDL, SOL とも有意の変動は見られなかった。

次に阻血の影響を追求した結果、活動電位の波形や振巾に次のような変化を認めた (第 2, 3, 4 図)。すなわち、阻血後は EDL, SOL ともに波形はひろがり、振巾は単調に減少した。しかしながら、血流を再開して 10~15 分後では阻血時間 (10 分, 15 分) により多少ことなるが

約半数に完全回復をみた。

B. 単収縮における張力の変化について

1. 収縮高

阻血に先立って収縮高の変化を追求した結果、毎分 1 回の刺激頻度で約 10 分間は両筋ともほとんど変化を認めなかった。

次に阻血による影響をしらべた結果、阻血の前後で収縮波形の変化を認めた。すなわち EDL の多くの標本においては第 5 図が示すように阻血により収縮高が一時的に増大するとともに収縮の最大上昇、下降の速さも増大していることを認めた。これを時間的にプロットしたものが第 6 図である。このような一時的収縮高の増大を示す率は 17 例中 15 例で、他の 2 例では増大を認めなかった。この増大の程度は最大ピーク時で測定すると、最高 140%、平均 $122 \pm 10.0\%$ であった。

次に SOL では収縮高の増大を示すもの 22 例中 6 例であるが、この増大の程度は EDL にくらべ弱く、最高 113.6%、平均 $110.6 \pm 2.0\%$ であった。その他はすべて阻血とともに単調に減少した (第 5, 7 図)。

C. 収縮時間と半弛緩時間

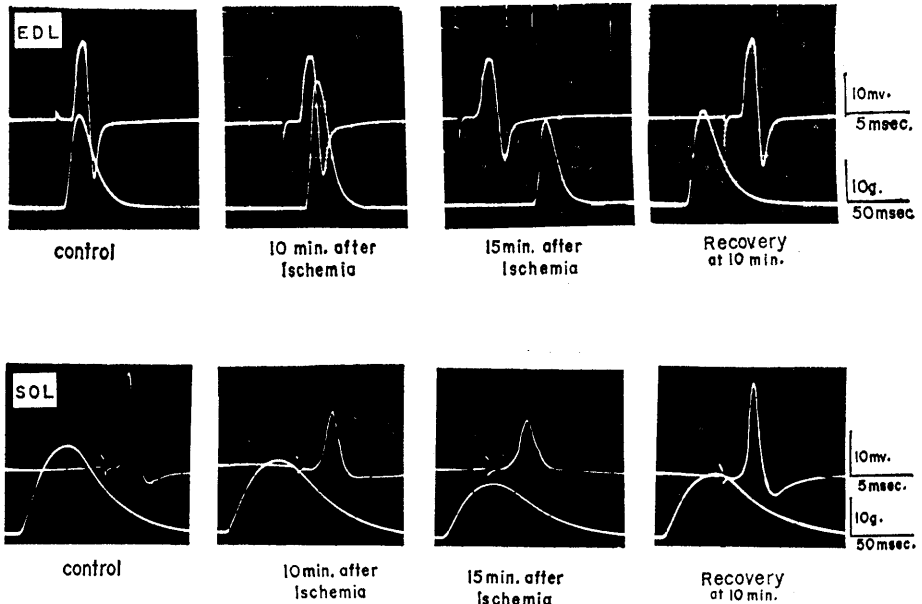


Fig. 2. A single twitch by direct stimulation. Above : action potential. Below : tension. Recovery : at 10 min. after release.

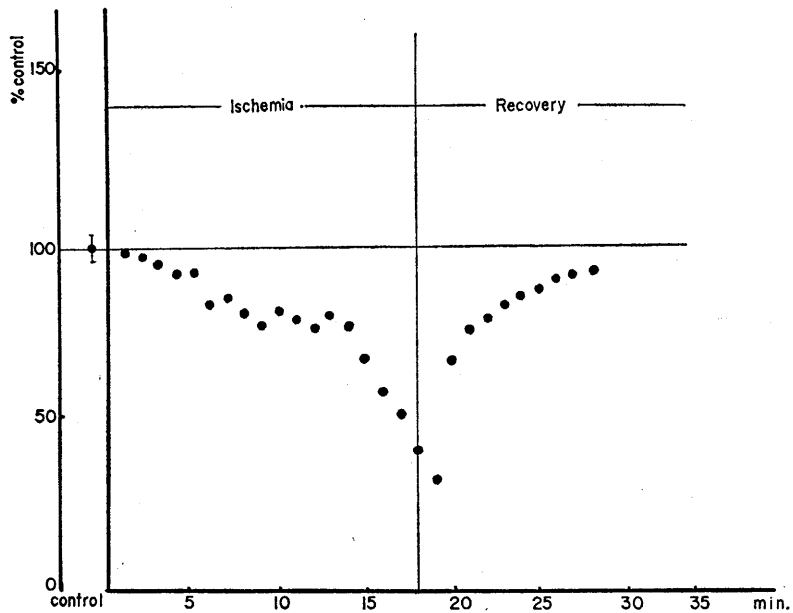


Fig. 3. Time course of action potential amplitude of rat. M. extensor digitorum longus.

阻血の影響により収縮時間は両筋とも変化する。両筋の変化をまとめたのが表1である。す

なわち、EDL では阻血後減少し、血流再開後回復し、そののちやや増大するのが大部分であ

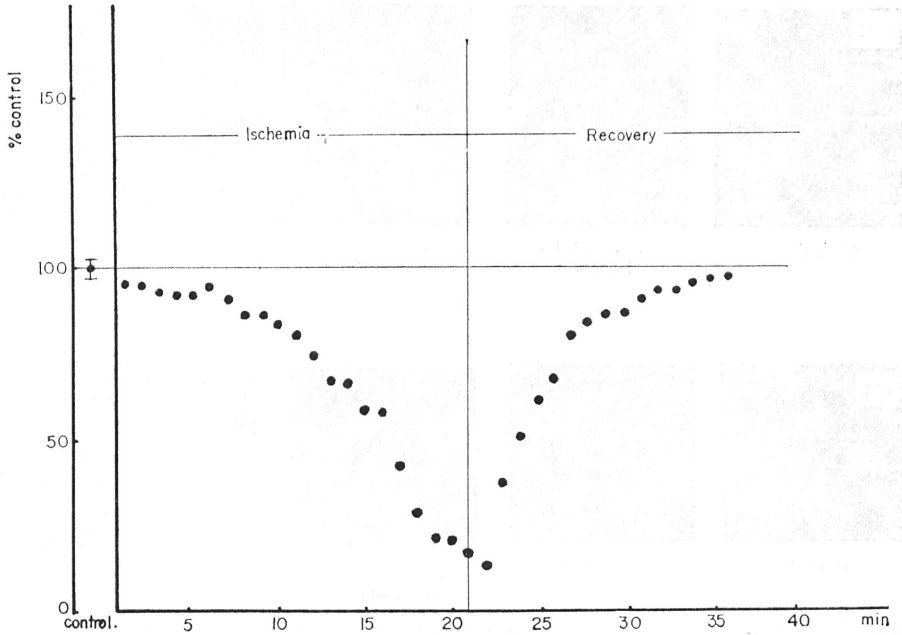


Fig. 4. Time course of action potential amplitude of rat. M. soleus.

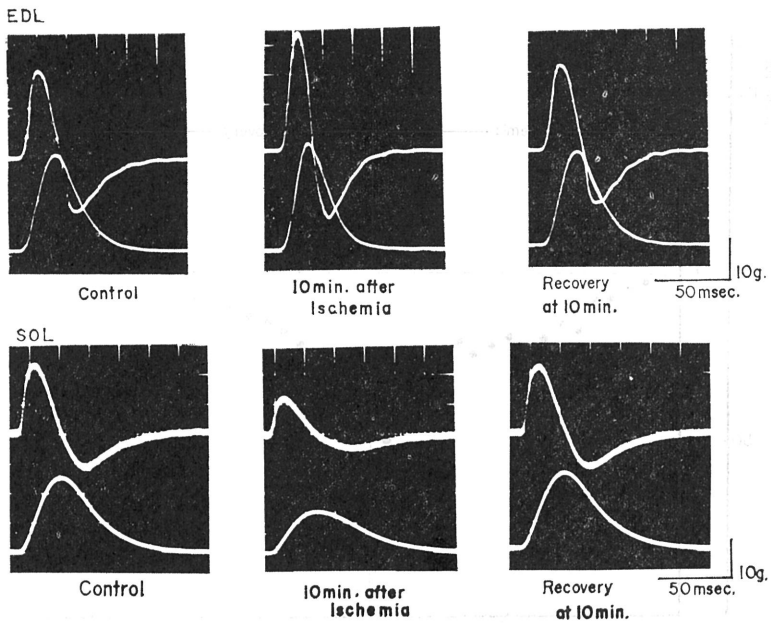


Fig. 5. Isometric twitch responses of the extensor digitorum longus and soleus after ischemia. above : dP/dt. below : P (tension). Recovery : at 10 min. after release.

った。また SOL では、大部分阻血後増大の傾向を示し、血流再開後は次第に阻血前まで回復

する傾向がみられた。

次に、半弛緩時間についてしらべた結果、阻

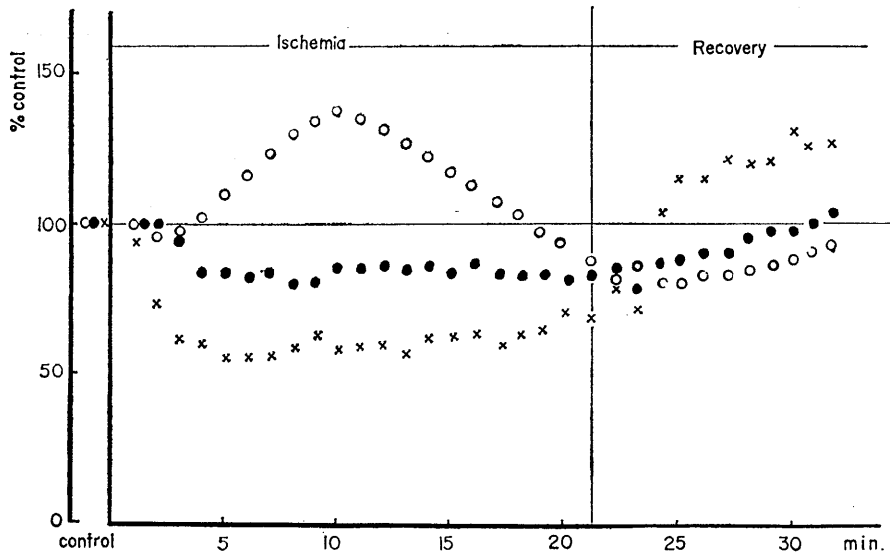


Fig. 6. Time course of twitch tension peak (○), contraction time (●) and half-relaxation time (×) of rat M. extensor digitorum longus.

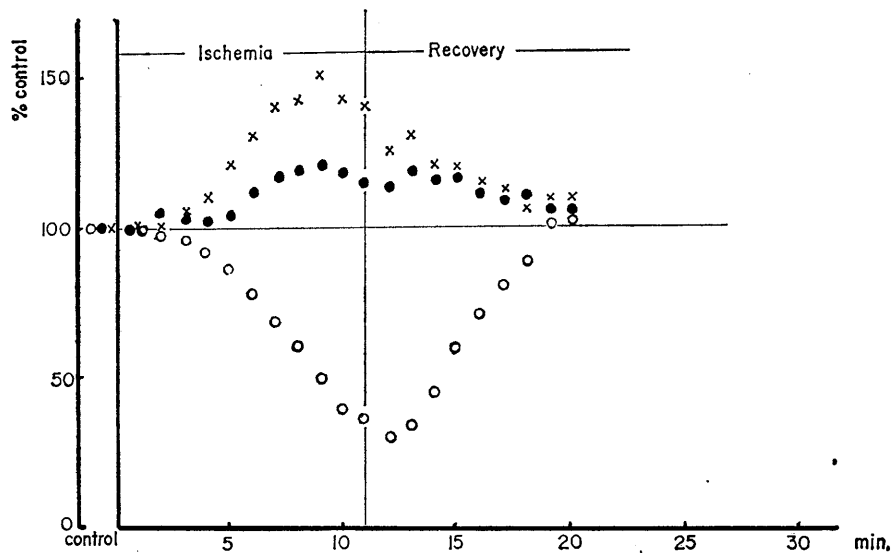


Fig. 7. Time course of twitch tension peak (○), contraction time (●) and half-relaxation time (×) of rat M. soleus.

血の影響は両筋ともそれぞれの収縮時間の変化と同様な傾向を示した。

D. 強縮における張力の変化について
強縮張力におよぼす阻血の影響については、EDL, SOL ともに張力の減少がみられた (第8図)。

また、EDL においては阻血前にみられた僅かな sag (強縮中の張力の漸減) が阻血後は著明となったが、SOL における阻血では sag は出現しなかった。

さらに、強縮-単収縮比を検討した結果、表2に示す如く、EDL の強縮張力の減少の速さ

Table 1. Contraction and half-relaxation time after asphyxia

		Contraction time	1/2 relaxation time
EDL	Control	13.48	11.70
	10min after asphyxia	11.47	9.20
	Difference	-2.01 ± 1.29	2.50 ± 1.55
	n	17	14
	P	<0.001	<0.01
SOL	Control	31.64	26.19
	10min after asphyxia	32.39	32.90
	Difference	0.75 ± 0.58	6.71 ± 5.56
	n	22	17
	P	<3.0	<0.001

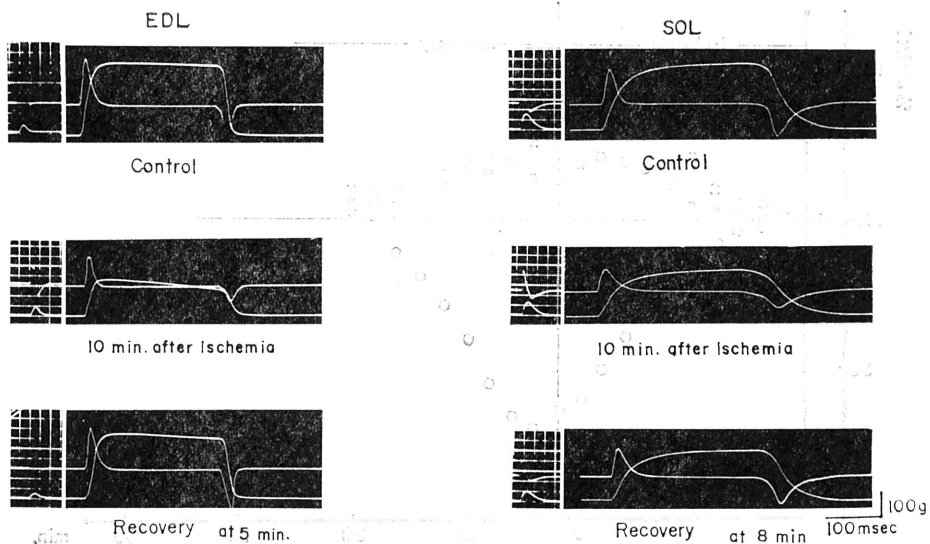


Fig. 8. Tetanic responses of the rat extensor digitorum longus and soleus after ischemia. Above, dP/dt ; below, P. tension in each figure. Twitch contraction, immediately before tetanus. stimulus frequency, (200 per sec) EDL and (150 per sec) SOL.

は SOL に比べて大きく耐疲労性が小さい。これに加えて阻血後しばらくの間は単収縮は増大しているので、この期の強縮-単収縮比は正常の場合とことなり SOL に比しむしろ小さかった。

IV. 考 察

A. 窒息による電氣的活動の変化について
阻血をすると EDL, SOL ともに筋直接刺激による表面活動電位の振巾が減少しはじめる。

Table 2. Changes of tetanic tension during asphyxia of rat M. extensor digitorum longus and soleus

	Ischemia			
	Control %	3min.	5min.	10min.
EDL	100	70.0±21.7	69.9±17.0	36.2± 9.4
SOL	100	91.8± 7.0	84.0± 6.1	73.1±10.4

この原因については、1) 個々の筋細胞の活動電位そのものの振幅減少、2) いくつかの筋細胞が活動電位発生を停止したことの二つが考えられる。これらを明らかにするため、無酸素のもとで摘出筋について細胞内誘導を行なうと、表面活動電位の減少に応じてオーバーシュートの減少ないし消失がみられる (佐藤ほか)¹¹⁾。

興味あることは、膜電位は無酸素開始後少くとも20分間は有意な脱分極を示さない。したがってこの時期のオーバーシュートの減少は脱分極に基くものでなく無酸素により Na-channel の性質が変化したと考えるのが妥当であろう。すでに McDonald et al.⁹⁾はモルモット心筋細胞において、無酸素により活動電位持続や収縮性の減少は著しいが、膜電位にはほとんど影響がみられないことを認めている。彼等はその理由として、ナトリウムの電気発生性ポンプの活動は glycolytic ATP で充分であるが、プラットフォームの維持や収縮はこれでは不充分であると結論している。

同様なことがネコの乳頭筋でもみられる (Trautwein et al.)¹²⁾。

骨格筋においてもこのポンプの存在は証明されている (Akaike)¹⁾。したがって、もし心筋と同じような膜電位維持機構があるとすれば、少くとも無酸素初期に脱分極がみられないことは理解できる。この理由は考慮外である。無酸素による閾値上昇が考えられるが、本実験では閾値強度を十分にこえた強度 (閾値の約3倍) を用いているのでかなりの閾値上昇があっても

発火するはずである。しかしながら無酸素状態が20分以上続くと脱分極が徐々にはじまり、これに応じて活動電位の減少が著明になってくる。これは先に述べた Na-channel 障害の外、脱分極の影響もあろう。

B. 血流阻止による収縮の変化について

先ず著明な現象として EDL ではほとんどの標本において、阻血とともに活動電位振幅は減少し続けているにもかかわらず張力が一時的に増大することである (第2, 6図)。この増大は140%にまで達する。SOL においてもこの現象が認められるが、その頻度および程度は EDL にくらべてはるかに少さい。

上記の如くこの現象はラット横隔膜においてもみられている (Paul)¹⁰⁾。彼はこれ無酸素によって筋細胞膜に接した細胞外液の K⁺ 濃度が上昇しその結果、脱分極が生じたためといっている。

しかし著者はこれを筋を構成する筋細胞のエネルギー代謝様式の差に求める。

ラットの EDL は fast oxidative glycolytic (FOG) 59%, fast glycolytic (FG) 38%, slow oxidative (SO) 3%からなっている (Ariano et al.)²⁾。

一方、ラットの SOL は、FOG 16%, FG 0%, SO 84%からなっている (Ariano et al.)²⁾。したがって無酸素により先ず SO および FOG の一部が脱落すると考えると、速い筋線維はその干渉を受けることなく固有の収縮を露呈する。また速い筋よりなる運動単位の単収縮張力

の大きさは、おそい筋のそれよりはるかに大きい (Burke)⁵⁾。したがって EDL では、ことに速い筋線維を含む比率が大きいため、速い筋線維そのものの収縮障害を生じるまでは一時的張力増大がみられるはずである。

張力増大の時期には主として速い筋線維が活動している証拠として、次のことがあげられる。1) 収縮時間の短縮、2) 張力、上昇、下降の速さの増大、3) 半弛緩時、収縮持続時間の短縮、4) 速い筋特有の著明な sag の出現。

上記の一時的収縮高の増大の頻度、程度が SOL より EDL において大きいことは両筋の組成から推定できよう。

無酸素により SO が脱落するという考えは Buchthal et al.⁴⁾にもみられる。すなわち、ヒトの上腕二頭筋、腓腹筋に阻血を行ない、小数線維に分けたものの収縮時間の測定をすると、この分布は短い方に移動する。これは SO が阻血により脱落したことによると推論している。次に両筋とも阻血を続けると活動電位はもちろん、張力も漸減し、最大上昇、下降の速さは減少する。これは、ATP 減少と、myosin ATPase の活性の低下のためであろう。いずれが主因であるかは本実験では勿論触れられないが、ATPase 活性と収縮時間との関係 Barany³⁾、またこれと Ca⁺⁺ 取り込み、ひいては弛緩の速さとの関係からみて、後者の活性低下も否定できない。

V. 結 論

1. ラットの下肢筋のうち、速い筋として長指伸筋を、遅い筋としてヒラメ筋を選び阻血によるそれらの活動電位、張力の変化を追求した。

2. 阻血後間もなく活動電位振巾は、単調に漸減しはじめるが、ことに長指伸筋では単収縮における収縮高の一時的増強がみられた。

3. 収縮高増強時の張力曲線を解析すると、これは筋を構成する要素のうち、主として嫌氣的代謝を行なう速筋の活動によることがわかった。

4. 別に同名筋を摘出し、細胞内電位変化を

みると、無酸素開始後少くとも20分間は膜電位に変化がないことから、この時期の活動電位振巾の減少は、無酸素による膜構造変化に基づくと推論した。

稿を終るに当って、終始御懇篤な御指導を賜った山口大学医学部丹生治夫教授、ならびに研究に協力し幾多の助言を与えて下さった山口大学教養部皆川孝志助教授、河合洋祐助教授、森田俊介講師、的場秀樹助手に衷心より感謝の意を表します。

文 献

- 1) Akaike, N. (1975) Contribution of an electrogenic sodium pump to membrane potential in mammalian skeletal muscle fibres. *J. Physiol.*, **245**, 499-520
- 2) Ariano, M. A., Armstrong, R. B. & Edgerton, V. R. (1973) Hindlimb muscle fiber populations of five mammals. *J. Histochem. Cytochem.*, **21**, 51-55
- 3) Barany, M. (1967) ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *J. Gen Physiol.*, **50**, 197-218
- 4) Buchthal, F. & Schmalbruch, H. (1970) Contraction times and fiber types in intact human muscle. *Acta Physiol. Scand.*, **79**, 435-452
- 5) Burke, R. E. (1968) Firing patterns of gastrocnemius motor units in the decerebrate cat. *J. Physiol.*, **196**, 631-654
- 6) Creese, R., Scholes, N. W. & Whalen, W. J. (1958) Resting potentials of diaphragm muscle after prolonged anoxia. *J. Physiol.*, **140**, 301-317
- 7) 河合洋祐, 皆川孝志, 森田俊介, 丹生治夫 (1973) ラット腓腹筋の活動電位と張力におよぼす阻血の影響. 第27回日本体力医学会総会号 74-75
- 8) Ling, G. & Gerard, R. W. (1949) The membrane potential and metabolism of muscle fibers. *J. Cell comp. Physiol.*, **34**, 413-438
- 9) McDonald, T. F. & Macleod, D. P. (1971) Maintenance of resting potential in anoxic guinea pig ventricular muscle: Electrogenic sodium pumping. *Science.*, **172**, 570-572
- 10) Paul, D. H. (1961) The effects of anoxia on the isolated rat phrenic-nerve-diaphragm preparation. *J. Physiol.*, **155**, 358-371
- 11) 佐藤 吏, 森田俊介 (1975) 無酸素下における哺乳類骨格筋の膜電位と活動電位. *山口医学* **24**, (No. 2) (投稿中)
- 12) Trautwein, W. & Dudel, J. (1956) Aktionspotential und kontraktion des herzmuskels im sauerstoffmangel. *Pflügers Arch.*, **263**, 23-32

フナ呼吸筋活動におよぼす延髄の切断および 電気凝固の影響 612.21

福田 博 之 (川崎医科大学生理学教室)

Effects of transections and electrical coagulations in the medulla oblongata upon the activities in the respiratory muscles of the crucian carp (*Carassius carassius* L.) HIROYUKI FUKUDA (*Department of Physiology, Medical School, Kawasaki University, Kurashiki*)

The following conclusions may be drawn from the results in this work. The respiratory cycles are formed by the neuronal machinery in the reticular formation under the posterior part of the vagal motor nucleus. The motor neurones or the neuronal networks composing the motor nucleus of the respiratory muscles tonically discharge the action potentials, when the neurones or the networks are released from the inhibitory influences of the interneurones connecting the neuronal machinery to the motor neurones. Furthermore, the interneurones probably generate the tonic discharges after removing the inhibitory influences of the other interneurones or the neuronal machinery on them. A reflex mouth closing is elicited by a mechanical stimulus applying on the upper lip. The motor neurones of the m. adductor mandibulae are activated via only one synapse in the reflex. The reflex action potentials recorded from the motor nerve reduce in amplitude at the resting phase of the nerve in the respiratory cycles. These results suggest that the respiratory motor neurones are by nature spontaneous generators of the tonic action potentials and, in the time of the normal breathing, the tonic activity is interrupted by an inhibitory influence of the neuronal machinery generating the respiratory cycles.

[J. Physiol. Soc. Japan (1975) 37, 125-136]

key words : respiratory center, respiratory muscle, EMG, coagulation, transection.

I. 結 言

呼吸周期の形成に関する神経機構の解明には、中枢を形成する各種呼吸性ニューロンの機能による確かな分類とその種類間の相互作用の丹念な解析が必要なものと考えられる。この方向にそった知見が橋、延髄、脊髓、迷走神経等の刺激に対する各種呼吸ニューロンの応答様式の解析 (Nakayama & Baumgarten¹⁰⁾ 1964, Bertrand & Hugelin²⁾ 1971, Cohen³⁾ 1971, von Euler et al.⁴⁾ 1961 a, b, Hildebrandt⁶⁾ 1974) 等の手法によって、哺乳動物では蓄積されつつあるように思われる。

魚類では呼吸性ニューロンの活動の記録 (Hukuhara & Okada⁷⁾ 1956, Woldring & Dirken¹⁵⁾ 1951, Shelton¹³⁾ 1961, Baumgarten & Salmoiraghi¹⁾ 1961, Woldron¹⁴⁾ 1972) およ

び切断実験 (Shelton¹²⁾ 1959) によって呼吸中枢が哺乳動物と同様に延髄に存在することが知られている。一方、哺乳動物と異なり魚は鰓呼吸をおこない、その呼吸筋は主として三叉および顔面神経によって支配されている。したがって呼吸に関する神経機構は全て延髄内に存在している。この事実は各種呼吸筋の運動ニューロンを逆行性刺激によって延髄内に同定することを可能にしている。また、これらの運動ニューロンとの相互関係の解析によって、各種呼吸中枢ニューロンの同定もまた可能である。したがって、魚類を用いることによって呼吸周期の形成機構を知る道の一つが開かれるのではないかと期待される。また、魚も脊椎動物であり、その呼吸中枢に関する知識が哺乳動物の呼吸中枢機構の理解に役立つことも十分期待できる。加えて、肺呼吸における空気のような往復運動が鰓呼吸の水では不必要である、すなわち水は口から鰓へ向って一方向に流れるのみでたりる。

これは実験動物の動きを少なくし、電極の刺入と保持を容易にするものと考えられる。

しかるに、魚類の呼吸中枢の内部機構を解析した実験は見られず、その知見は全くないように思われる。よって、まず切断および電気凝固によって延髄各部の呼吸に関する役割を検討した。

II. 実験方法

実験には体長 20~30 cm のフナ *Carassius carassius L.* を用いた。無麻酔の動物の頭頂部頭蓋と側筋の吻側端背側部を鉗で Fig. 1 に示したように切除した。続いて脊髄吻側部を横断

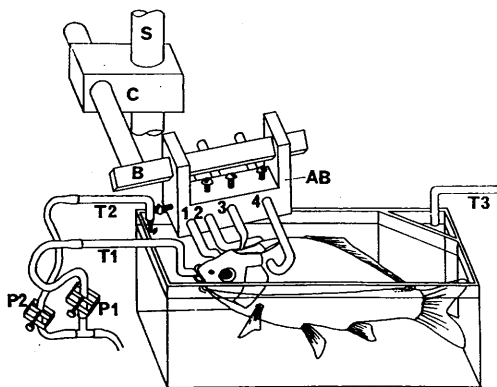


Fig. 1. Scheme illustrating the arrangement of the experimental apparatus. S; extraheavy pillar stand. C; clamp. B; L-shape bar with an arm of square section. AB; holder made of an acrylic resin block. 1~4; stainless steel rods used for fixing the upper edge of the right eye orbit, the cutting edge of the skull and the pin (3 mm ϕ) penetrating the shoulder muscle. T1, T2; glass tubes, supplying water (20~21°C) to the fish and the experimental tank (30×15×15 cm). T3; draining tube connected with an aspirator. P1, P2; pinchcocks regulating water for the fish and tank.

した。魚体の固定はアクリル樹脂製の固定器 (AB) にネジで固定できるステンレススチール製の棒 (Fig. 1, 1~4) 4本を用いておこなった。棒1により上眼窩骨を、棒3により、頭頂骨切断端を、また棒2および4により、側筋の吻側端背部を刺し通した径3 mmのステンレス

製のピンを固定した。固定器 (AB) を L字型金具 (B) の四角柱部にネジで固定し、クランプ (C) によりスタンド (S) に取り付けた。一端を口中に浅く挿入したガラス管 T1 に恒温水槽 (30×40×22 cm, 22°C) よりポンプで水を送り (80~120 ml/min), 動物の呼吸水とした。またガラス管 T2 によっても実験水槽 (30×15×15 cm) に水を補給し (400 ml/min), 水槽の温度を 18~21°C に保った。実験水槽の水は側室からアスピレーターに連結したガラス管 T3 によって排出した。ガラス管 T3 の高さを変え、水面を動物の眼窩腹側縁より約 1 cm 低く保った。水面上の魚体は可能なかぎりガーゼおよび流動パラフィンで覆い乾燥をさせた。

下眼窩骨, 前鰓蓋骨, 鱗状骨等を必要に応じて丸ノミ鉗子で切除し, 呼吸筋を露出した。また三叉神経の上顎および下顎枝は左眼球を剔出することによって露出した。呼吸筋の筋電図は左側の下顎内転筋 (M. adductor mandibulae), 口蓋弓内転筋 (M. adductor arcus palatini), 鰓蓋内転筋 (M. adductor operculi), 舌骨下顎挙上筋 (M. levator hyomandibulae), および鰓蓋開筋 (M. dilator operculi) から記録した。筋電図用電極はステンレス製昆虫針より作った。電極の先端の径は 20~50 μ であり, 先端の約 100 μ を残してシリコン樹脂で被覆した。間を 500 μ おいて2本の電極をエポキシ樹脂で固定し, 双極電極として用いた。増幅には RC 増幅器 (時定数 0.003秒, 日本光電 RB-5) を使い, ペンレコーダー (日本光電 RJG-3024) で記録した。

実験では常に右鰓蓋の運動を記録した。記録は歪計 (日本光電 SB-1 T) と同用増幅器 (日本光電 RP-5) を用いてペンレコーダーによっておこなった。三叉神経の刺激および活動電位の誘導は径 0.5 mm の銀双極電極に神経を掛けておこなった。活動は RC 増幅器 (日本光電 AVB-8) を介してオシロスコープ (日本光電 VC-7 A) で記録した。

呼吸性中枢ニューロンの活動は銀微小電極を用いて誘導した。電極本体は径 100 μ , 長さ約

10 cm の銀線を電解研磨して先端の直径を4~10 μ に尖らしたものである。補強と絶縁のために、あらかじめ先端を折り取った細胞内電極用ガラスピペットにこの電極を挿入し、先端を20~50 μ 突出させ固定して用いた。記録は微小電極用前置増幅器 (日本光電 MZ-4) および RC 増幅器 (日本光電 RB-5) を介してオッシロスコープでおこなった。

脳の切断には安全カミソリの刃 (フェザー両刃薄型) を長さ5 mm, 幅2 mm 程度折り取り、柄を付けて作ったメスを用いた。メスの刃は切断の度に取り替えた。

電気凝固は、径200 μ のステンレス線をカシュー樹脂で被覆した単極電極を用いて電気刺激装置 (日本光電, SEN-1101) から2~3 mA の直流を0.5~2分間通流することによっておこなった。凝固部位は組織切片により観測した。切片の作製は10%ホルマリン固定, アルコール脱水, クロロホルム, パラフィン包埋, 30 μ 切薄, ニッスル染色によった。

III. 実験結果

A. 中枢切断実験

Shelton¹²⁾ (1959) は tench の中枢切断実験をおこない、周期的呼吸運動が保持されるためには小脳の吻側端から筆尖の少し吻側までの延髄が必要なことを示した。同様な切断によって、各呼吸筋の活動に変化が認められるかどうかを検討する目的で、次の3種の実験をおこなった。

1. 吻側限界の検索

Fig. 2 に示したように左側の種々な呼吸筋と右側の鰓蓋の運動を同時に記録しながら、右および左の視蓋 (o. t.) B, 右および左の終脳 (o. l.) C, 小脳弁 (v. c.) D, および torus semicircularis (t. s.) E を次々に切除し、最後に小脳吻側端 (挿入図の4の高さ) で延髄を切断した (F)。これら全ての切除によって呼吸運動の周期は失なわれなかった。これは Shelton¹²⁾ (1959) の実験と類似の結果である。図に示した実験例では、延髄吻側部の切断によって、外転筋の活動

が強められ鰓蓋は外転位で小さく呼吸運動をおこなっているが、この結果が全ての実験において常に観察されるものではなかった。6例の同種の実験中2例ではこの横断によって規則正しい周期的呼吸活動は失なわれた。他の4例では呼吸周期が認められ、内2例は上記の結果を示し、他の2例では全ての呼吸筋の活動が減弱した。この4例では、より尾側の延髄を再び横断した。全例で呼吸筋の周期的活動は消失した。

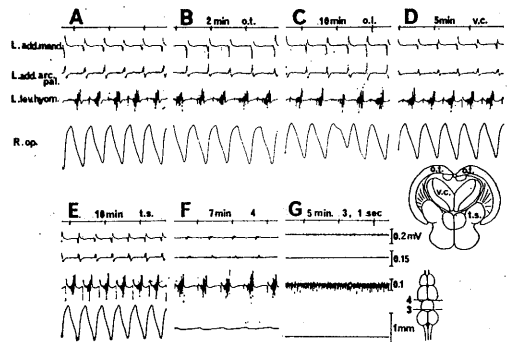


Fig. 2. Effects of the excision of the rostral part in the brain. L. add. mand., L. add. arc. pal., L. lev. hyom.; EMG of the left adductor mandibulae, adductor arcus palatini and levator hyomandibulae, respectively. R. op.; movements of the right operculum (closing = up on trace). The levels of the transections are shown on the inserted brain sketch. These explanations are applied to the subsequent figures. A; control. B; 2 min after the excision of optic tectum (o. t.). C; 10 min after that of olfactory lobes (o. l.). D; 5 min after that of valvula cerebelli (v. c.). E; 10 min after that of torus semicircularis (t. s.). F, G; 7 and 5 min after transection of 4 and 3, respectively.

小脳の尾側、顔面神経葉の吻側部での横断 (挿入図の3の高さ) の1例をGに示した。

2. 尾側限界の検索

延髄の最下端の筆尖部の高さでの横断の後呼吸周期は存続した (Fig. 3, B, C)。同種の9例の実験例全てで類似の結果をえた。しかし、8例では鰓蓋運動の振幅が減少した。他の1例では変化がなかった。3例において頻度が増大し、Fig. 3 にその例を示したように鰓蓋内転筋

の活動期間の延長に伴う、鰓蓋の内転位への偏位が認められた。4例では頻度は減じ、鰓蓋開筋と舌骨下顎挙上筋の活動期間の延長を伴った鰓蓋外転期の延長が見られた。他の2例では呼吸周期は変らなかった。上記9例のうち1例で次の横断を Fig. 3 挿入図の2の高さでおこなった。左半側横断(D)について、右半側の切断(E)をおこなった。これらの切断によって呼吸運動の振幅はさらに小さくなったが周期が消失するにはいたらなかった。各呼吸筋にも周期的活動が認められた。他の8例で次の横断を顔面神経葉尾側端 (Fig. 4 挿入図2の高さ)でおこなった。この横断によって呼吸活動の周期性は全例で消失した。

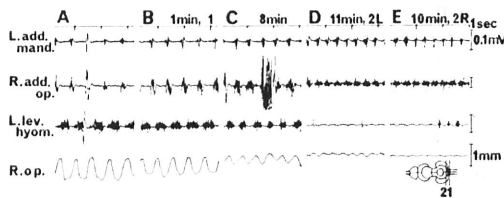


Fig. 3. Effects of the transections in the caudal part of the medulla oblongata. R. add. op.; EMG of the right adductor operculi. A; control. B; traces of 1 min after the transection of 1. C; 8 min after that. D; 11 min after the transection of the left half of 2. E; 10 min after that of the right half.

3. 周期的呼吸活動に必要な延髄部分の切断

前述したように顔面神経葉尾側端の高さで延髄を横断すると呼吸活動の周期性は消失する (Fig. 4 C, 挿入図2の高さ)。同部位の左半側切断10分後の活動を Fig. 4 B に示した。同側の口蓋弓内転筋および鰓蓋内転筋の周期的活動は存続している。同様な結果が下顎内転筋 (8実験例中6例)、口蓋弓内転筋 (2例全例) および鰓蓋内転筋 (8例中7例) で記録された。これに反し、舌骨下顎挙上筋の活動は停止している。同様な呼吸性周期活動の停止が同筋 (6例中4例) と鰓蓋開筋 (3例中2例) で見られた。しかしこの場合には呼吸周期の存続する例

(残りの2例と1例) もあった。ついで右半側の切断すなわち同部位の高さでの完全横断をおこなった (C)。周期的呼吸運動および呼吸筋の周期的活動は完全に消失した。しかし、鰓蓋内転筋および口蓋弓内転筋に持続的活動がみられた。他方舌骨下顎挙上筋の活動は停止した。この種の停止および持続的活動は鰓蓋を大きく開き、続いて強く閉じる運動にともなう活動あるいは停止によって間歇的 (13秒~30秒間隔, 3個体23例の平均 18.9秒) に破られるのが普通であった。Shelton¹²⁾ (1959) はこれを正常時のセキ (cough) に対応する運動と考えている。同種

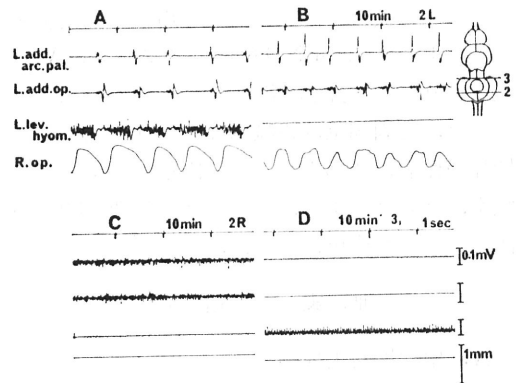


Fig. 4. Effects of the transections in the middle part of medulla oblongata. A; control. B, C and D; traces of 10 min after the transection of left half of 2, that of the right half and that of the both sides of 3, respectively.

の実験において、下顎内転筋 (5例中4例)、口蓋弓内転筋 (2例全例) および鰓蓋内転筋 (7例全例) に持続的活動が見られた。逆に外転筋の舌骨下顎挙上筋 (4例中3例) および鰓蓋開筋 (2例全例) では活動の停止が認められた。続いて顔面神経葉の吻側端部の高さ (挿入図3の高さ)での横断の影響を検討した (Fig. 4 D)。前の横断によって持続的活動を示していた内転筋の活動がこの横断によって停止し、逆に停止していた外転筋、舌骨下顎挙上筋に持続的活動がひきおこされた。

Fig. 5 に同部横断の他の実験例を示した。この実験では Fig. 4 に例示した実験と異なり顔

面神経葉尾側端の高さでの横断はおこなっていない。したがって、顔面神経葉吻側端部における左半側の切断 (Fig. 5, 挿入図の3の高さ) 後にも、下顎内転筋および鰓蓋内転筋の周期的活動は存続している。しかし、舌骨下顎挙上筋は持続的活動を示すようになった (B)。続いて右側の切断をおこなうと、舌骨下顎挙上筋の持続的活動は引き続き持続するが下顎内転筋および鰓蓋内転筋の周期的活動は消失した (C)。舌骨下顎挙上筋の持続的活動もまた小脳吻側部 (挿入図の4の高さ) の左半側の切断によって消失

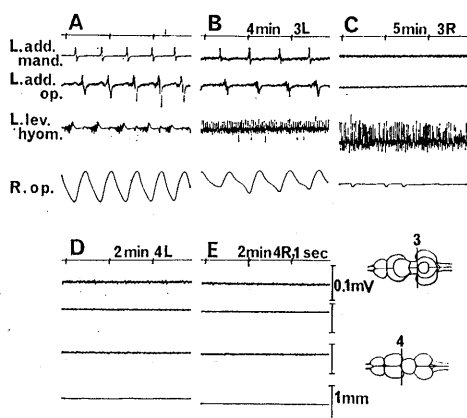


Fig. 5. Effects of the transections in the rostral and middle parts of medulla oblongata. A ; contral. B ; traces of 4 min after the transection of left half of 3. C ; 5 min after that of the right half. D ; 2 min after that of left half of 4. E ; 2 min after that of the right half.

した (D)。同右半側の切断によっては追加されるべき効果は惹起されなかった (E)。顔面神経葉吻側端部の横断の後には、三叉神経支配である下顎内転筋 (13例中9例)、舌骨下顎挙上筋 (14例中13例) および鰓蓋開筋 (7例中6例) には持続的活動が認められるようになり、顔面神経支配の鰓蓋内転筋 (8例中7例) および口蓋弓内転筋 (6例中5例) では活動の停止が起きた。この横断によって顔面神経の脳内経路が断たれるものと考えられる。

B. 凝固実験

上述した脳幹の横断実験によってひきおこさ

れる呼吸筋活動の変化を他の方法によって再現し確認するために、またその変化の原因となる脳組織を同定するために次の電気凝固実験をおこなった。二つの実験の結果は非常によく一致した。

まず呼吸筋活動の周期性が失なわれる最も尾側の横断 (顔面神経葉尾側端の高さ) において、この変化をもたらす脳組織を検討した。この横断の直尾側すなわち Fig. 6 の挿入図に示した AR および AL の部位を電気凝固した。これらの部位に凝固用電極を刺入するのみで呼吸筋活動に著明な変化がひきおこされる。その1

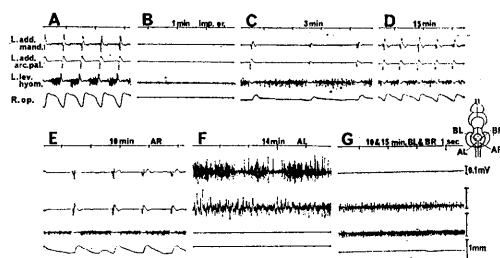


Fig. 6. Effects of the electrical coagulations in the caudal parts of medulla oblongata. A ; control. B, C and D are traces of 1, 3 and 15 min after impaling electrodes into the points of AL and AR, respectively. E ; 10 min after the coagulation of AR with current of 2 mA in intensity and 1 min in duration. F ; 14 min after the coagulation of AL (2 mA and 1 min). G ; 15 min after BR (2.5 mA and 1 min) and 10 min after BL (2.5 mA and 1 min).

例を Fig. 6 に示した。刺入後、1, 3, 15分後の呼吸筋活動の変化をそれぞれB, C, Dに示した。刺入によって周期的な呼吸筋の活動は一時消失した (B)。この時舌骨下顎挙上筋は持続的活動を示し、その後この持続的活動が時々中断され、内転筋の活動が中断に一致して認められるようになり、鰓蓋外転期間の長いゆっくりした周期の呼吸活動が再現した (C)。この周期は次第に早くなり5~10分後には回復した (D)。同種の11例の実験で、呼吸周期の同様な延長が7例に認められた。残り4例中2例では逆に周期は約0.5秒から0.2秒程度まで短縮した。

この短縮期には内転筋の周期的活動が認められるのみで、外転筋には全く活動が認められなかった。1~2分後には呼吸周期は0.3~0.4秒にまで回復し、外転筋の活動が再現した。約20分後にはもとの周期にまで回復した。他の2例では周期に変化は生じなかった。次にARの部位を凝固すると舌骨下顎挙上筋の活動期間の延長と呼吸周期の延長が認められた(E)。さらに他側のALの部位を凝固すると下顎内転筋および口蓋弓内転筋の持続的な活動が生じ、呼吸周期は失なわれ舌骨下顎挙上筋の活動は持続的に停

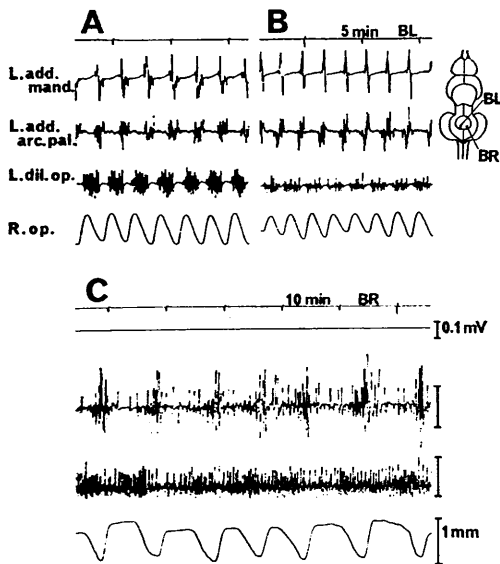


Fig. 7. Effects of the electrical coagulations in the caudal part of medulla oblongata. A; control. B; 5 min after BL (2 mA, 30 sec). C; 10 min after BR (2.5 mA, 30 sec).

止した(F)。同種の実験で下顎内転筋(7例中6例)、鰓蓋内転筋(7例全例)および口蓋弓内転筋(7例中6例)が持続的活動を示した。また舌骨下顎挙上筋(8例全例)および鰓蓋開筋(6例全例)で持続的な活動停止が見られた。この結果は顔面神経葉尾側端の高さでの横断の結果とよく一致している。

前述したように顔面神経葉尾側端の高さでの横断によって顔面神経支配の内転筋には持続的な活動が生じる。この活動は同葉の吻側端位の

横断によって消失する。また同尾側端位の横断によって持続的に活動を停止していた三叉神経支配の外転筋には、続く吻側端位の横断によって持続的な活動がひきおこされる。このような筋活動の変化をもたらす部位を検索するためにBLおよびBRを凝固した。これによって口蓋弓内転筋では持続的な活動が継続しているが下顎内転筋の持続的活動は完全に停止し、逆に舌骨下顎挙上筋に持続的活動が現われた(G)。同種の実験において、鰓蓋内転筋(5例全例)、口蓋弓内転筋(4例中3例)に、また外転筋の舌骨下顎挙上筋(6例全例)、鰓蓋開筋(4例全例)にも持続的な活動が認められた。検索した呼吸筋ではただ一種、下顎内転筋においてのみ持続的な活動停止が認められた(5例中4例)。

前述のAL、ARの部位の凝固はおこなわずBLおよびBRの部位(挿入図)を凝固した実験の1例をFig. 7に示した。図Bは左側の凝固5分後の記録、続いて右側を凝固し10分後の活動を図Cに示した。これらの凝固により呼吸周期は消失しなかったが下顎内転筋の活動は停止し、口蓋弓内転筋と鰓蓋開筋は呼吸周期にともなって増減する持続的活動を示すようになった。同様な持続的活動が他の実験例において舌骨下顎挙上筋と鰓蓋内転筋に認められた。

上述のBL、BRの凝固実験の結果は顔面神経支配の鰓蓋内転筋および口蓋弓内転筋に持続的活動が認められた点、および下顎内転筋が持続的な活動停止を示し、持続的活動を示さなかった点で顔面神経葉吻側端の高さでの横断実験の結果とは異なっている。この相異をもたらす延髄の部位を同定するためにFig. 8の挿入図に示したCLとCRの部位の凝固をおこなった。その結果の1例をFig. 8に示した。B、C、DはそれぞれCLの部位の凝固の1分、5分、67分後の記録である。口蓋弓内転筋の活動は完全に停止し、鰓蓋開筋は持続的に活動するようになった(D)。下顎内転筋の活動は一時停止したが、やがて周期的な活動が回復してきた。続いてCRの部位を凝固すると、口蓋弓内転筋および鰓蓋開筋の活動は不変であったが下

顎内転筋が持続的活動を始めた (E, F, G). 次に三叉神経運動核が存在する部位であるDの部位を凝固するとその直後 (H) には下顎内転筋と鰓蓋開筋に大きな持続的活動が現われたがやがてあらゆる活動が全ての筋で消失した (I, J). 同種の実験において、両側のCの部位の凝固後には舌骨下顎挙上筋 (4例全例), 鰓蓋開筋 (4例全例) および下顎内転筋 (5例中4例) は持続的活動を示したが口蓋弓内転筋 (2例全例) と鰓蓋内転筋 (2例全例) の活動は消失した. この結果は顔面神経葉吻側端の高さの横断実験の結果とよく一致している.

以上の凝固実験における凝固部位を組織切片

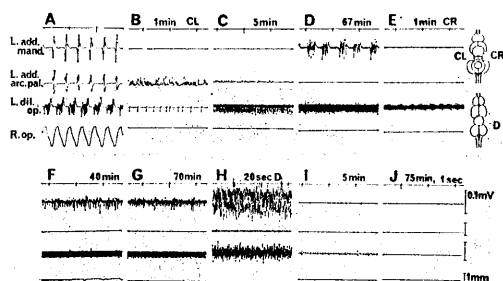


Fig. 8. Effects of electrical coagulations in the middle and rostral parts of medulla oblongata. A; control. B, C and D are the traces of 1, 5 and 67 min after the coagulation of CL (3 mA, 1 min). E, F and G; 1, 40 and 70 min after that of CR (3 mA, 1 min). H, I and J; 20 sec, 5 and 75 min after that of D (2.5 mA, 1 min).

によって検索した結果を Fig. 9 に示した. 点Aの凝固実験7例の結果を図Aに示した. 凝固部位は迷走神経運動核の腹側の内側縦束と三叉神経脊髄路の間で, 視蓋延髄脊髄路の背側の延髄網様体中に存在していた. 図BにBの部位の凝固実験7例の結果を示した. この実験では顔面神経運動核の尾側の上記と同様な網様体が凝固されていた. Cの部位の凝固5例の範囲は三叉神経脊髄路の内側および腹側, 内側縦束の外側, crista cerebelliの腹側, 視蓋延髄路の背側に広く広がっていた. また尾側では顔面神経運動核の前部が破壊され, 吻側は三叉神経運動核の尾側まで広がっていた. Dの部位の凝固

実験4例の結果を図Dに示した. 三叉神経運動核を含む網様体に凝固破壊の拡がり認められた.

C. 閉口反射とその抑制

フナの上唇部の皮膚を機械的に刺激すると口を閉じる反射が起きる. 以降これを閉口反射と呼ぶ. フナの口を閉じる運動は強力な下顎内転筋によっておこなわれる. また, 吻部口腔内壁を機械的に刺激すると口は開かれ強力なはき出し運動がおこる. 以降これを開口反射と呼ぶ.

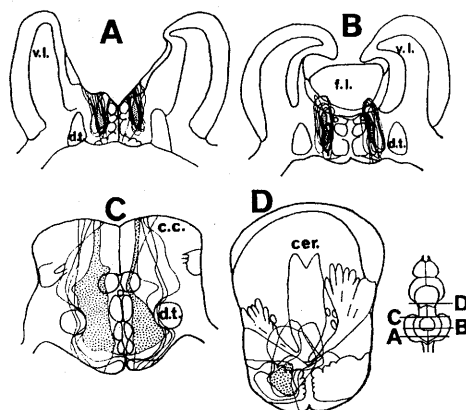


Fig. 9. Anatomical localizations of the coagulated regions in the experimental series as shown in Fig. 6 and 8. A-D are drawn from the sections of the brain levels shown in the inserted sketch. A; coagulated regions of AL and AR. B; BL and BR. C; CL and CR. D; D. The areas coagulated in all the experiments of the each series are dotted. f. l.; facial lobe. d. t.; trigemino-spinal tract. v. l.; vagal lobe. cer.; cerebellum. c. c.; crista cerebelli.

これらの運動に関係する下顎内転筋は呼吸筋でもある. したがってこの反射活動と呼吸中枢の活動がどのように関係しているかは興味深い問題である. よって, この反射の解析を試みた.

下顎内転筋は三叉神経下顎枝 (Fig. 10, 挿入図の S3) の一分枝 (同M) により運動支配を受けている. また上唇部および口腔内壁の皮膚にもこの神経の分枝 (S2) は分布している. また前額部の皮膚は三叉神経上顎枝 (S1) の支配領域である. よってまず, これらの3皮膚枝に加えられた電気刺激に対する運動枝の応答を検

討した。その結果の1例を Fig. 10 に示した。図の S1, S2, S3 はそれぞれの皮膚枝刺激に対する運動枝の応答を示している。S2 神経刺激によって運動枝に反射性活動電位がひきおこされた (S2)。刺激より応答の peak までの時間は約 2.7 msec であった。これが閉口反射に関係

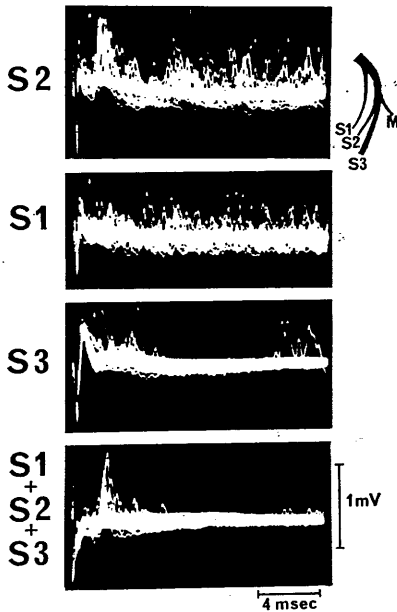


Fig. 10. Reflex activities observed in the motor nerve of *m. adductor mandibulae*. The branches of trigeminal nerve in eye orbit are shown in the inserted sketch. S1; ramus maxillaris. S2; ramus mandibularis. S2; a sensory branch of ramus mandibularis, innervating the skin of the upper lip. M; a motor branch innervating the adductor mandibulae. Traces of S1, S2, S3 and S1+S2+S3 are the reflex activities by the stimuli applied on the branches of S1, S2, S3 and the all of them, respectively. On the each records, 30 sweeps are superimposed. Parameters of the stimulus; 1 Hz, 0.05 msec, 5 vol.

する反射活動と考えられる。S1 の刺激では明確な応答が認められなかった。S3 の刺激によっては、6 msec から 16 msec まで、10 msec 程度続く活動の抑制が観察された (S3)。これは開口反射に関係する抑制と考えられる。3本の皮膚枝を同時に刺激すると反射性活動電位に続

いて抑制が生じた (S1+S2+S3)。

下顎内転筋の運動神経 (M) において、皮膚枝 (S2) の刺激によってひきおこされる反射性活動

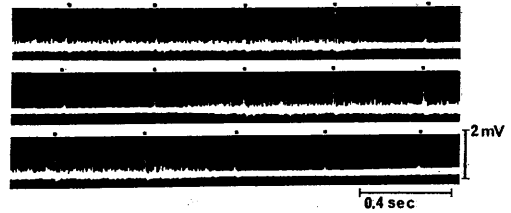


Fig. 11. Change in amplitude of the reflex action potentials during the respiratory cycles. The reflex action potentials are indicated by the dots upside of the trace. Parameters of the stimulus applied on the S2 branch; 5 Hz, 0.05 msec, 5 vol.

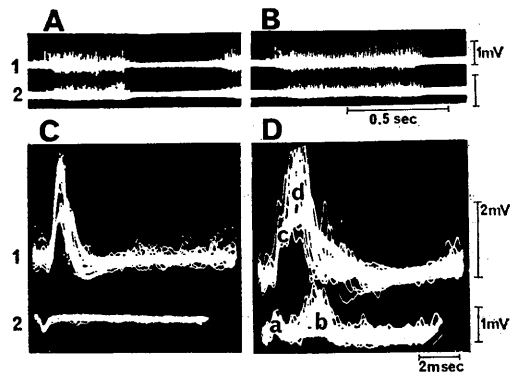


Fig. 12. Activities in the motor nucleus of the trigeminal nerve. A and B; Spontaneous respiratory activities recorded from the motor nucleus (1) and the motor nerve of the adductor mandibulae (2). C, 1: evoked potentials in the motor nucleus induced by the antidromical stimuli of the motor nerve. C, 2; action potentials induced on the S2 nerve by the stimuli. D, 1; evoked potentials in the nucleus elicited by the stimuli of S2 nerve. D, 2; action potentials of the motor nerve induced by the stimuli. In the records of C and D, 30 sweeps are superimposed. Parameters of the stimulus; 1 Hz, 0.05 msec, 5 vol.

と呼吸性活動の関係を検討した結果を Fig. 11 に示した。図の黒点に対応している活動が 5 Hz の刺激によってひきおこされた反射性活動であり、その他の小さい活動が呼吸性の活動で

ある。反射性の活動電位は呼吸周期におけるこの神経の活動期（下顎内転期）の終りに最も大きく、休止期が始まると急激に小さくなった。次いでその大きさは徐々に増大した。

顔面神経葉吻側端と中心溝の三叉点から吻側に 2.4 mm, 左側に 2 mm, 深さ 1.7 mm の点で銀微小電極により記録された活動を Fig. 12 に示した。この電極は他の部位では単一の呼吸性ニューロン活動を記録できたものである。しかるにこの部位では電極をどのように微動させても単一活動を分離できなかつた。図 A および B の上段 (1) に中枢内ニューロンの活動を示し、下段 (2) に下顎内転筋の運動神経の活動を示した。A は呼吸周期の短い時、B は長い時の記録である。二つの活動は非常によく同期している。この記録部位に電極を定置したままで、下顎内転筋運動神経を刺激すると、図 C の上段 (1) の応答がえられた。下段 (2) は皮膚神経 (S1+S2+S3) よりえられた応答である。この応答の peak までの時間は 0.4 msec であり、中枢の応答の立ち上がり点までの時間は 0.7 msec であり、peak までの時間は 0.9 msec であった。図 D の上段 (1) は、上記中枢内電極により記録された皮膚神経刺激に対する応答である。下段 (2) は同刺激に対する運動神経の応答である。運動神経および中枢の応答にそれぞれ a, b, c, d で示した二つずつの peak が見られた。それぞれの peak までの時間は a—0.5 msec, b—2.7 msec, c—0.9 msec, d—1.9 msec であり、立ち上がり点までの時間は b—1.9 msec, c—0.7 msec, d—1.3 msec であった。Peak (a) は運動神経刺激時にえられた皮膚神経の応答と潜時が似ていること、潜時が非常に短いこと、末梢端を切断した皮膚枝で時に神経活動が認められること、および皮膚枝刺激により中枢に逆行性応答が現われることなどから、この神経に混入している運動神経の分枝を介する axon reflex よう反応であろうと考えられる。Peak (c) は運動枝刺激により惹起される逆方向性応答と潜時および peak 時が全く同じこと、応答時間および大きさに動揺が認められないことから皮膚枝

に混入した運動神経の逆方向性応答と考えられる。Peak (b) および (d) はそれぞれ運動神経および細胞体の反射性応答と考えられる。

IV. 考 察

A. 呼吸周期形成に関する中枢部位について
顔面神経葉尾側端の高さで延髄を横断すると Shelton¹²⁾ (1959) の tench における実験と同様に周期的呼吸活動は消失した。迷走神経運動核の尾側部、内側縦束、三叉神経脊髄路、視蓋延髄脊髄路によって包囲される網様体の電気凝固によっても周期的呼吸活動は消失した。したがって呼吸周期の形成に最も基本的な役割をなしている呼吸性ニューロンあるいはニューロン網（以後周期形成ニューロンと呼ぶ）はフナでは顔面神経葉尾側端と筆尖の約 1 mm 吻側の間の網様体に存在するものと推察される。哺乳類ではネコを用いて、Hukuhara Jr. et al.⁹⁾ (1960) は呼吸性ニューロン活動の記録される領域が麻酔によって縮小し、延髄網様体外側部に限定されることを示している。

B. 呼吸筋の持続的活動について

Fig. 13 に各切断と凝固の呼吸筋活動に対する影響をまとめて示した。顔面神経支配の筋は切断 (2) あるいは凝固 (A) によって、三叉神経支配の筋は切断 (3) あるいは凝固 (C) によって全て持続的活動を示すようになった。この持続的活動は凝固 (C) および (D) によりそれぞれの運動核が破壊されると消失した。この持続的活動は、2 時間以上の長時間変らず持続すること、切断および凝固のいずれによっても同様に引き起されること、延髄の特定の部分が破壊されると常に一定の筋にのみ発現すること、順次破壊を進めると一度生じた持続的活動が消失し、次の破壊によって再び出現する場合があることなどから破壊の刺激効果によるものではないと考えられる。また破壊部位と持続的活動を示す運動核が離れていても生じること、および電気凝固による場合には運動核存在部の脳表面の血流に顕微鏡で見るとかぎり変化が認められないことから貧血による酸素不足に起因するものとも考

えられない。したがって魚類の呼吸性運動ニューロンは本来持続的活動能を有するものであると考えられる。そして正常呼吸時には、この持続的活動が抑制性介在ニューロンを介して周期的に抑制されているものと考えられる。この推論は後述するように呼吸筋運動ニューロンを単シナプス反射中枢とする反射活動が、そのニューロンの呼吸周期における休止期に抑制されることによって支持されるものと考えられる。より低頻度ではあるが相同と考えられる呼

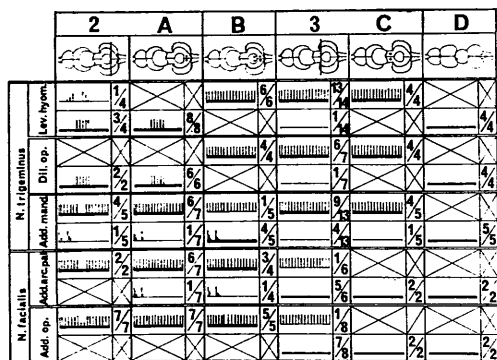


Fig. 13. Summary of the effects of transections and electrical coagulations. Transections and coagulations are indicated on the brain sketches. Names of the muscles and the innervating nerves are in the left side. Types of muscle activities are shown by the schematic sketches of the records. The number of experiments observed the type of activities is shown in the right side of the sketches with a total experimental number.

吸性運動ニューロンの持続的活動が Hukuhara et al.⁸⁾ (1960) によって、前根のみを残して第8～第10胸髄を遊離したネコの第8肋間筋の筋電図において示されている。

三叉神経支配の筋においては持続的活動が引き起こされる前の段階の中枢破壊によって持続的な活動停止が認められた。この停止は運動ニューロンの持続的活動が持続的に抑制されていることを示唆し、抑制性介在ニューロンの持続的活動を示しているものと考えられる。したがって抑制性介在ニューロンもまた持続的活動能

を有し、正常呼吸時には呼吸周期形成ニューロンから周期的抑制を受けているものと想像される。以上の論議に立脚し各実験結果を説明する神経回路の最も簡単なものを Fig. 14 に示し

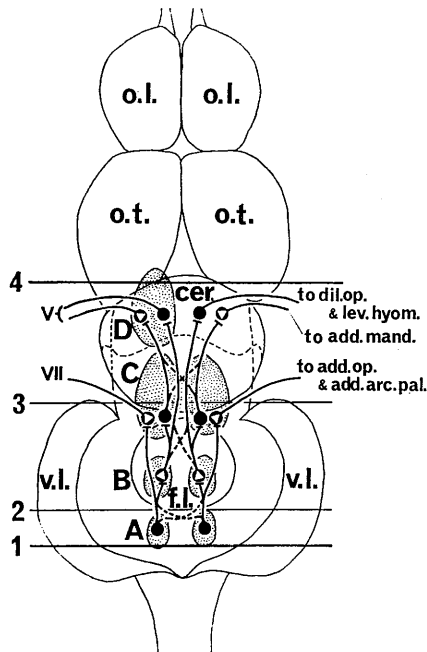


Fig. 14. Scheme illustrating the explanation of the results. o. l.; olfactory lobe. o. t.; optic tectum. cer.; cerebellum. v. l.; vagal lobe. f. l.; facial lobe. V; V th cranial nerve. VII; VII th cranial nerve. 1-4; transection levels. A-D; coagulated areas. The neurones with a white triangle generate a burst during the adducting periods in the respiratory cycles. And the other neurones work during the abducting periods. The neurones or neuronal networks in the area of A generate the respiratory cycles. The respiratory neurones in the other parts generate automatically a tonic discharge of action potentials when the neurones escape from the inhibitory influences of the other respiratory neurones. Without the motor neurones, all the neurones are the inhibitory nature for the other respiratory neurones.

た。これを実験仮説として、今後より詳細な解析を進める予定である。

C. 左右の連絡について

切断 (2) および凝固 (A) が左半側の場合

には同側の全ての呼吸筋が周期的呼吸活動を示した。また切断 (3) の左半側のみをおこなった時には鰓蓋開筋を除く全筋に呼吸周期が認められ、凝固 (C) の左側のみをおこなった時には顔面神経支配の口蓋弓内転筋と鰓蓋開筋以外で呼吸周期が認められた。したがって、検索した呼吸筋を支配する神経系は切断 (3) より吻側においても左右交叉しているものと考えられる。

D. 呼吸性運動ニューロンの反射活動について

三叉神経下顎枝の上唇部皮膚に分布する分枝を刺激した時、下顎内転筋運動神経に引き起される反射活動の最短反射時間は 1.9 msec であった。また、運動神経の伝導時間は最も短いものが 0.7 msec であった。皮膚枝刺激によって現われる中枢の応答の最も早いものが 0.7 msec であり、これは混在している運動神経によるものと考えられる。これは、この反射に関する知覚神経の伝導速度が運動神経のそれよりも遅いことを示している。よって、両神経の伝導時間を 0.7 msec とし、シナプス遅延時間を計算すると 0.5 msec となった。したがってこの反射は単シナプス反射と考えられる。この単シナプス反射は呼吸周期におけるこのニューロンの休止期に抑制された。Nakayama & Baumgarten¹⁰⁾ (1964) は、順方向性あるいは逆方向性刺激によって、ネコの延髄の呼吸性ニューロンにひきおこされる活動電位が、そのニューロンの呼吸周期における休止期に抑制されるという本実験における結果と相同な結果を報告している。

V. 要 約

フナの延髄の切断および電気凝固の呼吸筋活動に対する影響を検討した。

1. 顔面神経葉の尾側端の高さでの延髄の横断、あるいはその直尾側で迷走神経運動核の腹側の網様体を凝固すると周期的呼吸筋活動は消失した。したがって呼吸周期形成に不可欠なニューロン (周期形成ニューロン) がこの部位に存在するものと考えられる。

2. 上記の破壊によって顔面神経支配の内転

筋および三叉神経支配の下顎内転筋は持続的な活動を始め、三叉神経支配の外転筋の活動は持続的に停止した。続いて顔面神経葉の尾側部の高さの延髄網様体を凝固すると、下顎内転筋の持続的活動は持続的な活動停止にかわり、逆に三叉神経支配の外転筋は持続的活動を始めた。顔面神経葉の吻側端の高さで横断あるいは凝固をおこなうと、三叉神経支配の全筋に持続的活動がひきおこされた。

3. これらの持続的活動は、三叉神経または顔面神経の運動核が破壊されると完全に停止した。したがってフナの呼吸筋を支配する運動ニューロンは、本来持続的活動能力を有するものと推察される。加えて、持続的活動停止はこの持続的活動が持続的に抑制されて生じるものと考えられる。したがってこの運動ニューロンは持続的活動能力を有する抑制性介在ニューロンにより支配されているものと推察される。

4. 上口唇背部の機械的刺激によってひきおこされる閉口運動が、三叉神経運動核を中枢とし、下顎内転筋を効果器とする単シナプス反射であることを明らかにした。

5. 求心路の電気刺激によるこの単シナプス反射は、呼吸周期における下顎内転筋の休止期に一致して抑制された。

6. 以上により、フナの呼吸筋の周期的活動は、その運動ニューロンの持続的活動が抑制性介在ニューロンを介して、周期形成ニューロンによって周期的に抑制され形成されているものと考えられる。

この研究は川崎医科大学プロジェクト研究費により援助された。

文 献

- 1) von Baumgarten, R. & Salmoiraghi, G. C (1962) Respiratory neurones in the goldfish. *J. Neurophysiol.* **25**, 489-500
- 2) Bertrand, F. & Hugelin, A. (1971) Respiratory synchronizing function of nucleus parabrachialis medialis; Pneumotoxic mechanisms. *J. Neurophysiol.* **34**, 189-207
- 3) Cohen, M. I. (1971) Switching of the respiratory

- phases and evoked phrenic responses produced by rostral pontine electrical stimulation. *J. Physiol.* **217**, 133-158
- 4) von Euler, C., Hayward, J. N., Marttila, I. & Wyman, R. J. (1973, a) Respiratory neurones of the ventrolateral nucleus of the solitary tract of cat: Vagal input, spinal connections and morphological identification. *Brain Research* **61**, 1-22
 - 5) von Euler, C., Hayward, J. N., Marttila, I. & Wyman, R. J. (1973, b) The spinal connections of the inspiratory neurones of the ventrolateral nucleus of the cat's tractus solitarius. *Brain Research* **61**, 23-33
 - 6) Hildebrandt, J. R. (1974) Intracellular activity of medullary respiratory neurons. *Exp. Neurol.* **45**, 298-313
 - 7) Hukuhara, T. & Okada, H. (1956) On the automaticity of the respiratory centers of the catfish and crucian carp. *Jap. J. Physiol.* **6**, 313-320
 - 8) Hukuhara, T., Sumi, T. & Kotani, S. (1960) Automatic activities of the spinal cord concerned with the respiratory movements. *Acta. Med. Okayama* **14**, 271-277
 - 9) Hukuhara, T. Jr., Saji, Y., Kumadaki, N., Kojima, H., Tamaki, H., Kakeda, R. & Sakai, F. (1969) Die Lokalisation von atemsynchron entladenden Neuronen in der retikulären Formation des Hirnstammes der Katze unter verschiedenen experimentellen Bedingungen. *Naunyn-Schmiedebergs Arch. Pharmak. exp. Path.* **263**, 462-484
 - 10) Nakayama, S. & von Baumgarten, R. (1964) Lokalisierung absteigender Atmungsbahnen im Rückenmark der Katze mittels antidromer Reizung. *Pflügers Archiv.* **281**, 231-244
 - 11) Salmoiraghi, G. C. & von Baumgarten, R. (1961) Intracellular potentials from respiratory neurones in brain-stem of cat and mechanism of rhythmic respiration. *J. Neurophysiol.* **24**, 203-218
 - 12) Shelton, G. (1959) The respiratory centre in the tench (*Tinca tinca L.*) I. The effects of brain transection on respiration. *J. exp. Biol.* **36**, 191-202
 - 13) Shelton, G. (1961) The respiratory centre in the tench (*Tinca tinca L.*) II. Respiratory neuronal activity in the medulla oblongata. *J. exp. Biol.* **38**, 79-92
 - 14) Waldron, I. (1972) Spatial organization of respiratory neurones in the medulla of tench and goldfish. *J. exp. Biol.* **57**, 449-459
 - 15) Woldring, S. & Dirken, M. N. J. (1951) Unit activity in the medulla oblongata of fishes. *J. exp. Biol.* **28**, 218-220

電子計算機で制御される生理学実験用周波数合成器

林 治 秀 (東京医科歯科大学歯学部口腔生理学教室)

Computer-controlled frequency synthesizer for electrophysiological experiments Haruhide HAYASHI (*Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University*)

生体へ電気刺激を与える場合、刺激頻度はその強さ、持続時間と共に重要な因子である。この頻度、または刺激間隔信号は電気刺激装置内蔵の発振器によって作り出されることが多い。従来の発振器は抵抗と容量素子を発振周波数決定の要因としているため、周波数の連続的可変ができる反面、特定のしかも高精度の周波数はえがたく、温度変化や電源電圧変動の影響を受けやすい欠点をもっている。反之、近年のデジタル方式を採用したものは時間間隔をダイヤル数字で設定でき、水晶発振器で基準時間信号をつくり出しているため高精度で安定であるという長所をもっている。

一方、刺激頻度と生体の興奮性との関係を調べる場合、特に音の振動数と聴ニューロンの反応の性質をみる時には、電子計算機を用いて on-line で実験を行ない、データの解析のみならず、刺激の制御も計算機にさせる方が遙かにすぐれている。しかし LINC-8 をはじめとする小型電子計算機では記憶容量に制約されて、正確な周波数を直接出力させるプログラムはつくり難い。

そこで、1) 設定された周波数、または時間間隔信号を高精度、安定に発生すること。2) 電子計算機(ここでは LINC-8)の BCD 出力により周波数または時間間隔を制御できること。3) C-MOS IC を応用して簡略化すること、を目的として生理学実験用デジタル周波数合成器を試作した。なお本器単独でもダイヤル数字を手動で設定することにより正確な時間信号がえられるようにした。

Fig. 1 のブロック図に示したように本器は基

準時間信号発生部、周波数合成部、時間間隔信号をうるための分周部の3部から成り、これに LINC-8 出力を受ける interphase が付属する。

基準時間信号は、Fig. 2 に示したように水晶発振器で 5 MHz を発振させ IC₂₋₈ で分周して 5 M, 1 M, 100 k, ..., 1 Hz と 8 段階の周波数のパルスを出している。

周波数合成には BCD rate multiplier (DRM) を利用した。ここで使用した C-MOS IC MC 14527 (Motorola 社)¹⁾、10進法で M という数値を、BCD コードで A, B, C, D (Fig. 2 参照) へ入力しておくことと入力クロックパルス 10 個に対して M 個のパルスを出す。しかし出力パルスの周期は等間隔にならないためさらに 10 分の 1 に分周せねばならない。周波数の有効数字を 2 桁としたため 2 段カスケードに接続した。入力パルス周波数 (f_{in}) と出力パルス周波数 (f_{out}) の関係は Fig. 1 に示してある。

決められた時間間隔のパルスは C-MOS IC MC 14522 (Motorola 社)²⁾ で分周して出している。これは programmable divide counter

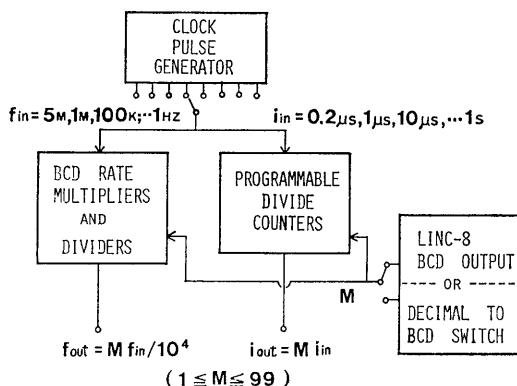


Fig. 1. Block diagram.

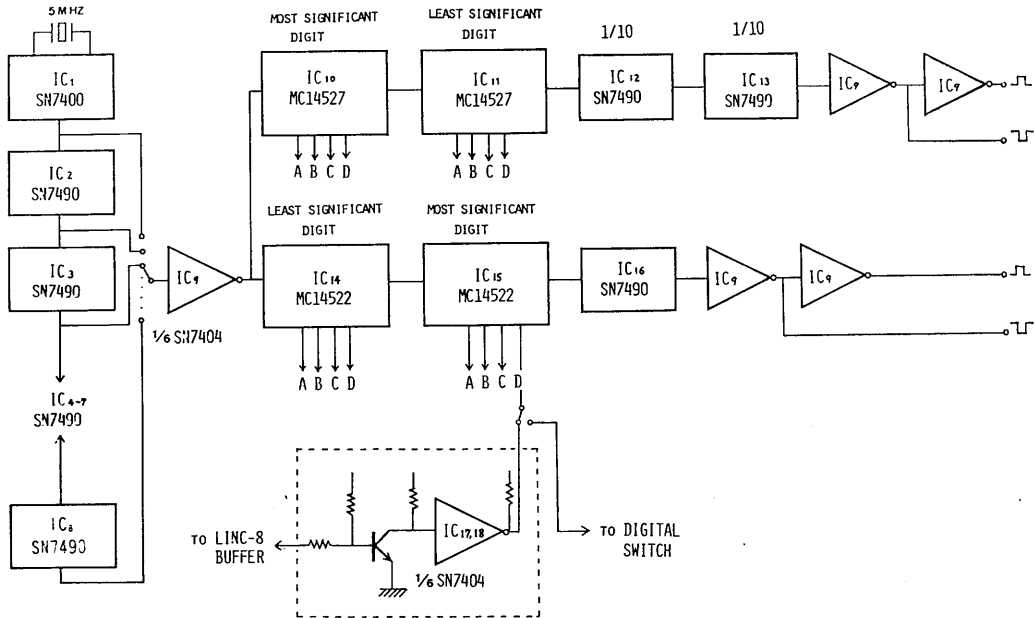


Fig. 2. Rough circuit diagram. For further explanation see text.

で、A, B, C, D (Fig. 2 参照) にNという数をBCDコードで入力しておくことと入力パルスN個ごとに1個のパルスを出すから、出力パルスの間隔 (i out) は入出力パルスのそれ (i in) のN倍となる。これも2段接続して、有効数字2桁とした。なお、長時間周期のパルスをうるためIC₁₆でさらに10分の1に分周した。また、Fig. 2のC-MOS IC前段のIC₉はTTLとのinterphaseである。周波数などの設定はdecimal to BCDスイッチで手動でも行なえるが、LINC-8で制御するにはLINC-8 BCD出力の論理0 = -3 V, 論理1 = 0 Vを論理0 = 0 V, 論理1 = 15 Vへと変換せねばならない。この方法をFig. 2点線内に示す。LINC-8は6ビットのリレーバッファおよびリレーを内蔵しているが、さらに6ビット追加してaccumulatorのビット数と等しい12ビットに改造した。そして制御用出力はリレーバッファから取り出す。余りの4ビットは将来周波数レンジ切替えの命令に使う予定である。

主な性能を次に列記する。

key words : 周波数合成器, C-MOS IC, DRM.

1. 制御用入力 : BCD 8 ビット, 論理 0 = -3 V, 論理 1 = 0 V. または 2 桁デジタルスイッチ.

2. 出力 : 0 ~ 3 V パルス, デューティサイクル : 20% または 50%. 周波数設定範囲 : 1×10^{-4} Hz ~ 49.5 KHz ; 時間間隔設定範囲 : 2 μ sec ~ 990 sec.

3. 電源 : +5 V (ただし IC_{10, 11, 14, 15} は +15 V).

現在矩形波をサイン波にする変換部を試作中である。

本器の試作にあたり、御校閲を賜った市岡正道教授、および御指導いただいた東京医科歯科大学附属難治疾患研究所神経生理学部門村田計一教授、南定雄先生に感謝いたします。

文 献

- 1) Motorola MC 14527 (1972) Datasheet and application note, Motorola.
- 2) Motorola MC 14522 (1972) Datasheet and application note, Motorola.

第51回近畿生理学談話会

日 時：昭和50年5月24日（土）午前10時より
場 所：大阪医科大学臨床第二講堂
当番幹事：今井雄介，藤本 守

1. 保存血の酸素親和性と赤血球内環境

落合威彦，榎 泰義，餅 忠雄，富田 晋（奈良医大，第二生理）

ACD 保存血および CPD 保存血の O_2 親和性と赤血球内環境との関係について検討した。

1. ACD 保存による赤血球内 2, 3-DPG の半減期は 3~4 日であり， P_{50} の半減期も 3~4 日であった。一方，CPD 保存の場合は，2, 3-DPG は 4 日目あたりまで一時上昇し，以後減少したが， P_{50} の変動も同様な経過をとった。

2. ACD 保存 0~32 日目までの pH_i と pH_e との関係は，大きな変動はみられず新鮮血の場合とほぼ同様であり，pH_e = 7.40 のとき pH_i は 7.15~7.19 の範囲にあった。

3. ACD 保存血および CPD 保存血の両者について， O_2 親和性と 2, 3-DPG/Hb との関係調べたところ，両者ともほぼ直線関係にあったが，同一 2, 3-DPG 濃度下では ACD 保存血より CPD 保存血の方が常に O_2 親和性が低く，また，この曲線の勾配（すなわち， O_2 親和性の 2, 3-DPG 感受性）は CPD 保存血の方が小さかった。

4. ACD 保存血と CPD 保存血の総酸溶性燐量と比較したところ，保存期間を通じて ACD 保存血より CPD 保存血の方が 1~2 割多いことがわかった。よって，CPD 保存血の方が同一 2, 3-DPG 濃度下で O_2 親和性が低いこと，および P_{50} の 2, 3-DPG 感受性が小さいことが理解できる。

2. 脳切片電気活動形成（回復）過程の温度依存性

藤井崇知，吉崎和男*（京都府医大，第二生理・第一生理*）

モルモット嗅脳切片の外側嗅索吻側端を電気刺激することによって嗅皮質上から presynaptic 電位 (initial spike ; IS) とそれに続く postsynaptic 電位 (negative ; N, positive ; P) が記録される。しかしこれらの電位は切片作製後から定常状態になるまでには一定の時間が必要である。今回は脳切片の温度を 37°, 32°, 27°, 24°, および 22°C に保ち

これら電位の回復経過を検討した。IS 電位は温度に大きく影響されず，5 分ですでに出現している。しかしその振幅の大きさは最大値の IS (40~50 分値) に比較して切片ごとのばらつきが著しい。一般に 10~20 分にかけて一過性に IS 電位は増大するが，その後はいく分減少してから定常値に移行する。N 電位の 5 分値は記録されにくい。しかし 15 分経ったところより増大速度は増し，37°C の場合 20~30 分頃に最大値に達し，その後定常値またはいく分漸減傾向を示す。温度を低くすると 60~70 分で最大値に達し，その後同様に漸減する。以上 N 電位は IS 電位に比べて時間的に遅く最大値に達することがわかった。また N 電位の増大曲線は温度に関係なく S 字状曲線を示し，温度が低いほど N 電位回復過程は遅延する。次に N 電位の増大速度より活性化エネルギーを求めると 37°~27°C では約 11 kcal であった。各温度間で N 電位の最大値を比較すると 32°C の場合が最大であった。この現象は一切片で低温度効果を検討した場合にみられる現象とその傾向が似ている。

3. 大脳皮質感覚運動野から小脳皮質への投射について

岡 宏，安田 隆，陣内皓之祐，佐々木和夫（京大，医，脳研，生理）

ネコの大脳皮質体性感覚野および運動野の外側部および内側部の刺激により誘起される小脳皮質応答の出現分布について，苔状線維および登上線維応答を同定し検討した。

大脳皮質体性感覚野の外側部の刺激では，主として対側の小脳前葉後部，単小葉および係蹄小葉の内側部と旁正中小葉に苔状線維および登上線維応答を認めた。同野内側部の刺激では両応答は主として対側小脳前葉の前部に認められ，登上線維応答の一部は単小葉の外側部に比較的強力に出現することが認められた。大脳皮質運動野の刺激では，苔状線維応答は主として対側の小脳前葉の後部，単小葉および係蹄小葉の内側部，旁正中小葉等に認められた。一方，登上線維応答は運動野外

側部刺激ではこれら苔状線維応答の出現部位とほぼ同じところに認められたが、同野内側部刺激では、主として対側小脳前葉中間部、単小葉および係蹄小葉の外側部に著明に認められた。

これらの結果は大脳皮質感覚運動野から小脳前葉皮質に対する投射の体性局在を示唆する。さらに単小葉、係蹄小葉皮質に関しては、運動野内側部からの苔状線維と登上線維応答の分布に差がみられ、特に係蹄小葉には著明な登上線維応答を発現せしめるのに対し、苔状線維応答は微弱である。強力な苔状線維応答を係蹄小葉に惹起せしめるのは頭頂葉連合野である。

4. 脳波誘発電位法による聴覚機能に対する強大音の影響

時本孝行, 中井義明*, 頭司研作* (大阪市大, 医, 第一生理・耳鼻咽喉科*)

聴覚に与える強大音の影響は、その音の強さおよび曝露時間に大いに関係する。われわれはモルモットに、一定強度の連続音および爆発音を曝露し、その後の聴覚の時間的変動を、大脳皮質聴性誘発電位法を用いて検討するとともに、内耳コルチ器における形態上の変化を電子顕微鏡的に検索した。

装置の制約上、曝露音の強度は 115 dB を用い、その 2,000 Hz および 4,000 Hz の純音を、それぞれ 10 分、1.5 時間、2 日間、7 日および 14 日間連続曝露し、曝露前に側頭骨に植め込んだ電極より、一定音圧のテスト音による誘発電位を、100 回加算記録することにより、曝露後数分より、1～3 週間まで観察した。

2,000 Hz, 115 dB の音で、2 日および 7 日間曝露した例では、2,000 Hz, 70 dB の刺激音に対して、曝露直後から 1 時間程現われなかった反応が、数時間後曝露前の大きさの約 30～40% まで回復して、その後 1 週間後には、曝露日数に応じて 70～90% まで回復する。次に 10 分および 1.5 時間の短時間曝露したもので、曝露後 30 分から数時間曝露前より大きくなり (約 2 倍)、5～6 時間後には、ほぼ完全に回復する。組織学的検索では、AEP の振幅に回復のみみられる数日以内の曝露では、コルチ器に明白な変化はみられなかったが 14 日曝露のものでは、有毛細胞の毛の脱落など顕著な変性像がみられた。

5. 外側膝状体 X 細胞および Y 細胞の抑制性受容野におよぼす脳幹網様体刺激効果

福田 淳, J. Stone* (阪大, 医, 高次研, 生理・濠州国立大, ジョancarティン医研, 生理*)

この研究の背景には、以下の三つの過去の知見がある。1) 脳幹網様体 (BRF) 刺激の外側膝状体 (LGB) への影響には“脱抑制性”の機序が働いている。2) ネコ LGB の中継細胞は、X 型、Y 型の 2 型に分類出来る。3) ネコ LGB の中継細胞には興奮性受容野 (拮抗性周辺を含む) のほかに、両眼視界に抑制性受容野が存在する。そこで本研究では、2) に基づき、X 細胞/Y 細胞分類を行い、3) を確認し、それらにおよぼす BRF 刺激の効果を検討した。実験は、N₂O/O₂ 麻酔、ガラミン非動化のネコで行い、LGB の X および Y 細胞の抑制性受容野の存在の検索には、1) Area/threshold 曲線、2) 放射状明暗格子の回転刺激に対する反応の平均加算を用い、BRF 刺激には 0.05 msec, 300 c/s の群発パルスを用いた。

実験結果は次の 2 点に要約される。

1. 抑制性受容野は X 細胞が容易にえられるが、Y 細胞では非常に弱いかあるいは存在しない。
- 2) 抑制性受容野は BRF 刺激によって減弱あるいは消失する。

以上の事実から、脳幹網様体の外側膝状体への調節作用は、ことに X 細胞の抑制性受容野を消失させることによる、情報伝達の効率の向上がその本質であろうと考えられる。

6. ラット縫線核の脳幹網様体ニューロンに対する抑制効果

中村彰治 (阪大, 医, 高次研, 生理)

脳幹の縫線核を低頻度電気刺激すると、脳内セロトニン含有量の増加を伴った徐波睡眠が誘発される。一方、実験的に誘発された痙攣発作の抑制、末梢電気刺激により誘発される大脳皮質電位の抑制などが観察されていることから、縫線核は、脳内抑制系として機能していると推測される。

今回は、ウレタン麻酔下のラットを用い、脳幹網様体ニューロンに対する縫線核単発電気刺激による効果を検索し、次の結果を得た。

1. 縫線核の網様体ニューロンに対する作用は

抑制が主であり、2種類の抑制が区別された。

2. 一つは、刺激直後より20~40 msecの持続を持つ短時間の抑制(一次抑制)であり、一般に刺激強度を上げると抑制持続時間は延長した。他は、一次抑制の後に続くニューロンの発火に対して、その発火頻度を徐々に減少し、刺激のくり返しにより時に全く発火を止め、また徐々に回復するような抑制(持続抑制)である。

3. 一次抑制を示すものに対し、刺激強度を上げて行くと、一部、短潜時の興奮性効果を示したり、稀に、全く一次抑制が消失するものが見られた。

7. 視索前野ニューロンにおよぼすプロスタグランディン E_1 の効果

中山昭雄(阪大、医、第二生理)

ウサギ視索前野の温冷ニューロンにおよぼす PGE_1 の効果を4連ガラス電極によって観察した。 PGE_1 は電極側マイナスで20~100 nAの電流によって作用させた。同時にこれと等量の電流をNaClをつめた他のピペットから逆向きに流して、電流によるアーテファクトを打消すようにした。結果は温ニューロンには特定の影響がなく、冷ニューロンの促進がいくらか認められる程度であった。すなわち52ケの温ニューロンのうち促進4, 抑制4, 効果のないもの44. 8ケの冷ニューロンでは促進6, 無効2であった。いずれもその効果はグルタミン塩にくらべればはるかに弱い。

PGE_1 は脳温度受容器の変性したキャプサイミン脱感作ラットの体温を上昇させる。 PGE_1 の作用部位は脳温度受容器のみではない。

8. 緊張性振動反射発現中における tendon jerk の抑制

岩田千代蔵, 玉井靖彦(和歌山医大, 第一生理)

骨格筋に対して連続的に振動刺激を与えると、その筋が緊張性の収縮をし、一方では拮抗筋の緊張が緩和される現象がある。これを tonic vibration reflex (T. V. R., Hagbarth and Eklund, 1956) という。この T. V. R. 発現中には tendon jerk および H波は抑制されるが、この現象に関して明確な解釈はまだなされていない。

実験対象には人の下腿三頭筋を用いた。姿勢は

座位とし足関節は稍屈曲位とした。振動刺激はアキレス腱にあてた振動器で行い、その結果起る張力の変化を足底部においた弾性板に取り付けた張力計で測定した。ヒラメ筋および前脛骨筋の筋電図は約3 cm 離れた表面電極で双極誘導した。Tendon jerk の観察は自作の電動ハンマーを用いその強度をハンマーの叩打部に取り付けた張力計で監視した。振動刺激しない状態の tendon jerk の EMG 振幅変動が5%以上のものは、実験対象より除外した。

9. 防衛体力の環境医学的研究—特に異常刺激時における体内血流動態について

木村静雄, 森脇俊明, 網村昭彦, 北村幸子*, 日比野朔郎**, 三宅義信***, 瀬戸 進****, 岡由紀子***** (立命大・中島中*・京府大**・京女大***・大谷大****・聖母女短大*****)

われわれは環境内における各種異常刺激が生体におよぼす影響について循環生理の立場からこれを研究した。実験装置は Hermann, Rein および来須の考案改良した Thermostrom, Uhr を用い、さらに血圧・呼吸等を電氣的にとらえ、増幅器を通して photo-recorder に連続描写した。(詳細は予稿集に)。動物は、ウサギおよびイヌを使用し、全・局所麻酔をして各器官の動・静脈に thermo element を装着し、その後は皮膚を縫合し、麻酔の醒めるのを待って実験した。寒冷刺激としては、5°C 氷水中に後肢を浸漬した。下肢血流は、股動脈血流は減少し、股静脈血流は増加して、下肢は能動性乏血となった。ただし、大腿深動脈では血流量は増加した。頭部も乏血状態であったが腸管系では、上腸間膜動脈血流は増加し、門脈血流は減少して充うっ血となって体内血流の変動を認めた(詳細予稿集に)。Sooner(塩酸イソプロテレンノール製剤)静注の場合は、頭部および下肢は、能動性充血となった。 β 受容体遮断剤(Inderal)静注の場合は、頭部・下肢とも能動性ないし他動性充血状態であった。Nor-adrenalin 静注の場合は、頭部うっ血、下肢他動性乏血。塩化 adrenalin では血圧は急激に上昇し、脈圧も大となるがやがて安静値より低くなる。頭部は、内頸・外頸動脈とも血流は増加して脳は全般的に他動性充血を呈した。

10. 窒素代謝と肝腎機能の解析

魚住光郎, 橋本正史, 上河原良衛, 東 照正*
(阪大, 医, 第一生理・兵庫医大, 第二内科*)

肝臓の機能のうち, その合成機能についてこれを正確に表現する方法はない. われわれは, 窒素化合物の主体への取り込み, 体内での定常状態, ならびにその排泄を考慮し, 血中窒素化合物の濃度より, 肝の合成機能を知る指標を得ようとした.

1) 窒素化合物の腸管内濃度を S , 吸収の速度定数を k_1 , 2) 肝における非尿素窒素化合物より尿素的合成される速度定数を k_2 , アンモニアより非尿素窒素の合成される速度定数を k_a , 3) 腎より尿素的排泄される速度定数を k_3 , 4) 腸管において (主として) 尿素が分解されてアンモニアとして再吸収される速度定数を k_u とする. 5) 血中, 尿素, 非尿素窒素化合物, アンモニアの濃度をそれぞれ, B, N, A とする.

生体内における諸成分が定常状態にあると考えると,

$$B = \frac{1}{k_3} \cdot k_1 S,$$

$$A = \frac{1}{k_3} \cdot \frac{k_u}{k_a} \cdot k_1 S,$$

$$N = \frac{1}{k_2} \left(1 + \frac{k_u}{k_3} \right) k_1 S$$

と与えられる.

臨床成績をあてはめて, この考えが妥当であることが判った. それぞれのパラメーターの正常値を [] で示すと,

$$\frac{[k_2]}{k} = 1.2 \frac{N}{[N]} - 0.2 \frac{A}{[A]},$$

$$\frac{[k_3]}{k_3} = \frac{B}{[B]},$$

$$\frac{[k_u]}{k_u} = \frac{B}{[B]} \cdot \frac{[A]}{A} \left[1.2 \frac{N}{[N]} - 0.2 \frac{A}{[A]} \right]$$

で表わされる.

ただし, $\frac{[k_u]}{k_3} = 0.2$, $k_a \approx k_2$, N : 血中蛋白濃度.

11. 遊離脂肪酸のリンパ球障害性に関する研究

蔭山勝弘, 木村修平, 長沢貴志, 木下喜博, 木村英一 (大阪市大, 医, 第二生理)

われわれは胸管リンパ漿と incubate したリンパ球が破壊され, その障害物質が遊離脂肪酸であることをつきとめた. 今回は脂肪酸 (FA) の種類

によるリンパ球障害の差異と作用機構を検討した. ラットリンパ節リンパ球 (10^7 ce, 11 s/ml) と FA の RPMI-1640 液を作成した. 最初に, ラット非動化血清 20% を含むリンパ球浮遊液と FA 液の 0.5 ml を混合し, $^3\text{H-Uridine}$ $1 \mu\text{Ci}$ を加えて, 37°C で 1hr incubate した後, 酸不溶性分画の放射能を測定し, RNA 合成の低下を指標として細胞障害試験をした. 次にリンパ球浮遊液と FA 液 ($100 \mu\text{g/ml}$) の 0.5 ml を混合し, 同様な操作の後, リンパ球の FA をガスクロマト分析して, FA の取込み試験をした. リンパ球障害作用は不飽和 FA にあり, 被障害 + と - の細胞の百分率の比を障害指数とすれば, $\text{C}_{16}^{1=}$ は 10.6, $\text{C}_{18}^{1=}$ は 0.8, $\text{C}_{18}^{2=}$ は 9.6, $\text{C}_{18}^{3=}$ は 7.5 で, FA の炭素数 16 を基準に, 2 の増加に対して 1/10, 二重結合 1 には 10 を乗じて求めた値と一部を除いてほぼ一致し, 障害の強さに法則性が考えられる. また, クロマトグラムから, 飽和 FA は対照と変わらないが, 不飽和 FA では加えた FA がリンパ球に取込まれていた. FA の細胞障害性は細胞膜に侵入した FA の detergent 作用によると考えられ, FA の炭素数と二重結合数にもとづく溶解度と膜蛋白の移動に好都合な FA の立体構造が関係していると考えられる.

12. 低周波刺激による麻酔誘導効果

加藤幹夫 (大阪医大, 第二生理)

低周波刺激による麻酔効果の誘導機構に関する解明に, 実験動物 (食用ガエル, シロネズミ, ネコ, ウサギ) に低周波刺激を加えて, その麻酔誘導効果を観察した. さらに, 誘導機構としての誘導伝達素の存在と作用について生理化学的検索を試みた.

1. 麻酔誘発効果

実験動物に薬物 (10% ウレタン注射) 前処理したものと, 非処理のものに分け, $12 \sim 15$ V の低電圧で 3 ~ 25 c, 25 ~ 100 c, 100 ~ 500 c の矩形波をそれぞれに 10 分, 20 分, 30 分間隔で刺激した. 低周波刺激効果は心電図, 筋電図により判定し麻酔誘導効果は痛覚反射消失減退度で決めた.

一般に, 刺激時間は 30 分以上を要し, 刺激度に応じて安定した麻酔効果が現れた. 麻酔継続時間は刺激時間の長さ按比例し, 麻酔誘導速度も刺激の強さによって変化した. 薬物前処理の方が麻酔

誘導と共に心活動増強の心電図がえられ、周波数の増加にしたがって筋攣縮、強直性変化を示し心活動興奮伝導している。

II. 誘導伝達素の存在と佳用

液性面での誘導伝達素の存在をみるために完全に麻酔効果のあるシロネズミから脳組織、心筋、肝、血液などを摘出した。各組織を氷冷下で細砕後、蔗糖フィコール密度勾配遠心法で分配し、それぞれの分画を定性定量した。その結果、麻酔効果時の各器官に共通に遊離アミノ酸の蓄積とCNP活性および特異蛋白質の増加がみられた。誘導伝達素の作用はカテコールアミン系の伝達素と関連して興奮伝導をなしていると考えられる。

13. 微細管および微細糸とフィブリン分泌

佐々木貞雄, 田代 裕 (関西医大, 第一生理)
フィブリンを多量に合成、分泌する五令家蚕後部絹糸腺を電子顕微鏡で観察した結果、絹糸腺細胞内には2種の微細管-微細糸系(microtubular-microfilamentous system)が存在する事が明らかになった。すなわち、一つは腺細胞内に細胞底部より腺腔に向けて放射状に存在し、フィブリン分泌顆粒を底部より腺腔側に輸送するのに関与していると思われる系(radial system)であり、他の一つは腺細胞腺腔側に腺腔をとり囲むように輪状に存在し、腺腔側に集められたフィブリン分泌顆粒の腺腔への放出ならびに放出されたフィブリンの腺腔内輸送に関与しているらしいと思われる系(circular system)の2種である。後部絹糸腺細胞のこれら2種の微細管-微細糸系は、コルヒチン、ビンブラスチンに対する対応の仕方が各々違うかも知れないという事を示す電顕的所見もえられた。

14. ESR によるシナプトソーム膜の研究-La³⁺による膜流動性の変化

上坂伸宏, 神野耕太郎, 小川正晴, 井上 章 (京大, 医, 第二生理)

シナプトソーム膜に結合した脂肪酸ラベル I(m, n)-5 NS (5-nitroxide stearate), 9-10 NS, 12 NS, 16 NS- の ESR のスペクトルの outerfine splitting ($2T_{11}'$) は n が大きくなるにしたがって小さくなり、order parameter (S) は 5 NS で $S \approx 0.72$, 9,10 NS で $S \approx 0.66$, 12 NS で $S \approx 0.56$, 16

NS で $S < 0.3$ (170 mM NaCl, pH 7.3, Tris-Cl buffer 15 mM の media) がえられ、log S-n のプロットからシナプトソーム膜は膜の表面よりも膜の内部の方が流動性が大きく、n = 7~8 で cleavage を示し、以下急激にその flexibility が増大する。

脂肪酸ラベルでスピララベルしたシナプトソーム膜の ESR スペクトルの $2T_{11}'$ は La^{3+} によって増大するが、その変化の大きさは n が大きくなるにしたがって小さくなり、16 NS では殆んど変化が見られない。さらに $2T_{11}'$ の変化は La^{3+} の濃度が大きくなるにしたがって大きく、 $[La^{3+}]/42T_{11}'$ を $[La^{3+}]$ に対して Langmuir type のプロットをすると、これはシナプトソーム膜と La^{3+} の結合の Langmuir プロットと全く一致する。この結果から、 La^{3+} の結合によってシナプトソーム膜表面附近の流動性が変化することが考えられる。

ミエリンでもシナプトソーム膜と殆んど同様の結果がえられるが、 $2T_{11}'$ の大きさは 5 NS で約 59.3 G でシナプトソーム膜より約 3 G 大きい。

15. Chara 細胞の興奮と必要最小面積

岸本卯一郎 (阪大, 教養)

膜抵抗や ion flux の大きさから判断して chara 細胞の膜における ion channel の存在密度はあまり高くない可能性がある。これを検討する目的で周囲を絶縁することによって外液と接する面積を人工的に狭めて行ったときの膜抵抗と興奮性の変化を主に測定した。

膜抵抗は単位面積に換算すると面積が大きい間はほぼ一定であるが、直径 500 μ の細胞で長さ 1 mm 以下に狭められると一般に増加する傾向がみられる。膜電位については面積を小さくするにつれて fluctuation が大きくなるといった傾向はとくに見られなかった。ところが action potential の大きさは面積を狭めるにつれて(長さで数百 μ 以下に)可逆的に小さくなった。

これらの結果は chara 細胞の膜に ion の channel を想定した場合、その存在密度は数百 μ 間隔に1個ていど、しかもそれは場所的に固定したものではなく、面積を狭めたときそこに channel が 0~数個の order でいくつ含まれるかの時間的な確率過程を反映しているように思え

る。

16. イカ giant axon の emf の変化

大川和秋, 岸本卯一郎 (阪大, 教養, 生物)

私達は生体膜の等価回路を一つの抵抗 $r (=1/g)$ と膜起電力 (emf) との直列モデルで表現し, 過去車軸藻類の節間細胞の興奮性を解析し, 整理してきた。いわゆる膜電位 V_m と emf E_m とは一般には異なり, 膜電流 I とは

$$I = g(V_m - E_m) \dots\dots\dots(1)$$

の関係が成立する。電位固定法は V_m を固定するが, E_m は決して固定されていないことに注意する必要がある。

電位固定法により比較的ゆっくりした三角波を用いて V_m を漸次動かし, この V_m の動きをオシロスコープの横軸に記録する。 V_m に対して I を縦軸に記録すると簡単に膜の $I-V_m$ 曲線が記録できる。この三角波に小さい短かな矩形波信号を繰り返し重畳し, この信号と電流応答より式 (1) の瞬時的な $I-V_m$ 特性を知ることができる。このような方法を外液 600 mM KCl のイカ giant axon の膜に適用してみた。600 mM KCl 中では V_m は静止時細胞内が正である。 $-140 \text{ mV}/82 \text{ msec}$ の傾斜を持つ三角波で細胞内が負になる方向に V_m を動かすと, ある範囲で負のスロープを持つ N-型 $I-V_m$ 曲線がえられた。コンダクタンス g はこの間に静止時の約 70% に減少し, emf は細胞内が負になる方向に約 $35 \sim 40 \text{ mV}$ 動いた。このような g の減少の emf の動きは k のコンダクタンスの減少により相対的に Cl のコンダクタンスが高まり, Cl の平衡電位の方に emf が動くと考えられるが, 現在検討中である。

17. 腎近位尿細管刷子縁膜の K および Cl イオン輸送機序について

窪田隆裕, 岡田勝彦, 藤本 守 (大阪医大, 第二生理)

K および Cl 感性液体イオン交換膜 2 連微小電極を直接食用ガエルの腎近位尿細管に穿刺し, 電気化学的勾配を調べると共に, 管腔側から 2, 3 のイオン輸送阻害剤を灌流した時の管腔液 (TF) の K と Cl イオン活量の経時的变化を追跡した。正常時では, 刷子縁膜において, Cl は電気化学的にはほぼ平衡に近いが, K は再吸収に際して, 約

$20 \sim 30 \text{ mV}$ の逆勾配が存在する。Ouabain (Ou) 10^{-4} M , または K-free-Ringer の管腔内灌流によって TF_K の一時的上昇, 後 $(TF/P)_K$ が I あるいはそれ以下になってから上昇回復する。この過程は, K の細胞から管腔への拡散に対していわゆる “pump & leakage” の平衡を保つためと思われる。一方, Ou 10^{-4} M 管腔内灌流では, TF_{Cl} は殆んど変化しない。エタクリン酸 (ETA) 10^{-3} M を管腔側から持続的に約 30 分間作用させると, TF_K は上昇の一途をたどり, 灌流を終えても TF_K は低下しない。ETA は刷子縁膜に対して, K の透過性増大, Na 透過性減少を引きおこし, 一旦細胞に取り込まれてから, 代謝を阻害することにより K 再吸収ポンプを抑えると思われる。以上の事から, K は刷子縁膜において, Ou 感性ポンプで再吸収されるが, Cl は受動的に平衡しながら再吸収されるものと思われる。また刷子縁膜の電位は, K のみならず, Cl その他のイオンが関与しているものと考えられる。

18. Uninsulated, open-tipped pH-micro-electrode 使用による小腸上皮細胞内 pH の測定

岡田泰伸, 井上 章 (京大, 医, 第二生理)

pH-sensitive glass microelectrode を作製する際のごく尖端部分をのぞいた絶縁操作, およびその絶縁性の確認は非常に困難であり, また尖端孔の sealing 操作は, sharp さをそこない, 小細胞刺入を困難ならしめる。そこで私達は Corning 0150 ガラス管より open-tip type の sharp な uninsulated pH-microelectrode を作製し, その使用しうる条件の考察を行なった。この type の電極は, tip の pore の部位と, pH-insensitive な uninsulated glass wall の部位とで 2 重に電気的 shunt を受ける。そこで pH-sensitivity および tip 付近のガラス壁抵抗の測定から, 上記 2 部位と tip の pH-sensitive glass wall 部位の抵抗の大きさを推定し, ラット十二指腸上皮細胞内 pH 実測値 (約 6.3) を補正すると約 7.0 となった。また, 等価回路解析の結果, この type の電極は, 細胞内外の環境変化等により著しい膜電位変化を伴うことなしに細胞内 pH が変化するような場合には, その変化分を正しく測定しうる事が明らかとなった。そのような 1 例として, 上皮細胞内 pH への粘膜側のグルコース存在の影響が観察さ

れ, 20 mM-glucose により, 細胞内 pH が約 0.3 減少する事が示唆された。

19. 定常状態における Donnan 電位

品川嘉也, 大木新平* (京大, 医, 第二生理・State University of New York at Buffalo*)

従来, Donnan 電位は平衡仮定のもとに導出されていたが, 局所平衡を仮定することにより定常状態に拡張することができたので報告する。膜相が液相に対して持つ Donnan 定常電位は,

$$\psi = \frac{RT}{F} \ln \frac{2 b_{+} c_{+}}{\theta + \sqrt{\theta^2 + 4 b_{+} b_{-} c_{+} c_{-}}}$$

である, R, T, F は通常の熱力学に用いられる記号, θ は負の固定電荷, b_{\pm} は正負イオンの分配係数, c_{\pm} は液相における正負イオンの濃度である。 $\theta = 0$ のとき Polissar の表面電位に一致し, $b_{\pm} = 1$ のとき Donnan 平衡電位に一致するので, それぞれを特別な場合として含んでいる。拡散電位との関係についても報告するが, 特に Hodgkin-Katz 電位は Donnan 定常電位を含んでいることが示される。

討論して下さった Max-Planck Inst. の Dr. Sauer に感謝の意を表す。

20. 肺組織における浸透現象

中坊俊雅, 吉崎和男, 今井雄介* (京都府医大, 生理・大阪医大, 生理*)

淡水中と海水中では, 溺死における死因が異っている。この相違は, 肺中に吸引する液と血液との晶質浸透圧差により, 前者は心臓死するが, 後者は窒息死する。今回の実験は, 肺組織の晶質による浸透流の証明, その大きさと, 水分透過係数 hydraulic conductivity : L_p を求めた。まず肺標本を作製し, 浸透流の存在を証明した。肺胞内に低張 Ringer 液を入れ, 毛細血管内に等張 Ringer 液を入れ, 両者の静水圧差を比較すると, 毛細血管側の圧が高いことを認めた。ゆえに, 肺組織でも浸透流が生じており, 肺胞膜は半透膜的性質を有している。

次に, 浸透流の大きさを求めるため, 肺標本を congo red を入れた等張 Ringer 液で灌流し, 肺胞内へ低張 Ringer 液を入れた。Congo red の時

間的濃度変化から, 灌流液の約 20% が肺中から流入したのを認めた。ゆえに, かなり大きい浸透流が生じていると思われる。

最後に, 肺標本を用いて L_p を求めた。対照には浸透流が生じない条件を求め, この条件下, 膠質浸透圧差による浸透流を求めた。この両者が直線関係を有するので, 直線の勾配から L_p を求めた。 L_p の値は $7 \sim 20 \times 10^{-7} \text{ cm sec}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ であった。しかし, この値は灌流量が少いため, 肺中からの浸透流で膠質浸透圧が低下し, L_p が小さくなっていると思われる。

21. 腎旁糸球体装置のレニン顆粒消長の生理的意義について

小寺邦彦 (大阪医大, 第二生理)

Na 摂取量変動に伴うレニン顆粒消長を個々のネフロンで次元で追求するため, 30日間減塩, 増塩飼育したラットの腎で, 組織学的に Hartroft の方法で顆粒量を判定した。そのさい皮質の一定の断面を基準として, その断面に出現した全糸球体について, 連続切片を用いて立体的に検索した。その結果, 対照群では皮質表層で多く, 旁髓質層に向って減少する顆粒分布がみられる。

減塩により顆粒増加が中間層で起り, 旁髓質層を除いて表層との差が消失した。増塩の場合は表層附近での顆粒減少がみられた。以上の顆粒分布の変動は, 顆粒をもたないネフロンの増減によるものでなく, 顆粒の多いネフロンが中間層あるいは表層で増減したことによる。一般に旁糸球体細胞は糸球体輸入細動脈壁の平滑筋細胞から化成したといわれているが, そこには顆粒が充満し, 腫張している。さらに電顕所見によれば細胞内に筋原線維がほとんど認められないといわれる。それゆえ顆粒の多いネフロンでは, この部位での血流に対する筋原性の自動調節作用が減弱ないしは消失していると考えられる。したがって Na 摂取量変動によって, 皮質内での部位により個々のネフロンの自動調節能, すなわち腎動脈圧変動に対する血流調節能力が変動するものと推察され, ネフロンの機能にみあった血流再分布がおこったものと思われる。

Vol. 24, No. 6 (1975)

1. Phase relationships of alpha rhythms in man, 569-586.

アルファリズムの位相関係

H. SUZUKI (鈴木宏哉: 東京教育大, 教育, 生理研)

2. Effects of osmolarity change on the excitation-contraction coupling of bullfrog ventricle, 587-603.

食用ガエル心室筋の E-C coupling におよぼす浸透圧の効果

H. KAWATA, K. KAWAGOE and I. TATEYAMA (河田 溥, 川越紀美江, 立山 巖*: 福岡大, 医, 第二生理・九大, 医, 第二生理*)

3. The effect of polarization on the action potentials of the rabbit AV nodal cells, 605-616.

カイウサギ房室結節線維の膜電位依存性

N. SHIGETO and H. IRISAWA (重藤紀和, 入

沢 宏: 広島大, 医, 生理)

4. The effect of sodium ion on the initial phase of the sinoatrial pacemaker action potentials in rabbits, 617-632.

洞房結節細胞の活動電位におよぼす Na⁺の寄与

A. NOMA and H. IRISAWA (野間昭典, 入沢宏: 広島大, 医, 生理)

5. Effects of cocaine on a hypogastric nerve-vas deferens preparation of the guinea pig, 633-647.

モルモット輸精管-下腹神経標本におよぼすコカインの効果

T. HASHIGUCHI, Y. ITO and H. KURIYAMA (橋口利雄, 伊東祐之, 栗山 熙: 九大, 歯, 生理)

6. The rapid cooling contracture of toad cardiac muscles, 649-666.

ガマ心筋における急速冷却拘縮

T. SAKAI and S. KURIHARA (酒井敏夫, 栗原敏: 慈恵医大, 第二生理)

〔編集後記〕

3カ月程アメリカへ出かけて帰国したら編集後記を書く順番がまわってきていました。編集会議を3回程欠席しましたので、普通の後記に書くような事柄（本誌の現状、原稿に関連したこと、会員諸氏へのお願いやらおわびなど）が全然頭に浮びません。不運にも、後記の為の余白ページは今回に限り充分にあるというお話でした。で、少々型破りですが、旅行の話でもさせて頂きましょうか。

合計2カ月半はバッファローに滞在し、あとの半月は旅でニューヨーク市、メキシコ市とカナダのロンドンを訪問しました。バッファローでの目的は引退前の Sir John Eccles 教授と小さなプロジェクト研究することでしたが、抑制性シナプス後電位 (IPSP) のイオン機序の再検討というおおげさなテーマになってしまいました。脊髄運動ニューロンの IPSP の発生には K イオンと Cl イオンの両者が関与するという従来の節説が Lux などによって再検討され、関与するのは Cl だけというすっきりした膜モデルになりそうな状況になりました。Sir John はこのストーリーにほれこみ、Cl の平衡電位を過分極側に保つと考えられる Cl ポンプの存在を、海馬ニューロンの大きな IPSP を利用して検証しようとしたわけです。実験結果はやや複雑で、私としては短期間のテーマとしてはまともでないかと思いましたが、Sir John は「この問題は大事で、しかも解決の方法がわからない。だからわれわれがいまやらなきゃならない」といい、他に準備した易しいプロジェクトをすべてしりぞけてしまいました。明日やればできるとわかっていることは今日するなというわけで、根本的には大いに共感したのですが、案の定結果のまとめはちょっとした難行苦行になりそうです。それが彼の楽しみなのかもしれません。

Sir John はそのほかにカール・ポッパーとの対談をもとに *The Self and its Brain* という新著を計画していました。「its」というところが materialistic だろ、と御自慢でした。出来た原稿を片っ端から持ってくるのですが、前半は神経生物学のすぐれたレビューになっています。後半は脳と心の問題で彼の三元論が展開されるのです

が、私には納得しがたく、その旨いいますと、お前の立場は何だとさきから、仕方なく笑いながら、弁証法的唯物論だと答えたら、言下に「それは最低の哲学だ」とやられました。内心（ヘーゲルもマルクスも読んでないくせに……）と思ったのですが、当方とて何の素養もありませんから、議論はうやむやになりました。この著作がどんな形で世に出るのかわかりませんが、とにかく常に新しい目標を設定しては勉強していく彼の開拓者魂は衰えていないようです。8年間いたニューヨーク州立大学を9月にやめ、スイスへ移り、ドイツのゲッチンゲンかキールで時々実験もするつもりようです。哲学者になりたいそうなのですが、彼のような実験好きが、机上の勉強と思索だけで満足できるかどうか怪しいものです。送別会の席上、ある人が5月28日のわれわれの実験をさして Sir John の最後の実験といったら、とたんに御当人から、最後じゃないぞという抗議がはねかえってきました。前言をよくひるがえす人です。

短い在米期間でしたが、殆ど毎週のように各地から知りあいの研究者が来訪し、学問的交流が盛んなのにあらためて感心しました。いろいろな人をセミナーに招待する別枠の予算があるのでしょうか。折しもベトナムの敗戦をはさんでアメリカの世情は最悪に近い時期でしたが、神経科学への研究費は今年増額され、若い人たちにも十分なチャンスがあったようです。これが永続するかは不明ということでしたが、まだアメリカの底力はたいしたものようでした。Eccles 研究室は今後 W. Noell 教授が名目上責任者となり、Gary I. Allen を中心に若手でやっていくことになりました。設備のよい実験室が三つあるわけですから、なんとか activity が続くように祈っているところです。

忙しい日程を終えて帰国まぎわに共同研究者の F. J. Rubia (ミュンヘン大学) とナイヤガラ滝の滝見物に行きました。もう2度と来ないだろうというので、「霧の乙女」号で滝壺の近くまでいくことにしました。3カ月の独身生活の後とて兩人ともだいぶ頭が変になっております。そのせいかカナダ滝のシャワーはなかなか爽快なものでした。

本当におかしな「後記」になりました。お許し下さい。(大島知一)

日本生理学会会費お払込のお願い

昭和50年度会費 4,000円、未納の方は速かに お送り下さるようお願い申し上げます。また、49年度会費未納の方は大至急をお願いします（振替用紙は第37巻4号に挿入してあります）。

異常な経済状況の下で、出費多端の折柄まことに恐縮に存じますが、会費は学会運営上の唯一の活動の源泉でございますので、何卒ご賢察いただき度く、重ねてお願い申し上げます。

尚、教室、研究所等では、まとめてお払込みいただければ幸甚です。

お払込みには必ず郵便振替又は現金書留郵便にてお願いします（普通郵便に現金または小為替の同封は紛失の例がございます）。

〒 113 東京都文京区本駒込 2-28-21

東洋文庫内

日本生理学会事務局

振替口座東京 86430

電話 (03) 945-2840

編集委員

塚田 裕三(幹事)	入内島 十郎	酒井 敏夫
植村 慶一	戸塚 武彦	大島 知一
村田 計一	菅野 富夫(北海道)	星 猛(東北)
新島 旭(関東)	東 健彦(中部)	品川 嘉也(近畿)
及川 俊彦(中・四国)	栗山 照(九州)	

静岡協が新しい会社を設立……

医薬、食品添加物、農薬、化粧品、化学物質等の諸物質に関する安全性試験をお引受けいたします。

生産から試験終了まで、一貫してSPF施設で実施

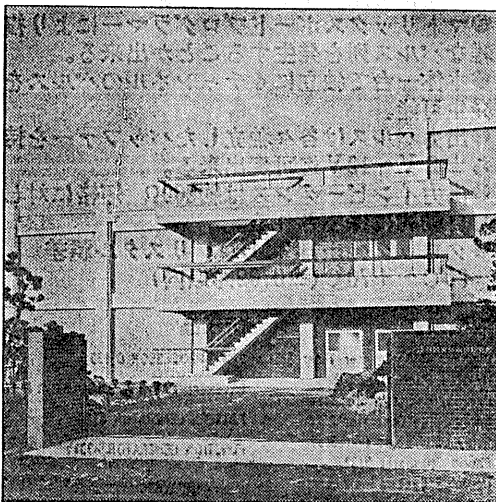
〈 受 託 項 目 〉

- ◇ 一般毒性試験
- ◇ 催奇性試験
- ◇ 発癌性試験
- ◇ 世代試験
- ◇ 刺激性試験
- ◇ 組織標本の作成並びに検査

株式会社 生物科学技術研究所

●430 静岡県浜松市葵町95番地の10 TEL(0534)36-1957

—Barrier System (SPF) 実験動物の生産販売—



SPF 動物

マウス SLC-ddY	(国立予防衛生研究所)
マウス SLC-ICR	(Charles River)
ラット SLC-SD	(,)
ラット SLC-Wistar	(東大医科学研究所)
ラット SLC-Fischer	(,)

普通動物

マウス ddY/S	(国立予防衛生研究所)
モルモット Hartley	(,)
ハムスター Golden	(,)
ラット Wistar	(東大医科学研究所)

カニクイザル アカゲザル 輸入検疫9週間経過後出荷

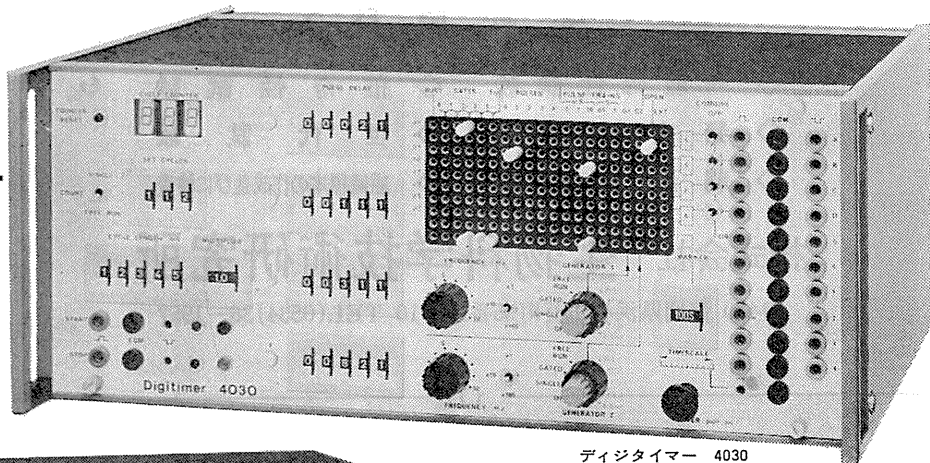
静岡県実験動物農業協同組合

●435 静岡県浜松市小池町1616番地 TEL(0534)63-0865代

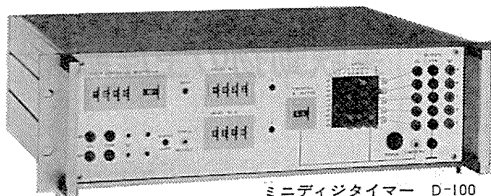
Digitimer

Research Instrumentation

ソリッドステート装置を用いたデジタル方式を採用
画期的な最高精度と使い易さを誇る現代生理学研究に不可
欠な刺激装置

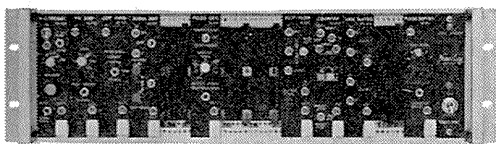


ディジタイマー 4030



ミニディジタイマー D-100

●4030型高級機の精度、機能をそのままにコンパクト化した製品。



ニューロログシステム

●電気生理学用として開発されたモジュラーシステム。電気生理学実験に必要な多種類のモジュールがあります。実験に必要な装置を手早く、安価に求めることが出来る様になりました。モジュールの種類については御問い合わせ下さい。

《特徴》

- 時間は5桁の数値を10マイクロ秒のステップで変化可能、リセットも正確。
- マトリックスボードプログラマーにより複雑なパルス列を発生することが出来る。
- 本体一台で独立に4チャンネルのパルスを発生可能。
- 出力パルスは各々独立したバッファーを持ち $\pm 2V \sim 12V$ 迄可変出来る。
- 出力インピーダンスは約 200Ω 、短絡に対して自動的に保護される。
- クロック発振器 2 MHzクリスタル誤差 $-20^\circ C \sim +70^\circ C (\pm 0.02\%以内)$

取扱製品

Digitimer 4030・Counter Timer 3251
Isolated Stimulator 2533
Dual High Voltage Stimulator 3072
Gated Pulse Generator 2521
Relay Unit・Logic Unit 3080
Photic Stimulator 3182
Neurolog System Instruments

新製品

SPIKE PROCESSOR D-130
REVERSAL PATTERN STIMULATOR D-110
PATTERN GENERATOR 4330
FUNCTION GENERATOR 4331

☆アフターサービスについては完全を期しておりますので、安心して御用命下さい。又カタログを御希望の方は御一報下さい。

英国ディジタイマー社(旧名デバイス社)日本総代理店

ドッドウェル エンド コムパニーリミテッド輸入物資部

東京都千代田区丸の内1-4-2(東銀ビル) ☎03(211)2141内線424or 429

多目的

NARCO
BIO-SYSTEMS

生理学用研究装置

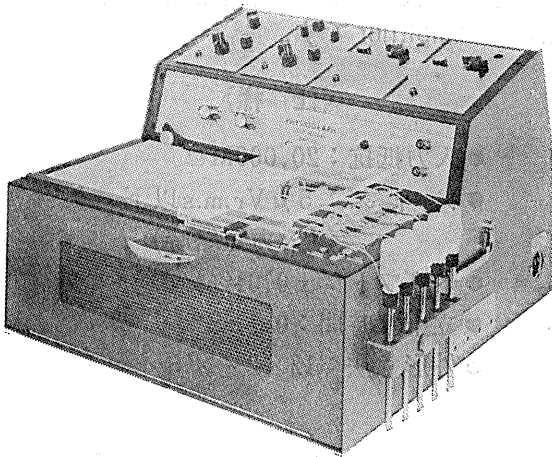
DMP-4B



NARCO

米国ナルコ社の製品は広く各大学はもとより各研究所において利用されておりその性能は研究者を十分満足させ得るものです。ナルコ社の生理学用研究装置PHYSIOGRAPHは同時に4～6種類の生体情報を測定記録するための多目的監視記録装置であり、特に動物実験には最適の装置です。

■PHYSIOGRAPH DMP-4B(4CH用)

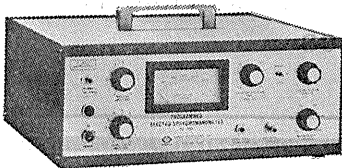


《特 長》

- 豊富なトランスジューサ群に直結可能
- 交換の簡単なプラグイン・モジュール採用
- 重力利用によるインク供給方式
- 直線または曲線インク書

■血圧測定装置

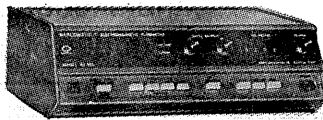
PE-300



ラットから人間までの最高血圧を簡単に自動測定できます！

■電磁血流計

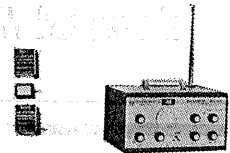
RT-500



血管を閉塞せずに血流のゼロレベルが得られます！
(デジタル表示)

■テレメトリー装置

FM-1100-7



送信機の重量はわずか5.5gです！
(EEG, ECG, EMGに最適)

日本総代理店



東海医理科
TOKAI IRIKA CO., LTD.

東京都千代田区内神田3-6-2
トリサクビル2F

電話 (03) 254-0052(代) 〒101

ELECTROMETERの最高級品!

MICRO-PROBE SYSTEM

微小電極用増幅器 M701型

新製品



Model M701

本器は微小電極を用いて神経系をはじめ各種臓器、筋などの細胞研究を行なうために設計された最高級のMicroelectrode Amplifierです。

《特長》

- ペンシルサイズの超小型プローブ採用により非常に使い易い
- 最大5 μ AまでのCurrent Injection可能
- ノイズおよびドリフトが極めて少ない
- 測定中でも電極抵抗チェック可能
- 応答速度が速い

《仕様》

- 入力抵抗：20,000M Ω
- ノイズ：5 μ Vr.m.s以下 (入力短絡時)
- ドリフト： $\pm 0.01\%$ /day
- 立上り時間：0.7 μ S
- 外形寸法：12 \times 2 $\frac{1}{2}$ \times 6インチ

W-P社
主要製品

- Microelectrode Amplifiers (M701, M-4A, 725, 750型)
- Glass Microelectrode Holders and Accessories
- Stimulators

製造元

W-P INSTRUMENT, INC. U.S.A

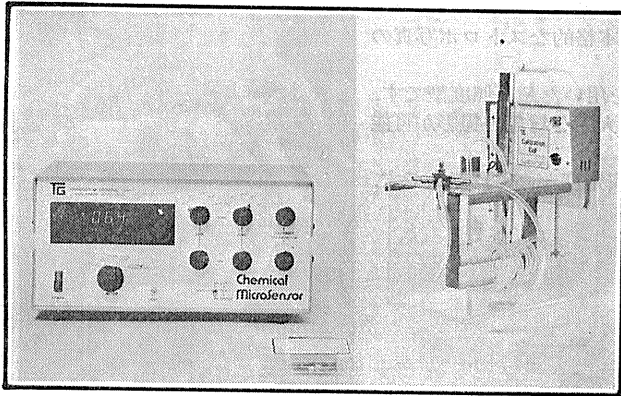
日本総代理店



東海医理科
TOKAI IRIKA CO., LTD.

東京都千代田区内神田3-6-2
トリサクビル2F
電話 (03) 254-0052(代) 〒101

Chemical Microsensor MODEL 1210



新発売

PO₂, PH₂

測定に最適!

《特徴》

- 細胞レベルでのPO₂およびPH₂測定に最適。
- 測定値は読みやすいデジタル表示。
- 濃度単位はパーセントとmmHgで表示、電極分極はボルトで表示。
- アナログおよびBCD出力端子付。

《概要》

本装置は、生物組織中の溶存酸素を測定したいという研究者の強い要望によって生まれたものです。多くの研究室では組織における低酸素症を起こす心臓病の研究がなされています。例えば冠状動脈を閉塞することにより擬似的に血栓症を引き起こし本装置で酸素圧変化をモニターできます。

Neuro Graph

MODEL N-3

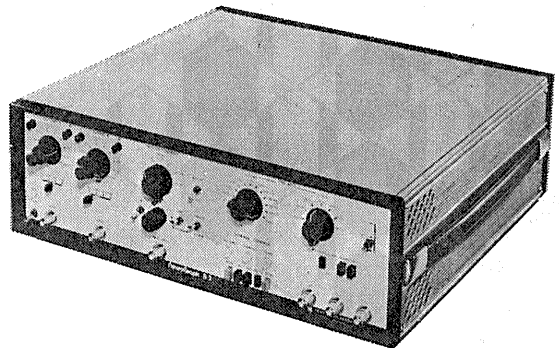
波形記憶装置

新製品

ニューログラフN-3は医学、生理学研究における高速の生体现象を的確に捉え、記憶するための全く新しい波形記憶装置です。

《特徴》

- 高速の生体现象を記録および記憶させます。
- 記憶されたデータをチャートレコーダーで描ける様にゆっくり読出します。
- ストアレンジオシロスコープや写真撮影の必要はありません。



日本総代理店



東海医理科
TOKAI IRIKA CO., LTD.

東京都千代田区内神田3-6-2
トリサクビル2F
電話 (03) 254-0052(代) 〒101

超高照度型ストロボスコープ S-3A

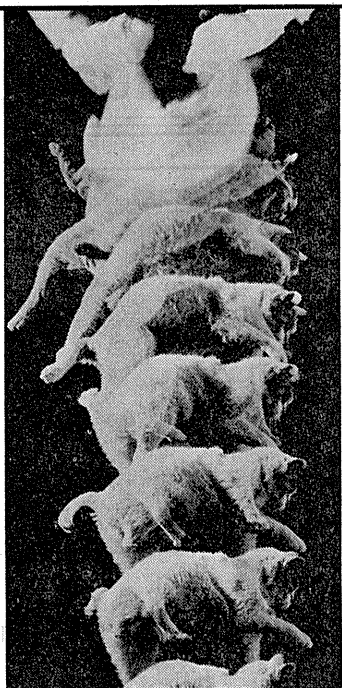
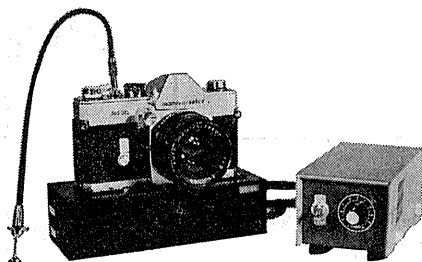
特に人物の動きなど大きな対象の写真撮影ができる光量をもったストロボスコープで、さまざまな関連装置の利用ができ、本格的なストロボ写真の撮影ができます。

- 放電管入力平均100Wという高出力クセノン管を用いた超高照度型です。
- 超高照度であるため、広い範囲の撮影、比較的大きな対象の撮影が可能です。
- 回路は高信頼性半導体素子で構成されており、安定度が高く長寿命です。

ストロボストリーク カメラ

同一箇所で行われる現象のストロボ写真撮影用カメラで、シャッターが開くと同時に一定のスピードでフィルムが流れます。ストロボ発光ごとにとらえられる映像は重複せず、現象の進行を見やすくとらえます。

フィルムスピード 30~100mm/秒
可変電動式 35mm1眼レフ使用

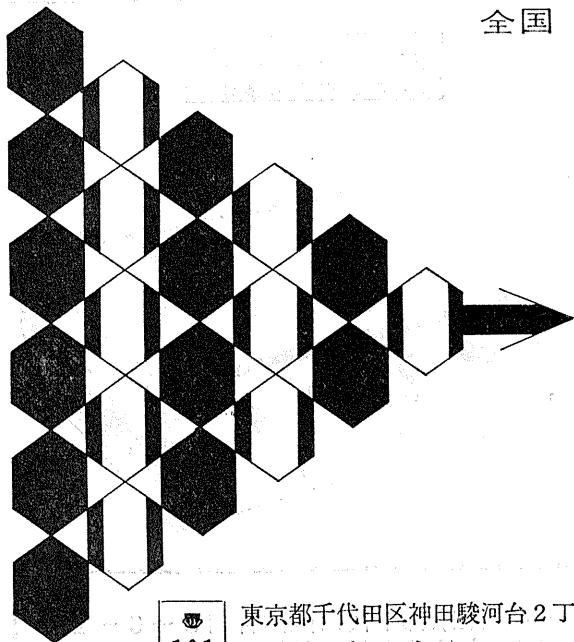


株式会社菅原研究所

本社・工場
大阪営業所
名古屋営業所

東京都狛江市岩戸1393 電話03(489)5141(代)~7
大阪市西区江戸堀1-104(東江ビル) 電話06(443)6730
名古屋市中区上津町2-9-14(久野ビル) 電話052(321)2371

全国 医学・薬学・化学・雑誌広告取扱
本誌 広告 取扱



各学会の雑誌、抄録、プログラム及び名簿
等の印刷並に広告掲載のお世話を致します

広告代理店

101

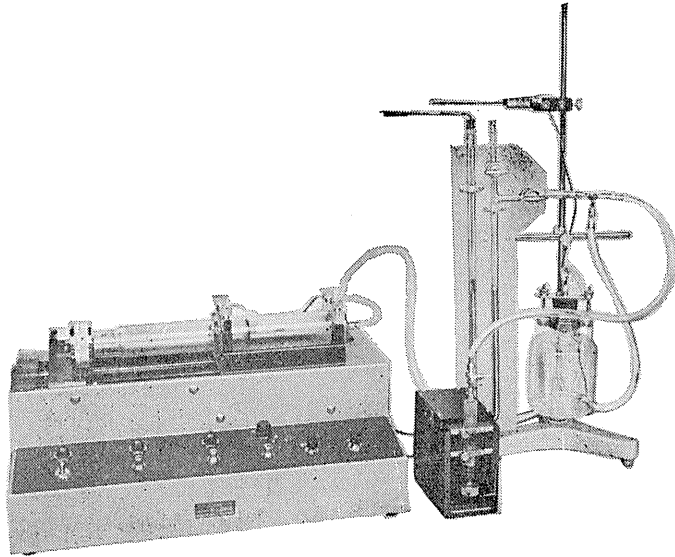
東京都千代田区神田駿河台2丁目9番地
電話 (292) 6961 (代表)

日本医学広告社

HAFFNER法

鎮痛効果測定装置

実中研 医学研究所 御指導

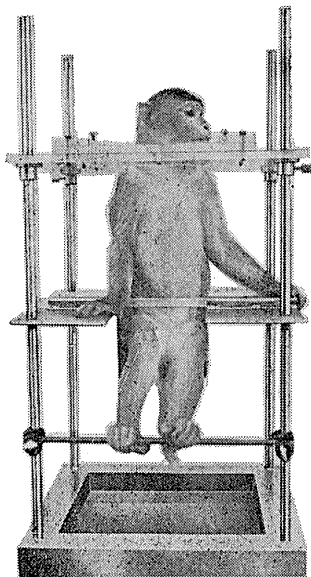


本装置は機械的刺激によるマウスの仮性疼痛反応閾値上昇から薬物の鎮痛効果を測定する装置であります。

尾部に加わる圧力はモーターにより加圧されマンメーターにより記録されますので常に一定の加圧速度が得られ、かつ反応閾値を記録紙上で求めることが出来ます。

モンキーチェヤ

実験動物中央研究所
医学研究所 御指導



- 本装置チェヤに依るモンキーの体重は3kg～6kg迄使用可能です。
- 汚物を取り出す引出しが下部後方に付いています。
- ステンレス製 上部はアクリル盤

特別附属品

- チェヤ固定盤 600×600×21mm (木製)

特別附属品

- 移動用固定盤 600×600×21mm キャスター4ヶ付 別途附属注文に応じます。

使用目的

- (1) 薬物の投与
- (2) 採血及採尿
- (3) 生体電気現象の誘導
- (4) 其の他無麻酔下で処置を加へる場合

KANO

株式会社 野上器械店

郵便番号113 東京都文京区本郷3丁目44～6 TEL(03)813-4811(代)

J. Physiol. Soc. Japan Vol. 37, No. 7 (1975)

Originals

SATO, O. : The effect of asphyxia on the electrical and mechanical activities
 of the rat hindlimb muscles.....117

FUKUDA, H. : Effects of transections and electrical coagulations in the medulla
 oblongata upon the activities in the respiratory muscles of the
 crucian carp (*Carassius carassius L.*).....125

Short communication

HAYASHI, H. : Computer-controlled frequency synthesizer for electrophysio-
 logical experiments.....137

昭和五十年 六月二十日印刷

編集
 兼
 行人

塚
 田
 裕
 三

印刷
 所

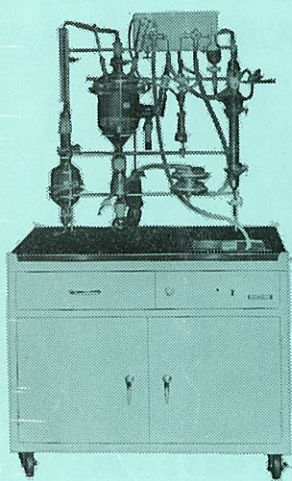
山形県鶴岡市山王町一四の三
 三浦 経夫
 鶴岡印刷株式会社

発行
 所

〒一三三
 東京都文京区本駒込二二八一二
 三浦 経夫
 日本生理学会

電話
 替
 価
 三
 百
 五
 十
 円
 〇〇
 九
 四
 五
 一
 八
 四
 〇
 〇

NAIUME KM式動物吸気¹⁴C¹⁴CO₂計測試料採取装置



*** 使用目的 ***

- 投与標識物質の収支決算としての吸気排出率の測定。
- 動物の一般代謝の指標として、特定物質（¹⁴C-Glucose など）の Oxidation Test.
- 薬物の作用機構の解明手段として、代謝系路のよく判っている物質の代謝に、目的の薬物がどのような作用を示すか……。

*** 本装置の構成 ***

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1. 除埃用プレフィルター | 11. 脱水器 |
| 2. 乾燥、炭酸ガス吸収塔 | 12. 吸収塔 |
| 3. 流量計 | 13. 吸収液注入瓶 |
| 4. 温度計 | 14. 積分測定用試料採取装置 |
| 5. 動物チャンバー | 15. 微分測定用試料採取装置 |
| 6. 給水瓶 | 16. コールドトラップ |
| 7. 採尿瓶 | 17. ポンプ |
| 8. ステンレス床鋼 | 18. 樹脂製フード |
| 9. 採糞瓶 | 19. 移動式台車 |
| 10. 給餌器、餌屑採取瓶 | |

実験動物解剖器具・一般研究実験器械器具・動物実験器械器具・動物飼育管理器具

株式会社 夏目製作所

東京都文京区湯島2丁目18番6号
 電話 03(813)3251(代表)